Écoconception multidisciplinaire et collaborative en architecture

Interface pour visualiser les interconnexions des pratiques écoconceptuelles, depuis la programmation jusqu'à la réalisation du projet

Charlotte Dautremont

Dissertation présentée en vue de l'obtention du titre de
Doctorat en Art de bâtir et Urbanisme de l'Université de Liège

LIÈGE université

2023

Ce document présente les résultats originaux d'une recherche de thèse menée par :

Charlotte DAUTREMONT

Architecte Doctorante

Faculté d'Architecture Université de Liège

Boulevard de la Constitution, 41 - 4020 Liège, Belgique

cdautremont@uliege.be

En partenariat avec le bureau d'études intégré BSolutions,

Composition du jury pour la soutenance de thèse :

Promotrice :	**Sylvie JANCART,** Chargée de cours, directrice du LNA, Faculté d'Architecture, ULiège, Belgique
Co-promotrice :	**Caroline MOUTON,** Responsable d'équipe chez BSolutions, Gembloux, Belgique, Belgique
Présidente du jury :	**Aurélie DE BOISSIEU,** Chargée de cours, membre du LNA, Faculté d'Architecture, ULiège, Belgique
Membre du jury :	**Annie GUERRIERO,** Chercheure sénior au LIST, Luxembourg, Grand-Duché du Luxembourg
	Emilie GOBBO, Chargée de projets à Bruxelles Environnement, Bruxelles, Belgique
	Gilles HALIN, Maître de conférences et HDR à l'Université de Lorraine ; Nancy, France
	Ivanka IORDANOVA, Professeure à l'Ecole de technologie supérieure, Université de Québec, Montréal, Canada

Cette recherche a été financée par :

Service public de Wallonie
Direction générale opérationnelle de l'Économie, de l'Emploi et de la Recherche
Département du Développement technologique, Direction des Projets de Recherche
Place de Wallonie, 1, Bât. III
5100 Jambes, Belgique

RÉSUMÉ

L'état de l'environnement planétaire n'est plus à démontrer. D'un côté, si l'écologie a acquis la force de l'évidence, elle est encore aujourd'hui insaisissable et protéiforme. De l'autre côté, le développement durable, par son institutionnalisation et son caractère empreint de scientificité et d'expertise, compromet son accessibilité par tou·te·s. Face à l'emballement du changement climatique, le rôle de l'architecture est essentiel puisque par essence, elle questionne l'habitabilité du monde, la façon dont nous habitons et dont nous voulons habiter le monde dès aujourd'hui.

À l'échelle européenne, le secteur de la construction est aujourd'hui responsable d'environ 35% des émissions CO2, il utilise près de la moitié des ressources extraites et produit plus de 35% des déchets. Pour réduire cet impact environnemental, l'on assiste à l'élaboration de nombreux règlements et certifications abordant des critères environnementaux plus ou moins similaires, soutenus par un panel d'outils grandissant chaque jour. Toutefois, il n'y a pas de consensus sur ce qu'est une architecture écoresponsable aujourd'hui, bien que la question soit ancienne : au fil des enjeux sociétaux et environnementaux, l'architecture est tour à tour vernaculaire, vertueuse, bioclimatique, basse énergie, passive, circulaire et neutre en carbone.

Face aux enjeux environnementaux et sociétaux, l'objet architectural se complexifie autant que l'acte de concevoir : le processus de conception n'a jamais été à ce point multidisciplinaire dans l'histoire de l'architecture qu'aujourd'hui, encouragé par l'émergence et le développement du processus BIM depuis plus d'une décennie. Toutefois, les pratiques BIM ont délaissé le rôle clé de la collaboration en tant que changement culturel et humain, au profit de l'optimisation technologique des outils, imposée par les développeurs de logiciels à l'origine du développement.

D'un point de vue environnemental, la conception représente une étape décisive dans les choix architecturaux construits : c'est à ce moment, dès la programmation et l'idéation du projet, que se décide la portée des intentions écologiques et durables qui conduiront à l'écoconception du projet. La présente thèse étudie le rôle des pratiques numériques au sein d'une collaboration multidisciplinaire dont le projet est une écoconception systémique. Cet objectif général sous-tend plusieurs questionnements :

- Quelle est l'écoconception architecturale visée ? quels sont les référentiels ? comment et quand les parties prenantes collaborent-elles ?
- Les pratiques BIM permettent-elles une écoconception systémique depuis l'idéation ?

Pour y répondre, la thèse s'articule autour de 3 types de collectes de données

- De diagnostic : un état des lieux des pratiques BIM et des pratiques durables par enquête, auprès de plusieurs profils d'acteur·ice·s européen·ne·s
- D'exploration : d'une part, des entrevues individuelles réalisées auprès d'architectes wallon·ne·s concernant l'impact des transitions numériques et durables dans leurs pratiques, et d'autre part, un focus group en agence concernant les premiers récits narratifs de durabilité

- D'expérimentation : une recherche-action réalisée au sein de l'agence partenaire de la thèse, avec pour objectif la co-construction d'une écoconception systémique multidisciplinaire.

Sur base des résultats des 3 méthodes suscitées, la thèse propose un ensemble de pratiques écoconceptuelles. Parmi ces propositions, nous distinguons les changements sociétaux (liés au contexte externe des entreprises et des agences) des changements de pratiques (liés au processus d'écoconception). Trois niveaux d'actions sont présentés (i) les développements d'ordre réglementaire et technique, (ii) le développement d'une nouvelle représentation des processus d'écoconception multidisciplinaire et collaborative, et (iii) le développement d'un média d'accompagnement à l'écoconception, assurant le suivi depuis les intentions durables du projet jusqu'à sa réalisation.

Mots clés : écoconception, multidisciplinarité, collaboration, interconnexions, BIM

ABSTRACT

The state of the planet's environment is no longer in question. On the one hand, although ecology has acquired the force of evidence, it is still elusive and protean (ever-changing). On the other hand, the institutionalisation of sustainable development and its scientificity compromise its accessibility to all. In the face of runaway climate change, the role of architecture is essential since it questions the habitability of the world, the way in which we inhabit it and want to inhabit the world today.

On a European scale, the construction sector is currently responsible for around 35% of CO2 emissions, uses almost half of the resources extracted and produces more than 35% of waste. To reduce this environmental impact, numerous regulations and certifications addressing more or less similar environmental criteria are being developed, supported by a growing range of tools. However, there is no consensus on what eco-responsible architecture is today, although the question has been around for a long time: as societal and environmental issues change, architecture is respectively perceived as vernacular, virtuous, bioclimatic, low-energy, passive, circular or carbon neutral.

Faced with environmental and societal challenges, the architectural object is becoming as complex as the act of designing: the design process has never been as multidisciplinary in the history of architecture as it is today, fostered by the emergence and development of the BIM process over the last decade. However, BIM practices have moved away from the key role of collaboration for cultural and human change, to the technological optimisation of tools, imposed by the software developers behind the development.

From an environmental point of view, design is a decisive stage in the architectural choices made : it is at this point, from the programming and ideation of the project, that the scope of the ecological and sustainable intentions that will lead to the ecodesign of the project is decided. This thesis investigates the role of digital practices within a multidisciplinary collaboration whose project is a systemic ecodesign. This general objective underlies several questions:

- What architectural ecodesign is aimed for? What are the reference systems? How and when do the stakeholders collaborate?

- Do BIM practices allow for systemic ecodesign from the ideation stage?

To answer these questions, the thesis is based on 3 types of data collection:

- Diagnostic: a state of play of BIM practices and sustainable practices through a survey of several profiles of European stakeholders;
- Exploration: on the one hand, individual interviews with Walloon architects on the impact of digital and sustainable transitions in their practices, and on the other hand, a focus group in an agency on the first sustainability narratives;
- Experimentation: an action-research carried out within the partner office of the thesis, with the objective to co-build a multidisciplinary systemic ecodesign.

Based on the results of the three methods mentioned above, the thesis proposes a set of ecodesign practices. Among these proposals, we distinguish societal changes (linked to the external context of companies and offices) from changes in practices (linked to the ecodesign

process). Three levels of actions are presented (i) regulatory and technical developments, (ii) the development of a new representation of multidisciplinary and collaborative ecodesign processes, and (iii) the development of an ecodesign support medium, ensuring the follow-up from the sustainable intentions of the project to its completion.

Keywords: ecodesign, multidisciplinarity, collaboration, interconnections, BIM

À mon père,

REMERCIEMENTS

L'exercice de la thèse est souvent perçu comme un jeu solitaire, une épreuve face à soi-même. Rien n'est plus juste et rien n'est plus faux à a fois, car si cette thèse touche aujourd'hui à sa fin, c'est grâce au soutien de nombreuses personnes que je tiens à remercier :

Sylvie Jancart, ma promotrice de thèse, sans qui cette thèse n'aurait jamais commencé. Merci de m'avoir guidée et accompagnée dans ce long processus de recherche depuis les premières ébauches qui remontent à 2017. Merci d'avoir cru en mon projet et d'avoir cru en moi depuis le début;

Caroline Mouton, ma co-promotrice de thèse, pour son enthousiasme à toute épreuve. Merci d'avoir été une coéquipière hors pair dans la recherche-action ;

Mon comité de suivi de thèse, Emilie Gobbo, Gilles Halin pour leurs conseils, leurs présences et leur extrême bienveillance. Je tiens à les remercier particulièrement pour les nombreuses et longues relectures ;

Aurélie de Boissieu qui en plus de son accompagnement en tant que membre du comité de suivi de doctorat, me fait l'honneur de présider mon jury de défense de thèse ;

Les membres de mon jury, Annie Guerriero et Ivanka Iordanova pour le temps consacré et l'expertise qu'elles ont apporté à ma thèse ;

Philippe Decock, qui m'a accueillie au sein de BSolutions. Merci pour le soutien infaillible durant ces 4 années. J'ai découvert chez BSolutions une réelle collaboration bien au-delà des projets et du travail ;

À toute l'équipe de BSolutions pour m'avoir intégrée comme l'une des leurs. J'ai aimé travailler parmi vous. Je remercie particulièrement l'équipe des ambassadeur·rice·s GENESIS : Benoît, Charles, Denis, Emile, Emilie, Frédéric, Gianni, Hanzel, Olivier et Thomas. Merci d'avoir été des cochercheur·se·s impliqué·e·s. Nos rencontres ont allégé les périodes de confinement. Merci aux équipes bsoliennes pour les moments conviviaux à l'occasion des 20 ans de BSolutions, des fêtes de la Sainte-Barbe, des barbecues annuels, des semaines du bonheur au travail, des cacahuètes de Noël, des nombreux anniversaires sucrés, des pauses cafés (très nombreuses lorsqu'on aime le café comme moi), des restaurants amicaux, des midis « frites » et des parties au kicker. Je garde précieusement ces bons souvenirs ;

À Adeline qui a ouvert la voie de la recherche au LNA, pour ses encourageantes et régulières punchlines, pleines de détermination et de bravoure, à son image. À Gwendoline et Justine avec qui j'ai partagé mes doutes, mes craintes, mes remises en question à travers l'expérience du doctorat, à nos transitions et déconstructions communes et connexes. A toutes les 3 : je ne pensais pas trouver de si belles amitiés en débutant ma recherche ;

À Celine, pour nos échanges hebdomadaires. Nos rencontres ont été bien plus qu'une formation linguistique ;

À toutes les personnes qui ont rythmé ma thèse dans le format et dans le sujet ; l'équipe des Pomodoro pour nos sessions de rédaction, aux copains et copines de la promotion PhD4 de l'IEC

avec qui ma transition écologique a débuté, Charlélie pour nos intérêts communs sur le réemploi et la circularité, Vincent pour les échanges sur la numérisation du secteur et sur le BIM ;

À mes ami·e·s, « les archis », qui ont toujours été là dans les meilleurs moments comme dans les plus durs, vous êtes une seconde famille. À Anne-So, pour son grain de folie et son puissant rire, un arc-en-ciel dans la grisaille ;

Merci à ma maman, qui m'inspire par sa force et sa résilience dans les épreuves de la vie. Merci de m'avoir transmis la folie des fleurs et le goût pour l'artisanat sous toutes ses formes ;

À Joe, la force tranquille de notre couple, intacte après nos neufs années d'auto-construction suivies de quatre années de doctorat. Je souhaite à tout le monde d'avoir un Joe avec qui partager sa vie.

TABLE DES MATIERES

RÉSUMÉ 5
ABSTRACT 7
REMERCIEMENTS 11
TABLE DES MATIERES 13
TABLE DES FIGURES 17

1 CHAPITRE I : INTRODUCTION 23

1.1 PRÉAMBULE 24
1.1 CONTEXTE GÉNÉRAL 25
1.2 LA PROBLÉMATIQUE ET LES OBJECTIFS DE LA RECHERCHE 28
1.3 NOTES AUX LECTEUR·RICE·S 28
1.4 LE PLAN DE THÈSE 29

2 CHAPITRE II : ÉTAT DE L'ART 33

2.1 ÉCOLOGISME SOCIÉTAL : RÉFÉRENTIEL POLITIQUE 37
2.1.1 L'écologie : enjeux et ruptures de l'Anthropocène 41
2.1.1.1 L'éthique environnementale : les interrelations entre l'humanité et l'environnement 41
2.1.1.2 L'écologie, une science interdisciplinaire et holiste 43
2.1.1.3 Le réveil écologique de la société occidentale et la naissance des mouvements écologistes 44
2.1.1.4 Une dichotomie au sein de l'écologie 46
2.1.2 Le développement durable 51
2.1.2.1 Les interprétations : soutenable et durable 52
2.1.2.2 Les intensités et prismes d'analyse du développement durable 54
2.1.2.2.1 Une durabilité faible : l'écodéveloppement 55
2.1.2.2.2 Un état stationnaire et une croissance zéro 55
2.1.2.2.3 Une durabilité forte : décroissance et sobriété conviviale 56
2.1.2.3 La technologie et le développement durable 57
2.1.3 Un regard critique comme bagage pour entrer en thèse 61
2.1.3.1 Une utopie politique 61
2.1.3.2 La temporalité : héritage des générations futures 62
2.1.3.3 Le savoir : scientificité et profanité 62
2.1.3.4 Les technologies et l'écologie 63
2.1.3.5 La collectivité et la collaboration 64
2.1.4 Les perspectives et conclusions de la section 66
2.2 ÉCOLOGISME ARCHITECTURAL : INSTRUMENT POLITIQUE 67
2.2.1 L'industrialisation – au nom du progrès social 71
2.2.2 Le Modernisme – au nom du progrès technique 74
2.2.3 Les crises et contestations des années 70 - au nom de la croissance économique 78
2.2.4 L'architecture durable – au nom de la croissance économique 85
2.2.5 Un regard critique et des architectures résilientes – au nom de la Nature 92
2.2.6 Perspectives et conclusions de la section 94
2.3 ÉCOLOGISME CONCEPTUEL : FAIRE ARCHITECTURE 95
2.3.1 Faire architecture : création et conception 97
2.3.1.1 Les trois phénomènes de transformation de la conception architecturale 97
2.3.1.2 De la création singulière à la conception plurielle 98
2.3.1.3 Le processus de conception architecturale : une construction de représentations 101

2.3.2 Ecoconception architecturale : typologies, usages et limites des médias d'assistance à l'écoconception 104
2.3.2.1 Les assistances à l'écoconception : les outils intellectuels et les outils pratiques 105
2.3.2.2 Les usages des médias au cours du processus d'écoconception 113
2.3.2.3 Analyse de médias d'assistance à l'écoconception : 1 média anglais, 4 médias belges 117
2.3.2.3.1 Guide anglais des résultats durables – RIBA sustainable outcomes guide 117
2.3.2.3.2 Règlementation belge de performance énergétique des bâtiments PEB 124
2.3.2.3.3 Certification wallonne de l'eau CertIBEau 126
2.3.2.3.4 Outil belge d'analyse de cycle de vie TOTEM 129
2.3.2.3.5 Outil belge d'aide à l'écoconception GRO 130
2.3.2.3.6 Synthèse des médias d'assistance à l'écoconception étudiés 133
2.3.3 Limites et perspectives des médias d'assistance à l'écoconception 134
2.4 SUPPORT À L'ÉCOLOGISME CONCEPTUEL COLLABORATIF : LE RÔLE DU BIM 137
2.4.1 La numérisation de la conception architecturale : espérances, évolutions et conséquences 139
2.4.2 Le BIM : support à la conception collaborative et multidisciplinaire 143
2.4.2.1 Les notions du BIM : définition, niveaux d'informations et formats 143
2.4.2.1.1 Définition 143
2.4.2.1.2 Niveaux d'informations 144
2.4.2.1.3 Système de classifications : BBSfB, CCTB2022 et Uniclass 145
2.4.2.2 Un processus de travail collaboratif : niveaux, engagement contractuel et gestion de projets 151
2.4.3 L'usage du BIM au regard de l'écoconception architecturale 155
2.4.4 L'analyse des pratiques d'expert·e·s du domaine 157
2.4.4.1 Le manque vision holistique commune 162
2.4.4.2 Des études d'écoconception retardées au sein du processus 163
2.4.4.3 Les outils et données : manque de transparence et d'interopérabilité 163
2.4.4.4 Les aides à la décision et les assistances à l'écoconception 164
2.4.4.5 La collaboration 164
2.4.4.6 Les avantages perçus du BIM au regard de l'écoconception 165
2.4.4.7 Les limites perçues du BIM au regard de l'écoconception 165
2.4.4.8 Les recommandations 166
2.4.4.9 Une analyse complémentaire 166
2.4.5 Les médias d'assistance à l'écoconception et le BIM 167
2.4.6 Les limites du BIM au regard de l'écoconception 169
2.5 CONCLUSION DE CHAPITRE 170
3 CHAPITRE III : QUESTION ET STRATÉGIE DE RECHERCHE 173
3.1 IDENTIFICATION DES LIMITES GRÂCE À LA REVUE DE LITTÉRATURE 174
3.2 FORMALISATION DES QUESTIONS DE RECHERCHE 174
3.3 PARADIGME SCIENTIFIQUE ET CADRE DE LA RECHERCHE 177
3.3.1 Posture ontologique et épistémologique 180
3.3.2 Positionnement théorique 183
3.3.3 Méthodologie : la recherche qualitative 187
3.3.3.1 Le cadre théorique de la recherche qualitative 187
3.3.4 Méthodes de recherche : questionnaire en ligne, entretiens et recherche-action 191
3.3.4.1 Le questionnaire comme méthode de diagnostic : état des lieux des pratiques 193
3.3.4.1.1 Construction de l'enquête 194
3.3.4.1.2 Diffusion de l'enquête 196
3.3.4.1.3 Objectifs visés 197
3.3.4.1.4 Analyse de contenu : cadre théorique 198
3.3.4.2 Les entretiens comme méthode d'exploration : faire face aux transitions des pratiques 201
3.3.4.2.1 Méthode par théorisation ancrée : cadre théorique 201

3.3.4.2.2 Objectif visé et construction des entretiens ... 202
3.3.4.3 La recherche-action comme méthode d'immersion et d'expérimentation ... 205
3.3.4.3.1 Recherche-action : cadre théorique ... 206
3.3.4.3.2 Objectif visé : transformation des pratiques et changement sociétal ... 213
3.3.4.3.3 Construction de la recherche-action ... 213
3.3.4.3.4 Organisation du travail collectif à travers les activités de recherche et de pratique ... 216
3.3.4.3.5 Collecte de données grâce aux journaux de bord ... 218
3.4 CONCLUSIONS DE CHAPITRE ... 219

4 CHAPITRE IV : RÉSULTATS ... 221

4.1 UN DIAGNOSTIC PAR L'ENQUÊTE EN LIGNE ... 222
4.1.1 L'échantillon de l'enquête en ligne ... 222
4.1.1.1 Des pratiques qui ne sont ni BIM, ni durables ... 231
4.1.1.2 Pratiques durables comme dénominateur commun : mise en parallèle de 3 profils ... 235
4.1.1.2.1 Les profils étudiés ... 235
4.1.1.2.2 Le travail collectif avec les partenaires externes à l'entreprise ... 237
4.1.1.2.3 Les secteurs d'activités, la nature des marchés et le type de projets ... 238
4.1.1.2.4 Les phases de projets et le développement des pratiques ... 240
4.1.1.2.5 Les impacts du BIM et des démarches durables sur les pratiques ... 241
4.1.1.2.6 Les perceptions du BIM et du développement durable : études des définitions au regard des pratiques 243
4.1.1.2.7 Les freins et les attentes vis-à-vis des démarches durables ... 247
4.1.1.2.8 L'étude conjointe des pratiques BIM et les pratiques durables : objectifs d'adoption, usages et perspectives 251
4.1.1.2.9 En résumé ... 255
4.1.1.3 Expert·e·s en pratiques BIM et pratiques durables ? ... 257
4.1.1.3.1 Les profils de l'échantillon ... 258
4.1.1.3.2 Les pratiques d'expert·e·s : cartographie par les projets et les perceptions ... 260
4.1.1.3.3 Le travail collectif et l'étude de projets : typologie, secteurs et cycle de vie ... 265
4.1.1.3.4 L'expertise des démarches durables : quel(s) visages ? ... 267
4.1.1.3.5 La mise en pratiques des démarches durables : études des outils et de leurs usages ... 269
4.1.1.3.6 Les pratiques durables comme usages et objectifs d'adoption du BIM ? ... 272
4.1.1.3.7 Les efforts, l'impact et les freins sur les pratiques quotidiennes ... 276
4.1.1.3.8 Les perspectives de développement attendues ... 279
4.1.1.3.9 En conclusion ... 284
4.1.2 L'agence partenaire de la recherche : BSolutions (N=40) ... 287
4.1.2.1 Les profils multidisciplinaires et d'expérience multiples ... 287
4.1.2.2 Le type de travail collectif : conversion selon les partenaires internes ou externes ... 289
4.1.2.3 La matrice des 16 profils : une agence aux pratiques BIM et durables ? ... 291
4.1.2.4 Le portfolio de l'agence: corrélation entre typologie de projets et pratiques BIM et durables ? ... 292
4.1.2.5 Des pratiques BIM acquises et des pratiques durables telles que définies ... 293
4.1.2.6 Les objectifs d'adoption du BIM : maitrise, exemplarité et collaboration ... 299
4.1.2.7 Le réseau d'outils pour répondre aux objectifs BIM et aux pratiques durables ... 300
4.1.2.8 Les perspectives de développements attendus et vision idéale d'une architecture durable réalisées selon des pratiques BIM ... 305
4.1.2.9 En résumé ... 310
4.1.3 L'apport de l'enquête : conclusions et perspectives ... 312
4.2 UNE EXPLORATION PAR DES ENTRETIENS D'ARCHITECTES WALLON·NE·S ... 314
4.2.1 Résultats d'un travail de groupe : Persévérer malgré la transition ... 316
4.2.1.1 Déroulement de la recherche ... 316
4.2.1.2 Les résultats des 3 premiers entretiens ... 317
4.2.2 Résultats d'un travail personnel : accompagner et être accompagné·e pour persévérer 320

4.2.2.1 Déroulement de la recherche 320
4.2.2.2 Les résultats du 4ème entretien 321
4.2.3 L'apport des entretiens : échos et perspectives 326
4.3 UNE EXPÉRIMENTATION PAR LA RECHERCHE-ACTION AU SEIN DU BUREAU D'ÉTUDES INTÉGRÉ PARTENAIRE 329
4.3.1 Épisode 1 : La démarche durable existante de l'agence : co-analyse pour entrer en recherche 333
4.3.2 Épisode 2 : Une démarche d'écoconception : 1ère esquisse d'un co-développement 337
4.3.3 Épisode 3 : Une première mise en projet de la démarche durable : se confronter au terrain 341
4.3.4 Épisode 4 : Des moments de reconsidération de la démarche esquissée et des pratiques ancrées 343
4.3.5 Épisode 5 : Une boîte à outils et une dynamique de recherche : développement et partage créatifs 347
4.3.6 Épisode 6 : Une nouvelle forme d'expérimentation : des jeux de rôles 351
4.3.7 Épisode 7 : Une accélération des itérations de la RA 359
4.3.8 Épisode 8 : Le jeu de la ficelle : visualiser les liens d'influence entre les principes durables 364
4.3.9 Épisode 9 : La conduite simultanée des activités : appropriation et partage des savoirs 371
4.3.10 Épisode 10 : La consolidation : actionnabilité des savoirs et ancrage des changements de pratiques 376
4.3.11 En résumé 387
5 CHAPITRE V : PROPOSITIONS DE PRATIQUES D'ÉCOCONCEPTION MULTIDISCIPLINAIRES ET COLLABORATIVES 389
5.1 VERS UN CHANGEMENT DE PRATIQUES SECTORIELLES : LES FACTEURS D'INFLUENCE EXTERNES .392
5.2 PROCESSUS COLLABORATIF ET MULTIDISCIPLINAIRE D'ÉCOCONCEPTION : PROPOSITION DE REPRÉSENTATION 395
5.3 MÉDIA D'ACCOMPAGNEMENT À L'ÉCOCONCEPTION : DES PRÉMICES DU PROJET À L'ÉDIFICATION 403
6 CHAPITRE VI : CONCLUSIONS 419
6.1 LES APPORTS DE LA RECHERCHE 420
6.2 LIMITES DE LA RECHERCHE 425
6.3 LES PERSPECTIVES DE LA RECHERCHE 426
BIBLIOGRAPHIE 427
ANNEXE 441

TABLE DES FIGURES

FIGURE 1 : SCHÉMATISATION DU PLAN DE THÈSE 31
FIGURE 2 (À GAUCHE) : LES 17 OBJECTIFS DURABLES DES NATIONS UNIES 54
FIGURE 3 : DEUX DIAGRAMMES D'ÉCOSYSTÈMES SELON LARRÈRE (2006) 59
FIGURE 4 : DIAGRAMME PAPILLON DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE (ELLEN MACARTHUR) 60
FIGURE 5 : SCHÉMATISATION DU PROCESSUS DE CONCEPTION EN COGNITIVE DESIGN SELON LE TEMPS – SOURCE : CALIXTE (2021) 102
FIGURE 6: TYPOLOGIES DES MODÈLES DE CONCEPTION SELON BLESSING (1994) – SOURCE : (GRAEFF 2020) 103
FIGURE 7 : SCHÉMATISATION DES MÉTHODES ET OUTILS DE L'ÉCOCONCEPTION – SOURCE : (DE MYTTENAERE 2006) 108
FIGURE 8 : SYNTHÈSE DES OUTILS ET MÉTHODES D'ÉCOCONCEPTION 111
FIGURE 9 : OUTILS INTELLECTUELS : EXEMPLE DE RÉALISATIONS D'INVESTIGATION ESTHÉTIQUE, STRUCTURELLE, TECHNIQUE ET FONCTIONNELLE 111
FIGURE 10 : LES MÉDIAS D'ASSISTANCE À L'ÉCOCONCEPTION ET LES 3 TYPOLOGIES D'OUTILS INTELLECTUELS, COGNITIFS ET TECHNIQUES 112
FIGURE 11 : LES 3 FONCTIONS D'USAGE DES OUTILS AU COURS DU PROCESSUS DE CONCEPTION 113
FIGURE 12 : MÉDIAS D'ASSISTANCE À L'ÉCOCONCEPTION SELON LES USAGES AU SEIN DU PROCESSUS DE CONCEPTION DU COGNITIVE DESIGN 115
FIGURE 13 : LES DEUX MODES DE TRAVAIL COLLECTIF EN CONCEPTION (À GAUCHE) LA CONCEPTION COOPÉRATIVE OU DISTRIBUÉE ET (À DROITE) LA CONCEPTION COLLABORATION OU COCONCEPTION 116
FIGURE 14 : DIAGRAMME DES OBJECTIFS DE CONCEPTION DURABLE DES NATIONS UNIES - SOURCE : (RIBA 2019). 119
FIGURE 15 : LES 8 ÉTAPES DU PROJET ARCHITECTURAL SELON LE GUIDE PLAN OF WORK 2020 DU RIBA – SOURCE : RIBA (2020) 120
FIGURE 16 : LES 12 SETS D'INDICATEURS SERVANT À L'ACV DE TOTEM 129
FIGURE 17 : MODÈLE D'ÉQUIPE TRADITIONNEL SUR BASE DE KRYGIEL ET NIES (2008) À GAUCHE 141
FIGURE 18 : UTILISER LA MÊME LANGAGE NORMÉ – UN MÊME MUR CREUX ET AUTANT D'APPELLATIONS 146
FIGURE 19 : SCHÉMATISATION DU SYSTÈME DE CLASSIFICATION ÉNUMÉRATIF – 146
FIGURE 20 : SCHÉMATISATION DU SYSTÈME DE CLASSIFICATION À FACETTES 147
FIGURE 21 : SCHÉMATISATION DU SYSTÈME DE CLASSIFICATION BBSFB - SOURCE : HUERDO FERNANDEZ AND DEWEZ (2019) 148
FIGURE 22 : SCHÉMATISATION DE SYNTHÈSE DES 3 CLASSIFICATIONS BBSFB, CCTB22 ET UNICLASS AU REGARD DE L'ISO 12006 – 2 :2015 , BASÉ SUR LE TRAVAIL DE HUERDO FERNANDEZ AND DEWEZ (2019) 150
FIGURE 23 : LES 4 NIVEAUX DE MATURITÉ DES PRATIQUES BIM : FORMATS, OUTILS ET NORMES – SOURCE : (AKBARIEH ET AL. 2020) 152
FIGURE 24 : SYNTHÈSE DES DIAGRAMMES DE MACLEAMY (2004) EN BIM (BLEU) ET DE MANAGEMENT (NOIR) TERRIN (2009) ... 154
FIGURE 25 : PROCESSUS DE SÉLECTION DES ARTICLES : RETOUR DES PRATIQUES BIM ET PRATIQUES DURABLES PAR ENQUÊTES 158
FIGURE 26: DÉTAIL DE LA GRILLE D'ANALYSE 2 POUR LA REVUE DE LITTÉRATURE AVANCÉE 159
FIGURE 27 : SCHÉMA RÉCAPITULATIF : LIMITES DE LA LITTÉRATURE, QUESTIONS, MÉTHODES ET OBJECTIFS DE RECHERCHES 176
FIGURE 28 : SCHÉMATISATION DE NOTRE POSITIONNEMENT SCIENTIFIQUE - ADAPTÉ DE PATEL (2015) 178
FIGURE 29 : OIGNON DE LA RECHERCHE SELON SAUNDERS ET AL. (2007) 179
FIGURE 30 : CARTE RADAR DES 3 TYPOLOGIES DE RECHERCHE EN ARCHITECTURE : SUR, PAR ET POUR LE DESIGN / LA CONCEPTION . 184
FIGURE 31 : POSITIONNEMENT THÉORIQUE DES VISÉES DE NOTRE RECHERCHE SELON CHUPIN (2014) 186
FIGURE 32 : DEUX TYPES D'ORGANISATION DE RECHERCHE PARALLÈLE ET ITÉRATIVE, SUR BASE DE LEJEUNE (2019) 188
FIGURE 33 : TEMPORALITÉS ET PORTÉES DES 3 MÉTHODES DE RECHERCHE 192
FIGURE 34 : STRUCTURATION DE L'ENQUÊTE SELON 3 VOLETS 194
FIGURE 35 : SCHÉMATISATION DE LA DIFFUSION DE L'ENQUÊTE 196
FIGURE 36 : TEMPORALITÉ ET TERRAINS POUR L'ENQUÊTE EN LIGNE 197
FIGURE 37 : TEMPORALITÉ ET TERRAIN DES ENTRETIENS 203
FIGURE 38 : QUATRE ENTRETIENS EN DEUX TEMPS : TRAVAIL DE GROUPE ET TRAVAIL PERSONNEL 204
FIGURE 39 : LA NATURE COMPLÉMENTAIRE DE LA RECHERCHE ET DE LA CONCEPTION SELON 3 PROFILS 210
FIGURE 40 : SCHÉMATISATION DE LA DÉMARCHE ITÉRATIVE DE LA RA – INSPIRÉ DE (ROY ET PREVOST,2013) 211

FIGURE 41 : PORTÉE ET TEMPORALITÉ DE LA MÉTHODE 214
FIGURE 42 : ORGANISATION DU TRAVAIL COLLECTIF À TRAVERS LES ACTIVITÉS DE RECHERCHE ET D'ÉCOCONCEPTION 217
FIGURE 43 : ESPACE DE TRAVAIL ET JOURNAL DE BORD COLLABORATIF DANS MIRO© - POST-IT VIRTUEL DES AMBASSADEUR·ICE·S . 218
FIGURE 44 : PARADIGME SCIENTIFIQUE ET TEMPORALITÉ DES MÉTHODES DE NOTRE RECHERCHE 220
FIGURE 45 : RÉPARTITION DES PAYS EUROPÉENS ET INTERNATIONAUX (N=104) 222
FIGURE 46 : RÉPARTITION DES PROFESSIONS ET DES FONCTIONS DE L'ÉCHANTILLON (N=104, 100%) 224
FIGURE 47 : RÉPARTITION DES TAILLES ET TYPES D'ENTREPRISES (N=104) 226
FIGURE 48 : RÉPARTITION DE L'ÉCHANTILLON SELON LES ANNÉES D'EXPÉRIENCE PROFESSIONNELLE DES 4 FAMILLES IDENTIFIÉES :... 227
FIGURE 49 : MATRICE DES PROFILS - MISE EN ÉVIDENCE DES 5 PROFILS ANALYSÉS,..... 230
FIGURE 50 : IDENTIFICATION DU PROFIL DE RÉPONDANT·E·S ANALYSÉ SUR LA MATRICE DES 16 PROFILS 231
FIGURE 51 : DONNÉES SOCIO-DÉMOGRAPHIQUES DES RÉPONDANT.E.S $BIM_{NP}DD_{NP}$ (N=7) : 232
FIGURE 52 : RAISONS D'ÉVITEMENT À L'ADOPTION DU BIM ET D'UNE DÉMARCHE DURABLE PAR LES $BIM_{NP}DD_{NP}$ (N=7) 233
FIGURE 53 : IDENTIFICATION DES 3 PROFILS $BIM_{AC}DD_{PA}$, $BIM_{PA}DD_{AC}$, $BIM_{NP}DD_{AC}$ ANALYSÉ SUR LA MATRICE DES 16 PROFILS .. 235
FIGURE 54 : RÉPARTITION DES PROFESSIONS SELON LES 3 PROFILS ÉTUDIÉS : $BIM_{AC}DD_{PA}$, $BIM_{PA}DD_{AC}$, $BIM_{NP}DD_{AC}$ (N=36) 236
FIGURE 55 : RÉPARTITION DE LA TAILLE DES ENTREPRISES POUR LES 3 PROFILS ANALYSÉS : PROFILS $BIM_{AC}DD_{PA}$, $BIM_{PA}DD_{AC}$, $BIM_{NP}DD_{AC}$ (N = 36) 236
FIGURE 56 : NIVEAU DE SATISFACTION DU TRAVAIL COLLECTIF AVEC PARTENAIRES EXTERNES SELON LES 3 PROFILS (N=36)..... 238
FIGURE 57 : RÉPARTITION DES ACTIVITÉS PAR SECTEUR POUR LES PROFILS $BIM_{AC}DD_{PA}$, $BIM_{PA}DD_{AC}$, $BIM_{NP}DD_{AC}$ (N = 36) 238
FIGURE 58 : ANALYSE DE LA NATURE DES MARCHÉS ET DES TYPES DE PROJETS POUR LES PROFILS $BIM_{AC}DD_{PA}$, $BIM_{PA}DD_{AC}$, $BIM_{NP}DD_{AC}$ (N = 36) 240
FIGURE 59 : RÉPARTITION DES PRATIQUES BIM (À GAUCHE) ET DES PRATIQUES DURABLES (À DROITE) SELON LES PHASES DE PROJETS (%) 241
FIGURE 60 : RÉPARTITION DES PRINCIPES DURABLES DÉVELOPPÉS DANS LES PRATIQUES..... 246
FIGURE 61 : CATÉGORIES D'AIDES ATTENDUES POUR MASSIFIER LES PRATIQUES DURABLES..... 251
FIGURE 62 : OBJECTIFS D'ADOPTION DU BIM POUR LES PROFILS $BIM_{AC}DD_{PA}$, (HAUT) $BIM_{PA}DD_{AC}$ (BAS) (N = 23) 252
FIGURE 63 : IDENTIFICATION DU PROFIL DE RÉPONDANT·E·S ANALYSÉ SUR LA MATRICE DES 16 PROFILS..... 257
FIGURE 64 : RÉPARTITION DES PROFESSIONS DU PROFIL BIMDD SELON LA TAILLE DES ENTREPRISES (N=13) 258
FIGURE 65 : RÉPARTITION DU POURCENTAGE DE PROJETS BIM ET DURABLES..... 261
FIGURE 66 : MOYENNE DES SECTEURS D'ACTIVITÉS POUR LE PROFIL BIMDD (N=13)..... 266
FIGURE 67: PHASES DE PROJETS AU SEIN DESQUELLES LES PRATIQUES BIM ET LES DURABLES SONT DÉVELOPPÉES PAR LES BIMDD (N=13)..... 266
FIGURE 68 : CLASSEMENT DES PRINCIPES DURABLES SUR LESQUELS LES BIMDD TRAVAILLENT QUOTIDIENNEMENT (N=13)..... 268
FIGURE 69 : CLASSEMENT DES OBJECTIFS D'ADOPTION DU BIM DES BIMDD (N=13)..... 272
FIGURE 70 : CLASSEMENT DES USAGES DU BIM DES BIMDD (N=13) 273
FIGURE 71 : EVALUATION DE L'IMPACT DU BIM ET DES DÉMARCHES DURABLES LES PRATIQUES DES BIMDD (N=13)..... 276
FIGURE 72 : CLASSEMENT DES 5 FREINS À L'ADOPTION DU BIM POUR LES BIMDD (N=13)..... 278
FIGURE 73 : CLASSEMENT DES 5 FREINS AUX DÉMARCHES DURABLES DANS LES PRATIQUES DES BIMDD (N=13)..... 279
FIGURE 74: RÉPARTITIONS DES DÉVELOPPEMENTS PRIORITAIRES ATTENDUS POUR LES PRATIQUES BIM DURABLES, RÉSULTATS Q82 (GAUCHE)..... 283
FIGURE 75 : RÉPARTITION DES PROFESSIONS ET DES FONCTIONS DE L'ÉCHANTILLON (N=40)..... 287
FIGURE 76 : RÉPARTITION DES ANNÉES D'EXPÉRIENCE PROFESSIONNELLE (N=40)..... 288
FIGURE 77 : NIVEAU DE SATISFACTION LIÉ AU TYPE DE TRAVAIL COLLECTIF INTERNE À L'AGENCE (GAUCHE)..... 290
FIGURE 78: RÉPARTITION DE L'ÉCHANTILLON BSL SELON LA MATRICE DES 16 PROFILS (N=40) 291
FIGURE 79 : CLASSEMENT DES PRINCIPES DURABLES SUR LESQUELS LES BSL TRAVAILLENT QUOTIDIENNEMENT (N=30)..... 298
FIGURE 80 : OBJECTIFS D'ADOPTION DU BIM PAR LES BSL (N=40)..... 300
FIGURE 81 : RÉPARTITION DES RÉPONSES SUR L'USAGE DES OUTILS BIM AU REGARD DES OBJECTIFS BIM FIXÉS (N=40) 301
FIGURE 82 : RÉPARTITION DES TYPOLOGIES DE LOGICIELS / OUTILS SELON LEUR CHAMP D'APPLICATION POUR LES PRATIQUES DURABLES (N=40)..... 303
FIGURE 83 : RÉPARTITION DES DÉVELOPPEMENTS ATTENDUS VIS-À-VIS DU BIMDD (N=40) 307
FIGURE 84 : POSITIONNEMENT DU TRAVAIL DE GROUPE VIS-À-VIS DES AUTRES RÉSULTATS..... 315

FIGURE 85 : HYBRIDATION DES RENCONTRES ATELIERS, DU PRÉSENTIEL AU VITUREL - FÉVRIER 2020 (GAUCHE) – AVRIL 2020 (DROITE) 330
FIGURE 86 : ETAPE 1 DE LA RA / CO-ANALYSER LA DÉMARCHE DURABLE EXISTANTE : TÂCHES EFFECTIVES ET RÉSULTATS..... 332
FIGURE 87 : PRINCIPES DURABLES DITS PRIMAIRES ET SECONDAIRES IDENTIFIÉS PAR LES AMBASSADEUR·RICE·S À L'ISSUE DES 1ÈRES ANALYSES..... 334
FIGURE 88 : ETAPE 2 DE LA RA / CO-DÉVELOPPEMENT D'UNE DÉMARCHE DURABLE MULTIDISCIPLINAIRE : TÂCHES EFFECTIVES ET RÉSULTATS 336
FIGURE 89 : ÉTAPE 3 DE LA RA / PREMIÈRES EXPÉRIMENTATION SUR PROJETS : TÂCHES EFFECTIVES ET RÉSULTATS..... 340
FIGURE 90 : ÉTAPE 4 DE LA RA / PREMIÈRES RECONSIDÉRATIONS 342
FIGURE 91 : ETAPE 5 DE LA RA / DÉVELOPPEMENT D'UNE BOITE À OUTILS..... 346
FIGURE 92 : NIVEAUX DURABLES GENESIS ISSUS DE LA BOITE À OUTILS 347
FIGURE 93 : USAGE D'OUTILS INTELLECTUELS, COGNITIFS ET TECHNIQUE POUR CONSTITUER UNE BOITE À OUTILS 348
FIGURE 94 : ETAPE 6 DE LA RA / NOUVELLE EXPÉRIMENTATION PAR LE JEU DE RÔLE 350
FIGURE 95 : CATÉGORIES DE FREINS ET DE LEVIERS POUR S'ENGAGER – RÉSULTATS OBTENU LORS D'UN ATELIER RA EN OCTOBRE 2020 352
FIGURE 96 : ORGANISATION DES JEUX DE RÔLES – CARTES COMMUNIQUÉES PRÉALABLEMENT AUX PARTICIPANT·E·S..... 354
FIGURE 97 : SCHÉMATISATION DE L'ITÉRATION DES 3 JDR ALTERNÉS PAR 6 MOMENTS DE RECONSIDÉRATION..... 355
FIGURE 98 : USAGES CORRÉLÉ LORS DES JDR DES 3 TYPES D'OUTILS D'AIDE À L'ÉCOCONCEPTION : OUTILS COGNITIFS, TECHNIQUES ET INTELLECTUELS..... 357
FIGURE 99 : ETAPE 7 DE LA RA / ACCÉLÉRATION DES ITÉRATIONS..... 358
FIGURE 100 : LES PRINCIPES DURABLES ISSU DE LA BOITE À OUTILS ET ARTICULÉS AUTOUR DU BÂTIMENT, DE LA SANTÉ ET CONFORT ET DE LA GESTION 359
FIGURE 101 : (HAUT) PROCESSUS MODÉLISÉ DE LA DÉMARCHE DURABLE INTÉGRÉE PARTAGÉ À LA M.O. - MARS 2021 360
FIGURE 102 : RETOUR SUR LE BIEN-ÊTRE DE L'ÉQUIPE EN AVRIL 2021 - JOURNAL DE BORD COLLABORATIF - MIRO(C) 361
FIGURE 103 : CONTRAINTES RELEVÉES DURANT LES DIFFÉRENTES ACTIONS DE LA RA ET PISTES PROPOSÉES..... 362
FIGURE 104 : EPISODE 8 DE LA RA / VISUALISER LES LIENS D'INFLUENCE POUR DÉVERROUILLER LES CONTRAINTES BUDGÉTAIRE..... 363
FIGURE 105 : TRANSFERT DU JEU DE LA FICELLE DEPUIS L'ASSIETTE VERS LE BÂTIMENT 365
FIGURE 106 : CONSTRUCTION D'UNE MAQUETTE DE TRAVAIL POUR LA RA : 366
FIGURE 107 : RÉSULTATS DU JEU DE LA FICELLE : 3 IDENTITÉS 367
FIGURE 108 : RÉSULTATS DU JEU DE LA FICELLE : 3 IDENTITÉS 368
FIGURE 109 : RÉSULTATS DU JEU DE LA FICELLE : 3 IDENTITÉS 369
FIGURE 110 : EPISODE 9 DE LA RA / S'APPROPRIER ET PARTAGER LES SAVOIRS COPRODUITS 370
FIGURE 111 : PARTAGER LES SAVOIRS À L'ÉQUIPE ÉLARGIE : NOUVEAU CANAL DE COMMUNICATION..... 372
FIGURE 112 : MASSIFIER LES ÉTUDES D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL EN OPTIMISANT LES ÉCHANGES DE DONNÉES AUX PRÉMICES DES PROJETS : TRAVAIL COLLABORATIF DE DÉVELOPPEMENT EN RA..... 374
FIGURE 113 : EPISODE 10 DE LA RA / CONSOLIDATION, ACTIONNABILITÉ DES SAVOIRS ET ANCRAGE DES CHANGEMENTS 375
FIGURE 114 : ACTIONS MENÉES DURANT LA 3ÈME ANNÉE DE LA RA : CONSOLIDATION DES SAVOIRS PRODUITS ET ANCRAGE DANS LE PROJET 376
FIGURE 115 : TRAVAIL DE L'AMBASSADEUR BIODIVERSITE - PROPOSITION DE PONDÉRATION DU CBS – SOURCE : BÀO..... 378
FIGURE 116 : TRAVAIL DE L'AMBASSADEUR BIODIVERSITE - PROPOSITION D'UN PLAN DE GESTION SUR 5 ANS – SOURCE : BÀO. 379
FIGURE 117 : STRUCTURATION DU TABLEUR SELON LES DOMAINES DE DONNÉES 381
FIGURE 118 : L'AFFECTATION DES DONNÉES ISSUES DES ÉTUDES DURABLES SUR LES COMPOSANTS DE PROJET 381
FIGURE 119 : USAGES PARTIEL DES TABLES DE LA BBSFB : LIMITES IDENTIFIÉES..... 382
FIGURE 120 : LA COLLECTE DES DONNÉES SPÉCIFIQUES DU PROJET AUX PRÉMICES DE L'ÉCOCONCEPTION..... 383
FIGURE 121 : SCHÉMATISATION DES DÉVELOPPEMENTS RÉALISÉS LORS DE LA RA ET LES DÉVELOPPEMENTS UTILES À VENIR – PARTIE 1 385
FIGURE 122 : SCHÉMATISATION DES DÉVELOPPEMENTS RÉALISÉS LORS DE LA RA ET LES DÉVELOPPEMENTS UTILES À VENIR – PARTIE 2 386

FIGURE 123 : PROPOSITION D'UNE TOILE DE FOND : PROCESSUS ET PRATIQUES ÉCOCONCEPTUELLES COLLABORATIVES ET MULTIDISCIPLINAIRES 391
FIGURE 124 : PROPOSITION DE REPRÉSENTATION D'UN PROCESSUS D'ÉCOCONCEPTION COLLABORATIVE ET MULTIDISCIPLINAIRE 397
FIGURE 125 : REPRÉSENTATION DES INTERCONNEXIONS LORS DE L'ÉMERGENCE D'UNE SOLUTION SATISFAISANTE 401
FIGURE 126 : PROPOSITION D'UN MÉDIA D'ACCOMPAGNEMENT À L'ÉCOCONCEPTION 404
FIGURE 127 : SCHÉMA DESCRIPTIF - PRÉSENTATION DU MOCK-UP DE L'INTERFACE PROPOSÉE 407
FIGURE 128 : M1 - PROPOSITION D'UNE INTERFACE (STATIQUE) UTILISÉE LORS DE LA PROGRAMMATION (1,2) 408
FIGURE 129 : M1 - PROPOSITION D'UNE INTERFACE (STATIQUE) UTILISÉE LORS DE LA PROGRAMMATION (3,4) 409
FIGURE 130 : M1 - PROPOSITION D'UNE INTERFACE (STATIQUE) UTILISÉE LORS DE LA PROGRAMMATION (5,6) 410
FIGURE 131 : M1 - PROPOSITION D'UNE INTERFACE (STATIQUE) UTILISÉE LORS DE LA PROGRAMMATION (7,8) 411
FIGURE 132 : SCHÉMATISATION DU LANGAGE DE MODÉLISATION UML POUR CONSTRUIRE UNE BASE DE DONNÉES 412
FIGURE 133 : REPRÉSENTATION DU PROCESSUS D'ÉCOCONCEPTION DE L'INTENTION À LA CONCRÉTISATION - LE CAS DE LA BIODIVERSITÉ 415

TABLEAU 1 : CARACTERISTIQUES DES DEUX ECOLOGIES, INSPIRE DE FELLI (2008)..... 49
TABLEAU 2 : MISE EN PARALLELE DES THEORIES DE LA CONCEPTION - CLAEYS (2013) ET CROSS (1984) CITE PAR STALS (2019) ... 101
TABLEAU 3 : SYNTHESE DES APPROCHES D'ASSISTANCE A L'ECOCONCEPTION SELON LES METHODES SUGGESTIVES OU ESTIMATIVES SUR BASE DES TRAVAUX DE WEISSENSTEIN, 2012..... 109
TABLEAU 4 : ANALYSE DU MEDIA RIBA *SUSTAINABLE OUTCOMES GUIDE* AU REGARD D'ELEMENTS CLES DANS L'ASSISTANCE A L'ECOCONCEPTION..... 121
TABLEAU 5 : DIAGRAMME DES 8 ODD TRANSFÉRÉS À L'ARCHITECTURE - SOURCE : RIBA (2019)..... 122
TABLEAU 6 : ANALYSE DU MEDIA PEB AU REGARD D'ELEMENTS CLES DANS L'ASSISTANCE A L'ECOCONCEPTION..... 125
TABLEAU 7 : ANALYSE DU MEDIA CERTIBEAU AU REGARD D'ELEMENTS CLES DANS L'ASSISTANCE A L'ECOCONCEPTION..... 127
TABLEAU 8 : ANALYSE DU MÉDIA TOTEM AU REGARD D'ÉLÉMENTS CLÉS DANS L'ASSISTANCE À L'ÉCOCONCEPTION..... 130
TABLEAU 9 : ANALYSE DU MEDIA GRO AU REGARD D'ELEMENTS CLES DANS L'ASSISTANCE A L'ECOCONCEPTION 131
TABLEAU 10 : LISTE DES CRITERES DU GRO APPLIQUES A L'EVALUATION DU SITE ET DU BATIMENT 132
TABLEAU 11 : SYNTHESE DES 5 MEDIAS ANALYSES AU REGARD DE LA TYPOLOGIE D'OUTILS, DE L'USAGE ET DE L'USAGE DANS LE PROCESSUS..... 133
TABLEAU 12 : SYNTHESE DES NIVEAUX GID SUR BASE DU GUIDE LUXEMBOURGEOIS DU BIM 145
TABLEAU 13 : SYNTHESE DE LA MATRICE DES COMPETENCES BIM - SOURCE : BIMPORTAL.BE 153
TABLEAU 14 : EXEMPLE D'OBJECTIF ET D'APPLICATION BIM ISSUS DU PROTOCOLE BIM – SOURCE : (CSTC, KU LEUVEN, ET D-STUDIO 2019) 153
TABLEAU 15 : GRILLE D'ANALYSE 1 DE LA REVUE DE LITTERATURE 157
TABLEAU 16 : SELECTION DE 12 ARTICLES SUR LES PRATIQUES BIM ET DURABLE EN EUROPE 160
TABLEAU 17 : ANALYSE DES 5 ASSISTANCES A L'ECOCONCEPTION SUR BASE DES FACTEURS IDENTIFIES PAR KAMARI ET AL. (2017) . 168
TABLEAU 18 : VISION TRANSVERSALE DU PARADIGME SCIENTIFIQUES INSPIREE DES TRAVAUX DE GROAT AND WANG (2013 ET PATEL (2015) 182
TABLEAU 19 : METHODES DE RECHERCHE UTILISEES DANS LE CADRE DE LA THESE AU REGARD DES 6 COMPOSANTES DE LA RECHERCHE QUALITATIVE 190
TABLEAU 20 : GRILLE D'ANALYSE DE 16 PROFILS D'INFORMATEUR·RICE·S SELON LEURS PRATIQUES BIM ET/OU DURABLES 195
TABLEAU 21 : CRITERES DICHOTOMIQUES DE LA RECHERCHE-ACTION ET DE LA CONSULTANCE..... 209
TABLEAU 22 : CO-ELABORATION ET LANCEMENT DE LA RA AU SEIN DE L'AGENCE..... 215
TABLEAU 23 : RÉPARTITION DE L'ÉCHANTILLON SELON LES PRATIQUES BIM ET LES PRATIQUES DURABLES (N=104) 228
TABLEAU 24 : RÉPARTITION DES UNITÉS DE CODES D'OBJECTIVATION DU BIM POUR LES PROFILS $BIM_{AC}DD_{PA}$, $BIM_{PA}DD_{AC}$, $BIM_{NP}DD_{AC}$ (N=36)..... 244
TABLEAU 25 : RÉPARTITION DES UNITÉS DE CODES DE PERCEPTION DU DÉVELOPPEMENT DURABLE 245
TABLEAU 26 : RÉPARTITION DES 5 FREINS LES PLUS IMPORTANTS À UNE DD, POUR LES PROFILS $BIM_{AC}DD_{PA}$, $BIM_{PA}DD_{AC}$, $BIM_{NP}DD_{AC}$ (N = 36) 249
TABLEAU 27 : RÉPARTITION DES UNITÉS DE SENS ISSUES DES EXPLICATIONS « LE BIM PEUT-IL SERVIR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE DANS UN PROJET D'ARCHITECTURE ? » - POUR LES PROFILS $BIM_{AC}DD_{PA}$, $BIM_{PA}DD_{AC}$, $BIM_{NP}DD_{AC}$ (N = 36) 254
TABLEAU 28 : DÉTAILS DES DONNÉES SOCIODÉMOGRAPHIQUES DES RÉPONDANT·E·S DU PROFIL BIMDD (N=13) 259
TABLEAU 29 : RÉPARTITION DES UNITÉS DE SENS D'OBJECTIVATION DU BIM POUR LES RÉPONDANT·E·S BIMDD (N=13) 262
TABLEAU 30 : RÉPARTITION DES UNITÉS DE SENS DE PERCEPTION DU DD POUR LES RÉPONDANT·E·S BIMDD (N=13) 264
TABLEAU 31 : RÉPARTITION DES OUTILS/ LOGICIELS MENTIONNÉS PAR LES BIMDD SELON LEUR CHAMP D'APPLICATION, LA FLEXIBILITÉ D'USAGE PAR RAPPORT À L'ÉVOLUTION D'UNE DÉMARCHE DURABLE, LE DOMAINE D'APPLICATION ET LEUR INTEROPÉRABILITÉ SELON LES DÉVELOPPEURS (N=13) 271
TABLEAU 32 : RÉPARTITION DES OUTILS/LOGICIELS SELON LES OBJECTIFS ET USAGES BIM POUR LES BIMDD (N=13) 275
TABLEAU 33 : RÉPARTITION DES UNITÉS DE SENS DES RÉPONSES EXPLICATIVES DU BIM AU SERVICE D'UNE DD (N=13)..... 281
TABLEAU 34 : RÉPARTITION DES UNITÉS DE SENS D'OBJECTIVATION DU BIM POUR LES BSL (N=40) 294
TABLEAU 35 : RÉPARTITION DES UNITÉS DE SENS DE PERCEPTIONS DU DD PAR LES BSL (N=40)..... 297
TABLEAU 36 : LISTES DES LOGICIELS BIM IDENTIFIÉS (N=40, TAUX D'ABSTENTION 70%) 302
TABLEAU 37 : LISTES DES LOGICIELS UTILISÉS POUR LES PRATIQUES DURABLES – (N=9/40, TAUX D'ABSTENTION 78%)..... 304

TABLEAU 38 : RÉPARTITION DES UNITÉS DE SENS DES RÉPONSES EXPLICATIVES DU BIM AU SERVICE D'UNE DD (N=40) 306
TABLEAU 39 : RÉPARTITION DES UNITÉS DE SENS CONCERNANT LA VISION IDÉALE D'UNE ARCHITECTURE DURABLE EN BIM (N=40) 308
TABLEAU 40 : LES 10 ÉPISODES DE LA RA EN AGENCE 331
TABLEAU 41 : STRUCTURE DE LA 1ÈRE ÉBAUCHE DE LA NOTE DE CALCUL DES NIVEAUX DURABLES 372
TABLEAU 42 : EXEMPLE DE LA MÉTHODE DE PONDÉRATION ÉLABORÉE EN RA POUR LA VALEUR ÉCOLOGIQUE DU SITE (CBS) 378
TABLEAU 43 : EXEMPLE DE LA MÉTHODE DE PONDÉRATION ÉLABORÉE EN RA POUR LE PLAN DE GESTION DES IMPACTS SUR LA BIODIVERSITÉ 380
TABLEAU 44 : INFLUENCE DES DONNÉES SPÉCIFIQUES DU PROJET SUR LES NIVEAUX DURABILITÉ DU PROJET – EXEMPLE DE LA MOBILITÉ 384

1 Chapitre I : Introduction

Il n'y aura de véritable réponse à la crise écologique à l'échelle planétaire à la condition que s'opère une authentique révolution politique, sociale et culturelle réorientant les objectifs de la production des biens matériels et immatériels (...). A toutes les échelles individuelles et collectives, pour ce qui concerne la vie quotidienne aussi bien que la réinvention de la démocratie, dans le registre de l'urbanisme, de la création artistique, du sport, etc., il s'agit à chaque fois, de se pencher sur ce que pourraient être des dispositifs de production de subjectivité allant dans le sens d'une re-singularisation individuelle et/ou collective, plutôt que dans celui d'un usinage mass-médiatique synonyme de détresse et de désespoir

(Guattari 1989), p.14 - 21.

1.1 Préambule

Chaque recherche est située, animée par des motivations multiples et des parcours divers. En préambule du manuscrit, il me semble opportun d'éclairer le·a lecteur·rice sur la genèse du projet inspiré par mon parcours.

À l'issue de 6 années de pratique professionnelle en agences d'architecture et confrontée à la génération massive de déchets lors de l'auto-rénovation de mon habitation, je suis partie en quête d'autres pratiques architecturales, davantage collaboratives, multidisciplinaires et axées sur le respect de l'environnement. Ce voyage réflexif a été animé par 2 formations certificatives, complétant ma formation d'architecte, l'une pour devenir architecte éco-conseillère, l'autre pour être BIM coordinatrice. Débutée en 2016 pour une période d'un an, j'ai mené au sein de l'Institut Eco-conseil un projet sur le réemploi des matériaux de construction. Ce projet visait à coconstruire un réseau d'acteur·rice·s impliqué·e·s sur ces questions[1] d'économie circulaire et d'économie sociale. Une seconde formation certificative a ponctué mon parcours en 2017, influencé par mon rôle de formatrice auprès des architectes et des agences d'architecture sur les logiciels de conception architecturale Archicad© et Grasshopper©: le certificat d'Université BIM pour les Petites et Moyennes Structures (PME). Ce certificat a été mon premier contact avec le Laboratoire de Culture Numérique en Architecture (LNA) du l'Université de Liège. Je suis entrée en recherche en réunissant deux thématiques qui m'animaient ; le réemploi des matériaux et les pratiques collaboratives, multidisciplinaire et numériques du BIM, cristallisées au sein de deux articles (Dautremont, Dagnelie, et Jancart 2018)(Dautremont et al. 2019). Début 2019, j'ai collaboré en tant que chercheuse du LNA sur 2 projets européens[2] dont le projet BIMGame pour lequel j'organise avec Sylvie Jancart deux jours de rencontre et un workshop sur les pratiques BIM et les pratiques de réemploi.

En mai 2019, j'ai obtenu un financement de 2 fois 2 ans du fond d'Aides à la Recherche et à l'Innovation technologique du Service Public de Wallonie (SPW) pour réaliser un doctorat en entreprise au sein du bureau d'études intégré et d'architecture BSolutions. BSolutions est composé d'architectes, d'ingénieur·e·s en techniques spéciales, d'ingénieur·e·s en stabilité, d'ingénieur·e.s en infrastructures, de responsables PEB, de coordinateur·rice.s BIM, de certificateur·rice BREEAM et de coordinateur·rice.s sécurité-santé.

[1] Aidée par la Fédération Ressources et de la Confédération de la Construction Wallonne, renommée depuis Embuild, j'ai organisé une table ronde pour « la stimulation du réemploi des matériaux de construction en Wallonie » le 10 mai 2017 avec notamment les représentant·e·s de la Société Wallonne du Logement (SWL), le Service Public de Wallonie (SPW), le cabinet du ministre wallon de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire, de la Mobilité et des Transports, des Aéroports et du Bien-être animal, l'Union Wallonne des Architectes (UWA), l'Ordre des Architectes francophones (OA), le Centre Scientifique et Technique de la construction (CSTC, renommé depuis Buildwise), le Cluster Ecoconstruction, le groupe Terre, la fédération d'économie sociale SAW-B et les entreprises Carodec et Retrival.

[2] BIMGame et Tob3, partenariat stratégique Erasmus+

Réaliser une thèse de doctorat qui réunisse à la fois des praticien·ne.s multidisciplinaires de la conception architecture et des académicien·nes, représente une incroyable opportunité de comprendre, d'une part, le rôle de la collaboration multidisciplinaire dans l'intégration d'une démarche durable systémique en conception architecturale et, d'autre part, de comprendre l'influence des pratiques numériques et des pratiques BIM sur l'écoconception collaborative. Par conséquent, le présent manuscrit est dédié :

- Aux pouvoirs publics et organismes professionnels à travers notamment l'études des médias d'assistance à l'écoconception et l'élaboration des cadres normatifs ;
- Aux praticien·ne·s concepteur·rice·s à travers l'état des lieux des pratiques du secteur ;
- Au corps scientifique à travers les résultats que nous apportons.

1.1 Contexte général

Cette recherche de doctorat s'est déroulée sur une période de 4 ans, de 2019 à 2023. Durant ces 4 années, nous avons connu, à différentes échelles – mondiale, européenne, nationale et régionale, des évènements extrêmes tels que, de manière non-exhaustive : les mégas incendies en Australie (2019-2020), la pandémie mondiale du COVID-19 (2020-2021), une pénurie et inflation des matériaux et matières premières (2021) (Parlement européen 2021), les inondations en Wallonie[3] (2021), la guerre en Ukraine (2022), la crise de l'énergie[4] (2022), la sécheresse hivernale des nappes phréatiques en France[5] (2023). Deux rapports majeurs marquent le début et la fin de cette thèse, faisant respectivement l'état de la biodiversité et de l'état du changement climatique : *le rapport de l'évaluation mondiale de la biodiversité et des services écosystémiques* (IPBES 2019) et *le rapport de synthèse du sixième rapport du GIEC* (IPCC 2023).

Ces évènements extrêmes sont d'ordre social, économique et environnemental et représentent des enjeux du développement durable. Ils questionnent notre rapport au monde et notre façon de l'habiter. Ils nous invitent à requestionner notre façon de *Faire architecture*, particulièrement la manière dont nous, concepteur·rice·s procédons en Occident et en Europe. A l'échelle européenne, *« environ 36 kg de matières premières telles que le sable, l'argile et le minerai sont extraits par personne et par jour »*, dont près de la moitié est dédiée au secteur de la construction (BBSM et VUB Architectural Engineering 2019, p.16). Aussi, près de 85 % du parc immobilier européen est antérieur à 2001. La majorité de ces bâtiments sont inefficaces énergétiquement, dépendant de combustibles fossiles pour chauffer et refroidir, utilisant des technologies peu efficientes, entrainant une consommation de près de 40% de l'énergie totale consommée en Europe et l'émission de plus d'un tiers des gaz à effet de serre émis (European Commission 2020b). Les évènements extrêmes et les périodes de crises corrélées entrainent également une profonde remise en question des usages de l'architecture et des façons d'habiter. Ainsi, la récente crise de l'énergie a mis en exergue la précarité énergétique de millions

[3] Source web, consultée le 21.04.2023 : https://inondations.wallonie.be/accueil.html
[4] Source web, consultée le 21.04.2023 : https://www.consilium.europa.eu/fr/policies/energy-prices-and-security-of-supply/
[5] Source web, consultée le 21.04.2023 : https://www.brgm.fr/fr/actualite/communique-presse/nappes-eau-souterraine-au-1er-janvier-2023

d'européen·ne·s tandis que la pandémie du coronavirus a profondément bouleversé nos pratiques culturelles, invitant tour à tour le travail, l'école et le loisir au sein des foyers (European Commission 2020b).

Nous assistons depuis 20 ans à un regain d'intérêt pour **le développement durable,** une sorte de second éveil écologique de la société, assoupi entre les années 1980 et 2000. Comme dans d'autres affaires de la société, le développement durable en architecture a supplanté les mouvements écologistes, qui proposaient dans les années 1970, des architectures alternatives, à « contre courants » (Maniaque 2014). Toutefois, malgré les nombreuses tentatives, aucune définition de **l'architecture durable** n'est unanimement partagée à ce jour (Steele 2005) (de Myttenaere 2006)(Debourdeau 2013)(Gobbo 2015)(Neuwels 2015). Pire, selon Guy et Moore (2006), depuis les années 1970, la recherche d'un consensus sur les pratiques environnementales en architecture, unanimement accepté, semble avoir échoué.

Quelle serait dès lors la pertinence et l'objectif de vouloir définir l'architecture durable (indéfinie et indéfinissable) ? Ces desseins sont initiaux à la recherche lorsque la chercheuse était praticienne-réflexive (Schön, 1992)(Frankel et Racine 2010)(Groat et Wang 2013). Si la volonté de clarifier la dissonance entre « développement durable » et « architecture durable » traduit une certaine naïveté scientifique initiale, elle exprime le besoin d'une réelle clarification, d'ouvrir le débat et d'esquisser de nouvelles approches. Au regard de ces éléments, nous nous interrogeons :

Quelles valeurs l'architecture durable traduit-elle ? A quel référentiel sectoriel fait-elle référence ? Quelle idéologie nous, concepteur.rice.s, souhaitons-nous mettre en œuvre à travers nos bâtiments ? Quels usages et quelles pratiques culturelles proposons-nous ? Quelles expériences de vie (dé)favorisons-nous ?

Pour répondre à ces questions, nous investiguerons dans la première partie de la thèse les courants de pensées liés à l'écologie et au développement durable en tant qu'enjeu sociétal et référentiel commun. Bien qu'il puisse sembler éloigné de notre sujet de recherche, nous avons utilisé l'écologisme sociétal comme bagage pour partir en thèse, outillée d'une critique transférable à l'architecture, nous permettant d'étudier l'écologisme architectural.

Ainsi, notre sujet de recherche s'est construit sur et à travers ces questionnements, s'articulant autour de la conception architecturale, du faire architecture. Bouleversée depuis le début du XX^{ème} siècle par l'industrialisation, les modes d'information et de communication et la conduite du projet, **la conception architecturale** n'a jamais été à ce point **multidisciplinaire et collective** qu'aujourd'hui, faisant face à une complexité toujours plus accrue (programme du projet, nature des marchés, cadre normatif, etc.)(Terrin 2009)(Calixte 2021). Par le regain d'intérêt écologiste, la commande change de nature, tournée vers des enjeux davantage environnementaux et sociaux. De ce fait, la conception architecturale doit également se transformer, proposant de nouveaux langages au sein des équipes multidisciplinaires, basée sur des processus collaboratifs et itératifs. Ainsi, la collaboration est la clé du processus de conception architecturale face aux enjeux actuels, elle permet à chaque partie de prendre ses responsabilités face à ces derniers. Toutefois, « *on dit souvent que les problèmes environnementaux auxquels nous sommes confrontés aujourd'hui, tels que le changement*

climatique et la perte de biodiversité, reflètent un échec de la conception[6] » (Kibert 2016, p.88). Ce qui différencie la conception de **l'écoconception architecturale** réside dans le périmètre d'investigation, qui est, dans l'écoconception, approfondi et élargi. La complexité initiale du projet y est accrue, les interactions et les contradictions y sont amplifiées, avec des risques de déséquilibre et une difficulté à trouver consensus et compromis (de Myttenaere 2006)(Krygiel et Nies 2008)(Weissenstein 2012). Ces constats nous amènent à nous interroger :

De quelle manière réalise-t-on une écoconception architecturale multidisciplinaire et collaborative aujourd'hui ? Comment la complexité accrue de l'écoconception architecturale est-elle appréhendée par les outils d'écoconception ?

Pour répondre à ces questions, notre étude de l'écologisme conceptuel éclaire la perception actuelle de l'écoconception architecturale, à travers notamment les outils d'aide à l'écoconception et leurs usages au sein du processus conceptuel.

Au regard de ces éléments, nous nous penchons sur **le processus de travail collaboratif BIM** (Building Information Model, Modelling, Management) (Organisation internationale de normalisation 2018). L'industrialisation, les catalogues de produits industriels et de bases données, le manque de communication, le manque de rentabilité et le travail en silo ont créé le terreau favorable à l'émergence du BIM dès les années 1970 (Charef, Alaka, et Emmitt 2018) (Jetlund, Onstein, et Huang 2020)(Sattler, Lamouri, et Pellerin 2020). Avec l'objectif de renouveler les pratiques collaboratives, les parties prenantes du projet interagissent, échangent, alimentent et exploitent des données à travers la maquette numérique, tout au long du cycle de vie du projet. C'est à ce titre que 2 autres questions alimentent et complètement nos réflexions :

L'usage du BIM favorise-t-il l'écoconception collaborative et multidisciplinaire ? Comment se déroule le processus d'écoconception, aujourd'hui ponctué entre outils d'aide à l'écoconception et processus de conception BIM ?

Enfin, pour répondre à ces questions, nous étudierons l'usage du BIM au regard de l'écoconception architecturale.

Nous avons identifié **dans la littérature une limite majeure** qui a guidé notre travail : elle concerne le manque de considération dans l'écologisme architectural et dans l'écologisme conceptuel pour une approche globale, holiste et systémique. Notre objectif est d'investiguer un écologisme conceptuel qui s'inspire de l'écologie de Odum qui se veut une science interdisciplinaire, faisant le lien entre différents domaines scientifiques ; biologique, physique et social, qui peut se résumer comme : *« le tout est plus que la somme des parties »* (Odum 1976, p.5). Face au niveau élevé de la complexité de la Nature et du vivant, les recherches de plusieurs domaines dont celui de l'architecture s'attèlent à étudier particulièrement et en détails des unités de plus en plus petites, sous prétexte de décomplexifier le système Nature. L'originalité de notre recherche réside dans l'investigation de pratiques qui tiennent compte de cet écologisme de l'ensemble. Appréhender l'écologisme conceptuel de façon systémique permettrait selon notre hypothèse de mieux répondre aux enjeux environnementaux et sociaux actuels. Actuellement,

[6] Traduction personnelle

l'état de l'écoconception multidisciplinaire et collaborative est, à notre connaissance, lacunaire, particulièrement en Belgique.

1.2 La problématique et les objectifs de la recherche

Au regard des réflexions que nous venons de mentionner, **notre premier objectif** de thèse vise à appréhender l'écologisme conceptuel de façon systémique, multidisciplinaire et collaboratif, et pourrait se formaliser comme suit : Quel rôle joue la collaboration multidisciplinaire dans l'intégration d'une démarche durable systémique en conception architecturale ? L'introduction des pratiques BIM en écoconception architecturale modifie-t-elle la structure du travail collectif ? Plusieurs sous-objectifs accompagnent ce dessein général. Avant de les détailler, rappelons que notre étude reste celle d'une architecte, bien que notre intention est d'élargir le champ d'investigation, en tenant compte notamment du cycle de vie du projet, de multiples thématiques, la multidisciplinarité reste articulée autour du projet architectural. De ce fait, nous plaidons pour la circulation des savoirs interdisciplinaires.

Les sous-objectifs de la recherche :

- Identifier et confronter les perceptions du référentiel sectoriel des praticien·ne·s du secteur ;
- Identifier les facteurs d'influence (freins, leviers) et les postures des praticien.ne.s (rejet, adoption, contournement) face aux transitions organisationnelles, techniques et de référentiel sectoriel (transitions numérique, écologique, organisationnelle) ;
- Identifier les pratiques actuelles des acteur·rice·s multidisciplinaires du secteur (état des lieux) ;
- Proposer un cadre de développement et de nouvelles pratiques.

Bien que les évolutions et les faits historiques nous apportent un bagage critique, notre recherche n'a pas de visée ni rétroactive, ni rétrospective. Notre recherche est davantage **prospective et proactive** (Chupin 2014), tournée vers une transition multidisciplinaire de l'écoconception architecturale. Ce positionnement théorique est corrélé à la singularité du format de la recherche – un doctorat en entreprise, à travers lequel nous avons tenté, tout du long, de lier les questionnements théoriques aux enjeux pratiques. **Trois méthodes de recherches seront utilisées pour diagnostiquer les pratiques, explorer les facteurs, postures et attentes, et expérimenter une nouvelle écoconception multidisciplinaire et collaborative.**

1.3 Notes aux lecteur·rice·s

Avant de détailler la structure de la thèse et en vue d'accompagner les lecteur·rice·s à travers ce manuscrit, nous attirons l'attention sur les choix d'écriture.

Le premier concerne l'écriture inclusive. Si ce choix reflète un engagement personnel, il s'appuie également sur la politique de l'Université de Liège dans la lutte contre les discriminations. Rappelons aussi que l'égalité entre les sexes représente l'un des 17 objectifs du développement durable des Nations Unies : *« L'égalité des sexes n'est pas seulement un droit fondamental à la*

personne, elle est aussi un fondement nécessaire pour l'instauration d'un monde pacifique, prospère et durable »[7]. Le guide pratique *L'égalité dans la langue*[8] nous a aidé dans ce travail rédactionnel.

Le deuxième élément d'écriture sur lequel nous souhaitons avertir le·a lecteur·rice concerne les verbatims issus de l'enquête, des entretiens et de la recherche-action. Ces verbatims sont retranscrits dans nos résultats telles qu'ils ont été formalisés / formulés par les répondant·e·s et les participant·e·s. De ce fait, ils comprennent, parfois, des erreurs orthographiques et/ou grammaticales que nous avez choisi de laisser en l'état. Ces fautes seront indiquées de la locution [SIC].

1.4 Le plan de thèse

La thèse est composée de 5 chapitres en plus du présent chapitre introductif :

- **Le second chapitre définit notre cadre théorique** sur l'écologisme à travers 4 sections. Les notions d'écologisme sont étudiées à l'échelle macro - en tant qu'enjeu sociétal et référentiel commun, à l'échelle méso – l'architecture et à l'échelle micro - à travers le processus de conception architecturale. Ce premier chapitre reflète et traduit le cheminement de nos réflexions : sur ces sujets, nos réflexions ont été multidirectionnelles, itératives, cycliques et menées parallèlement. Notre recherche n'a cessé d'être en mouvement. Toutefois, nous avons pris le parti de structurer ce chapitre du macro au micro par souci de clarté pour le·a lecteur·ice , c'est-à-dire du référentiel commun du développement durable jusqu'aux pratiques BIM au regard de l'écoconception architecturale.
- **Le troisième chapitre présente notre stratégie et nos questions de recherches**. Nous y annonçons et décrivons notre positionnement scientifique à la lumière du cadre théorique et des questions de recherche, décrits au second chapitre. Enfin, les méthodes de recherche adoptées sont présentées, selon le terrain, la taille et la portée.
- **Le quatrième chapitre expose les résultats de notre recherche selon les 3 méthodes adoptées**. Nous proposons pour commencer un diagnostic des pratiques BIM et des pratiques durables des praticien·ne·s multidisciplinaires du secteur. L'objectif visé est de réaliser une cartographie des pratiques à l'échelle européenne. Dans un second temps, nous exposons les résultats d'une exploration par entretiens d'architectes wallon·ne·s. A travers ces résultats, nous explorons les postures adoptées et les méthodes élaborées faisant face à différentes transitions de la profession. Enfin, les résultats de la troisième méthode exposent l'expérimentation menée au sein de l'agence partenaire, réalisée sur une période de 34 mois.
- **Le cinquième chapitre propose 3 développements et nouvelles pratiques collaboratives et multidisciplinaires d'écoconception** en se basant sur l'ensemble des éléments exposés dans la thèse, analyses du cadre théorique et résultats de la recherche.

[7] Source web, consultée le 21.04.2023 : https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/gender-equality/

[8] Guide disponible à l'adresse : https://www.uliege.be/upload/docs/application/pdf/2019-09/guide_egalite_dans_la_langue_-_version_finale_web.pdf

- **Le sixième chapitre synthétise d'abord les apports et les limites de cette thèse et conclut en esquissant des perspectives** d'approfondissement de notre travail pour de futures recherches.

Cette structure est illustrée à la Figure 1 selon un réseau de ramification, traduisant les interconnexions entre chapitres et sections.

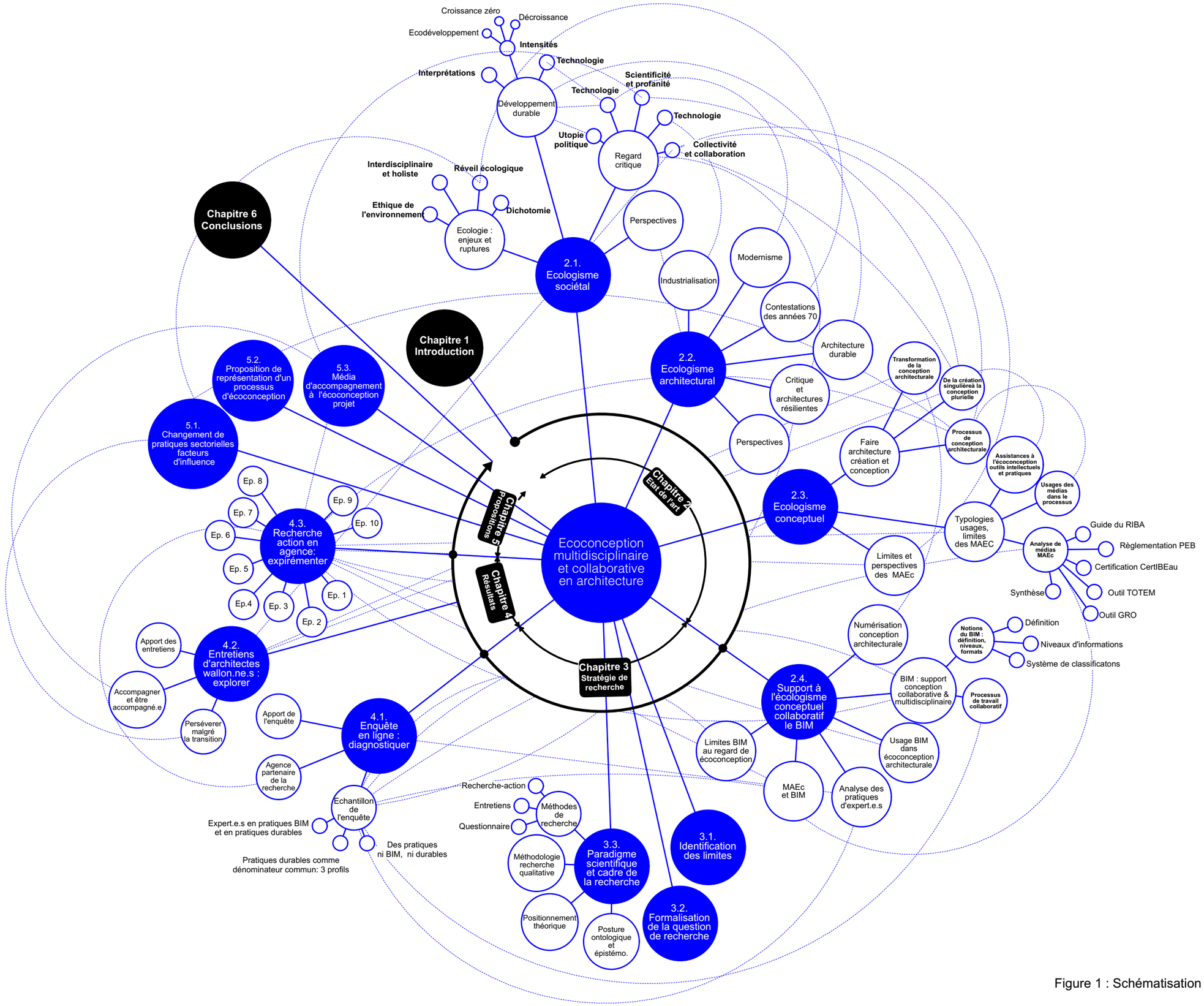


Figure 1 : Schématisation du plan de thèse

2 Chapitre II : État de l'art

Avant d'entamer spécifiquement le cadre théorique lié à notre sujet de recherche sur l'écoconception collaborative et multidisciplinaire en architecture, nous exposons la structure du présent chapitre, composé de 4 parties articulées autour de l'écologisme. Les notions d'écologisme sont étudiées à l'échelle macro - en tant qu'enjeu sociétal et référentiel commun, à l'échelle méso – l'architecture et à l'échelle micro - à travers le processus de conception architecturale. Ce premier chapitre reflète et traduit le cheminement de nos réflexions : sur ces sujets, nos réflexions ont été multidirectionnelles, itératives, cycliques et menées parallèlement. Notre recherche n'a cessé d'être en mouvement. Toutefois, nous avons pris le parti de structurer le chapitre du macro au micro par souci de clarté pour le·a lecteur·ice , c'est-à-dire du référentiel commun du développement durable jusqu'aux pratiques BIM au regard de l'écoconception architecturale.

Le sens des mots nous importe et particulièrement ce que le développement durable renferme en tant que référentiel commun. Au sein de **la première partie de ce chapitre**, nous avons retracé l'évolution du référentiel, de ses origines communes et dichotomiques avec l'écologie, science holiste et interdisciplinaire, à travers la naissance de l'écologisme, vert clair au vert foncé. Bien que ce bagage semble éloigné de notre sujet de recherche, il nous a servi pour partir en thèse, outillée d'une critique transférable à l'architecture.

Nous avons donc étudié cette transférabilité des notions du développement durable à l'architecture au sein de **la seconde partie du chapitre.** Nous avons exploré ce référentiel sectoriel à travers les valeurs et l'héritage qu'il implique, issus de l'instrumentalisation politique et de la perte des modèles architecturaux. Nous nous sommes interrogées en tant qu'architectes et concepteur·rice·s : *Quelles idéologies mettons-nous en œuvre à travers nos bâtiments ? Quels usages et quelles pratiques culturelles proposons-nous ? Quelles expériences de vie mettons-nous en œuvre ?* Ces réflexions nous ont amené à une critique de l'architecture d'aujourd'hui, inspirées par la création en cours de nouveaux modèles inspirés de la Nature. Mais puisque la commande architecturale change, ou tout du moins est vouée à changer de nature, la façon dont elle est conçue doit également changer.

La troisième partie du chapitre traite de l'écoconception. Nous avons étudié la distinction entre conception et écoconception architecturale aujourd'hui, le *Faire Architecture.* A travers l'étude des processus de création, de conception et d'écoconception, nous avons d'une part investigué l'implication des acteur·rice·s impliqué·e·s et d'autre part, nous avons analysé les constructions de représentations de processus au regard des théories du cognitive design. L'on pourrait traduire ces réflexions en deux questions : *De quelle façon le processus de conception passe-t-il de la formulation de problématique à la formulation d'une solution satisfaisante ? Ces étapes sont-elles valables pour l'écoconception ?*

Cette étude nous a permis d'appréhender la manière dont est mise en œuvre l'écoconception ; selon quels outils / médias d'assistance et pour quels usages. Cinq médias d'assistance à l'écoconception ont été analysés, sur base desquels nous avons identifiés les lacunes de chacun.

Enfin, au regard des courants de pensées et des réflexions présentées sur l'écologisme sociétal, architectural et conceptuel et au regard des éléments déterminants en écoconception architecturale, nous nous sommes intéressée dans la **quatrième partie**, aux pratiques collaboratives et multidisciplinaires du BIM. Après être succinctement revenue sur les raisons de l'émergence du BIM (numérisation de la pratique architecturale), nous nous intéressons aux

langages communs et au modèle collaboratif BIM. Ensuite, nous avons questionné les usages du BIM au regard de l'écoconception à travers une revue de littérature avancée sur base de pratiques d'expert·e·s du secteur et à travers une analyse des médias d'assistance à l'écoconception. Nous terminons la partie et le chapitre par l'identification des limites du BIM.

2.1 Écologisme sociétal : référentiel politique

> *L'écologie a désormais acquis la force de l'évidence. Elle semble à la fois proche et insaisissable et, de fait, il n'existe pas à proprement parler de « discipline » académique qui porte le nom d'écologie. Protéiforme, l'écologie se décline au gré d'adjectifs comme scientifique, social ou politique qui structurent autant de lignes de partage artificielles dont il faut résolument se défaire pour les repenser conjointement. Si l'avènement de l'écologie n'est envisageable que comme résultat d'une multidisciplinarité, c'est parce qu'elle noue ensemble, inextricablement, sciences naturelles et humaines, théories philosophiques et morales avec la construction pragmatique d'un monde commun vivable, habitable*
>
> *(Debourdeau, 2013, p.1)*

Avant de nous plonger dans notre domaine de recherche, *l'écoconception architecturale*, nous abordons dans cette première partie les courants de pensées liés à l'écologie et au développement durable. S'ils ont inspiré ce travail de recherche, ils nous permettent de partager avec vous, lecteur·rice**,** le cheminement de notre réflexion et la façon dont nous sommes entrée en thèse, avec des questions d'ordre éthique (macro) et d'ordre pratique (micro).

Notre première réflexion est d'ordre éthique s'intéressant à la valeur de la Nature (intrinsèque *versus* instrumentale) à travers l'**éthique de l'environnement**, le biocentrisme et l'écocentrisme, Par ce chemin, nous élargissons notre champ d'approche, dans une perspective **holiste et interdisciplinaire,** tentant de déjouer le revers de la spécialisation des sciences et des technologies modernes qui étudient la particularité des unités de façon détaillée de « *plus en plus petites sous prétexte que c'est la seule façon de traiter des sujets complexes* » (Odum cité par Debourdeau 2013). L'étude, succincte, de la naissance de la science de l'écologie nous donne un aperçu de l'amplitude du changement de paradigme sociétal qu'a imposé l'écologisme. Nous abordons les différents outils politiques, de jurisprudence ainsi que les évènements liés, en tant que média de massification de **prise de conscience et de partage des savoirs.** Cet état des lieux permet de mieux appréhender le rôle de l'architecture dans ce changement à la seconde section de ce chapitre.

Notre deuxième réflexion concerne **le développement durable**. D'abord, nous questionnons les réponses apportées par le développement durable, parfois **dichotomiques au regard de l'écologie** (Felli 2008). Ces deux notions sont, selon notre hypothèse, cruciales pour aborder la question architecturale puisqu'elles concernent les affaires de la société et leur rapport au monde dont l'architecture fait partie. À travers l'étude du développement durable, nous revenons sur l'interprétation du « développement » tantôt perçu comme croissance quantitative, ce que certain·e·s nomment capitalisme vert, tantôt comme changement qualitatif (Vivien 2003a). Toujours dans une perspective holistique et interdisciplinaire, nous abordons l'écologie industrielle, modèle dit « durable » issu de l'industrie. La pertinence d'une transférabilité de ce modèle au domaine de l'architecture a été étudiée par certain·e·s chercheur·se·s (Gobbo 2015). Nous appuyant sur ces recherches, nous nous concentrons sur l'interdépendance des 2 innovations qui garantissent la réussite d'un modèle d'écologie industrielle : l'innovation **technologique et l'innovation organisationnelle.** Le cas de l'écologie industrielle, alimente notre réflexion sur la place / le rôle de la technique et de la technologie au regard de l'écologisme sociétal et architectural. Nous terminons ce chapitre par **une critique réflexive du développement durable**, articulée autour de 5 éléments clés :

- L'utopie politique et le référentiel global, en tant que sujet à interprétations et difficultés de mise en œuvre ;
- La temporalité désaxée du temps linéaire et du temps futur, empêchant le champs des possibles ;
- La scientificité et la profanité des savoirs à travers une multitude d'outils ;
- Les technologies dans un débat écologique et leur fausse neutralité ;
- L'impulsion collective et collaborative comme étincelle du changement.

Ces 5 éléments servent de toile de fond à notre recherche : ils seront tour à tour utilisés dans les chapitres d'état de l'art, méthodologie de recherche et résultats. Au sein de l'état de l'art, nous nous appuyons sur ces éléments d'ordre sociétal pour les transférer au domaine de l'architecture. Nous les utilisons comme suit :

- Les questions d'interprétation de l'écologie et du développement durable représentent une question majeure de notre recherche. Si nous questionnons le référentiel global du développement durable dans cette section, **le référentiel** sectoriel de l'architecture durable est étudié à la seconde section et tente de répondre à la question : *quelles idéologies mettons-nous en œuvre à travers nos bâtiments* ?
- L'interprétation du référentiel durable influence les actions sociétales et architecturales. Le développement durable, en ne voulant pas « compromettre les besoins des générations futures » (United Nations 1987), projette un futur linéaire continu semblable au présent et déresponsabilise des problèmes environnementaux d'aujourd'hui. Nous verrons dans la section écologisme architectural à quel point **la temporalité** influence également les actions en faveur de l'environnement au sein de l'architecture, notamment à travers les objectifs européens et internationaux tel que la diminution des émissions de gaz à effet de serre ou la diminution des extractions de ressources.
- Le développement durable s'est construit au sein du monde politique grâce aux études scientifiques soulignant la distinction entre « *ceux qui savent et ceux qui ne savent pas quel est le Bien et comment y parvenir*» (Felli, 2008, p.40). Cette scientificité est également constatée en architecture. Nous le verrons à la seconde section de ce chapitre, le développement durable appelle un savoir pointu, technologique et de technique, géré par des équipes d'expert·e·s. L'architecture est ainsi traversée par plusieurs courants dichotomiques : d'un côté ceux qui s'articulent autour de **la scientificité des savoirs** (high-tech), de l'autre côté s'opposent les courants architecturaux, dits « profanes » (vernaculaires, low-tech).
- Nous nous appuyons sur l'étude du rôle et de la place des techniques et **technologies** au sein de la société (neutralité des technologies, effet rebond, etc.) pour étudier le rôle des technologies dans les processus de conception architecturale. En d'autres termes, *les technologies sont-elles garantes de l'écologisme architectural ou de l'écologisme conceptuel ?*
- Enfin, **la collaboration et la multidisciplinarité** représentent un des axes centraux de notre recherche. Nous étudierons les changements de rôle au sein du processus de conception architecturale, qui devient davantage multidisciplinaire depuis plusieurs décennies (Calixte 2021) et comment sont appréhendés ces changements dans la pratique (outils, processus).

Il est à noter que le terme Nature est ici à comprendre comme « *la biodiversité, les écosystèmes, la Terre nourricière, les systèmes de vie et d'autres concepts analogues* » (IPBES 2019, p.10). Nous utilisons volontairement ce terme *Nature* communément compris par un plus grand nombre d'européen·ne·s occidentaux, et ce, bien que Philippe Descola, anthropologue français (1949-) annonce que « la *nature, cela n'existe pas* »[9]. Nous assumons l'usage de ce terme

[9] Entretien datant du 12.10.2021 entre Philippe Descola et Reporterre disponible : https://reporterre.net/Philippe-Descola-La-nature-ca-n-existe-pas

pour parler du vivant, des non-humains, appuyant sur la distance établie entre les humains et non-humains dans cette perception construite ici en Europe.

2.1.1 L'écologie : enjeux et ruptures de l'Anthropocène

> *A la question « comment définissez-vous l'écologie ? », Gorz répondait : « de toutes les définitions possibles, j'aimerais privilégier d'abord la moins scientifique, celle qui est à l'origine du mouvement écologiste, à savoir le souci du milieu de vie en tant que déterminant de la qualité de la vie et de la qualité d'une civilisation. André Gorz cité par Debourdeau, (2013), p.198*

2.1.1.1 L'éthique environnementale : les interrelations entre l'humanité et l'environnement

L'écologie et son champ d'application n'ont cessé d'évoluer au cours des siècles passés. Décrite comme *protéiforme* par Debourdeau (2013), l'écologie est née au sein des **sciences naturelles** pour percoler dans divers domaines de la vie courante ; tantôt politique, tantôt économique. Le naturaliste suédois Carl von Linné (1707-1778) est l'une des figures de proue de l'écologie. Par son dessein de classification des êtres vivants, il a contribué à l'éclosion de la pensée écologiste. Au XIXème siècle, Ellen Swallow Richards, chimiste écologiste (1842 – 1911), théorise *l'oecology* comme la science de la qualité environnementale (Dyball et Carlsson 2017). Contractant les mots grecs « oikos », maison et « logos », science et connaissance, l'écologie est la science de l'habitat et étudie les relations et les conditions d'existence des organismes avec et au sein de leur environnement (Debourdeau 2013; Madec 2021). Plus qu'une étude des organismes dans leurs milieux, l'écologie concerne les **interrelations** :

> *L'écologie ou distribution géographique des organismes (…) est la science des rapports des organismes avec le monde extérieur ambiant, avec les conditions organiques et organisatrices de l'existence ; ce qu'on a appelé l'économie de la Nature, les mutuelles relations de tous les organismes vivants en un seul et même lieu, leur adaptation au milieu qui les environne, leur transformation par la lutte pour vivre, surtout les phénomènes de parasitisme… (Paquot 2021).*

Soixante ans plus tard, Wladimir Vernasky, minéralogiste et chimiste russe (1863 – 1945), introduit deux notions modernes : la *biosphère*[10], définie comme la région unique de l'écorce terrestre occupée par la vie, et la noosphère, définie comme une « *(…) force géologique puissante, un facteur unique dans la vie de la Terre, à l'aune duquel la face de la terre s'est transformée d'une façon méconnaissable, l'ère de cette transformation ne faisant que commencer* » (Debourdeau 2013, p.92). En exposant les interrelations entre noosphère et biosphère dans une écologie globale, Vernasky et Swallow Richards sont les premier·e·s à pointer l'impact grandissant de l'empreinte écologique de la société industrielle occidentale sur la Nature et l'urgence de protéger la biosphère (Dyball et Carlsson 2017).

[10] *La biosphère, le domaine de la vie* (1926)

Aldo Leopold (1887 – 1948), forestier écologue[11], va plus loin en dénonçant le rapport de domination des humains[12] sur la Nature comme origine des problèmes environnementaux. Son ouvrage *A Sand County Almanac* (1949) participe à la théorisation d'une nouvelle éthique : l'éthique de l'environnement (C. Larrère 2006).

> *« L'éthique de l'environnement n'est pas autre chose qu'un **effort théorique** pour construire et justifier des normes, qui n'autoriseraient plus les hommes à exploiter la Nature de façon abusive, en vue de servir les intérêts égoïstes d'un individu ou d'une collectivité, et qui leur permettraient d'établir une relation d'un nouveau genre avec elle» (Vinh-De, 2000,p.139).*

L'éthique de l'environnement appelle les sociétés occidentales et capitalistes à modifier leurs perspectives de développement, d'adopter un nouveau style de vie qui permet de conjuguer les besoins de la Nature et de l'humanité telle une exigence morale. **L'éthique de l'environnement** est construite sur le rejet de toute prémisse anthropocentriste[13] : elle s'oppose à l'éthique égocentrique, issue de l'humanisme grec renforcé par le dualisme de Descartes, qui rejette le rapport d'inégalité entre l'Humanité et la Nature. L'éthique de l'environnement reconnaît **une valeur intrinsèque** à la Nature, aux choses humaines et non-humaines, en dehors de toute attribution de valeur instrumentale (« à quoi peuvent-elles nous servir / être utile / apporter ?»). On y distingue deux courants : le **biocentrisme,** pour qui la valeur intrinsèque concerne le monde organique et **l'écocentrisme,** qui concerne les mondes organiques et inorganiques.

Loin de nous la volonté de détailler ces 2 courants philosophiques, cette section vise à mettre en évidence l'essence de l'éthique de l'environnement qui propose une nouvelle relation entre l'humanité et la Nature, rejetant toute domination de la première sur la seconde et reconnaissant les valeurs intrinsèques des deux. En ce sens, elle est holiste[14] : elle tient compte des interrelations entre les choses (organiques et non-organiques). En abandonnant **sa posture de domination** sur la Nature, l'éthique de l'environnement offre, à notre société occidentale, la possibilité de résoudre les problèmes globaux de la crise écologique (Vinh-De 2000) (Larrère, 2006).

[11] Aldo Leopold a été influencé par Marsh, auteur de l'ouvrage Man and Nature de 1864, George Perkins Marsh, diplomate et philologue états-unien, que certains considèrent comme le premier écologiste des Etats-Unis dû à la systémique avec laquelle il aborde la Nature et les forêts. Il dénonce l'approche anthropocentrée et perçus uniquement par une approche mercantile par l'homme.

[12] Les humains issus du système capitaliste occidental.

[13] L'anthropocentrisme, hérité de Descartes, met l'humain au centre de la moralité et accorde à l'humanité une valeur intrinsèque supérieure à celle des autres entités Naturelles. « Les êtres humains (parce qu'ils sont raisonnables, libres et conscients de l'être) sont considérés comme des fins en soi : le champ de la moralité et celui de l'humanité sont coextensifs. Les nouvelles éthiques environnementales se sont construites autour de la remise en cause de cette certitude, baptisée anthropocentrique (parce que l'être humain y est le centre de la moralité) » (Larrère,2006, p.81)

[14] Contrairement à l'éthique biocentrique de Paul W. Taylor où seules les entités organiques ont une valeur intrinsèque.

2.1.1.2 L'écologie, une science interdisciplinaire et holiste

> *« L'écologie n'est pas une discipline universitaire pas plus qu'elle ne serait la ligne d'un parti politique ou son programme. Elle s'avère une méthode, dans le sens grec de methodos, où hodos désigne « la voie, la route », « la direction qui mène au but », ou pour le dire autrement, un cheminement qui nécessite une argumentation répondant à un questionnement » Thierry Paquot*[15]*dans Topophile*

L'écologie fait irruption dans l'espace public grâce à Eugene P. Odum, (1913 -2002), père de l'écologie moderne. Il est le premier à développer **une écologie holiste, une étude systémique de l'environnement**. Spécifiquement étudiée dans la branche de la biologie jusqu'alors, Odum hisse « *l'écologie au rang d'une importante science interdisciplinaire qui fait le lien entre les sciences biologiques, physiques et sociales*» (Debourdeau, 2013, p.108). Il introduit deux concepts nouveaux : le concept des niveaux d'organisation où la hiérarchie des niveaux est continue, sans séparation, et le concept des niveaux d'intégration **« le tout est plus que la somme des parties »** [16] **.** Dans son ouvrage *Ecologie (1976)*, Odum met en lumière le revers de la spécialisation des sciences et des technologies modernes qui étudient particulièrement, et de façon détaillée, des unités de « *plus en plus petites sous prétexte que c'est la seule façon de traiter des sujets complexes* ». Odum pousse les écologistes à favoriser **une approche globale pour compenser l'approche « réductionniste » des sciences modernes.** Sans cette approche holistique, à l'échelle de la biosphère et des écosystèmes, le risque d'une crise majeure de l'environnement est inévitable.

Odum appelle à un réveil écologique de la société. L'écologue devient écologiste : en s'appuyant sur les constats scientifiques, il milite pour la préservation de la Nature[17] et lance l'alerte sur l'impact des pesticides, dont le DDT[18], *« dont il soupçonne d'avoir des conséquences inattendues sur les espèces inoffensives ou bénéfiques – anticipant le scandale provoqué par l'ouvrage de Rachel Carson (…)»*[19]. Odum sort l'écologie du domaine exclusivement scientifique d'alors, pour l'introduire dans les affaires publiques. L**'éveil écologique de la société est amorcé**. Ce réveil écologique (occidental) donnera naissance aux mouvements écologistes quelques années plus tard. Les mouvements écologistes sont une réponse aux nombreux évènements qui ont marqués le XXème siècle, qui au fil des décennies, ont annihilé les efforts de préservation de

[15] Source web, consultée le 15.10.2021 : https://topophile.net/savoir/lecologie-comme-methode/?utm_source=mailpoet&utm_medium=email&utm_campaign=lt36

[16] Odum prend l'exemple de l'eau H20 où « l'études séparée de l'hydrogène et de l'oxygène, si approfondie soit-elle ne nous permettrait certainement jamais de bien comprendre l'eau, à moins que nous n'étudions aussi l'eau elle-même » (Odum, 1976, p.5)

[17] Odum proteste pour la protection des zones côtières de Géorgie

[18] DDT = dichlorodiphényltrichloroéthane

[19] Ibid. p.106

la Nature : un siècle de guerres contre l'Humanité et contre l'environnement instrumentalisé par les progrès techniques et technologiques[20].

Face aux nombreux écocides du XXème, **le principe de responsabilité** (1979), ouvrage éponyme de l'historien philosophe allemand Hans Jonas (1903 – 1993), responsabilise les sociétés occidentales à propos de l'environnement. La révélation de l'empreinte humaine sur la Nature « *fait apparaitre au grand jour que non seulement la Nature de l'agir humain s'est modifiée de facto et qu'un objet d'un type entièrement nouveau, rien de moins que la biosphère entière de la planète, s'est ajouté à ce pour quoi nous devons être responsables parce que nous avons pouvoir sur lui* » (Debourdeau, 2013, p.272).

2.1.1.3 Le réveil écologique de la société occidentale et la naissance des mouvements écologistes

> *Il était une fois une petite ville au cœur de l'Amérique où toute vie semblait vivre en harmonie avec qui l'entourait. Cette ville était au centre d'un damier de fermes prospères, avec des champs de céréales et des coteaux de vergers, où au printemps, des nuages blancs de fleurs flottaient au-dessus des champs verts. (…). Même en hiver, les bords des routes étaient beaux ; d'innombrables oiseaux venaient y picorer les baies et les graines que les herbes sèches laissaient au-dessus de la neige. La campagne était d'ailleurs réputée pour l'abondance et la variété de ses oiseaux, et lorsque les flots de migrateurs déferlaient au printemps et à l'automne, les gens accouraient de très loin pour les observer. (…) Et puis un mal étrange s'insinua dans le pays, et tout commença à changer. Un mauvais sort s'était installé dans la communauté, de mystérieuses maladies décimèrent les basses-cours ; le gros-bétail et les moutons dépérirent et moururent. (…) il y avait un étrange silence dans l'air. Les oiseaux par exemple – où étaient-ils passés ? (…)*
>
> *Printemps silencieux (Carson 1962) cité par (Debourdeau, 2013, p. 120-121)*

À la lecture du *Printemps silencieux* (1962), la société civile occidentale prend conscience de l'impact des techniques industrielles sur l'environnement. Pour alerter le plus grand nombre, l'autrice, Rachel Carson (1907-1964), biologiste, fait le procès des pesticides et de leurs impacts sur l'environnement à travers 4 numéros consécutifs du journal New Yorker[21]. L'écologie change d'échelle : la préservation de la Nature autrefois limitée aux grands sites sauvages au XVIIIème et XIXème (***préservationnisme***) s'étend à la Nature entière [22] (Steele 2005) (Debourdeau 2013)

[20] Tels que le gaz moutarde de la Première Guerre Mondiale (1917) et le Zyclon B des camps d'extermination de la Seconde Guerre Mondiale. Mais aussi, le napalm et le défoliant de la guerre du Viêt Nam qui sont considérés comme « la plus grande guerre écologique de l'histoire de l'humanité ». Les bombardements d'Hiroshima et de Nagasaki dont « (…) le strontium 90, libéré dans les explosions atomiques, revient sur la Terre avec les pluies, ou sous la forme des poussières appelées « retombées atomiques », et pénètre dans le sol (…).

[21] Le format utilisé par Carson pour alerter la société civile sur les dommages causés sur l'environnement est significatif d'une posture militante et de changement sociétal.

[22] La protection de l'environnement est une tradition ancrée aux Etats-Unis, impulsée par plusieurs présidents. D'abord, James Madison encourage la fondation de la première réserve forestière fédérale, Ulysse Grant instaure le parc national de Yellowstone. Theodore Roosevelt bataille pour la création du National Park service (1916), parallèlement au travail de protection des naturalistes dont la Sea Sheperd Conservation Society par Paul Watson.

(Maniaque 2014) (de Negroni 2018). Plusieurs évènements traumatiques vont accélérer la prise de conscience dont la Guerre du Vietnam (1962-1975), les naufrages pétroliers Torrey Canyon (1967) et de Amoco Cadiz (1978), les fuites des usines chimiques de Seveso, Italie (1976) et Bhopal en Inde (1984) ainsi que l'accident nucléaire de Tchernobyl (1986), la compréhension du grand public de l'effet de serre, de la désertification, des pluies acides et du trou dans la couche d'ozone et enfin les crises pétrolières (Weissenstein 2012) (Verjans 2021). **En Belgique**, le réveil écologique se traduit par l'émergence de **nouveaux partis politiques** dont Agalev et Ecolo dès 1976. Articulé autour de la polémique du projet du complexe d'hiver Walt Disney dans un parc de séquoias en Sierra Nevada, l'environnement s'impose dans la jurisprudence en 1972 aux Etats-Unis[23]. Le travail et l'argumentaire[24] du juriste Christopher D. Stone permettent la représentation en justice des entités naturelles non-humaines par un tuteur indépendant (de toute institution).

A partir de là, la loi reconnait la valeur intrinsèque de la Nature et en fait un sujet de droit[25]. Toutefois, malgré cette reconnaissance, une question demeure : quel rapport l'humanité entretient-elle avec l'environnement ? L'écologie profonde ou **Deep Ecology** va retenir toute l'attention tant des partisan·ne·s que des opposant·e·s. Souvent confondu avec l'éthique environnementale, ce courant de pensée « *se préoccupe essentiellement de la réalisation de soi, de l'identité entre la personne et la Nature ; elle ne développe pas d'éthique, jugée trop rationaliste, trop dualiste* » (Larrère, 2006, p.82). Prenant ses racines dans l'ouvrage de 1973 de Arne Stone (1912-2009), l'écologie profonde s'oppose à l'écologie superficielle qui, selon Naess, rejoint l'anthropocentrisme dans la définition de la valeur qu'elle accorde à l'environnement, une valeur instrumentale telle une machine dont l'homme en est le maître. Cette écologie est détournée et utilisée à mauvais escient (Vinh-De 2000). Bien qu'influente et puissante (paradigme dominant en Occident), son dessein est limité et pauvre : *« l'objectif central [est] la santé et l'aisance des populations des pays développés* » (Naess, 1973, p.95). Naess y oppose la « vraie » écologie, l'écologie profonde qui révoque la domination de l'homme sur la Nature en proposant une nouvelle relation profonde. C'est à ce titre qu'elle est qualifiée par Debourdeau, (2013) comme étant à la hauteur d'une **révolution copernicienne**. En outrepassant l'idée de **compensation – réparation – limitation des dégâts écologiques**, l'écologie profonde a pour objectif de répondre de manière holistique à la crise environnementale à laquelle fait face la société. L'écosophie est critiquée tant par ses partisan·ne·s que par ses opposant·e·s. Pour Guattari, partisan de l'écosophie, les mesures de changements sont faibles et limitées aux nuisances industrielles et aux champs

[23] Plusieurs textes de lois en faveur de la protection de l'environnement émergent dès le réveil écologique des années 1960 : le Wilderness Act (1964) pour la protection des zones désertiques, le Land and Water Conservation Act (1965) pour les ressources terrestres en général, le Wild and Scenic Act (1968) pour les fleuves et les rivières ainsi que dès le début des années 70 le Clean Air Act, le Clean Water Act, le Resource Conservation and recovery Act, le Toxic Substances and Control Act et enfin les Forest Management and Federal Land Policy Management Acts (Steele, 2005).

[24] D'une part, son argumentaire est basé sur l'évolution des droits de différentes entités, qui au fil de l'histoire, en ont été dépourvus, considérés pendant longtemps comme choses ou objets (Tels que les enfants, les femmes, les Afro-américains, les prisonniers, les fous, les fœtus, les Indiens, etc.) et d'autre part, le caractère protéiforme de l'ayant-droit, dont le monde des avocats est rempli ; les sociétés, les municipalités, les Etats-Nations ou encore les partenariats, prouvant qu'il ne faille pas avoir forme humaine pour se voir reconnaitre des droits.

[25] En 2017, l'ouvrage de Stone servira de référence dans la reconnaissance des droits aux Gange et à la Yamuna, fleuve et rivière d'Inde considérés comme entités vivantes ayant un statut de personne morale et les droits afférents (de Negroni 2018).

technocratiques. Les principes[26], volontairement vagues et imprécis, ne permettent pas de pratiquer aisément cette nouvelle philosophie (Vinh-De 2000).

> *Seule, une articulation éthico-politique entre les 3 registres écologiques, (...) celui de l'environnement, celui des rapports sociaux et celui de la subjectivité humaine, serait susceptible d'éclairer convenablement ces questions (Guattari 1989, p.13).*

Les opposants de l'écologie profonde lui reprochent d'être **antihumaniste,** alimentant une *haine de la modernité* dû à son mysticisme romantique vis-à-vis de la nature (de Nguyen, 1993) (Bjarne, 1998). Figure de proue des opposants, le philosophe et politologue français Luc Ferry[24] nomme, dans son ouvrage *Nouvel Ordre écologique* (1992), l'écologie profonde comme « *la logique d'une déconstruction de la modernité* ». L'écologie profonde implique selon lui une critique de la civilisation occidentale qui débouche sur l'appel d'une révolution, une remise en question de la technique, un biocentrisme ou culte de la vie, la peur comme passion politique, la tendance à faire dériver de l'écologie une éthique et une politique environnementale et un antihumanisme qui étend l'idée de sujet de Droit aux entités non humaines. De manière extrême, il qualifie la Deep Ecology de « fascisme environnemental »[25]. Les partisans de Ferry s'inquiètent de l'éventuelle interprétation des droits donnés aux entités naturelles non-humaines, « *(...) non pas tant dans le but de "préserver" les animaux ou les plantes, mais afin de mieux ravaler l'homme à une chose parmi les choses, dont il devient possible d'ordonner la disparition* »[26] (Ruby, 1993, p.109).

La diversité des ouvrages, **des évènements,** des acteur·rice·s, des lieux et des formats traduit l'essor et la volonté de la société d'une vision systémique de l'écologie. Depuis les premiers naturalistes, il y eu maints efforts pour préserver et défendre la biosphère dont, de manière non-exhaustive : le Congrès International de protection de la Nature en 1923, la fondation de l'Union Internationale pour la conservation de la Nature (UICN) en 1948, le Rapport de Meadows par le Club de Rome (1972), et plus récemment le Sommet de la Terre de Rio en 1992, le protocole de Kyoto de 1998, la COP21 de Paris en 2015. La conférence des Nations Unies sur l'environnement humain (CNUEH) de Stockholm de 1972, appelée aussi premier Sommet de le Terre, en est l'un des symboles. Cette rencontre internationale a été étayée par le rapport *Only One Earth* (1972) de Barbara Ward (1914-1981), économiste spécialiste des pays en voie de développement, et René Dubos (1901-1982), biologiste. Commandé par le secrétaire général des Nations Unies, l'ouvrage a pour but initial de réaliser un état des lieux objectif et exhaustif de la relation entre l'homme et son habitat naturel. C'est le caractère holistique de l'ouvrage qui est salué, porté par 152 expert·e·s et penseur·se·s de l'époque issus de 58 pays (Debourdeau, 2013).

2.1.1.4 Une dichotomie au sein de l'écologie

Depuis son origine, l'écologie (et par extension, les différents courants de pensées qui en découlent), dans tous les domaines qu'elle investit, est scindée par cette vive dichotomie, consciente ou inconsciente et ce, malgré qu'aujourd'hui « *l'écologie a acquis la force de l'évidence* »

[26] (i) Rejet de l'image de l'homme-au-de-l'environnement en faveur de l'image rationnelle de champ de vie total, 'ii) égalitarisme biosphérique – en principe, (iii) principes de diversité et symbiose, (iv) posture anti-classe, (v) lutte contre la pollution et l'épuisement des ressources, (vi) complexité, pas complication, (vii) autonomie locale et décentralisation.

(Debourdeau, 2013,p.7). Dès 1970, deux courant se construisent et s'opposent, définies par Felli (2008) comme les deux âmes de l'écologie. L'écologie par le bas correspond à l'écologie politique, opposée à l'écologie par le haut[27], correspondant au développement durable. Il n'existe pas de continuité entre l'écologie et le développement durable, ce sont deux réponses antagoniques à une même question.

> *Comment la vision profondément subversive de l'écologie politique des années 1970, a-t-elle laissé place au très consensuel développement durable ? (Felli 2008)*

La section qui suit vise à comprendre la dichotomie entre écologie et développement durable. Les valeurs de **l'écologie par le bas** sont le mieux-vivre, la liberté individuelle et collective et l'autogestion, en cela elle est l'héritière des mouvements de 68. L'autonomie en est le dessein, tant individuelle que collective, c'est-à-dire répondre à ses besoins propres sans compromettre les écosystèmes et les ressources naturelles. C'est en cela qu'elle diffère de la définition du développement durable : en tenant compte de la valeur intrinsèque de la Nature, et pas uniquement des besoins humains actuels et futurs. Ce mouvement condamne l'ordre économique capitaliste et la société industrielle de croissance qui empêche les sociétés de maitriser leur environnement, leurs outils et leurs productions, entrainant de cette manière une crise environnementale. « *(…) Il serait illusoire de s'occuper d'environnement sans comprendre ce qui produit la crise de l'environnement. Or cette crise, pour l'écologie politique, est la résultante directe de la crise du capitalisme*[28] . Plusieurs penseurs, dont André Gorz (1923-2007), philosophe et journaliste français, et Ivan Illich (1926-2002), penseur autrichien, sont des protagonistes de cette écologie. Ils s'opposent à l'écologie par le haut dont ils craignent une récupération des valeurs au profit d'un **« nouveau » capitalisme** et de la création d'une dictature écologiste – technocratique, ce qui s'apparente au **« greenwashing ».** Le développement durable en fait partie selon eux car « *il ne s'est pas construit* sur *ou* à la suite de, *mais* contre *l'écologie politique, structurant une alternative* » (Felli, 2008, p.13). L'écologie par le bas réclame à outrepasser la simple prise de conscience de la crise environnementale et appelle à un changement de paradigme sociétal par une prise de conscience de la crise globale (environnementale, sociale, économique). Gorz propose comme réponse **la décroissance**. Ce néologisme, né sous sa plume dans le journal le *Nouvel Observateur* en 1972, consiste en une sobriété volontaire, résumé par « *on ne peut croître infiniment dans un monde fini* ». Pour Illich ; « *seule la somme de comportements individuels et volontaires sera porteuse de changements* »[29]. A ce titre, l'environnement et le développement durable sont antagoniques puisque le développement durable est institutionnalisé (Hugon 2005) (Boidin et Rousseau 2011). Il n'est plus seulement question ici de la valeur de la Nature, ni de la place de l'Homme dans l'environnement, mais bien des activités de sociétales et économiques (oikos; maison et nomos ; gestion).

[27] Ces termes sont ceux proposés par Felli,2018. André Gorz parle d'écologisme (écologie par en bas) et d'écologie (écologie par en haut).
[28] Ibid. p.26
[29] Cité par Boidin et Sandrine, 2011, p.192

> *Il est intéressant de voir que le terme écologie dérive de la même racine que le mot économique – lequel traite « d'économie domestique » dans le sens d'administration des affaires humaines. (…) il faut tenir compte de l'environnement naturel autant que des structures et des interventions d'origine humaine au moment de faire l'évaluation des coûts, ce dernier aspect revenant à l'économique (Odum, 1976,p.1).*

Dès la cristallisation de l'écologie par le bas durant les années 1970, une autre réponse éclot, issue du même terreau, une réponse « *technocratique, avec le fameux rapport de Meadows, commandé par le Club de Rome* »[30] : **l'écologie par le haut.** À la suite des chocs pétroliers, elle propose une réponse plus consensuelle à la crise environnementale, dont le développement durable est l'une des réponses les plus connues. Toutefois, l'écologie par le haut n'est pas de l'environnementalisme, il « *se concentre sur les conséquences environnementales des activités humaines (pollution, risques sanitaires, déforestations, etc.) et considère que de simples aménagements de notre système social et économique permettront de les contenir* » (Carbou 2019). L'écologie par le haut apporte une réponse technocratique dont le principe moteur est, non pas l'autonomie comme le propose l'écologie par le bas, mais la survie de l'humanité compromise par les modes de consommation / production du système de croissance actuel. Le *sustainable development*, si populaire aujourd'hui, est né de cette volonté d'intégrer l'écologie à l'économie, que certains ont perçu comme une hybridation d'humanisme - écologisme (de Nguyen 1993). Le tableau ci-dessous s'inspire du travail de (Felli 2008) pour mettre en parallèle les caractéristiques de l'écologie politique et du développement durable.

[30] Ibid. p.21

Tableau 1 : Caractéristiques des deux écologies, inspiré de Felli (2008)

	Écologie par le bas	Écologie par le haut
Dessein	Autonomie	Survie
Temps	Présent	(Générations) Futur(es)
Portée sociale	Individu	Espèce humaine
Acteurs	Citoyen·ne·s	Expert·e·s
Positionnement politique	Gauche / extrême gauche	Ni-droite, ni gauche / au-delà des clivages
Impulsion	Société civile	Etat
Moteur	Vouloir	Savoir
Mode d'organisation	Démocratie directe	« Participation » / élite éclairée
Limites	Autolimitation	Hétéro limitation
Moyen	Choix	Nécessité
Positionnement technique	Critique de la technique	Technique «neutre »
Modèle	Conflit	Harmonie / stratégie « gagnant / gagnant »
Changement	Révolution / réforme radicale	Réforme modérée / conservatisme
État	Rupture	Continuité
Modèle	Changement de mode de production / décroissance / convivialité	Réorientation / écologie industrielle / « nouvelle ère de croissance »
	Écologie politique	Développement durable

2.1.2 Le développement durable

The 17 Sustainable Development Goals and 169 targets which we are announcing today demonstrate the scale and ambition of this new universal Agenda. They seek to build on the Millennium Development Goals and complete what these did not achieve. They seek to realize the human rights of all and to achieve gender equality and the empowerment of all women and girls. They are integrated and indivisible and balance the three dimensions of sustainable development: the economic, social and environmental. Agenda 2030 [31]

[31] Source web consultée le 05/11/2020 : https://sdgs.un.org/2030agenda https://sdgs.un.org/2030agenda

2.1.2.1 Les interprétations : soutenable et durable

Issue de la Deep Ecology et révélé à la Conférence des Nations Unies de 1972, *the sustainable development* éclot en 1987 sous la rédaction de la Commission mondiale de l'environnement et du développement dans le rapport *Our commun futur*, présidée par Gro Harlem Brundtland dont le rapport emprunte parfois le nom. Ce néologisme désigne la troisième décennie du développement et se définit comme une réponse « *(…) aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins* » . Rapidement, l'apposition des deux termes ainsi que leur traduction française suscitent débat. D'un côté, la traduction française *durable* est controversée : là où la version anglophone traduit « *une capacité à endurer* », la version française exprime « *une capacité de stabilité dans le temps et de résistance* »[32]. Bien que vivement conseillée par la Commission, la traduction **développement soutenable** est délaissée au profit du **développement durable.** L'Office québécois de la langue française (2011) fait du développement soutenable une traduction à éviter, contrairement à plusieurs chercheur·se·s (Vivien 2003a)(de Myttenaere 2006).

De l'autre côté, **l'apposition de développement à durable** questionne : le terme *développement*, isolé de *durable*, fait référence à l'économie et à la croissance depuis l'après Seconde Guerre Mondiale[33]. En 1994, Nordhauss[34] définit un critère de durabilité de la même façon que John Hicks[35] définit le revenu c'est-à-dire « *mesurer la quantité de richesses que l'on peut consommer durant une période, sans que l'on s'appauvrisse entre le début et la fin de cette période* »(Vivien 2003a, p.2). Le développement est ici compris uniquement comme « *le fait de grandir, de croître, de se développer* » (Larousse, 2021). Pourtant, le développement n'implique pas seulement un **accroissement quantitatif,** il comprend également **un changement qualitatif.** Bien qu'ils soient complémentaires, ces changements ne sont pas corrélés. La définition du critère de durabilité révèle l'indépendance entre croissance économique et croissance de la qualité de vie d'une société (Vivien 2003a). La croissance illimitée des richesses dans un monde aux ressources limitées, créé inévitablement un déséquilibre (environnemental, économique et/ou social[36]). Le rapport de Meadows illustre ce déséquilibre. Ces deux controverses contribuent à alimenter le **flou sémantique** autour du développement durable, exposé à l'interprétation et à la spéculation (Vivien, 2003a) (Steele 2005) (Weissenstein 2012). Malgré une vision à long terme du développement durable et la définition des 3 principes qui le compose, **intégrité environnementale, équité sociétale, efficacité économique**, les interprétations sont multiples, en témoignent les traductions graphiques présentées ci-après.

Le développement durable s'est malgré tout imposé sur la scène politique et économique de façon fulgurante entre les années 1970 et 1990, en attestent les plus de 200 accords régionaux et internationaux en faveur de l'environnement. De manière non-exhaustive, quatre évènements ont marqué le développement durable. En 1992, le **Sommet de la Terre de Rio de Janeiro** adopte 27

[32] Source Larousse : soutenable et durable
[33] Ibid. p.17
[34] Vivien (2003a) cite l'ouvrage NORDHAUS W.D. (1994) «Reflections on the Concept of Sustainable Economic Growth», in L. Pasinetti, R. Solow (eds) Economics Growth and the Structure of Long-Term Development, London, Macmillan, pp. 309-325.
[35] Père de la microéconomie définit le revenu en 1946
[36] Ibid. p2.

principes pour la protection de l'environnement**,** formant **l'Agenda 21**, distinguant les responsabilités des pays en développement de celles des pays développés : les préoccupations des premiers sont axées sur les êtres humains tandis que les seconds doivent se concentrer sur la protection de l'environnement. Cependant, selon Shah (2008a), l'espoir que les pays en voie de développement rattrapent leur retard et que les pays développés deviennent écoresponsables ne s'est pas réalisé. Cet échec conduit **le Sommet de la Terre de 2002 de Johannesburg** à mettre l'accent sur des partenariats publics-privé. Parallèlement, une volonté forte des dirigeants du monde à l'aube de l'an 2000 fixe l'adoption de huit **objectifs du millénaire**[37] prioritaires pour le développement durable (OMD) pour 2015. A l'instar de l'Agenda 21, les partenariats et les 8 OMD n'ont pas été mis en œuvre de manière concluante (Shah 2008a). Face à ces échecs, 193 états membres des Nations Unies étoffent et remplacent les 8 OMD par 17 objectifs durables pour la période de 2015 à 2030 (Figure 2 gauche), appelé également **Agenda 2030**[38]**.** Les 17 objectifs sont répertoriés selon 5 dimensions ; *People* (reprend les OD1,2,3,4,5), *Planet* (reprend les objectifs 6,12,13,14,15), *Prosperity* (reprend les objectifs 7,8,9,10,11), *Peace* (reprend l'objectif 16) et *Partnership* (reprend l'objectif 17)[39] (Figure 2, en haut droite). Si l'indissociabilité des 3 axiomes initiaux (environnement, société, économie) est indiscutable, leur corrélation ne se traduit pas toujours comme **un équilibre :** la Figure 2 en bas à droite, propose de distinguer les 17 objectifs durables selon les 3 axiomes initiaux.

[37] Ces huit objectifs OMD sont : éliminer l'extrême pauvreté et la faim, assurer l'éducation primaire pour tous, promouvoir l'égalité des sexes et l'autonomisation des femmes, réduire la mortalité infantile, améliorer la santé maternelle, combattre le VIH, le SIDA, le paludisme et d'autres maladies, préserver l'environnement et mettre en place un partenariat mondial pour le développement.

[38] Source web, consultée le 05/11/2020: https://sdgs.un.org/goals

[39] Source web consultée le 23/12/2020 : https://www.unssc.org/news-and-insights/blog/sustainable-development-what-there-know-and-why-should-we-care/

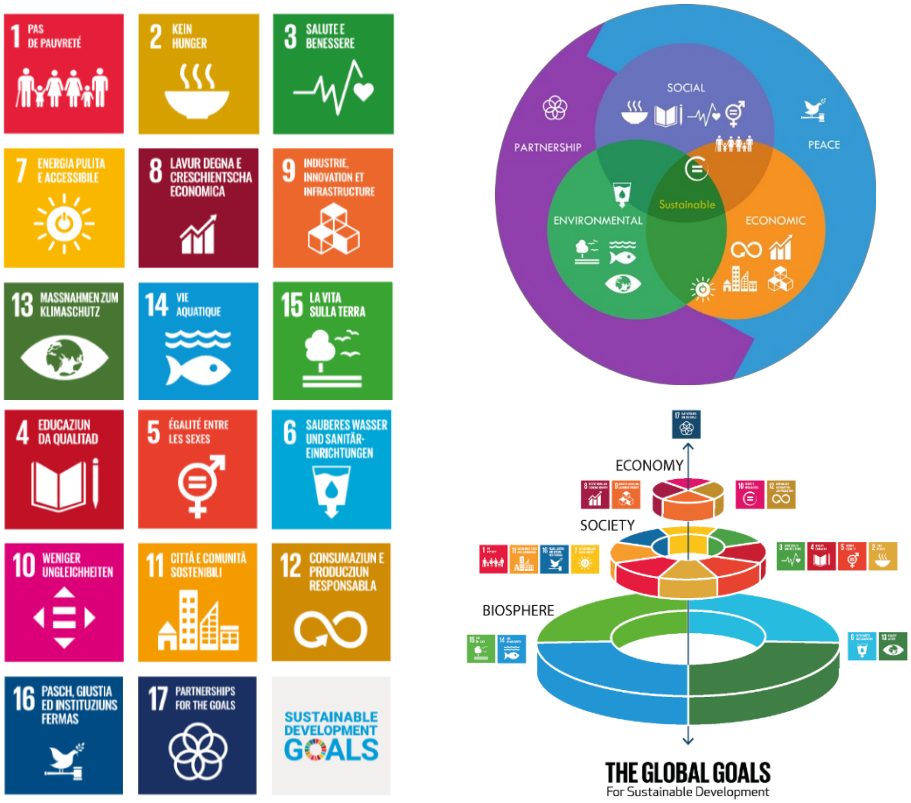


Figure 2 (à gauche) : Les 17 objectifs durables des Nations Unies
Figure (en haut à droite) : répartitions des objectifs selon les 5 dimensions (5P)
Figure (en bas à droite) : Les 17 objectifs de développement durable positionnés par rapport à la fondation de la biosphère et à l'espace opérationnel sûr pour les humains sur Terre. Tiré de Rockström et Sukhdev (2014) tel que présenté lors du Forum EAT 2016

2.1.2.2 Les intensités et prismes d'analyse du développement durable

Parmi les nombreuses lectures du développement durable, nous nous attardons sur 3 d'entre-elles, allant d'une durabilité faible à forte. Leur interprétation dépend du prisme d'analyse environnemental, social et économique. **Une durabilité faible** se caractérise par un développement quantitatif dépendant d'une certaine efficience et de l'optimisation des procédés et des ressources. Le principe économique régit ceux de la société et de l'environnement. **Une durabilité forte** vise un changement profond de la société, principalement du système capitaliste occidental. Les axiomes de l'environnement et de la société régissent le développement économique. Cette vision se retrouve dans la décroissance d'André Gorz et dans la convivialité de Ivan Illich. Pour Vivien, (2003a), Karl Marx est l'un des premiers à développer ce changement d'une rupture franche avec le capitalisme. Entre les deux, un état d'équilibre est recherché, **une durabilité équilibrée,** *un état stationnaire, selon* J. S. Mill, ou une croissance zéro selon le Rapport de Meadows. Les sections suivantes mettent en lumière toute la complexité du développement durable basée sur une tripartite d'intégrité environnementale, d'équité sociétale et d'efficacité économique. La prédominance d'un des 3 principes a et aura pour conséquences le bouleversement des deux autres.

L'équilibre du développement durable réside dans plusieurs facteurs corrélés : une vision long terme, une démarche transversale, multidisciplinaire et systémique, à l'échelle locale et à responsabilité globale, dans une approche contextualisée (Weissenstein 2012).

2.1.2.2.1 Une durabilité faible : l'écodéveloppement

Bien qu'il soit considéré comme la référence du développement durable, le rapport de Brundtland a pour premier objectif « *la reprise et l'instauration d'une nouvelle ère de croissance économique* » (Vivien 2003, p.16). Cette interprétation se base sur la règle d'Hartwick (1977), dite règle de **compensation intergénérationnelle**, et propose « *d'investir dans le capital technique et humain le montant des profits tirés de l'exploitation pure et simple des ressources naturelles* » [40]. Cet investissement vise une consommation constante. Elle est de durabilité faible car elle admet le principe de substitution entre le capital artificiel et naturel, très proche des principes d'économie classiques (Weissenstein 2012). **L'écodéveloppement**[41] illustre cette perception, il « exprime *l'intégration forte des préoccupations environnementales dans les processus de développement économiques, (…) à la condition de révolutionner les modes de production et de consommation grâce aux avancées technologiques et aux actions collectives* » (Hugon, 2005, p.115 et 133). L'écodéveloppement refuse d'un côté le dogme de la croissance d'une économie abusive tout en étant à la fois réfractaire à un état stationnaire et à la décroissance. Il cherche à rendre compatible le progrès social et la gestion saine des ressources et du milieu tout en se basant sur des modèles classiques de croissance. La sortie de la crise environnementale passerait d'une part par la revalorisation du temps, largement gaspillé dans des productions inutiles, et d'autre part à travers l'optimisation, la maîtrise et la valorisation de nos économies et systèmes techniques (Sachs, 1980, p.135). Sur base de ces constats, l'écodéveloppement propose, selon notre compréhension, une durabilité faible.

2.1.2.2.2 Un état stationnaire et une croissance zéro

Les conclusions du rapport de Meadows, *Limits of growth* (1972) sont formelles : « Quel *que soit le scénario, la croissance exponentielle aboutit à un effondrement du système mondial* » (Vivien, 2003a, p.9). Cette conclusion se base sur les modèles du monde simulé informatiquement par un groupe d'étude de dynamique des systèmes du Massachusetts Institute of Technology (MIT). Basés sur 5 paramètres [42] , les résultats obtenus montrent qu'une « population *croissante d'individus, qui consomment et polluent de plus en plus dans un monde fini, engendre nécessairement une crise environnementale* ». Afin d'éviter cet effondrement, le rapport de

[40] Source en ligne Fondation-2019 Relier Economie et Ecologie, consultée en ligne le 14 août 2020

[41] L'écodéveloppement est fondé en 1972 par Ignacy Sachs (1927-), professeur français en socio-économie lors du Premier Sommet de la Terre à Stockholm où il est conseiller spécial du secrétaire Général de l'ONU. Selon Ignacy Sachs (1980), l'écodéveloppement est un outil heuristique pour praticiens et décideurs et une philosophie du développement qui plonge ses racines dans les analyses des économies rurales du Tiers Monde menées en termes de dépendance et de développement autocentré. » (Vivien, 2003, p.14)

[42] Cinq paramètres : population, production alimentaire, industrialisation, pollution et utilisation des ressources Naturelles non renouvelables

Meadows appelle à une **croissance zéro,** un état stationnaire [43] protégeant les ressources Naturelles et environnementales. Le **développement équitable et stationnaire** cible les pays du Nord, développés et industrialisés, pour permettre le développement des pays du Sud, en voie de développement au sein desquels se trouvent la majorité des ressources non-renouvelables nécessaires au développement. Ainsi, le développement est compris comme :

> *Un processus [qui] permet à une part croissante de la population de passer d'une situation de précarité, de vulnérabilité et d'insécurité à une situation de plus grande maîtrise de l'incertitude, des instabilités et de satisfaction des besoins fondamentaux, grâce à l'acquisition de droits, à la mise en œuvre d'organisations et d'institutions et de modes de régulation permettant de piloter des systèmes complexes. Il ne peut être réduit à des indicateurs de produit intérieur brut (PIB) ou de bien-être. (Hugon, 2005, p.115).*

2.1.2.2.3 Une durabilité forte : décroissance et sobriété conviviale

Enfin, les partisans de la **durabilité forte** distinguent parfaitement croissance et développement. Pour cette durabilité, les ressources artificielles ne peuvent substituer les ressources naturelles. Ces dernières doivent être protégées et maintenues en quantité constante, indépendamment du capital artificiel (Weissenstein, 2012). Mais la durabilité forte ne se limite pas à la question de ressources, de développements et des affaires économiques. Elle vise un changement profond de la société, principalement occidentale, et du système capitaliste qui la régit. Cette philosophie de pensée a été alimentée par les travaux de 2 penseurs contemporains, Ivan Illich, philosophe autrichien (1926 – 2002) et André Gorz, philosophe franco-autrichienne (1923 – 2007).

> *L'un et l'autre font en effet l'analyse que la société moderne et industrielle contemporaine s'est petit à petit détournée de ses objectifs de départ : assurer l'autonomie du plus grand nombre possible d'individus, en les mettant à l'abri du manque et de la rareté. Plus encore, parce qu'elle s'en est détournée au point de ruiner l'autonomie en entretenant une économie basée sur le profit et les faux besoins, les deux auteurs tracent, chacun dans son style propre, les perspectives qui pourront nous faire retrouver le chemin d'une société à leurs yeux décente* (Lesourt 2013) *p.308*

Les deux penseurs tentent de répondre au dilemme dichotomique entre tradition libérale et libertaire, articulée autour de la liberté et l'autonomie individuelle et tradition républicaine, articulée autour de la collectivité. Ces traditions opposées présentent chacune des risques ; d'un côté l'abandon du *faire société*, de l'autre, l'impérialisme. Les deux penseurs proposent, chacun à sa façon, de **construire un vivre ensemble, qui permettrait à chaque individu d'être en plein possession de lui / d'elle -même.** Une société écologiste pour Gorz. Une société conviviale pour Illich. Il y a dans les travaux d'Illich, une attention particulière dans l'équilibre à trouver pour chaque

[43] Cet état stationnaire, pour une croissance zéro, cible les pays du Nord, développés et industrialisés, pour permettre le développement des pays du Sud, en voie de développement ou « sous-développés.

individu entre développement personnel et environnement : *« (…) chaque être a besoin d'un environnement adapté à sa taille pour qu'il puisse développer ses capacités initiatives. Cela vaut pour la forme d'une ville, pour un système économique comme pour la répartition des pouvoirs publics entre le local et le global » (Lesourt 2013, p.310)* . La sortie du capitalisme a, selon Gorz, débuté il y a plusieurs années *« Reste à savoir quelle forme elle prendra et à quel rythme cette sortie va s'opérer »* (Clerc et Fourel 2010, p.134).

2.1.2.3 La technologie et le développement durable

> *« Les rapports de l'humanité au socius, à la psyché et à la "Nature" tendent, en effet, à se détériorer de plus en plus, pas seulement en raison de nuisances et de pollutions objectives mais aussi du fait d'une méconnaissance et d'une passivité fataliste des individus et des pouvoirs à l'égard de ces questions considérées dans leur ensemble. (…) Tchernobyl et le Sida nous ont brutalement révélé les limites des pouvoirs technico-scientifiques de l'humanité et les retours de manivelle que peut nous réserver la Nature » (Guattari 1989, p.31-32)*

Concept glouton à caractère protéiforme comme le définit Debourdeau (2013), le développement durable permet de multiples interprétations et de champs d'actions : chacun·e peut y trouver un appui à son dessein qu'il soit environnemental, social ou économique. Aussi, quel que soit le niveau de durabilité visé, force est de constater que **la technique et la technologie** y jouent un rôle particulier, voire central (Vivien 2003a)(Hugon 2005). Plusieurs concepts découlant des enjeux du développement durable, appliqués au monde industriel et aux innovations technologiques, peuvent être étudiés. Notre intérêt s'est porté sur **le modèle de l'écologie industrielle** sur lequel plusieurs chercheur·se·s se sont penchés dont Gobbo (2015)[44] qui questionne l'industrialisation de l'architecture, comprenant la production massive et la standardisation d'éléments, de produits, de matériaux et de bâtiments. Nous reviendrons sur ces notions dans la section réservée à l'écologisme architectural, particulièrement sur la sérialité de l'architecture fantasmée durant le Modernisme et ses héritages actuels (promotions immobilières, clé sur porte).

Dans cette section, nous nous concentrons sur la corrélation des innovations technologique et organisationnelle de l'écologie industrielle. Cet axe est utile au regard de la standardisation des processus de conception architecturale y compris le BIM. **L'écologie industrielle** émerge dès la fin des années 80 au sein de la communauté des ingénieurs et des industries à travers la parution de l'article *Strategies for Manufacturing* écrit par Frosh et Gallopoulos (1989)[45] . Sur la scène francophone, le concept se développe grâce à Suren Erkman (1955-), philosophe et biologiste, et son ouvrage *Vers une écologie industrielle* (1998). L'écologie industrielle est présentée comme la reproduction du **fonctionnement en boucle des écosystèmes naturels**. Dans ce système bouclé,

[44] Sa critique se base sur la définition de l'adjectif « industriel » comme « [ce qui] se rapporte à toutes activités de l'homme générant des biens matériels destinés à être produits en grande quantité » (Gobbo, 2015, p.41).

[45] Lors de la publication de cet article, Frosh et Gallopoulos sont ingénieurs au département de recherche et développement chez General Motors.

les matières résiduelles sont réduites au maximum, et les déchets des uns deviennent les ressources des autres. Ce système est fondé sur la multidisciplinarité et sur une approche globale, intégrée et systémique. Pour garantir ce système, plusieurs défis attendent les industriels tels que valoriser les déchets en tant que ressources, boucler les cycles de matières en réduisant les rejets, décarboner l'énergie et dématérialiser le processus. Ces défis sont similaires aux 6 objectifs lancés par la Fondation Elen MacArthur à l'attention des entreprises : régénérer (REgenerate), partager (Share), optimiser/prolonger (Optimise), cycler/réutiliser (Loop), dématérialiser (Virtualise) et échanger (Exchange). (Diemer 2012) (Gobbo 2015) (Fondation Ellen MacArthur, 2016) (Dautremont, Halbach, et Jancart 2022).

La réussite de l'écologie industrielle dépend d'un double processus (i) d'exploitation d'une **technologie innovante** (ii) combinée à une **innovation organisationnelle** [46] . L'innovation organisationnelle cible la mise en place d'une dynamique collective capable d'engager et de construire le changement. **Le parc industriel danois de Kalundborg** illustre la symbiose de l'écologie industrielle : les industries de Kalundborg font face dans les années 60 à des pénuries de ressources, dont un manque d'eau, qui les obligent à être créatives et innovantes pour surmonter ces contraintes. Profitant d'une proximité géographique, la symbiose se traduit sous forme d'échanges commerciaux régulant la récupération des déchets des uns pour les distribuer comme ressources à d'autres. Six partenaires privés et un partenaire public s'échangent en circuit fermé leurs déchets / ressources tel que l'eau sous forme liquide ou vapeur provenant du lac et de la municipalité, les eaux usées pour le refroidissement de la centrale électrique, de la vapeur vendue à la raffinerie pour les tours de fermentation et de l'eau chaude, vendue par la centrale électrique aux fermes d'aquaculture (Vivien 2003b) (C. Larrère 2006) (Diemer 2012) (Lhoëst 2015) (C. J. Kibert 2016).

L'innovation organisationnelle est souvent perçue comme de second ordre au profit de l'innovation technologique. Elle est toutefois garante de la réussite de l'écologie industrielle. De plus, elle est limitée au secteur industriel, voir uniquement aux industries en question. L'exemple du recyclage des déchets de Frosch and Gallopoulos (1989) en témoigne : pour permettre la valorisation, il faut en amont **un changement dans les habitudes de consommation et en aval un changement dans les modes de production**. En effet, le consommateur doit trier ses déchets (bouteilles en verre par exemple) dans un point de ramassage (bulles de collecte) pour permettre le tri grâce à une technologie (tri magnétique, détecteur-éjecteur, aéraulique, électrostatique, etc.). Ce cycle permet un nouveau mode de production du verre. Dans cet exemple donné par Diemer (2012), l'innovation organisationnelle dépasse la collectivité de l'entreprise ; elle fait intervenir le consommateur comme force motrice. En ce sens, les sciences humaines et sociales pourraient apporter un autre regard sur l'écologie industrielle, complémentaire, permettant d'éviter une nouvelle forme de capitalisme (Gobbo 2015).

Larrère (2006) réalise une critique de l'écologie industrielle : il compare le système industriel actuel comme un écosystème de type 1 semblable aux premières étapes de la vie sur terre avec des ressources considérées comme illimitées dû à leur grande quantité, un système « *aussi*

[46] Dans son article, Diemer, (2012) donne l'exemple du recyclage de l'aluminium et du verre en France. La technologie se fait au moment du tri (tri magnétique, détecteur-éjecteur, aéraulique, électrostatique, etc.) et l'innovation organisationnelle se concrétise par la mobilisation du savoir dans une démarche collective.

gourmand en ressources que généreux en déchets »[47] (Figure 3, gauche). Le modèle industriel actuel n'est donc pas durable. Pour le devenir, l'industrie doit tendre vers un écosystème de type 3, c'est-à-dire un **système circulaire** (Figure 3, droite). La fondation Ellen MacArthur[48] détaille ce système selon **un diagramme papillon**, *Butterfly Diagram* (Figure 4,), distinguant les cycles biologiques (en vert à gauche) des cycles techniques (en bleu à droite) : les déchets de matières du premier cycle alimentent la Nature tandis que les matières du second sont maintenues le plus longtemps en circulation, leur évitant un statut de déchet (Elen MacArthur Foundation 2022b).

Le cas de l'écologie industrielle exemplifie le rôle de la technique et de la technologie au sein d'une démarche durable. La technologie peut être ainsi un levier, lequel s'accompagne le plus souvent d'une démarche collective. La Fondation Ellen MacArthur identifie 3 bénéfices à l'utilisation de la **technologie numérique** pour une transition vers un système circulaire. En collectant et en analysant les données de façon sécurisée sur les personnes, les conditions extérieurs et les composants, la technologie numérique permet d'identifier les flux de matières, d'épingler les gaspillages et d'aider à prendre des décisions efficientes sur base de solutions systémiques (Brandt Kate 2020).

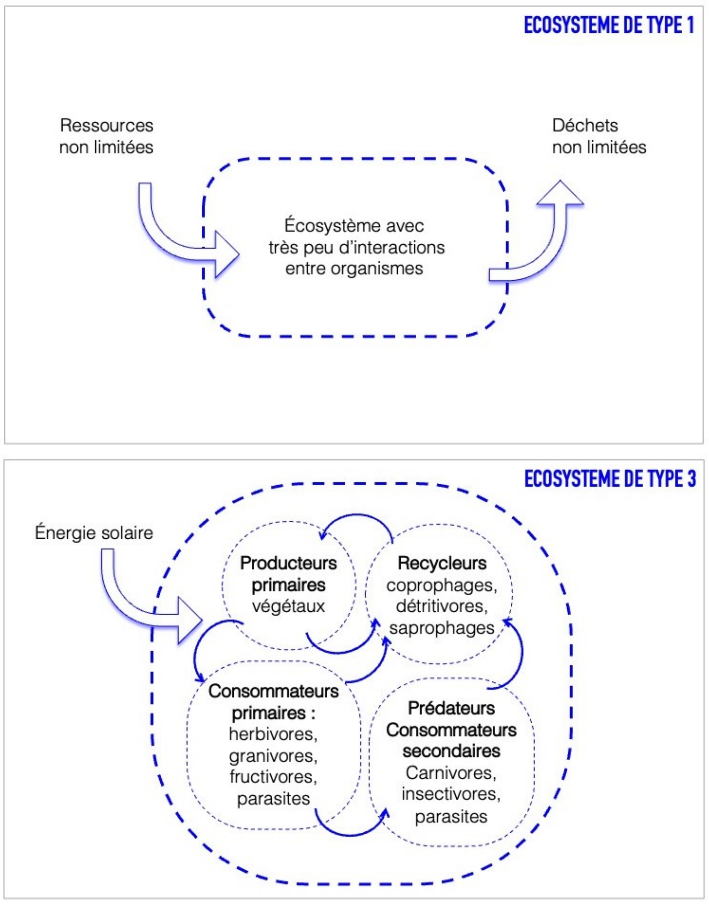


Figure 3 : Deux diagrammes d'écosystèmes selon Larrère (2006)

[47] Ibid. p.104, 105
[48] Source web: https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram

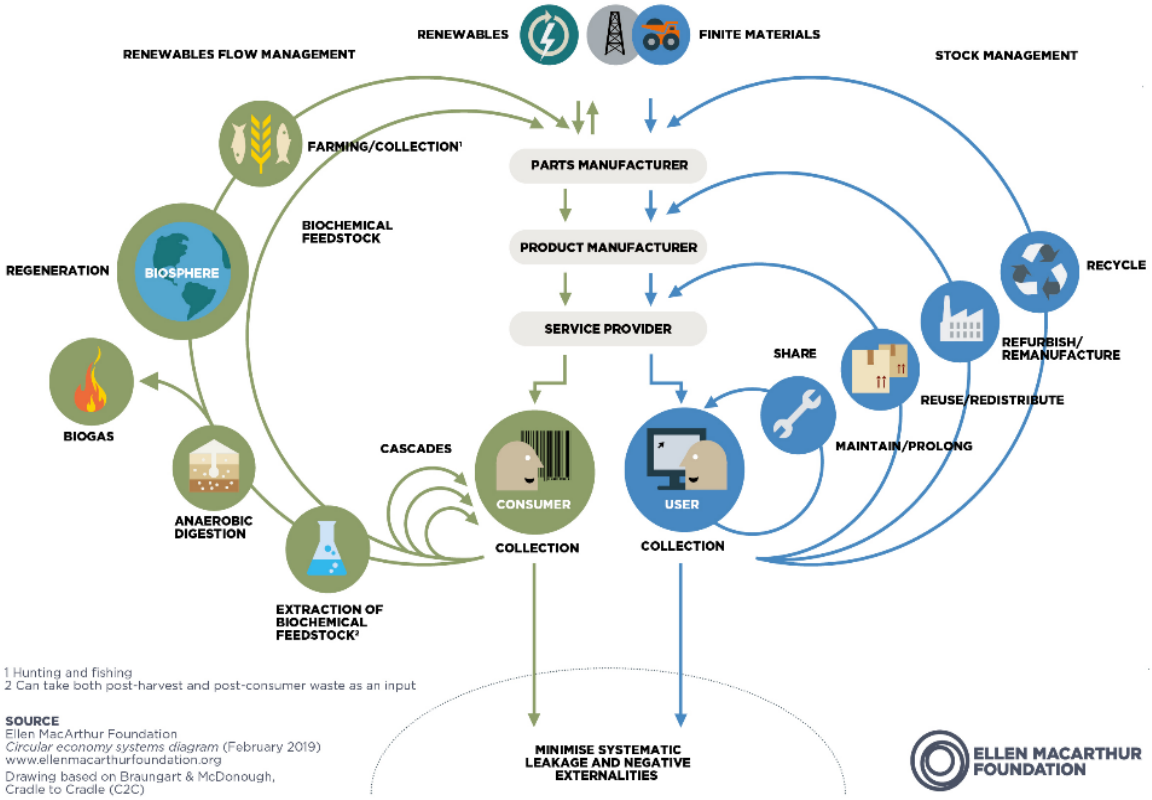


Figure 4 : Diagramme papillon de l'économie circulaire (Ellen MacArthur)

> *Le métal a servi à forger des socs de charrues comme des épées ; et l'énergie nucléaire peut pourvoir des villes en énergie comme elle peut les anéantir. (Steele, 2005, p.19).*

Toutefois, les progrès techniques et technologiques, quel que soit le domaine dans lequel ils évoluent ne sont pas neutres. Carson l'a démontré avec le *Printemps silencieux* : les pesticides, s'ils ont promis une plus grande rentabilité, causent des dommages presque irréversibles. Il est important, selon nous, **d'identifier les bénéfices et les dommages** que les technologies peuvent causer à l'environnement (Debourdeau 2013; Maniaque 2014). Afin d'éviter les discours simplistes sur la dichotomie des techniques et de l'écologie, nous privilégions l'étude de l'usage/des usages des technologies : par cette étude, nous actons de nos présupposés sur ces questions et nous acceptons notre posture située – c'est-à-dire une recherche réalisée dans un pays industrialisé – de laquelle nous ne pouvons-nous départir ? bien que la démarche se veuille la plus critique et argumentée possible au regard des enjeux environnementaux globaux.

2.1.3 Un regard critique comme bagage pour entrer en thèse

> *La construction et la formalisation du référentiel d'architecture durable sont confrontées à une série de difficultés (...) qui repose sur un socle commun : quelle que soit l'appropriation qui en est faite, la référence au développement durable questionne le rapport à l'éthique. (...) Activer la potentialité critique du développement durable revient à élargir les cadres de l'agir moral, construit majoritairement sur base du référentiel cartésien des modernes (Neuwels 2015, p.171)*

L'objectif de cette section est de balayer, de manière non-exhaustive, l'émergence et le développement de l'écologie et du développement durable. Nous avons abordé plusieurs aspects dont la multidisciplinarité, la collectivité, la technologie, le dessein et l'intensité. La présente section apporte un regard critique sur le développement durable, éclairant la suite de notre recherche dans le domaine de l'architecture. Nous nous appuyons sur plusieurs critiques pour étayer nos propos, articulés autour de 5 éléments clés - le référentiel politique, la temporalité, les savoirs, la technologie, la collectivité et la collaboration.

2.1.3.1 Une utopie politique

Le développement durable représente un **référentiel global**, « *une représentation de la réalité sur laquelle repose la définition d'une action publique, son contenu et ses formes. C'est la représentation qui est faite d'un problème, du secteur concerné et des changements attendus dont est porteuse chaque politique (...)* » (Neuwels 2015, p.33). Au flou sémantique que nous avons relevé précédemment s'ajoute le flou de mise en œuvre : le développement durable est **sujet à interprétations**, qui peuvent être dichotomiques (intensités). Bien qu'il traduise une notion commune (référentiel global), le développement durable n'est pas « *un outil opératoire formalisant des pratiques définies* »[49]. Les énormes pressions sociales et économiques qui reposent sur le développement durable enlisent sa mise en actions entrainant une « *impuissance politique (...) dont les stratégies sont rendues difficiles par le manque d'articulation entre ces niveaux de décision et par l'étroitesse de ses marges de manœuvre* » (Terrin 2009 p.50). La mise en œuvre du développement durable est une tâche complexe depuis près de 50 ans[50] malgré un éveil écologique individuel et collectif, local et global.

Notre recherche présente l'avantage singulier d'être financée par les pouvoirs publics du Service Public de Wallonie et d'être co-réalisée entre les institutions académiques de la Faculté d'Architecture de l'Université de Liège et le secteur privé du bureau d'études intégré BSolutions. Les résultats visent de ce fait plusieurs échelles de parties prenantes et d'acteur.ice.s.

[49] Ibid.
[50] Rapport de Meadows (1972), cité par Dominique Bourg -Formation doctorale du Transition Workshop, décembre 2022

2.1.3.2 La temporalité : héritage des générations futures

Prenant appui sur la science, le développement durable tire la sonnette d'alarme sur la survie de l'humanité mise en péril par les modes de (sur)consommation et de (sur)production du système de croissance actuels. En alertant sur le danger de compromettre les besoins des générations futures, le développement durable projette un futur linéaire et continu, semblable au présent, une sorte de « (...) *projection / continuation des structures actuellement existantes dans* ***un temps linéaire*** *donné. Autrement dit, pour le développement durable, penser le futur ne signifie pas ouvrir* ***un espace de transformations radicales possibles****, mais de naturaliser le système actuel, voire de proposer une espèce de 'fin de l'histoire'* » (Felli, 2008, p.38). Cette perspective fictive n'est pas indispensable : le respect des droits des individus et de la préservation de la Nature d'aujourd'hui est une cause en soi qui profitera inévitablement aux individus et à la Nature futurs. **L'antagonisme entre présent et futur du développement durable** déplace la responsabilité des problèmes environnementaux : il est prouvé scientifiquement que la dégradation de la planète résulte d'un système occidental capitaliste. Le développement durable efface cette distinction puisque le « nous » signifie « nous contemporains qui composons le monde aujourd'hui » vis-à-vis de « eux / elles » qui signifie « les générations futures ».

Cette approche traduit l'importance de l'ancrage dans le présent auquel nous ajoutons pour notre recherche l'ancrage au contexte, crucial en architecture (ancrage dans lieu, *loci*, et dans la pratique, *praxis*), *particulièrement par la méthode de recherche-action réalisée en agence.*

2.1.3.3 Le savoir : scientificité et profanité

> *Les savoirs se partagent. (...) La forte appétence de la société civile pour un environnement sain pose les bases d'une culture commune de l'action écoresponsable par laquelle la massification tant attendue pour parvenir à un changement radical s'opère ; elle vient moins de décisions gouvernementales et de grands projets que d'une pixellisation des démarches et réalisations, la somme d'action concordantes non concertées (Madec 2021, p.82)*

Très tôt dans le développement de l'écologie, de nombreux·ses scientifiques, principalement des naturalistes, s'engagent dans **les luttes activistes** pour la protection de l'environnement. Cet engagement politique marque une scission avec une neutralité scientifique encore imposée au début du XX^{ème} siècle[51] (Delord 2003). Cette approche traduisait alors l'unique voie d'entrée de **l'écologie en politique**, et ce, jusqu'à la seconde guerre mondiale. La remise en question de l'ordre des années 1970 n'épargne pas le milieu académique et intellectuel : la recherche conventionnelle, avec ses critères de scientificité (neutre) et ses méthodologies positivistes, est questionné au regard des enjeux sociétaux de l'heure. En s'engageant, de nombreux·ses

[51] J-B Charcot et J. Liouville

chercheur·se·s et intellectuel·le·s préfèrent les **méthodes inductives** [52] aux méthodes traditionnelles (Roy et Prévost 2013).

Parallèlement, le développement durable s'est construit au sein du monde politique grâce aux études scientifiques : « *son discours empreint de scientificité [...] marque une différence entre **ceux qui savent et ceux qui ne savent pas** quel est le Bien et comment y parvenir* » (Felli, 2008, p.40). Le développement durable a ainsi pour objectif de mettre en œuvre ses directives et non plus de réaliser des constats, c'est la raison pour laquelle le développement durable résonne avec force auprès des industriels. La planification est ainsi pilotée par certains (groupes de) savant.e.s ; scientifiques, expert·e·s, sages et gouvernements, de manière très détaillée : « *par exemple, le programme d'Agenda 21, adopté au Sommet de la Terre à Rio, comprend quarante chapitres (qui traitent de la démographie, de la science, de l'éducation, du gouvernement...) et chacun de ces chapitres regroupe une cinquantaine de mesures à prendre afin de mettre en œuvre le développement durable (par exemple : 147 pour la protection des océans, 104 pour le développement rural, une dizaine pour le traitement des déchets radioactifs, etc.)* »[53] . Ce savoir, fourni et détaillé, ne peut être gérer que par les gouvernements, aidés par des solutions technologiques. A l'inverse, l'auteur des *Deux âmes de l'écologie* rappelle que « *l'écologie par en bas dénonce de son côté ces visées scientistes et technocratiques : en matière de sciences humaines, il n'y a pas de conclusion certaine, indiscutable. Il n'y a donc pas de 'Vérité' politique* »[54].

*Les **approches méthodologiques développées** au sein de cette thèse, et détaillées au chapitre Stratégie de recherche, visent à construire de nouveaux savoirs hybrides et complémentaires, académico-professionnels, multidisciplinaires, pratico-théoriques.*

2.1.3.4 Les technologies et l'écologie

> *En tant qu'action dirigée vers une fin, le développement durable y est une éthique, une philosophe de l'action, une pensée de l'en-commun à l'œuvre dans le sauvetage de la civilisation, la réparation de la terre et la possibilité d'un avenir pour les générations futures. Pour autant (...) Gro Harlem Brundtland ne remet pas en cause le « développement » ; elle associe « environnement » et « développement ». C'est sa faille. Elle légitime la politique de « croissance verte », guère éloignée du greenwashing (...) (Madec 2021)*

Pour les partisan.e.s du développement durable, la crise environnementale n'était pas encore résolue au moment de la rédaction du rapport de Brundtland car limitée par l'état de la technologie (de l'époque). En tant que science, les nouvelles technologies durables promettent de maintenir l'état de croissance et d'être moins destructrices envers la Nature. Certaines technologies sont vues comme « mauvaises » pour l'environnement et doivent être remplacées par les « bonnes » technologies, connues par les experts·e·s, les scientifiques, les sages. Par cette vision, la

[52] Tels que la recherche-action, méthode au sein de cette recherche
[53] Ibid. p.41
[54] Ibid. p.44

technologie joue le rôle de principes régulateurs de nos sociétés (Felli 2008). Consciente de cet impact sociétal, l'écologie politique dénonce **la fausse neutralité de la technique et la technologie** qui asservit les sociétés dans un système capitaliste, qui impactent les rapports sociaux et qui empêchent l'utilisation efficace et économe de la Nature (Guattari 1989)(Boidin et Rousseau 2011).

L'effet rebond, ou paradoxe de Jevons, en est l'illustration : « *selon cet effet, l'accroissement de l'efficacité technologique, bien qu'ayant a priori un impact positif de préservation de l'environnement (en réduisant sa consommation par unité produite), aurait in fine un effet négatif, dû à la baisse du coût unitaire de production qui se reporterait sur une baisse du prix et un accroissement de la demande.* » (Bruno and Sandrine, 2011, p.193). Ainsi, paradoxalement, **la décroissance** d'une partie de la population nantie entraine dans un premier temps une diminution des prix (principe offre/demande), qui engendre à son tour une hausse de la consommation des populations moins aisées (Diemer 2012).

La technologie ne garantit pas la réussite du système, en témoigne l'écologie industrielle de Kalundborg. Larrère (2006) identifie 3 facteurs impactant la réussite d'une écologie industrielle : (i) le manque de flexibilité des procédés (techniques et technologiques) de production peut mettre en péril la réussite générale, (ii) la réussite est conditionnée par les prix des déchets / ressources au sein du circuit fermé, dont il est presqu'impossible de garantir systématiquement hormis dans des contextes favorables et/ou par l'intervention politique (écotaxes, effort d'investissement technologique, aide, etc.). Enfin, (iii) l'écologie industrielle ne peut être atteinte qu'à la troisième condition d'un tandem entre efficacité technologique et compétitivité économique. L'une des forces des écosystèmes naturels est leurs souplesses d'adaptation aux modifications de leurs environnements. Aussi, la symbiose des écosystèmes réside dans le grand nombre d'espèces qu'ils abritent et qui n'utilisent pas (exactement) les mêmes ressources : les ressources servent à différents groupes fonctionnels d'espèces.

Au regard de notre sujet de recherche lié aux pratiques collaboratives et multidisciplinaires, dont les pratiques BIM, nous tenterons, autant que faire se peut, de garder cette ligne directrice tout au long de notre recherche. En outre, nous avons orienté les choix méthodologiques de notre recherche en nous appuyant sur ces constats.

2.1.3.5 La collectivité et la collaboration

Le développement durable exige un **changement sociétal profond** qui doit être interdisciplinaire, impliquant différentes strates et typologies d'acteur·rice·s (publiques et privées), au risque de devenir un acte manqué. Les acteur·rice·s sont garant·e·s de la réussite de la transition. Boidin and Rousseau (2011) identifient 3 approches de changement sociétal pour une transition écologique : l'approche orientée consommateur·rice·s, l'approche multi-acteur·rice·s et l'approche de la contrainte publique. **L'approche orientée acteur.rice.s** est une sobriété volontaire ou une décroissance où le·a consommateur·rice joue le 1er rôle. L'élan de participation civile qui s'est développé parallèlement au Sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992 témoigne de cette approche (Shah 2008b). Cette vision tend vers la frugalité d'Illich où « *seule la somme des*

comportements individuels et volontaires sera porteuse de changement »[55]. Cependant, selon Boidin and Sandrine, (2011), cette approche comporte plusieurs limites : l'effet rebond d'une part et la difficulté pour le·a consommateur·rice de concilier notre société capitaliste occidentale avec une volonté personnelle d'actions écologiques : « *ces valeurs* [capitalistes] *prônent la concurrence, la compétition, le profit, la satisfaction et exercent une telle pression que les individus ne peuvent s'y soustraire qu'à un prix (psychologique, social, financier…) très élevé* »[56]. La seconde approche concerne les **multi acteur·rice·s.** Elle est issue de la démarche de gouvernance anglo-saxonne et se base sur l'argument du « win/win » : chaque partie prenante est gagnante. Boidin and Sandrine (2011) invite à expérimenter cette approche pour alimenter des connaissances scientifiques encore manquantes et d'explorer « *la viabilité de l'intégration des logiques industrielles et des logiques académiques* » ou encore « *la contraction potentielle entre logiques industrielles et priorités environnementales* »[57]. Enfin, **l'approche par contrainte publique** met en lumière le rôle majeur que les instances publiques jouent dans la transition écologique « [en estimant] *les besoins fondamentaux écologiquement vertueux*, [en limitant] *les coûts d'opportunité pour les actions individuelles pro-environnementales*, [en maitrisant] *les interactions macroéconomiques entre les variables qui exercent un impact sur l'environnement*, [et en produisant] *des métanormes auxquelles l'action individuelle est soumise* »[58]. Les limites de cette approche résident dans l'imbrication à différentes échelles des instances publiques (nationales jusqu'à supranationales).

Sans cette révolution, le développement durable ne peut être que *« l'adaptation de cette même société aux limites de la planète »* (Felli 2008), *« un modèle économique qui se contente d'associer des valeurs écologiques à différents scénarii de croissance »* (Diemer 2012), une nouvelle forme de capitalisme (Gobbo 2015), « *un capitalisme à visage écologique* » (Steele, 2005, p.15), **un capitalisme soutenable** (Boidin et Rousseau 2011)**.**

Notre recherche est intrinsèquement liée aux notions de collectivités et de collaboration : d'abord, le format du doctorat en entreprise traduit le partenariat momentané entre le SPW, l'ULiège et BSolutions, ensuite la question de notre recherche sur les pratiques d'écoconception collaborative et enfin, les méthodes de recherche employées (recherche-action et méthode par théorisation ancrée) s'inscrivent dans cette perspective. Notre réflexion tend vers une collaboration multi-niveaux.

[55] Ibid. p.192.
[56] Ibid p.194
[57] Ibid. p.196
[58] Ibid. p.201

2.1.4 Les perspectives et conclusions de la section

Le développement durable est sujet à critique tel que nous venons de le voir. Toutefois, nous ne pouvons contester qu'il a permis de massifier et de déployer l'éveil écologique de la société, faisant émerger une prise de conscience de l'état de l'environnement, un **écologisme,** plus ou moins fort selon les individus, selon les domaines et les processus dans lesquels il s'insère. Nous questionnons à la prochaine section le rôle que joue l'architecture vis-à-vis de cet écologisme sociétal aujourd'hui.

2.2 Écologisme architectural : instrument politique

L'architecture est concernée par l'habitabilité du monde. Elle a la capacité de dire sur ce sujet des choses qu'aucune autre discipline ne saurait dire. (...) Elle se préoccupe des divers modes d'habiter le monde, des diverses formes d'habitat dans lesquelles ces modes se matérialisent, des divers registres (physique, symbolique, esthétique, culturel, religieux, industriel, etc.) sur lesquels s'exercent ces modes. Mais tel, dira-t-on, est le cas également de l'archéologie, de l'ethnologie, de la sémiotique, de l'histoire, de l'économie et d'autres disciplines encore. (...) Ce qui la distingue, c'est le regard qu'elle leur porte. (...) En contraste avec le regard descriptif, analytique, critique, explicatif et/ou interprétatif des diverses disciplines scientifiques, celui de l'architecture est diagnostique, car elle cherche à améliorer, ou du moins à préserver, l'habitabilité du monde.

(Findeli and Coste, 2007, p.6)

Chaque époque est animée par des mots ou concepts "aimants" : ils attirent toute l'attention et dans leur attraction, ils avalent toute compréhension fine de ce qu'ils sous-tendent. Le terme durable est l'un de ces mots, qui depuis les années 60 ne cesse d'avaler plus de matières à discuter. Il est question des référentiels au nom desquels l'architecture se développe et évolue. Dans le domaine scientifique, il apparait que l'architecture ne rencontre presque jamais le développement durable, les recherches scientifiques traitent davantage de bâtiments écologiques ou d'écoconception[59]. Malgré les nombreuses tentatives, **aucune définition de l'architecture durable** n'est unanimement partagée à ce jour (Steele 2005) (de Myttenaere 2006) (Gobbo 2015) (Neuwels 2015). Pire, selon (Guy et Moore 2006), depuis les années 1970, la recherche d'un consensus sur les pratiques environnementales, unanimement accepté, semble avoir échoué.

> *What does being green mean to you? Undoubtedly it will mean something different to you than the person next to you (Krygiel and Nies 2008, p.9).*

Quelle serait dès lors la pertinence de vouloir définir l'architecture durable (indéfinie et indéfinissable) dans la présente section ? Ce dessein est initial à la recherche : en effet, la question de recherche est née au croisement de la pratique et de la réflexion sur la pratique, où en tant que **praticienne-réflexive**[60] (de Robertis et al. 2015) , nous questionnions les règlements qui régissent l'architecture à travers la performance énergétique des bâtiments (PEB) en Belgique. La **remise en question** de l'approche dite « environnementale » de la PEB soulevait, selon notre expérience de terrain, des incohérences de pratiques tiraillées entre performances à atteindre, qualité architecturale, contraintes budgétaires et pratiques paradoxales[61], incohérences qui ont été relevées par le corps scientifique (de Myttenaere 2006) (Gobbo 2015) (Neuwels 2015). Partir en thèse avait pour objectif premier de **clarifier le flou sémantique** et la dissonance entre « développement durable » et « architecture durable ». Si cette démarche traduit une certaine naïveté scientifique initiale, elle exprime le besoin réel d'une clarification, d'ouvrir le débat et d'esquisser de nouvelles approches. L'illusion de définir *l'[A]*rchitecture durable découle de **l'objectivité moderne totalisante**, devenue englobante et omniprésente aujourd'hui, particulièrement dans le développement durable[62] et qui s'apparente au mouvement de pensées du constructivisme[63] selon lequel il existerait une unique réalité objective.

[59] Ibid.
[60] Le profil de « praticien-réflexif », terme inventé par le philosophe Donad Schön, est abordé au chapitre 3 concernant la posture ontologique et épistémologique.
[61] Gobbo (2015) traite de l'un de ces paradoxes à savoir la génération des déchets et l'utilisation des ressources au nom de la PEB. Selon Guy and Moore (2006), l'architecture durable se résume depuis plusieurs décennies à l'efficacité énergétique.
[62] La scientificité d'un savoir unique comprise par des expert·e·s et par celles et ceux « qui savent ».
[63] Détaillé au chapitre 3

Sans en être consciente, nous sommes entrées en thèse avec **une posture pragmatiste**, renforcée par le format du doctorat en entreprise. Cette posture « engageante » met en lumière les multiples interprétations, réalités, actions, expériences et pratiques traitant de futurs durables possibles par l'architecture. En témoignent les interprétations du développement durable, leurs artefacts, les acteur·ice·s impliqué·e·s et les évènements qui ont jalonnés l'émergence du développement durable présentés précédemment (de Myttenaere 2006) (Guy et Moore 2006).

> *Le mouvement peut être unifié, mais il ne peut pas être uniforme. L'insistance sur l'uniformité limitera la diversité des histoires d'injustice, les multiples formes qu'elle prend et la variété des solutions qu'elle appelle*[64].

En reconnaissant **le caractère protéiforme des pratiques**, l'approche cartésienne isolée est écartée au profit d'une recherche critique transdisciplinaire et systémique. Guy et Moore (2006) proposent pour cela 4 actions :

- Stimuler la recherche sur la théorie critique, le pluralisme, le pragmatisme au regard de l'architecture durable ;
- Stimuler la participation civique comme résolution de problèmes ;
- Stimuler et explorer de nouveaux et multiples discours publics, nouveaux référentiels ;
- Favoriser la rencontre entre pratiques et recherches pour une fécondation des savoirs réciproques où les débats sont constamment et de manière itérative remodelés.

Face à la diversité des interprétations, l'architecture durable ne peut s'étudier qu'à travers les bâtiments durables en tant qu'« artefacts sociotechniques » construits dans des contextes spécifiques[65]. Les **artefacts sociotechniques** sont à comprendre comme des objets porteurs d'idéologies (situés), participant à la construction de *référentiels*, contenant des techniques, sollicitant des expériences de vie (conception, construction, utilisation) et engeant des pratiques culturelles. De ce fait, les techniques et les expériences sont indissociables : il serait réducteur d'étudier une chaudière en niant l'expérience de la chaleur. De la sorte, notre étude évite le débat dichotomique (bien/mal), et parfois stérile et facile, entre technologies et écologie, puisqu'au fil des évolutions, les techniques passent du statut d'innovation à celui de tradition, c'est-à-dire l'accumulation des savoirs du passé concernant l'attitude à adopter pour faire face à une situation particulière (environnementale, sociétale, culturelle, technique, etc.). L**'architecture durable** représente ***un référentiel sectoriel***, se développant au sein du référentiel global du développement durable, constitué dans un ensemble de valeurs fondamentales. Le référentiel est construit au sein d'un cadre d'interprétations du monde par la société. Il dépend des conceptions antérieures, qui sont maintenues, modifiées ou éliminées à travers le temps. La mise en exécution du référentiel conduit à l'appréhension de la problématique (normatif) et la façon d'agir (prescriptif)(Steele 2005)(Neuwels 2015).

---

[64] Traduction personnelle de l'anglais – Citation de D. Schlosberg dans (Guy and Moore 2006, p.12)
[65] Ibid.

> *La technologie a toujours été impliquée dans les traditions associées aux pratiques rituelles, qui cherche à opposer à l'imprévisibilité de la Nature un schéma prévisible donnant l'impression de contrôler l'inconnu (Steele, 2005, p.12)*

La technologie ne peut donc s'envisager qu'au regard de son usage, du sens qui en est donné. Lors de l'édification d'un bâtiment, se met en place **un milieu associé** qui conditionne son fonctionnement ainsi que les conditions de son existence. En interrogant le milieu, les corrélations indissociables entre architecture, politique et techniques sont mises en lumière. Ce milieu vise à tisser des liens entre les individus, hommes et femmes, pour créer une société et tisser des liens entre la société et la Nature qui la supporte (Bonnet, Bonzani, et Younès 2012).

L'architecture a été utilisée tour à tour comme outil de contrôle social (théories hygiénistes, post-industrialisation) et outil d'émancipation sociale (époque moderne). L'architecture a servi d'agent d'adaptation à la modernité ainsi qu'à la création et à l'absorption de capital (Neuwels 2015). Selon les référentiels globaux (progrès social, technique ou économique), l'architecture moderne s'est révélée être **un catalyseur dans la maîtrise de la Nature.**

Au sein de cette section, nous questionnons l'architecture durable en tant qu'outil politique : *quelles valeurs l'architecture durable traduit-elle ? Quelle idéologie souhaitons-nous, concepteur·ice·s, mettre en œuvre à travers nos bâtiments ? Quels usages et quelles pratiques culturelles proposons-nous ? Quelles expériences de vie mettons-nous en œuvre ?* Pour répondre à ces questions, nous retraçons succinctement 4 jalons historiques qui semblent avoir construit le référentiel sectoriel qu'est l'architecture durable :

- L'industrialisation de l'architecture au nom du progrès social
- Le Modernisme architectural au nom du progrès technique
- Les contestations des 1970 au nom de la croissance économique
- L'architecture durable au nom de la croissance économique
- Une résiliente architecturale au nom de la Nature

2.2.1 L'industrialisation – au nom du progrès social

> *Ce n'est que depuis que nous sommes capables d'exploiter abondamment des ressources d'autres échelles spatio-temporelles que certains architectes se sont permis de négliger ces savoirs empiriques précieux (de Myttenaere 2006, p.197)*

Les premières révolutions industrielles marquent d'une pierre blanche **l'industrialisation des villes** et jouent un rôle majeur dans la destruction de l'environnement urbain, des paysages, de la végétation, de la qualité de l'eau et de l'air. Si l'on acquière la certitude que l'avenir se joue dans les usines et les ateliers, les **dégâts causés par l'industrialisation des villes** se manifestent : exodes ruraux, dissolution des fermes rurales, surpopulation des villes (sans-abrisme, prostitution, criminalité, maladies, insalubrité) et étalement urbain. Face à la dégradation des conditions humaines induites, l'architecture et l'urbanisme sont utilisées comme des **outils politiques** dès le XIX^{ème} siècle pour éduquer et contrôler les habitant.e.s, majoritairement les classes populaires. Ce ne sont pas des architectes qui ont initié l'urbanisme moderne mais des hommes de loi ; juristes, médecins ou politiciens[66] qui réfléchissent, de manière théorique, aux conditions de vie et de bien-être des populations (Foura 1999) (D'Alfonso et Samsa 2002).

Ebenezer Howard (1850 – 1928) propose de réorganiser la société en réseaux de **cités-jardins**, présentées comme une solution alternative au choix dichotomique entre campagne et ville, tirant le meilleur des deux. Howard créé ainsi **une nouvelle façon d'habiter**, de travailler, de se récréer et de se cultiver, pour toutes les classes sociales. En proposant des communautés autosuffisantes à l'écart des métropoles sans cesse grandissantes, les caractéristiques indissociables de la cité-jardin traduisent la volonté de l'approche holistique de Howard ; ville indépendante comprenant logements, industries, agricultures, entreprises, institutions et infrastructures publiques, avec une mixité sociale. Dès 1918, le modèle de la cité-jardin s'impose comme schéma urbanistique. La ville devient un outil économique et un outil d'émancipation sociale et intellectuelle qui permet de dépasser les travers d'avant-guerre (surpeuplement, insalubrité).

Toutefois, il ne faut pas s'y méprendre, si les enjeux sont sociaux et sociétaux, les intentions de Howard sont menées dans **une démarche entrepreneuriale** qu'il assume pleinement[67]. La cité-jardin est imaginée comme un modèle duplicable, colonisant tout le pays, une machine "sociale". **L'approche spatiale et environnementale** représentent une part mineure (un seul chapitre) de l'ouvrage *Garden Cities of To-morrow*[68]. Les enjeux sociaux, clé maîtresse d'une nouvelle civilisation représentent ensemble 12 chapitres ; des dimensions organisationnelles, administratives, financières et de gestion du programme. La planification urbanistique est utile et fonctionnelle mais loin de jouer le rôle central du projet. Les plans servent de support à la "*ville sociale*" imaginée. La Nature est envisagée soit comme outil économique moderne à travers

[66] L'usage du masculin est de rigueur dans ce contexte

[67] En témoigne le parallèle qu'il décrit entre la structure organisationnelle d'une entreprise, correctement managée, et la structure organisationnelle d'une ville.

[68] Les enjeux sociaux, "clé maîtresse" d'une nouvelle civilisation représentent ensemble 12 chapitres : les dimensions organisationnelles, administratives, financières et de gestion du programme.

l'agriculture (sorte de nouvelles colonies) soit comme outil de loisirs. Les bâtiments, les installations, les infrastructures et les technologies industrielles constituent la cité-jardin. Le Crystal palace (1851) de J. Paxton, ouvert sur le parc, est tout à la fois un symbole social de station balnéaire prisée et **un symbole industriel**, protagoniste de la standardisation de la construction métallique. Le projet de Howard se voulait **ancrer au lieu,** en s'adaptant à l'environnement existant, en respectant la structure naturelle et en minimisant les interventions architecturales (maisons mitoyennes ou regroupement des maisons individuelles). C'est à ce titre que son projet est compris comme un modèle de relation durable avec la Nature, permettant le développement de la société humaine.

Mais en s'éloignant des enjeux sociaux, la cité-jardin devient dès le début du XX^{ème} siècle **une cité-ouvrière,** en périphérie des métropoles, attirant les classes ouvrières et classes moyennes. Le projet de Hampstead Garden Suburb (1910, UK), plus proche d'une banlieue-jardin, marque la dissolution des principes originaux précipitée à la sortie de la Grande guerre et par la réforme de l'habitat. Le Modernisme et les architectes avant-gardistes délaissent les cités-jardins, laissant. un héritage idéaliste et idéalisé jusqu'aux années 1970, une utopie de l'habiter pour tou·te·s. Aujourd'hui, les cités-jardins et le développement suburbain sont caractérisés, voir caricaturés, par des pelouses omniprésentes aux allures de cités-dortoirs. (Foura 1999) (Clark 2003) (Steele 2005) (J. Tizot 2018).

> *À la fin du 19ème siècle, l'idée de la cité-jardin de Howard offrait une vision utopique industrielle typique de son époque et fournissait l'une des illustrations les plus vivantes de l'idéologie de l'industrialisme jamais conçue, une illustration qui dévoile de manière unique le potentiel dystopique d'un tel programme* [69]*(Tizot, 2018, p.18).*

L'**industrie** devient une puissance moderne grandissante dès la fin du XIX^{ème}, elle joue un rôle fondamental dans l'organisation spatiale, architecturale et urbanistique, comme l'illustre la cité-jardin, servant à légitimer l'industrialisation et créant un terreau propice au Modernisme (Neuwels 2015; J.-Y. Tizot 2018). Avec elle, le lien à la Nature « sauvage » s'intensifie depuis la première révolution industrielle. Depuis la période des Lumières, la croyance que les humains[70] doivent maîtriser, contrôler et posséder la Nature et les non-humains s'accentuent. Cette croyance alimentera le **naturalisme moderne.** La domination de la Nature est rendue possible par les développements techniques et économiques, créant un « *régime libéral de régulation environnementale* »[71]. Les premiers permis environnementaux émergent en même temps que la première mesure juridique de protection de la Nature, selon différents formats (enquêtes, normes, classifications, indemnisations, etc.). Les premiers évènements internationaux éclosent et avec eux, deux philosophies politiques, le conservationisme et le préservationnisme (vu à la section précédente). Ces différents outils politiques ont profondément impacté la façon dont nous envisageons les **dommages causés à l'environnement :** ils sont devenus **monnayables, normalisés et prétexte d'optimisation technologique**.

[69] Traduction personnelle de l'anglais
[70] Compris comme société occidentale
[71] Ibid.

> *(…) les problèmes sanitaires n'ont plus été attribués aux émanations des manufactures mais bien à la misère matérielle et morale. La santé de la population n'a plus été perçue comme étant fonction de l'environnement mais comme étant fonction de facteurs sociaux. Ce passage d'une causalité organisciste vers une causalité sociale s'est accompagnée d'une évolution dans la définition des solutions. (Neuwels 2015).*

La fin du XIX^{ème} voit apparaitre les grands plans d'aménagements urbains avec ces nouvelles expressions architecturales, gares et hôtels, liaisonnés par chemins de fer ainsi que les expositions universelles, d'abord à Londres et ensuite partout en Europe. L'architecture reflète **le faire-valoir du progrès technique des nations**, concurrentes entre elles, sur le développement des progrès techniques. Les préoccupations et leitmotivs des architectes se retrouvent dans la conquête technique et non plus dans les traditions et les contraintes naturelles. Aux Etats-Unis, les premiers gratte-ciels sont érigés, devenant de nouvelles œuvres d'art originales. Ils sont une réponse à la densification des villes : à Chicago, **les gratte-ciels** optimisent et rentabilisent les parcelles. Leur construction est rendue possible grâce au prix attractif de l'acier et de l'énergie : l'acier assure la verticalité tandis que l'énergie offre l'usage des ascenseurs. L'espace urbain répond au nouveau capitalisme moderne (D'Alfonso et Samsa 2002) (Madec 2021) (Prévost et Muramatsu 2022).

Le développement de la société passe par l'affranchissement de l'individualisme artistique au profit du développement de l'industrie alliée à l'architecture. L'édification du Crystal Palace, à Londres, dont Howard prescrira plus tard des répliques dans ses cités-jardins, caractérise ce traumatisme violent imposé au mode de l'art. La mécanisation et la production en série déclenche rapidement de vives **contestations** dans le milieu de l'artisanat et de l'architecture, cristallisées par le mouvement anglais Arts & Crafts (1890). Son pendant allemand, le Deutsher Werkbund se déchire sur le rôle et la place de l'industrie dans les arts. Toutefois, **les pratiques architecturales** se transforment **et s'industrialisent** progressivement, poussées par les théories hygiénistes d'une part et portées par certains architectes d'autre part. Les techniques sanitaires s'implantent dans les logements bourgeois d'abord et puis notables ensuite, imposant une réorganisation des pièces (regroupements de pièces de services, superposition des gaines techniques) selon de nouveaux dimensionnements. En Europe, Viollet-Le-Duc (1814-1879) et Charles R. Mackintosh (1869-1928) mêlent les pratiques traditionnelles de l'artisanat aux nouvelles méthodes industrielles en s'inspirant des chantiers navals. Au début du XX^{ème}, les questions sur le rapport entre artisanat et industrie sont balayés par la Première Guerre mondiale (D'Alfonso et Samsa 2002) (Steele 2005) (Neuwels 2015).

> *La culture architecturale comme la culture constructive sont tissées par des séquences qui échappent à une vision linéaire du temps, construite à partir d'un seul territoire, ou d'un seul domaine. (Guillerme, Vacher, et Fares 2013) p.38.*

Les livres d'histoire ont tendance à privilégier les *grandes* architectures, oubliant les crises qui ont jalonné significativement son évolution. A travers les baraques de guerre, l'architecture se standardise et s'optimise selon une organisation militaire basée sur les fondements de **la mécanisation du taylorisme et du fordisme américain**. Les baraques représentent un maillon, oublié, mais essentiel de l'industrialisation du bâtiment du XX^{ème} : « *la baraque ECMB, le modèle*

1917, la Renault de l'habitation »[72]. À la fin de la guerre, l'utilisation des baraques comme « maisons provisoires » entrainent de **nouvelles pratiques culturelles de l'habiter** : elles servent de logements aux réfugié.e.s, aux libéré.e.s et aux rapatrié.e.s représentant près de 2 millions de personnes (Guillerme, Vacher, et Fares 2013). L'industrialisation et la mécanisation des pratiques architecturales ont conduit à l'émergence du Modernisme, accélérées par les crises, entrainant un nouveau rapport à la Nature, à la tradition et à l'habiter. (Foura 1999)(Mandoul 2009). La Guerre a éteint les oppositions entre partisans de l'artisanat et partisans de l'industrie, *« avec l'exaltation inconditionnelle (…) de la machine en tant que symbole d'une ère nouvelle »* (D'Alfonso and Samsa, 2002, p.240).

2.2.2 Le Modernisme – au nom du progrès technique

Né de l'expérience de la modernité, le modernisme est un mouvement artistique et culturel tourné vers les progrès technique et social et vers l'avenir, en totale **rupture avec le passé**. L'architecture moderne traduit l'essence de son époque en se voulant objective, rationnelle, sobre et sans ornements. Elle a pour vocation **de libérer et émanciper** les individus. En ce sens, l'architecture est utilisée comme « *agent d'adaptation à la modernité* » (Neuwels 2015), utilisée pour valider, naturaliser et authentifier le progrès technique. Le modernisme en architecture se distingue selon **deux périodes** : la période de l'entre-guerres, riche de théories et de modèles, et la période allant de la fin de la Seconde Guerre mondiale aux années 1970, pauvre en contribution théorique mais foisonnante de production architecturale (Foura 1999) (Heynen 2002) (Neuwels 2015). Ainsi, l'émergence et la création du mouvement Moderne résultent de la conjugaison des dimensions culturelle (contre les traditions), politique (appui politique) et sociale (libératrice et émancipatrice)(Heynen 2002).

> *Le mot* [modernisme] *peut être compris comme le terme générique pour les idées théoriques et artistiques sur la modernité qui visent à permettre aux hommes et aux femmes d'assumer le contrôle des changements qui se produisent dans un monde par lequel ils sont aussi changés*[73] *(Heynen 2002)*

Le désenchantement de la Nature, né de l'industrialisation, s'intensifie avec le Modernisme. Les techniques industrielles modernes, nouvellement acquises tels que le verre et l'acier, permettent de tenir la Nature à distance : les patios et les murs-rideaux limitent le rapport à la Nature au contact visuel. **La Nature devient décor, support de sensation :** elle est récréative ou décorum. En témoigne l'œuvre architecturale de Frank Lloyd Wright (1867 - 1959), qui par la Fallingwater house (1936), défie les architectes européens modernes, sous le feu des médias de l'époque. L'indispensable béton des porte-à-faux est mis en valeur mêlé à la pierre locale, à l'acier et au verre, traduisant le désir de Wright d'un équilibre entre artisanat, Nature et machine. L'approche de Wright vis-à-vis de la Nature correspond au **naturalisme moderne** où l'humain maitrise et possède la Nature, libéré des contraintes, et selon une condition de vie meilleure. Wright réaffirme son amour pour la conquête de la Nature et des grands espaces inhabités, tels que Taliesin West (1938, conquête du désert) ou Broadacre City, une anti-métropole accessible

[72] Ibid. p.48.
[73] Traduction personnelle de l'anglais. Ibid. p.23

partout en voiture (D'Alfonso et Samsa 2002). Face aux enjeux sociaux d'après-guerre, **les réponses** sont **plurielles**. Si Wright tire parti des processus d'industrialisation pour proposer des maisons individuelles majoritairement pour des riches, Louis Kahn (1901 – 1974) comprend l'enjeu social qui se présente à lui à la sortie de ses études, en 1920 et se passionne davantage pour les projets sociaux.

L'approche « ancrée » au lieu des premiers modernes s'estompe avec le développement des CIAM. Fondés en 1928, les Congrès internationaux d'architecture moderne **(CIAM)** ont pour objectif *« d'arracher l'architecture à l'impasse académique pour la replacer dans son véritable environnement économique et social »* (D'Alfonso and Samsa, 2002, p.254). Ces congrès critiquent *les* styles passés, inaptes aux nouvelles contraintes modernes, et appellent à construire *un* nouveau style où l'architecte est responsable d'un nouvel usage de l'architecture. Rayonnante à travers le monde, la Charte d'Athènes (1933) est considérée comme l'aboutissement du IVème CIAM dont l'influence est ressentie jusque dans les années 70 (plan de zonages), cristallisant les principes énoncés par Le Corbusier à travers trois projets urbains, le Plan Voisin, la Ville radieuse et la Ville verte. Le Corbusier (1887 – 1965) incarne presqu'à lui seul le mouvement Moderne. A la suite du Plan Voisin (1922 – 1925), Le Corbusier est considéré comme le candidat idéal pour réaliser **une table rase** sur l'histoire, la culture et le patrimoine, symboles des luttes des classes et de division sociale.

La table rase est mise en projet différemment selon les desseins des villes et des pays : l'Inde, l'Egypte et la Finlande apportent des réponses différentes bien que toutes trois **en quête identitaire.** L'élite indienne souhaite faire table rase de son patrimoine, culturel et naturel considéré comme « primitif » et « arriéré » par les colons britanniques, et perpétué pour l'élite indienne, en se construisant une nouvelle identité, tournée vers le futur. A l'inverse, l'architecte égyptien Hassan Fathy (1900-1989) réadopte les techniques traditionnelles de construction pour retrouver l'identité nationale **opprimée par le colonialisme** : son architecture en brique de terre crue permet des constructions à faible coûts avec un confort climatique assuré et respectueuse de l'environnement. L'ancrage au lieu (re)devient le support d'une identité locale, architecturée. Enfin, la Finlande, dominée tour à tour par la Suède (au Moyen-Âge) et par la Russie (en 1809), fait partie des pays en quête d'une identité nationale dès **son indépendance** en 1917. L'architecte urbaniste et designer finlandais Alvar Aalto (1898 – 1976) est l'un des architectes protagoniste au début du XX^{ème} siècle **de l'architecture dans la Nature**. Influencé par Wright, il défie les grands espaces vierges en maitrisant la Nature sauvage qu'il invite dans son architecture (Heynen 2002) (D'Alfonso et Samsa 2002)(Steele 2005). L'histoire du Modernisme est intrinsèquement liée à celle du **colonialisme**.

> Il est affirmé que le discours colonial était intrinsèque à la compréhension de soi des Européens : c'est par leur conquête et leur connaissance des peuples et des territoires étrangers (deux expériences qui étaient généralement intimement liées) que les Européens pouvaient se positionner comme modernes, civilisés, supérieurs, développés et progressistes par rapport à des populations locales qui n'étaient rien de tout cela[74] (Heynen 2002)

Les villes s'étirent selon les axes de circulation, hiérarchisés selon leur usage et leur vitesse. La rue est dénoncée *« espace invivable et archaïque » (Foura, 1999)* . Dirigé vers le futur, le mouvement s'empare de l'époque (la voiture, le cinéma, etc.). Les règles urbanistiques décrites se divisent selon **4 fonctions** - habiter, travailler, se récréer (le corps et l'esprit) et circuler. Elles sont mises en œuvre grâce aux matériaux de l'urbanisme : le soleil, la verdure et l'espace. Bien que la Charte dénonce les travers de l'industrialisation, elle valorise de façon paradoxale le progrès technique.

> *Le progrès technique était présenté comme la voie la plus à même d'assurer concomitamment la qualité architecturale, la concordance de l'habiter avec les usages de la vie moderne, la diminution des coûts de la construction et, ce faisant, l'accessibilité à un logement convenable au plus grand nombre. Cet idéal techniciste a favorisé le développement d'une logique industrielle dans le domaine architectural (Neuwels 2015).*

La Nature est fonctionnalisée : en tant que poumon de la ville, elle prend un rôle hygiéniste. L'environnement n'est plus compris en tant que lieu physique et naturel mais comme environnement social et économique dans lequel il faut construire un nouveau monde. Bien que plusieurs environnementalistes aient vu dans le Modernisme l'opportunité de réparer les dommages crées à l'environnement, la Nature n'est envisagée qu'à travers les services écosystémiques qu'elles apportent, résumant la relation à de la servitude (sanitaire et émancipatrice) et niant sa valeur intrinsèque.

> *Le sol n'est plus l'inviolable lieu d'ancrage de toute construction : relié à son environnement par un entrelacs de réseaux techniques complexes, l'édifice s'y branche sans plus s'y blottir* (D'Alfonso et Samsa 2002)

La Seconde Guerre mondiale a interrompu le développement du mouvement Moderne européen, tandis qu'il n'a cessé de se déployer Outre-Atlantique devenant le courant architectural officiel américain en tant que **Style international**. Prolongement du Modernisme, il le remplace à la sortie des grands-jours des CIAM. Le rayonnement américain intense des années 1940-1950 remet au goût du jour les principes modernes européens d'industrialisation et de standardisation, portés par les enjeux d'après-guerre. Dès 1945, l'heure n'est plus à la théorisation ni aux bâtiments uniques, aux modèles. La production architecturale se fait **en série**, devant uniforme, homogène, monofonctionnelle. Les périphéries urbaines se voient habillées d'ensemble de logements sous forme de barres ou de tours. Dans une perspective de progrès social, l'industrialisation est

[74] Traduction personnelle.

considérée comme la condition garantissant l'urbanisme moderne : grâce à la production de masse, l'architecture n'est plus réservée à une élite, elle vise **le logement du plus grand nombre**. Les Trente Glorieuses (1945 – 1975) feront du Style International le mouvement architectural universel jusque dans les années 1980.

Les nouveaux matériaux, le verre, l'acier et le béton-armé, déplacent le savoir-faire, autrefois artisanal, vers une ingénierie industrielle. Ainsi comme l'expliquent Guy and Moore (2006), la technique au sein des artefacts sociotechniques ne peut être étudiée en dehors de son usage, du sens qu'il lui donné et des connaissances qu'elle appelle. La technicité du béton-armé, né dans les laboratoires de chimie et dans les ateliers industriels, requière des **compétences techniques** de calcul et de mise en œuvre. A travers des brevets, les compétences liées au béton-armé fait apparaitre **les premiers bureaux d'études**, intermédiaires entre architectes et constructeurs. L'introduction de ces nouveaux profils change **littéralement les pratiques de conception architecturale :** d'un côté, les proportions répondent à celles des éléments préfabriqués, de l'autre la conception devient prescriptive avec une mise en œuvre usinée, taylorisant l'édification. Le chantier se résume à de l'assemblage d'éléments par une main d'œuvre de chantier réduite. Ainsi, l'introduction de quelques nouveaux matériaux impacte l'ensemble de l'objet architectural : de sa conception à son édification (Foura 1999).

Après la Seconde guerre mondiale, **le monde « nouveau et bon »** qu'envisageait Le Corbusier, composé de tours et encerclés d'autoroutes à multiples voies, était devenu réalité, identique que l'on soit *« en Bulgarie, à Buenos Aires ou à Riyad »* (Steele 2005). Le lieu est balancé entre banlieue (qui, étymologiquement, est apparenté à un abandon, à bannir) et milieu urbain appauvri de valeurs collectives et d'identité locale. D'un point de vue environnemental, les pratiques architecturales modernes soulignent la débauche de l'exploitation des ressources mondiales et le déni concernant les impacts et conséquences planétaires.

> *La cité moderne (…) est devenue jungle d'asphalte et dortoir ; la disparition des caractéristiques locales, du lien avec le lieu : cette terrible uniformisation qui a rendu les banlieues du monde entier semblables les unes aux autres, sans que plus rien ne permette aux habitants de retrouver leur propre identité dans l'identité particulière d'un lieu »* (Foura 1999)

2.2.3 Les crises et contestations des années 70 - au nom de la croissance économique

> *Ce n'est pas uniquement un "style moderne" qui est né, un "mouvement moderne", mais un mode de vie artificiel entièrement nouveau. Nos décisions de créateur-constructeur, nos traits, nos dessins déterminent les mœurs, les engouements et les modalités du quotidien de ses habitants (Madec 2021)p.46*

Dès les années 1960, la population de plus en plus dense et un territoire utilisé de manière intensive aggravent la détérioration de l'environnement naturel : l'espace entre villes et campagnes s'amenuise et les banlieues proches des villes sont englouties, créant un tissu anarchique. Avec la Charte d'Athènes comme outil d'industrialisation, la production de masse foisonne au nom de l'urgence de relogement. Les révolutions sociales cristallisent l'éveil de la société qui conteste le système moderne, capitaliste, et prend conscience de l'impact des activités modernes sur l'environnement**.** Les contestations sont alimentées par **un constat social :** le modernisme n'a pas assuré l'émancipation sociale universelle promise. Pire, dans les pays en voie de développement, le modernisme oppresse. Au moment du rejet du Modernisme et la vague émergeante du post-Modernisme, une « *culture de la contre-culture* »[75] architecturale émerge en France, inspirée des mouvements américains d'architecture alternative. L'architecture alternative est ici comprise comme créative où les architectes sont libres d'investiguer d'autres méthodes de construction favorisant les méthodes (auto-construction, réemploi, etc.) et de nouvelles formes (dômes géodésiques). Dès la fin des années 1970, ce mouvement de contre-culture s'éteint en France, coïncidant avec la baisse du coût du pétrole (Maniaque 2014).

Ce courant de protestations annonce **l'ère postmoderne**, au sein de laquelle plusieurs mouvements architecturaux émergent. Cependant, les réponses sont multiples, variées, et ne forment pas une idéologie postmoderne : certain·e·s architectes postmodernistes se réapproprient les styles et les traditions, là où d'autres, tels que les déconstructivistes (Frank Ghery, Zada Hadid, Christian de Portzamparc) perpétuent la rupture (moderne) vis-à-vis des traditions culturelles, historiques, locales et stylistiques. Le langage postmoderne conjugue le langage moderne avec un autre langage, différent du premier dont les raisons sont principalement **technologiques et sémiotiques** : la société industrielle est acceptée mais différente de la société machiniste moderne. L'architecture postmoderne se développe dans une ère de capitalisme post-industriel et utilise le système de sémiologie de subjectivation. Les mégastructures et la primauté à l'esthétique formelle confère un rôle mercantile à l'architecture, un outil commercial renforcé par les "starchitectes", telles que celles précitées. Le constat est similaire chez **les urbanistes** qui critiquent et rejettent le fonctionnalisme moderne, sans toutefois parvenir à se détacher complètement des principes modernes. Ils et elles tentent de relocaliser des activités mixtes à travers des quartiers, sans toutefois investiguer les traditions locales[76]. Le nouvel

[75] Terme employé par Caroline Maniaque, Professeure en histoire et cultures architecturales

[76] Le projet Seaside, choisi pour le film The Truman show, est l'exemple du nouvel urbanisme : des maisons pastels d'une station balnéaire, dont l'esprit communautaire, clé de voûte du projet pour les planificateurs, est réduit à peau de chagrin hors saison. Les intentions initiales des urbanistes visaient à offrir des logements variés pour différents groupes sociaux mais sont transformées en arguments de vente.

urbanisme des années 1970 aggrave les maux de ses prédécesseurs, tout en détournant l'attention des problèmes réels par des manœuvres commerciales (Choay 1965) (Guattari, 1989) (Foura 1999)(D'Alfonso et Samsa 2002)(Lajus 2009)(Didelon 2014)(Neuwels 2015)(Madec 2021).

> *Le terme 'cité' a perdu son sens intrinsèque affectif, individualisant et social de civitas (…) Dissoute dans l'urbanisation qui prolifère partout dans le sillage des réseaux d'adduction, ce qui s'appelait ville ne comportait aucune des formes de relations dépassant une proximité immédiate. L'urbanisation ne possède, par définition, nulle urbanité. En revanche, elle consomme le sol – qu'elle conçoit techniquement comme un terrain vierge – le stérilise et en fait un désert de significations pour le préparer à ses interventions. D'où une distance vis-à-vis de la Nature impossible à combler, qui porte en soi une culpabilité et le sentiment d'une perte.* (D'Alfonso et Samsa 2002) *p.277*

L'homogénéisation et le fonctionnalisme ont effacé les valeurs traditionnelles de la ville ainsi que la mémoire sociale conduisant à une déshumanisation accentuée par les mégastructures. Une méfiance de l'architecte nait de ces contestations, où la remise en question n'est, dès lors, pas uniquement théorique ou intellectuelle, mais également **pratique.** Les contestations se traduisent à travers l'appropriation des bâtiments modernes où les usagers, créent de nouvelles **pratiques d'usage et de nouvelles pratiques d'habiter**. Différentes selon les régions dans lesquelles elles sont étudiées, ces appropriations expriment un récit alternatif au récit moderne. Elles mettent également en lumière l'engagement individuel et collectif (bottom-up) des grands ensembles modernistes imposés (top-down). Au-delà des « machines à habiter » et des « machines à travailler », l'architecture est pratiquée, elle est conjuguée de façon plurielle au-delà des phases de conception et d'édification. Ces nouveaux usages questionnent le **« faire architecture »** et par extension la « **fabrique de l'habiter »** (Foura 1999)(d'Auria et le Roux 2018).

> *Les critiques se sont non seulement attaquées au transfert de modèles effectués sous et après la domination coloniale, mais aussi et surtout au pacte scellé entre, d'une part, l'architecture et l'urbanisme modernes, et de l'autre part,* ***l'impératif du développement*** *(d'Auria and le Roux 2018, p.11-12).*

Les années 1970 sont, donc à bien des égards, une période de remise en question générale du système. Au nom de la régulation de l'habiter, l'énergie sert d'agent de changement pour de nouvelles pratiques architecturales, entrainant une redéfinition du rôle sociétal de l'architecture. **L'appropriation de l'écologie profonde et du développement durable en architecture** se distingue par **3 postures,** l'une technophile, l'autre technophobe, l'autre à mi-chemin entre ces deux postures opposées, un « humanisme écologique » (Foura 1999)(Steele 2005)(Weissenstein 2012). Nous reprenons les termes de Neuwels (2015) : le technocentrisme, le bioclimatisme, et l'écologisme.

Le technocentrisme, compris comme un ensemble de valeurs centrées sur la technique, se démarque par sa forte confiance envers les technologies pour maitriser la Nature, une vision anthropocentrée que ses adeptes partagent avec les modernistes. « *En termes d'écoconstruction, le technocentrisme suppose l'amélioration de la performance environnementale finale du bâtiment*

grâce aux techniques, sans remise en question de l'approche utilitariste de la Nature »[77]. Les architectes de la High-Tech partagent, avec les modernistes, une confiance vis-à-vis des technologies qu'ils et elles considèrent capables de résoudre les problèmes environnementaux quelle que soit leur gravité. La technologie est montrée, elle devient stylistique[78] : les techniques sont universelles ainsi que le style. L'architecture s'articule autour des techniques qui ont comme vocation la résolution des consommations et des émissions. de Myttenaere (2006) définit cette approche comme *haute technique à faible conception*, **High-Tech / Low design**. Les crises énergétiques de l'heure limitent l'enjeu de l'architecture à l'efficience énergétique des bâtiments, alimentées par l'espoir technologique. A l'image du Crystal Palace et des biosphères de Fuller (1967), l'architecture est pensée comme une *machine dans le jardin*, où la technique optimise la construction, rend l'énergie efficiente et maitrise le climat intérieur[79]**.** La technique scelle **la complicité entre maitrise d'œuvre et industries**, particulièrement dans l'industrie verrière, qui par la mondialisation du mouvement, soumet l'architecture aux aléas de la logistique à l'échelle planétaire. **L'acier, le verre et le béton** symbolisent avec autant de force qu'à leur découverte, l'universalité du mouvement, en nette rupture avec la matérialité traditionnelle et locale (Steele 2005)(Terrin 2009)(Madec 2021).

> *Les matériaux, béton ou verre, comme les techniques, climatisation ou industrialisation, ne sont pas condamnables en tant que tels. Ils et elles sont utiles, parfois indispensables, pour rendre des services spécifiques. Ce qui est inadmissible est leur généralisation hégémonique. La sphère dans laquelle l'architecture se déploie n'est pas vertueuse en matière de sauvetage planétaire (Madec 2021) p.48*

Quelques projets majoritairement résidentiels prennent le contre-pied des technologies et cherchent à atteindre une autonomie. **Le bioclimatisme** « *s'appuie avant tout sur le bon sens conceptuel en vue de tirer profit des ressources qu'offre Naturellement le milieu au sein duquel est implanté le bâtiment* » (Neuwels 2015, p.177). L'autonomie traduit une efficience du bâtiment plutôt qu'une performance environnementale (technocentrisme). Le bioclimatisme remet en lumière des pratiques vernaculaires oubliées, une réappropriation de savoir-faire et favorise des « *architectures sans architectes* »[80], une réaction au modèle paternalisant de l'architecture institutionalisée. En Belgique, la maison Oréjona (1977) de Luc Shuiten exprime la rupture avec la société industrielle. L'autonomie s'accomplit à travers l'usage (autonomie en ressources) ainsi qu'à travers l'auto-construction, esquivant la relation codifiée architecte - maitre d'ouvrage - entrepreneur·se. L'autonomie énergétique est particulièrement étudiée à cette époque, et encore aujourd'hui, à travers des bâtiments solaires et des principes passifs[81]. Par ces recherches, le bioclimatisme dénonce indirectement **le manque de viabilité des bâtiments contemporains**

[77] Ibid. p.177
[78] Centre Pompidou (1977) de Norman Foster et Renzo Piano.
[79] Les serres Eden à Cornwall, UK, et le Pavillon britannique du commerce et de l'industrie pour l'Expo 92, Séville, Espagne par Grimshaw and partners
[80] Réfèrence au travail de l'architecte autrichien Bernard Rudofsky (1905-1988), auteur de l'exposition et ouvrage éponyme *Architecture without Architects*, mettant en lumière des pratiques architecturales vernaculaires
[81] Dont Edward Mazria (1940-), architecte américain ou le projet de la Faculté de technologie de l'université de Leicester (UK)

causé par leur dépendance continuelle en énergie. Tout changement de l'environnement extérieur a pour conséquence de rendre le bâtiment inhabitable. Cette dépendance a transformé l'architecture contemporaine en un système fermé, gaspilleur d'énergie. A l'échelle urbaine, quelques projets « d'utopie » voient le jour dès les années 1950 en réponse à l'étalement urbain moderne. Les villes alternatives se veulent durables, compactes, autonomes et adaptées aux contraintes locales. Mesa City (1959), Arcosanti (1960) et Valetta Spring (1980 – 85) de l'architecture Paolo Soleri présentent une approche holistique du bioclimatisme : préservation des terres arables, autosuffisance et esprit communautaire.

> *Contrairement aux autres mégastructuralistes qui concevaient des bâtiments hermétiquement clos – par exemples les agences Archigram ou Superstudio – Soleri souhaitait que l'architecture soient en lien avec l'environnement*. (Steele 2005) p.138.

A l'échelle de l'architecture, la posture s'inspire de l'écologie moderne d'Odum sous le nom d'écologisme. Cette approche étudie de façon holistique et systémique de l'habiter dans son environnement, y compris les **interrelations et interconnexions** entre les organismes vivants. Cette approche prend racine au sein du New Bauhaus de Chicago à partir de 1937 et à travers la pédagogie du designer Laszlo Moholy-Nagy (1895 – 1946). Si Walter Gropius recherche à travers le Bauhaus (1925-1933) une nouvelle société (communauté), Moholy-Nagy croit qu'une nouvelle individualité est une condition préalable à une nouvelle société.

> *En d'autres termes, la méthode de fonctionnalisme organique doit passer de la vue à l'intuition pour obtenir un aperçu correct du problème de conception. La vivacité de cette visualisation intérieure est une mesure de l'ingéniosité du designer (...). La capacité unique du génie peut être approchée si seulement sa caractéristique essentielle est appréhendée : l'acte fulgurant de relier des éléments qui n'appartiennent pas manifestement ensemble. Il explique encore que « si (cette) méthodologie était utilisée de manière générale dans tous les domaines, nous aurions la clé de notre époque – voir tout en relations. (Findeli 1990, p.12-13)*

La méthode de Moholy-Nagy mélange **expérience et technique,** selon sa propre interprétation du Bauhaus, *building house,* où la maison est à la fois un artefact matériel et une expérience dans le sens philosophique du terme, semblable à celle de J. Dewey (discuté au Chapitre Stratégie de recherche). La pédagogie qu'il enseigne à l'Institute of Design s'inscrit dans cette perspective sous le nom de ***fonctionnalisme organique***, c'est-à-dire un processus d'analyse scientifique et phénoménologique afin que la forme proposée par le designer réponde aux besoins matériels, techniques, biologiques et sociaux (la forme suit la fonction). Ainsi, sa pédagogie concernant la philosophie du design repose sur l'union des considérations technoscientifiques et les considérations esthétiques et éthiques. Bien que critiqué pour son formalisme et sa vision anthropocentriste (Findeli 1990; Neuwels 2015), **son approche éclaire sur la systémique du design et de l'architecture.** De plus, sa pédagogie interpelle (déjà à l'époque) sur l'implication anthropologique et culturelle de la technique et de la responsabilité engagée des designers et architectes la concernant.

Ces trois postures – le technocentrisme, le bioclimatisme et l'écologisme, sont semblables aux trois modèles urbanistiques de Choay (2014), et qui, de façon similaire, n'ont pas eu le même écho dans la pratique. Les modèles urbanistiques de Choay (2014) sont **le modèle progressiste,** « *foi dans le progrès et toutes puissances des techniques* », **le modèle culturaliste,** « *aversion pour la société mécanisée et nostalgie des anciennes communautés* culturelles » et **le modèle naturaliste,** « *aversion pour un monde 'dénaturalisé' et nostalgie d'une relation formatrice avec la Nature* » [82] . Le culturalisme s'est résumé à des expériences ponctuelles, semblable au bioclimatisme qui s'est développé comme domaine alternatif à la performance environnementale de l'architecture. Le naturalisme s'est exprimé que « *très partiellement et surtout aux Etats-Unis, dans des formes suburbaines* » [83], identiquement à l'écologisme qui continue son développement au sein de l'Institute of Design. Enfin, le progressisme – technocentrisme, s'est largement imposé « sous *les régimes économiques et politiques* »[84].

Par conséquent, le fonctionnalisme extrême hérité du modernisme laisse place à une nouvelle pratique architecturale industrialisée, le **méthodologisme.** Le fonctionnalisme et le méthodologisme traduisent une crise idéologique à partir des années 1970. Alimentées par des démarches technocentrées, les pratiques architecturales sont réduites à la rationalité, oubliant les qualités (non-fonctionnelles) de l'architecture, intellectuelles et émotionnelles. Face aux crises énergétiques et environnementales et aux contestations sociales, les politiques déploient une **approche réglementaire**, remplaçant le modèle moderniste pour **réguler l'habiter.** Les enjeux énergétiques s'inscrivent parfaitement dans cette nouvelle démarche performancielle qui vise à atteindre un confort hygrothermique, une qualité de l'air et une performance énergétique. La conception architecturale répond aux règles imposées de toute part, faisant de l'architecture, non plus une affaire d'architectes, mais une affaire d'expert·e·s, en témoignent **la pluralité des parties prenantes et intervenantes** : promoteur·rice·s immobiliers, urbanistes, pompiers, ingénieur·e·s, pouvoirs publics, assistance à la maitrise d'ouvrage, coordinateur·rice·s, contrôleur·se·s, responsable énergie, etc.

[82] Ibid. p.74
[83] Ibid. p.51
[84] Ibid.

L'insuffisance des seules innovations techniques dans le cadre de la durabilisation de l'architecture fait aujourd'hui consensus dans les milieux scientifique et politique : il est admis que les enjeux des éco-innovations dépassent les aspects techniques et qu'ils doivent également intégrer l'acceptabilité sociale. (...) Il est admis que l'habiter est un système sociotechnique. Soit un système complexe qui articule « des dispositions individuelles et collectives, des dispositions techniques (micro et macro-systèmes techniques) et des dynamiques sociales (du domestique au politique). Ce qui signifie que les données sociales, culturelles, institutionnelles et techniques influencent indissociablement les comportements, valeurs et représentations (Neuwels 2015).

2.2.4 L'architecture durable – au nom de la croissance économique

> *Suffirait-il de quelques mètres carrés de cellules photovoltaïques, d'une toiture végétalisée ou d'une façade en polycarbonate pour qu'une architecture se proclame «généreuse» et «durable»? (Lajus 2009)*

Dès les années 1970, l'architecture, le secteur de la construction et le parc immobilier sont conjointement responsabilisés face aux crises énergétiques, à la raréfaction des énergies fossiles et à la découverte de la dégradation de la couche d'ozones causées par les gaz à effet de serre (GES). Selon European Commission (2020b) , « *plus de 220 millions d'unités de construction, soit 85 % du parc immobilier de l'UE, ont été construites avant 2001. 85 à 95 % des bâtiments qui existent aujourd'hui seront encore debout en 2050. La plupart de ces bâtiments existants ne sont pas efficaces énergétiquement. Beaucoup dépendent des combustibles fossiles pour le chauffage et la climatisation et utilisent des technologies anciennes et des appareils peu performants. La précarité énergétique reste un défi majeur pour des millions d'Européen·ne·s. Globalement, les bâtiments sont responsables d'environ 40 % de la consommation totale d'énergie de l'UE et de 36 % de ses émissions de gaz à effet de serre provenant de l'énergie. (…) La Commission a proposé dans le Plan climat 2030 de réduire les émissions nettes de gaz à effet de serre dans l'UE d'au moins 55% d'ici 2030 par rapport à 1990. L'efficacité énergétique est une composante essentielle de l'action, le secteur du bâtiment étant l'un des domaines où les efforts doivent être intensifiés. Pour atteindre l'objectif de 55 % de réduction des émissions, l'UE devrait, d'ici à 2030, réduire les émissions de gaz à effet de serre des bâtiments de 60 %, leur consommation d'énergie finale de 14 % et leur consommation d'énergie pour le chauffage et le refroidissement de 18 %.* »

En réponse à ces enjeux sociétaux et environnementaux (intérêts des non-humains), la Commission européenne propose la Directive 93/76/CEE « *visant à limiter les émissions de dioxyde de carbone par une amélioration de l'efficacité énergétique* »[85]. Elle est refondue en 2010 pour renforcer les exigences de la performance énergétique des bâtiments (PEB) à travers la Directive 2010/31/UE. Chaque Etat membre de l'Union Européenne transpose en droit interne la directive en vigueur. En Belgique, la transposition se fait au sein des trois régions. Depuis 1985, date de la première réglementation wallonne en termes de PEB, de nombreux décrets (15) et arrêtés d'exécution ont renforcés les exigences de la PEB, qui depuis le 1er janvier 2021 traduisent une exigence « Quasi Zéro Energie » (Q-ZEN) pour tous bâtiments à construire[86]. En 2015, la Région de Bruxelles-Capitale impose le standard passif pour les nouvelles constructions[87], traduisant un choix politique fort (Neuwels 2015).

Les questions de durabilisation de l'architecture vont s'articuler autour de l'énergie dès l'implémentation de ces nouvelles normes. **Les pratiques architecturales** se voient **profondément modifiées** par l'introduction, l'évolution et le renforcement de la PEB, depuis le

[85] Source web de la Directive 93/76/CEE: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:31993L0076&from=EN
[86] Source web de la réglementation wallonne PEB : https://energie.wallonie.be/fr/reglementation-wallonne-sur-la-peb.html?IDC=7224
[87] Source web Bruxelles environnement : https://environnement.brussels/nos-actions/projets-et-resultats/bruxelles-pionniere-du-bati-passif

matériau, l'éthique, l'usage, jusqu'aux expériences du bâti. Ainsi, à travers le prisme de l'énergie, les matériaux modernes et du mouvement High-Tech sont remis en question : le verre et l'acier sont-ils énergétiquement efficaces ? N'entrainent-ils pas surchauffe et déperdition ? La course à la PEB entraine une consommation fulgurante de nouveaux matériaux, les isolants, représentant aujourd'hui une part prédominante des flux de matières entrants[88] . La PEB a à ce point modifié les pratiques architecturales, qu'aujourd'hui, plusieurs décennies après l'entrée en vigueur de la PEB, les matériaux isolants sont questionnés au regard de démarche prédictive des pratiques architecturales : ces matériaux isolants sont-ils susceptibles à l'avenir d'être remis en circulation (réemployés ou jetés) lors de rénovation, transformation ou démolition future ? (Gobbo 2015). La PEB modifie également les pratiques stylistiques. Lajus (2009) questionne la pertinence des balcons : si la fonction était historiquement structurelle, le balcon représente aujourd'hui un pont thermique. Pour y remédier, les architectes, aidé·e·s par les ingénieur·e·s, proposent des structures indépendantes, nouveau formalisme architectural. A l'échelle de la parcelle, le volume bâti est compact et les percements sont contrôlés et habillés de persiennes, casquettes ou screen (Deprez et al. 2015).

La **transformation énergétique** est cependant indissociable des **transformations des modes de vies** [89] et ce malgré une prédominance, dans les débats politiques, de l'optimisation technologique et de la source énergétique : dans les deux cas, elles ne représentent pas le moteur de la transition. Ce constat rejoint l'interprétation donnée par Guy and Moore (2006) des bâtiments durables en tant **qu'artefact sociotechniques**[90]. L'étude française des modes de vie concernant la transition énergétique, réalisée par Maresca and Dujin (2014), offre une base de discussion sur les types d'actions publiques et leur **réception dans la transformation des pratiques**. Les actions publiques identifiées rejoignent les logiques politiques identifiées par Neuwels (2015) : la première action publique concerne la logique réglementaire aidée par la logique participative. La seconde agit sur les comportements par des mécanismes incitatifs et informatifs. Malgré ces deux logiques, ce sont les modes de vie qui influencent l'accès à l'objectif fixé, ici la diminution des consommations énergétiques qui risquent d'être mises à mal par l'effet rebond. Si la transition énergétique représente un état de mutation progressif, au sein d'une temporalité et/ou spatialité spécifiques, le nouveau système reste inconnu. Son avènement est lui-même incertain. Il en va de même pour **la transition écologique**.

Face à l'effet rebond, les politiques responsabilisent les citoyen·ne·s et les usager·ère·s, pour transformer les usages et tenter d'atteindre les objectifs visés. Toutefois, **la responsabilisation des acteur·rice·s** oublie la structure collective, le contexte matériel et normatif, qui sont déterminants dans les choix des individus, tel que nous l'avons vu avec l'écologie industrielle. De

[88] Gobbo (2015) p.193, dans son étude des bâtiments BATEX, bâtiment exemplaires, pour la pour la Région de Bruxelles-Capitale : « Alors que les inertes représentent la part majoritaire des flux sortants de l'opération, les matériaux isolants prédominent dans les flux entrants avec plus de 80% en volume ». Des études à plus larges échelles et pour tout type de rénovation semblent pertinentes.

[89] Maresca and Dujin (2014) définissent un mode de vie comme « *un ensemble de dispositifs à la fois matériels (forme d'habitat, réseaux, objets techniques…) et idéels (représentations, valeurs…), sur lesquels repose l'organisation de la vie sociale (le logement, la mobilité, l'alimentation, l'éducation…) et qui désignent implicitement la « normalité », au sens des usages et pratiques habituelles au sein de la société considérée* »

[90] c'est-à-dire des objets porteurs d'idéologies (situés), participant à la construction de *référentiels*, contenant des techniques, sollicitant des expériences de vie (conception, construction, utilisation) et engeant des pratiques culturelles

plus, cette approche responsabilisante perpétue les principes modernistes du *bien habiter* (intrusion légitimée du public dans l'intime). Aucune de ces deux approches politiques, responsabilisante et normative (quantitative), n'assure la transformation (ou transition) des pratiques culturelles (Neuwels 2015). Selon Maresca and Dujin (2014), une théorie systémique du mode de vie est essentielle pour construire « une *réflexion prospective sur le rapport entre temps court et temps long, vision micro et macrosociale, arbitrages individuels et déterminants structurels* »[91]. De plus, interroger les modes de vie, particulièrement ceux des classes moyennes et riches des pays dits développés, c'est questionner éthiquement le rapport au monde et sortir du faux débat sur la croissance démographique (Madec 2021).

> *Les politiques publiques peuvent orienter ce qui enclenchera, sur le temps long, la mutation du mode de vie actuel, dès lors que celui-ci est bien compris dans ses mécanismes structurels et qu'il s'ouvre au débat social pour faire émerger les mutations souhaitables. Ce qui requiert néanmoins deux conditions majeures : renoncer à penser que les injonctions publiques sur le comportement individuel sont la clé des mutations collectives, se garder de voir dans l'émergent et l'alternatif les indices de la mutation du mode de vie* (Maresca et Dujin 2014)

L'hégémonie de l'énergie dans le débat de la transition écologique est discutable, toutefois elle offre aujourd'hui suffisamment de recul pour être étudiée. En analysant les transitions (énergétiques et écologiques) à travers les modes de vie, les enjeux sociaux et culturels qu'elles impliquent sont mis en évidence, appelant un changement qui se veut systémique. Une démarche systémique voudrait se libérer du « focus énergie ». Selon notre hypothèse, le problème est architectural et non pas énergétique comme l'annonce Deprez et al. (2015). Tout ce que **l'acte de construire un artefact sociotechnique** implique doit être pris en compte : l'acte de construire au sens *action* et *expérience*[92]. Selon, Possoz (2021), adopter une posture pragmatiste pour les architectes permet d'outrepasser les contraintes règlementaires, de questionner moralement les conséquences de la pratique architecturale et d'explorer « *des champs nouveaux* ». A travers, l'action et l'expérience, l'exploration et l'ouverture traversent d'autres champs durables, tel que la problématique des matériaux, biosourcés ou de réemploi, la visite de carrières, de cimetières et de forêts comme l'encourageait Viollet-le-Duc (Terrin 2009)(Gobbo 2015)(Possoz 2021).

Initialement vernaculaires[93], les pratiques de réemploi sont, depuis plus d'une décennie, remis en lumière particulièrement en architecture et dans le secteur de la construction. Elles présentées aujourd'hui en tant que **principes de l'économie circulaire**. Ils témoignent d'une prise de conscience de la production de déchets que génère notre société de consommation : la « découverte » d'un septième continent[94], le vortex de déchets plastiques situé dans le pacifique Nord, participe à la prise de conscience collective au début des années 2000. Cet évènement n'est certainement pas étranger à la création quelques années plus tard de la fondation Ellen

[91] Ibid. p.21
[92] Action et expérience, telles que décrites par les philosophes pragmatistes que nous détaillons à la section 3.1.)
[93] « Vernaculaire » est ici à comprendre comme des pratiques anciennes, réalisées par des non-architectes. Ce terme s'inscrit dans la même approche que celle de Bernard Rudofsky « architecture without architects ».
[94] Source web, consultée le 09/12/2022 : http://www.septiemecontinent.com/expace-science/

MacArthur, du nom de sa fondatrice navigatrice, lancée en 2009, dont l'objectif est de transformer notre système linéaire « du berceau à la tombe » (extraire, produire, consommer, jeter) en système circulaire, « du berceau au berceau ». En 2008, la Directive européenne 2008/98/CE hiérarchise 5 niveaux d'actions dont l'action de réemploi qui marque un intérêt exponentiel pour les principes d'économie circulaire, en témoignent les acteur·rice·s, publications et évènements traitant de la circularité (European parliament 2008) (Gobbo 2015). Pionnière à l'échelle européenne sur les questions énergétiques et de circularité, la Région de Bruxelles-Capitale propose dans le second cas une logique d'abord participative à travers des démarches volontaires et des incitants financiers (Gobbo 2015) : de nombreux guides et outils (passeport et cadastre des matériaux), projets exemplaires (projets BATEX) et programmes (PREC[95]). Plus récemment, la Wallonie suit « *dans une double logique de zéro déchet et d'économie circulaire* »[96]. En 2019, la capitale européenne est l'hôte de l'évènement de clôture du projet européen Building As Material Bank, BAM2020[97] traduisant l'émulation de l'économie circulaire tant auprès des politiques, des parties prenantes et de la recherche. Le milieu scientifique s'est attelé à développer des outils d'aide à la décision, principalement basés sur des systèmes de pondération et d'indicateurs de « réemployabilité », « démontabilité » et « recyclabilité » (Durmisevic et al. 2021). Ces outils ont pour objectif de « massifier » ou « d'industrialiser » les pratiques, tels que le passeport et les cadastres des matériaux. En termes d'économie circulaire, la réponse politique est jusqu'à présent participative et incitative, traduisant une approche responsabilisante des acteur·rice·s de terrain (Gobbo 2015).Tandis que les pouvoirs politiques ont, selon Terrin (2009), le devoir de déverrouiller l'inertie juridique et administrative, et ce, de façon cohérente et holistique. A ce sujet, nous relevions en 2018 deux développements parallèles et contraires concernant l'économie circulaire et la numérisation architecturale : d'un côté, la Directive européenne précitée de 2008 sur les déchets, de l'autre côté, la Directive européenne 2014/24/UE concernant l'usage de maquettes BIM au sein des marchés publiques, elles-mêmes favorisant des connexions à des catalogues de fabricants industriels de matériaux (neufs)(Dautremont, Dagnelie, et Jancart 2018).

> *Malgré ces débuts longs et difficiles, on peut faire le constat qu'aujourd'hui les produits qui composent l'architecture des villes occidentales proviennent pour l'essentiel de l'industrie. Les chantiers sont devenus d'immenses kits d'assemblage dont l'essentiel des éléments est directement fourni par l'industrie (Terrin 2009) p.97.*

Ainsi, **deux démarches** co-existent dans ce que Neuwels (2015) nomme « *responsabiliser en dehors de la règle* » : **l'acceptabilité sociale**, basée sur la préservation (normative et techniciste), et **la faisabilité sociotechnique**, basée sur la créativité. Selon la démarche d'acceptabilité sociale, l'intégration des principes durables est freinée par l'inertie au changement des acteur·rice·s. Les enjeux y sont connus, définis et quantifiés et appellent le développement d'outils de mesure tels

[95] Programme Régional en Economie Circulaire, PREC. Source web, consultée le 09/12/2022 : https://circulareconomy.brussels/chronologie/
[96] Déclaration de politique Wallonie 2019-2024, source web consultée le 11/12/2022 : https://www.wallonie.be/sites/default/files/2019-09/declaration_politique_regionale_2019-2024.pdf
[97] Source web, consultée le 09/12/2022 : https://www.bamb2020.eu/

que les labels et certifications. L'objectif est d'intégrer les enjeux durables ou circulaires. Ces outils lissent les contextes multiples et participent à la construction d'une unique compréhension commune du problème et de la réponse à apporter. A travers ces outils d'évaluation, tels que **les certifications environnementales** BREEAM[98] ou la HQE[99], l'architecture durable tend vers *une ingénierie écologique,* qui selon Kibert (2016), peut servir de modèle à l'architecture durable. Si le dessein initial de ces certifications fut de rendre les démarches environnementales spontanées, tel un *réflexe* dans la conception de projets, de **nombreuses critiques** leurs sont portées. Les outils, dont l'objectif premier est l'aide à la conception, sont trop directifs et annihilent l'innovation, empêchant d'atteindre les objectifs visés. De ce fait, ils fragilisent l'équilibre entre qualité environnementale et qualité architecturale, le plus souvent au détriment de cette dernière (Weissenstein 2012). Bien qu'ils soient pensés comme cadre à la conception durable, ces outils labélisant ne tiennent pas compte des enjeux durables durant le processus de conception (Zanni, Soetanto, et Ruikar 2014). A côté des enjeux, les certifications ne présentent à ce jour pas de réel socle commun, en termes d'exigences mais aussi concernant les phases et les étapes du cycle de vie qui diffèrent d'un champ d'application à l'autre (Bruce-Hyrkäs, Pasanen, et Castro 2018). Aussi, le succès des outils d'évaluation de performance environnementale réside en grande partie dans son intégration dans le langage du secteur, moins dans l'édification des bâtiments hautement éco-performants (Cole 2005). Le recours volontaire aux certifications et labels consolident les politiques réglementaires ainsi que les normes environnementales, de plus en plus contraignantes et complexes auxquelles les architectes se heurtent, devenant les garant·e·s de l'engagement politique dans la cause environnementale (Cole 2005). Dans la section suivante, nous réalisons une analyse des médias d'aide à l'écoconception qui complète la présente critique.

[98] En Grande-Bretagne, la certification BREEAM, pour BRE Environmental Assessment Method, est « une méthode d'évaluation des performances environnementales des bâtiments pour la conception, la construction et le fonctionnement de bâtiments écologiques, développée par le BRE (Building Research Establishment), un établissement privé britannique » (Green Soluce et France GBC 2016) p.8. Pionnière dans le secteur de la construction (1989), la méthode britannique BREEAM s'est imposée à l'échelle internationale en tant que certification et méthode multicritère d'évaluation des bâtiments durable. Son succès résulte d'une part « une définition standard de la construction écologique » et d'autre part « un moyen d'évaluer ses performances par rapport aux exigences du système d'évaluation des bâtiments ».

[99] En France, la certification Haute qualité environnementale HQE « est une démarche de management de projet visant à maîtriser les impacts d'une opération de construction ou de réhabilitation sur l'environnement extérieur ainsi que sur le confort et la santé des usagers, tout en maîtrisant les processus opérationnels, liés ici aux phases de programmation, conception et réalisation » ((Green Soluce et France GBC 2016)

> *Ces systèmes d'évaluation [BREEAM, LEED] permettent à une équipe de projet d'utiliser simplement une liste de contrôle de mesures dérivée de l'un des systèmes d'évaluation des bâtiments qui, si elle est suivie, produit un bâtiment écologique, du moins aux yeux du promoteur du système d'évaluation, sans qu'il soit nécessaire d'avoir une compréhension plus approfondie de la conception écologique. Le résultat proposé est que l'équipe de projet, sans avoir jamais étudié ou réfléchi aux questions diverses et complexes de l'impact environnemental de l'industrie de la construction, peut concevoir et construire un bâtiment à haute performance. L'utilisation d'un système d'évaluation des bâtiments standard comme guide pour la conception de bâtiments écologiques est certainement un avantage dans la mesure où cette approche a rapidement augmenté la pénétration des bâtiments écologiques sur le marché. Cependant, la simple adhésion à une liste de contrôle sans réflexion approfondie pourrait finalement aboutir à des stéréotypes de construction qui stagnent plutôt que de faire progresser l'art de la construction écologique. L'engagement en faveur d'une approche de conception ancrée dans la compréhension des systèmes Naturels et du comportement des écosystèmes, et soucieuse de la conservation des ressources, produira sans aucun doute un bâtiment à haute performance, d'une valeur économique et esthétique supérieure. En fin de compte, les bâtiments verts à haute performance qui sont vraiment exceptionnels au-delà des points et des certifications exigent une intégration avec la Nature qui n'est pas réalisable avec une simple liste de contrôle* (Kibert 2016) *p.87*[100].

Si les cadres réglementaires ne favorisent pas toujours l'intégration de démarche écoresponsable, Docarragal Montero and Jeudy (2021) illustrent l'entrave à l'intégration d'une démarche durable par les normes à travers 3 cas d'études français : le réemploi de béton recyclé, l'usage de bois locaux et l'usage des eaux de pluie et grises pour des usages non-sanitaires. Face à ce « dérèglement règlementaire », l'Etat français a mis en œuvre **deux lois dérogatoires**[101] permettant le droit d'expérimenter à travers une création architecturale à première vue hors normes : **un permis d'innover**. Dans le cas du réemploi des matériaux, ce ne sont pas tant les règlements qui sont limitatifs d'une démarche circulaire que les assurances liées. De plus, les lois dérogatoires n'assurent pas une émulation d'innovations, par manque d'intérêt ou par crainte d'entreprendre une tâche surdimensionnée. Certain·e·s architectes innovent *à côté* des normes via « *de nouvelles voies exploratoires en parallèle à la voie ministérielle* » ou optent « *pour la médiation directe entre les acteurs locaux comme garant de l'intérêt commun du projet* » (Docarragal Montero and Jeudy 2021, p.10).

[100] Traduction personnelle

[101] La Loi relative à la liberté de la création, à l'architecture et au patrimoine (LCAP) et loi État au service d'une société de confiance (ESSOC)

> *Notons toutefois que le réemploi est une valorisation possédant certaines particularités et une dimension peut-être plus "subjective" par rapport aux autres types de valorisation. Effectivement, ce n'est pas parce qu'un matériau est identifié comme réemployable qu'il le sera forcément. Le fait d'être techniquement intéressants, d'être faciles à démonter et à récupérer par exemple, est une condition nécessaire mais pas suffisante. (...) Les critères techniques et de coût, même s'ils représentent des arguments de choix importants, ne suffisent pas à garantir le réemploi de certains matériaux puisque leur réutilisation dépendra aussi de facteurs d'ordre plus 'subjectif' (à la fois sociétal, culturel et individuel)(Gobbo 2015) p.340*

Les règlements et l'acceptabilité sociale négligent l'aspect social, peu pris en compte dans les démarches durables tant énergétiques que circulaires, concentrées sur les outils d'évaluation qui ont occulté d'autres mécanismes de sensibilisation à l'environnement au sein du secteur de la construction (Cole 2005) (Rahla, Bragança, et Mateus 2019). Au contraire, la **faisabilité sociotechnique,** seconde démarche de *responsabilisation en dehors des règles*, considère l'aspect social comme une donnée fondamentale à la construction politique. Cette démarche célèbre la pluralité et la complexité de *l'habiter* et du *faire architecture* (durable) par l'expérimentation, la contestation et ce, de **manière créative**. La protéiformité de l'architecture, en tant qu'artefact sociotechnique, est valorisée, hors modèle, hors normes et hors homogénéisation. Enfin, la démarche incite et facilite l'engagement des parties prenantes et le développement de solutions innovantes (Neuwels 2015). En ce sens, la démarche endosse une posture pragmatiste (décrite au Chapitre Stratégie de recherche), qui permet, comme nous l'avons cité précédemment, d'outrepasser les contraintes règlementaires, de questionner moralement les conséquences de la pratique architecturale et d'explorer des champs nouveaux (Possoz 2021). A travers leur *Manifeste pour une frugalité heureuse et créative*, A. Bornarel, D. Gauzin-Müller et P. Madec, cessent d'attendre l'autorisation politique pour faire autrement ; « *agir et penser, de mille manières, avec la Nature, même en se mettant hors la loi si nécessaire pour faire avancer la loi* » (Madec 2021, p.103).

2.2.5 Un regard critique et des architectures résilientes – au nom de la Nature

D'une manière générale, les générations futures du développement durable sont restées à l'état de concept, relativement abstrait et tend à déresponsabiliser nos actes et **à procrastiner nos actions**. Cependant, l'*overshoot day* ou **jour du dépassement**[102] nous rappelle chaque année que nous vivons à crédit : le crédit repose actuellement sur la production de ressources d'autres pays, généralement *en développement*, que *nous*, les pays capitalistes occidentaux, pillons. Qu'en sera-t-il si le jour du dépassement planétaire est le 31 décembre de l'année précédente ? Nous ferons crédit aux générations à venir. En ce sens, les générations futures du développement durable doivent se conjuguer au présent. Il nous faut repenser notre **habiter au monde** ; nous ne pouvons plus construire comme au siècle passé. « Transpassons le Modernisme », clame Philippe Madec. Persévérons dans ce que ce que le Modernisme a eu de bon ; l'émancipation[103] des individus mais refusons ses échecs ; la scission entre Nature et culture, la table rase, l'homogénéisation, l'universalisme et le machinisme.

> *L'hégémonie de la réponse techniciste à la crise environnementale n'est rien d'autre que la persistance de la doxa machiniste. Nous ne faisons pas que changer de siècle, nous passons à une autre ère. Le monde change et il est vital de rendre possible un projet dont l'objet serait enfin : le vivant accueilli en ses milieux. (...) à présent, la référence au milieu – c'est-à-dire la compréhension du rapprochement du vivant, de ses habitats et de leurs caractéristiques, s'explique et s'accepte au point de faire loi. (Madec 2021, p.69)*

Notre époque est celle de la transition et de la métamorphose, mais loin des utopies[104] rêvées où la Nature est luxuriante, les architectes, concepteur·rice·s et urbanistes doivent composer avec ce qui s'apparente aujourd'hui à **une jungle de béton d'ère post-industrielle**. Chaque utopie traduit les maux et les crises de sa propre époque (Loze et Schuiten 2010), ainsi Thomas More, lorsqu'il créé le mot *utopia,* exprime les enjeux sociaux, économiques et moraux de l'Angleterre du XVIème. Car, si **l'utopie**[105] est une *« construction imaginaire et rigoureuse d'une société, qui constitue, par rapport à celui qui la réalise, un idéal ou un contre-idéal »*, elle est aussi *un « projet dont la réalisation est impossible,* [une] *conception imaginaire »*[106].

[102] Pour l'année 2022, le jour du dépassement de la Belgique se situe plus tôt : le 26 mars, selon le Global Footprint Network. Pour l'année 2019, l'année du début de cette thèse, le jour du dépassement de la Belgique était le 6 avril, soit 11 jours plus tard. En l'espace de cette thèse, le Belgique a consommé les ressources produites sur le territoire deux semaines plus rapidement et vit à crédit, c'est-à-dire sur les ressources produites ailleurs, pendant 8 mois, soit 2/3 de l'année. Source web, consultée le 13/12/2022 : https://www.footprintnetwork.org/

[103] Il faut comprendre ici l'émancipation d'une partie de la population occidentale. Toutefois, rappelons que l'émancipation des individus est inégale selon le sexe, les origines ou le lieu. Voir les liens entre colonialisme et Modernisme dans les sections précédentes.

[104] Dont les projets de archiborescente de l'architecte belge Luc Schuiten (1944 -). (Loze et Schuiten 2010).

[105] de Utopia, du grec ou, non, et topos, lieu. Le mot est créé par Thomas Moore au XVIème siècle

[106] Dictionnaire Larousse

À l'utopie, nous préférons **la résilience**. Définit comme « espace naturel », la Nature, très souvent résumée à des parcs et jardins quelque part au milieu des mégastructures postmodernes et des non-lieux, est, dans nos sociétés occidentales capitalistes, assiégée d'un arrière-plan urbain : **la machine n'est plus dans le jardin, le jardin est assiégé de machines**. Les architectures résilientes démontrent la « capacité *d'un écosystème, d'un biotope ou d'un groupe d'individus (population, espèce) à se rétablir après une perturbation extérieure (incendie, tempête, défrichement, etc.)* »[107]. Les architectes Enric Miralles et Benetta Tagliabue ont exploré ces concepts au sein des patrimoines naturel et culturel accidentés par l'industrialisation[108] . A titre d'exemple, le marché de Santa Caterina (1997-2000, Barcelone) combine le patrimoine culturel du marché, lieu de rencontre des quartiers, le patrimoine architectural de l'ancien mur d'enceinte, créant une nouvelle expérience sociale. C'est cette compréhension des enjeux sociaux et du lieu qui démarque les architectes lors du concours, face aux énièmes propositions de renouvellement urbain détruisant la mémoire collective (Steele 2005).

L'ancrage au lieu et au patrimoine culturel, et héritage des temps passés, se complexifie depuis l'introduction dans la sphère publique de l'accès à internet. Déterminant le rapport ubiquitaire de la mondialisation, l'heure absolue du **« temps réel » ignore le lieu** et dans l'exclusivité du présent, **la synchronie spatio-temporelle** prévaut : le lien ne se situe plus avec le lieu environnant, proche, d'une tradition et l'histoire locale (D'Alfonso et Samsa 2002).

> *Le monde n'est pas en crise, il est ainsi. C'est notre monde. Et dans ce monde nous sommes capables, sans nostalgie ni rancœur, d'inventer d'autres manières de faire*[109].

Depuis les crises des années 1970, l'architecture et les architectes ont perdu les modèles, celui du Modernisme et de tous les précédents. Si Madec (2021) propose de prendre la Nature comme modèle ce n'est pas par dessein romantique, c'est une nécessité dans le contexte actuel, socio-économique, politique et environnemental, décrit par de nombreux·se·s chercheur·se·s et scientifiques dont celles et ceux du GIEC (IPCC 2022). Par analogie, Terrin (2009) compare **l'architecture à un écosystème**, « *un habitat composé d'un biotope, son milieu naturel, peuplé d'espèces interactives entre lesquelles s'établit un réseau d'interrelations multiples* »[110]. Sur base du modèle *Nature*, l'architecture est pensée en symbiose avec son environnement extérieur avec une **approche systémique**, c'est-à-dire comme un ensemble d'éléments en relations mutuelles. De ce fait, elle est souvent associée au biomimétisme[111] ; *démarche d'innovation durable qui consiste à transférer et à adapter à l'espèce humaine les solutions déjà élaborées par la Nature,* (Larousse 2022), mais dont les enjeux dépassent de loin le biomorphisme[112].

---

[107] Dictionnaire Larousse, source en ligne, consultée le 20/04/2022
[108] Notons le cimetière de Igualada à Barcelone, le parc Diagonal Mar et le stade de gymnastique d'Alicante (Steele 2005)
[109] Ibid.
[110] Ibid. p.57
[111] Biomimétisme : démarche d'innovation durable qui consiste à transférer et à adapter à l'espèce humaine les solutions déjà élaborées par la Nature (faune, flore, etc.) Source Larousse
[112] Biomorphisme : caractère d'une œuvre d'art de tendance non figurative dont les formes rappellent celles du monde organique. Source Larousse

En résumé, l'**architecture écoresponsable, soutenable ou durable,** privilégie des solutions bioclimatiques, avec une technique nécessaire (« right tech »), mises en œuvre avec des matériaux locaux (biosourcés et géosourcés) et de réemploi, évite le gaspillage de tout ordre, de matière et d'énergie. Elle favorise la rénovation, la réhabilitation et la déconstruction. Elle intègre l'usager·e et l'habitant·e dans des méthodes de travail participatives. Elle utilise la right-tech, « la bonne technique ». Elle est frugale et créative (Madec 2021). L'architecture est définie et doit être étudiée à travers l'équilibre de ses trois fondements ; la fonction (Utilitas), la technique (Firmitas) et l'esthétique (Venustas) (de Myttenaere 2006). Elle favorise les expériences de vie de qualité en respectant la Nature pour ce qu'elle est.

2.2.6 Perspectives et conclusions de la section

Les deux premières sections de ce chapitre ont démontré la mosaïque de l'écologie et du développement durable dans la société et au sein de l'architecture. Bien que la notion systémique soit reconnue comme essentielle, son application reste complexe ou simpliste. En effet, la Nature présente un niveau de complexité particulièrement élevé, dû à ses interconnexions, ses enjeux spatiaux et temporels qui dépassent la compréhension humaine (Kibert 2016). Par conséquent, nous, humains, abordons la question de l'écologie en simplifiant le problème. Cette simplification est particulièrement vraie dans le cadre de la conception architecturale et de l'écoconception.

> *L'acte architectural est défini comme un faire, mais aussi comme un acte politique (…), dans sa dimension anthropologique et sociale et, de surcroît, comme le lieu par excellence où doit s'effectuer le travail réflexif indispensable à l'amélioration de la pratique* (Findeli et Coste 2007), *p.14.*

2.3 Écologisme conceptuel : faire architecture

Si l'éco-conception ne se substitue pas aux règles habituelles de conception, on assiste à un déplacement, voire à un agrandissement du périmètre d'investigation (...) Au niveau des préoccupations, certains enjeux doivent être intégrés comme la réduction de la consommation énergétique ou encore l'impact social, sans pour autant négliger les données essentielles pour l'architecture (l'usage, les fonctionnalités, etc.). Au niveau de l'échelle du milieu physique, le bâtiment ne peut plus être pensé dans un contexte limité tel que la parcelle. Les impacts doivent être envisagés de manière plus vaste, à l'échelle de la ville, du pays, et même à l'échelle de la planète. L'ajout de données environnementales dans la conception a pour conséquence d'accroître la complexité de départ, en amplifiant les interactions et les contradictions et en rendant plus difficiles l'équilibre et les consensus.

(Weissenstein 2012) p.40

La première section de ce chapitre a abordé l'écologisme et le développement durable comme référentiel politique de notre société, qui n'a cessé d'évoluer de façon protéiforme depuis les révolutions industrielles. La seconde section traite de l'architecture en tant qu'outil politique porteur d'idéologie. Les référentiels sociétaux se sont appuyés sur l'architecture pour se construire, à travers les expériences de vie qu'elle offre, depuis sa genèse (*faire architecture*) jusqu'à son exploitation (*habiter*). Elle engage des pratiques culturelles de toutes les parties prenantes y compris les usager·e·s (Guy et Moore 2006).

Cette troisième section aborde le ***faire architecture***, d'abord à travers les phénomènes qui ont métamorphosé l'architecture ; l'industrialisation, la gestion de projet et les médias de communication (Terrin 2009). Ensuite, nous nous intéressons à l'influence de ces phénomènes sur le processus de conception architecturale, davantage un conception plurielle qu'un acte singulier. L'étude du processus de conception architecturale, et de ses représentations, nous amène à questionner ce qui distingue la (co)conception et l'écoconception. Une attention particulière est portée sur les médias d'assistances à l'écoconception pour y répondre, ainsi que leur usage au sein du travail collectif, révélant les limites et les lacunes. S'appuyant sur les limites, et par extension sur les besoins de l'écoconception, nous questionnerons le rôle du BIM à la quatrième section du présent chapitre, en tant que processus multidisciplinaire et collaboratif, au regard de l'écologisme conceptuel. La présente section peut se traduire sous forme de questions :

- *L'architecture est-elle une affaire réservée aux architectes ?*
- *La conception architecturale, une activité cognitive vers des solutions satisfaisantes, plutôt qu'un statut professionnel ?*
- *L'architecture articulée autour de concepts et parti architecturaux (sémiotique) est-elle une architecture hors-sol, décontextualisé ?*
- *Comment la complexité accrue de l'écoconception architecturale est-elle appréhendée par les outils d'assistances ?*

2.3.1 Faire architecture : création et conception

2.3.1.1 Les trois phénomènes de transformation de la conception architecturale

Trois phénomènes ont transformé **la conception architecturale** depuis le début du XX^{ème} siècle : l'industrialisation, la communication et la gestion de projet. L'industrialisation et **l'industrie** ont bouleversé l'architecture : en introduisant la sérialité, la massification et l'innovation technique autour de nouveaux matériaux, le chantier s'est transformé, entrainant, la transformation de la conception architecturale elle-même. Comme nous l'avons vu également avec le béton-armé, les éléments industrialisés qui sont mis en œuvre durant le chantier deviennent inséparables des services rendus par les industriels, avec pour conséquence un glissement de la maitrise de décision. Les nouvelles techniques constructives influencent et modifient les relations entre parties prenantes du projet. Malgré une industrialisation des techniques constructives prescrites et mises en œuvre, le processus de conception en lui-même, reste **difficilement industrialisable** dû à l'unicité du bâtiment qui répond à des contraintes spécifiques et situées. Malgré des étapes identifiables et similaires à chaque projet, l'état de l'art architectural se transmet de manière empirique et informelle. La viabilité de cette manière-de-faire informelle est inversement proportionnelle à la complexité du processus : plus les contraintes sont importantes en termes de marchés (public / privé), de normes (énergétique, performance, etc.), d'acteur·rice·s (spécialistes) et de travail d'équipe, de techniques nouvelles (de conception ou de construction), moins la méthode informelle est durable car elle est **sujette à interprétations**. L'accroissement des contraintes alourdit la charge de travail du/ de la concepteur·rice principal·e entrainant une gestion accrue d'enjeux qui dépassent les limites de l'équipe de conception. Il en résulte une inefficacité du procédé de travail générale (Terrin 2009) (RIBA 2020)(Calixte 2021).

Le deuxième phénomène est corrélé au premier, puisqu'en imposant sa loi, l'industrie a également modifié **les modes d'informations et de communications** des équipes de conception : en prescrivant les produits issus des industries, l'architecte restructure les données du projet. L'unification de l'informatique, de la téléphonie, de l'internet et des réseaux de communications accélèrent, dès les années 1990, l'emprise des industriels sur la conception architecturale. Le numérique avait pour objectif premier l'optimisation et la rentabilité de travail (Celnik et Lebègue 2015), toutefois, seules certaines tâches très spécifiques ont été optimisées. La première raison de cet acte presque manqué découle des premières générations de logiciels de dessin assisté par ordinateurs (DAO) dans lesquels les architectes et concepteur·ice·s n'ont vu qu'une table à dessin électronique, qui certes, a permis d'augmenter la vitesse de dessin et de réduire les erreurs mais sans apporter une réelle aide à la conception assistée par ordinateurs (CAO)(Terrin 2009)(Oxman 2006). Malgré l'introduction de l'informatique, le processus de conception architecturale reste **segmenté, en silos,** qui, selon les retours d'expériences de grandes agences telles que celle de Frank Gehry, est « *le cœur du problème* »[113].

[113] Terrin (2009), p.126

Le troisième phénomène est lié à l'industrialisation et concerne **les méthodes de gestion de projet**. Les deux guerres ont entrainé une réorganisation de la production face aux pénuries, détrônant le taylorisme d'antan. Les nouvelles méthodes de gestion de projet sont à l'origine des méthodes de management modernes, adoptées dès les années 1970 par les industries à risques. Ces nouvelles méthodes contrôlent de façon continue la qualité depuis la fabrication jusqu'à l'assemblage de l'ouvrage final. L'objectif initial est organisationnel mais aussi financier puisque *« 85% des décisions sur les coûts d'un produit, d'un projet, se jouent pendant les études préalables de sa conception »* (Terrin 2009, p.108). Le contrôle est réalisé par les intervenant·e·s eux/elles-mêmes, et plus uniquement pas des agent·e·s externes, et intègre l'usager comme premier critère de qualité. Ces constats sont réalisés dans de nombreux secteurs **hormis celui de l'architecture et de la construction** qui résistent à cette métamorphose. La littérature met en lumière 4 critères corrélés à l'inertie au changement : la collaboration est éphémère et réalisée autour d'individus issus de cultures multiples, autour d'un produit unique, le bâtiment, qui est réalisé dans des conditions réelles, et inconfortables, du terrain (à l'inverse des espaces contrôlés de l'usine).

Dès les années 2000, l'accès à internet change la donne. **L'émergence des plateformes collaboratives** influe sur la numérisation de la gestion de projet, et par conséquence le changement du rôle des concepteur·ice·s de projet. Plusieurs chercheur·se·s se sont penchés sur l'impact de la numérisation sur le·a créateur·rice avec cette question : *la numérisation entraine-t-elle la disparition des créateur·rice.s ?* Dans l'industrie musicale, par exemple, le rôle du/de la créateur·rice ne disparaît pas avec la numérisation, il se métamorphose, il fait partie d'une collaboration avec des savoir-faire multiples (chanteur·se, musicien·ne, ingénieur·e du son).

2.3.1.2 De la création singulière à la conception plurielle

Nous l'avons brièvement esquissé précédemment, l'architecture est racontée à travers **les modèles** et les « starchitectes[114] », caractérisant la « grande » architecture en opposition à l'architecture courante. Cette perception maintient l'historique dichotomie entre l'architecte-créateur·rice et l'architecte - concepteur·rice. Le·a premier·e s'élève au rang de créateur·rice, en arborant sa liberté de création pour s'affranchir des contraintes de la commande qui lui est faite : *« l'architecte dessinateur dans tous les sens du terme, c'était le maintenir dans une posture d'artiste, d'artisan, et non dans la position d'un responsable d'une production d'un bâtiment »* (Sattler 2018). Claeys (2013) qualifie, pour cette raison, l'architecte - créateur·rice de démiurge : « *seul en dehors de toute considération* »[115]. La création et le processus de conception représentent très souvent un défi à toute analyse, même pour les plus expérimenté·e·s. Les analystes parlent alors de **boite noire** pour décrire le mystère que représente le processus de conception architecturale. De plus, *« la boite noire de la création »* est brandie par les architectes - créateur·rice·s exprimant par là leur **liberté de création**. Mais, si cette posture était réservée autrefois à l'exception, elle s'applique de plus en plus à l'architecture ordinaire avec un risque accru de passer à côté des enjeux sociaux

[114] Architectes célèbres – Source web Merriam-Webster : https://www.merriam-webster.com/words-at-play/famous-by-design-starchitect
[115] Ibid. p.149

et environnementaux[116]. Cette posture implique une relation architecte - maîtrise d'ouvrage opaque, (loin d'être idéale), accentuant la détérioration des relations avec les autres parties prenantes du projet, dont les bureaux d'études techniques et les entreprises (Terrin 2009) (Groat et Wang 2013).

Toutefois, la complexité des projets actuels appelle à délaisser la mission solitaire idéalisée de l'architecte, pour se connecter à la demande sociale (usage) à travers une démarche collective, longue et continue. D'un côté, la maitrise d'ouvrage devient plurielle : elle collabore dès la programmation et s'entoure de nouvelles expertises issues des domaines économique, technique, politique, social et environnemental pour faire face aux risques qu'elle encoure. La pluralité de la maitrise d'ouvrage en fait une « protagoniste » active du projet, loin de l'idée que l'on avait d'elle, passive, en attente du service architectural commandé, dont elle sera, ou non, séduite. Pour Terrin (2009), cette notion de séduction traduit un glissement, de plus en plus rapide, vers une **commercialisation de l'image architecturale** (sémiotique), révélant le manque de « profondeur » de l'architecture, principalement basée sur ***des concepts***. Aussi appelé *parti architectural,* le concept peut représenter une contrainte que s'impose l'architecte**. L'architecture durable souffre de la même manière, voire davantage, de cette commercialisation de concepts « verts ».** Cette démarche fait référence, selon nous, à ce que de Myttenaere (2006) appelle l'**investigation esthétique** qui « *tente de symboliser des équivalences plastiques de la Nature et de la pensée sur cette Nature,* (…) [qui] *peut se faire au travers d'images* [esthétique picturale], *de formes* [esthétique formelle] *ou encore des structures* [esthétique structurelle] »[117]. La recherche esthétique, comme démarche de création architecturale, pose des questions éthiques et techniques.

L'architecture de concepts procède de la même manière que le secteur automobile qui utilise les concepts pour susciter le débat et faire percoler des nouvelles idées : les concepts-car, par exemple, sont des prototypes qui se confrontent aux contraintes techniques, économiques et sociales. Support au débat, ils sondent l'acceptabilité des usagers (Terrin 2009) (Neuwels 2015) (Stals 2019). **Le terme concept ne doit pas se confondre avec conception, tous deux visent des desseins différents.** Dans le premier cas, en utilisant la démarche de concept, les architectes - créateur·rices, et majoritairement les starchitectes, sacrifient la valeur d'usage de la commande au profit de la valeur formelle (Lajus 2009). N'existe-t-il que ces deux voies pour les architectes ?

[116] Dans son livre, Conception collaborative pour innover en architecture - Processus, Méthodes, Outils, Terrin (2009) illustre cette posture à travers plusieurs exemples dont celle de la bibliothèque nationale de France de l'architecte D. Perrault dont la capacité d'accueil des livres pour les bâtiments (eux-mêmes en forme de quatre livres ouverts) ne répondait pas à un chiffre précis. L'architecte a davantage joué la carte de la création (et de la boîte) à travers un concept "fort", voir provocatif.
[117] Ibid. p.220 – 223.

> *Les architectes ont-ils vraiment le choix entre une voix fondée sur une attitude créative qui donnerait un sens artistique à leur projet mais les écarterait des contraintes de l'usage, et une voie professionnalisante qui serait fondée sur une plus grande technicité de leur pratique mais qui réduirait leur capacité créatrice ? Le fossé entre des "signatures" individuelles et médiatisées, et des structures d'études collectives et anonymes, serait-il une fatalité. Adopter des approches responsables en termes de* ***développement durable*** *ne consiste-t-il pas à réduire cette fracture, ne la rend-elle pas anachronique ? Si la seule valeur ajoutée de l'architecte est sa capacité de création, sa véritable responsabilité est double. Elle est civile et pénale autant que sociale et politique. Seule la revendication de cette double responsabilité peut lui permettre de restaurer l'autorité qu'il se plaint d'avoir perdue (Terrin 2009) p.41*

Puisque la commande change de nature, tournée vers des enjeux qui sont davantage environnementaux et sociaux, la conception architecturale doit également se transformer, proposant de nouveaux langages au sein des équipes multidisciplinaires de la maîtrise d'ouvrage, de la maitrise d'œuvre, des constructeur·rice·s et des usager·e·s. La **collaboration** est la clé du processus de conception architecturale face aux enjeux actuels, elle permet à chaque partie de prendre ses responsabilités face à ces derniers. En effet, les architectes ne sont plus les seul·e·s à faire architecture, dans la majorité des cas, les architectes reçoivent le programme du projet avec les présupposés de solutions amenés par les équipes en amont ; l'assistance à la maitrise d'ouvrage (AMO) et la maitrise d'ouvrage (Neuwels 2015). Avec la participation des usager·e·s aux processus décisionnels, la collaboration permet d'embrasser la **complexité de la conception architecturale** en articulant, aux prémices du projet, des questions d'usage, de risques et de cycle de vie. Ainsi, les équipes collaborent dès la programmation et échangent au maximum les performances visées (attendes, besoins, contraintes, etc.) pour être intégrées au processus de conception (**processus collaboratif**). Enfin, à l'issue du projet, les équipes évaluent les résultats du projet après son achèvement et en tirent parti pour les projets futurs[118]. Ce **processus itératif** d'apprentissage réduit l'opacité de la boite noire de la conception. Cette transition de la création vers la conception correspond à la troisième vague des théories de la conception architecturale, largement influencée par les travaux de Donald Shön, sur lesquels nous reviendrons en détails dans les prochains Stratégie de recherche (Béguin 2004)(ISA La Cambre, Genard, et Lhoas 2004) (Terrin 2009)(Groat et Wang 2013)(Claeys 2013) .

[118] Appelée en anglais Post-Occupacy Evaluation, POE

> *Dans son ouvrage influent, Architecture : The Story of Practice, Dana Cuff fournit des descriptions et des analyses approfondies de la pratique architecturale. Tout au long de l'ouvrage, elle raconte en détail les nombreuses interactions et processus que les architectes vivent au quotidien. Sur la base de ces observations, elle met en lumière les nombreuses contradictions sous-jacentes de la profession. Celles-ci comprennent, par exemple, la tendance de la profession à célébrer le talent créatif de l'architecte individuel, même si la plupart des architectes travaillent en collaboration pour donner vie à des projets de construction complexes*[119] (Groat et Wang 2013) *p.215*

2.3.1.3 Le processus de conception architecturale : une construction de représentations

Le processus de conception a largement été étudié depuis l'après-guerre dans différents domaines professionnels, et de façon « générique », au sein des *design methods*. Depuis les années 1960, ce continuum de recherches est jalonné par des périodes que certain·e·s auteur·rice·s présentent comme des vagues (Claeys 2013), d'autres comme phases (Cross 1984 cité par Stals 2019). Nous mettons en parallèle au sein du tableau ci-dessous les jalons historiques des théories de la conception identifiées par les auteur·rice·s précité·e·s (Table 2) :

Tableau 2 : Mise en parallèle des théories de la conception - Claeys (2013) et Cross (1984) cité par Stals (2019)

Les 3 vagues des *design methods* Selon (Claeys 2013)	**Les 5 phases majeures de la recherche en conception Selon Cross (1984) cité par (Stals 2019)**
La première vague des méthodologistes et les premières réflexions sur la (co)conception jusqu'au moment critique de Mai 68 (en réaction aux méthodologistes)	Durant la période de 1945 à 1966, les processus de conception sont représentés comme des méthodes prescriptives universelles
	Durant la période de 1967 à 1973, c'est la valeur intrinsèque de l'activité de conception qui est étudiée et particulièrement son caractère mal défini,
La deuxième vague des (co)concepteurs pédagogues d'après 68	Durant les années 1970, une première approche étudie les pratiques en situation réelle
La troisième vague des concepteurs réflexifs : les sciences cognitives et les (co)concepteurs	La seconde approche aborde les critères ergonomiques à travers le design research.
	Depuis 1984 l'analyse cognitive située de la conception s'attache au développement de méthodes et d'outils pour accompagner l'analyse du processus de conception

Cette thèse n'a pas pour objet de retracer les théories de la conception architecturale, Claeys (2013) réalise un travail remarquable sur ce sujet. Notre objectif est davantage de nous positionner par rapport à celles-ci. La méthodologie et les méthodes utilisées, présentées au prochain chapitre, s'inspirent de ce positionnement. Nous le verrons au fil des chapitres, le fil conducteur de notre recherche se tisse progressivement. Notre posture épistémologique est pragmatique et notre approche méthodologique s'inspire des théories de D. Schön en tant que praticienne - réflexive. C'est pour cette raison que nous nous concentrons sur le *cognitive design* que nous

[119] Traduction personnelle de l'anglais

abordons succinctement en nous appuyant sur la synthèse de Calixte (2021) concernant l'analyse de l'activité de conception. Ensuite, nous interrogeons la représentation de l'approche systémique détaillée par Claeys (2013) dans une perspective d'écologisme conceptuel.

Calixte (2021) synthétise les différentes théories selon deux approches théoriques articulées autour du raisonnement entrepris par les concepteur·rice·s. D'un côté, **l'engineering design, appartement à la vague des méthodologistes**, qui envisage le processus de conception de façon linéaire et séquentielle. Le problème complexe est découpé en sous-problèmes simplifiés, qui à chaque étape validée, sont résolus. Lorsque l'ensemble des sous-problèmes sont résolus, la solution finale est atteinte, elle est concrétisée. De l'autre côté, le **cognitive design** aborde le processus de conception de façon itérative, le problème est régulièrement reformulé selon les contraintes qui le définissent. Les concepteur·rice·s visent à satisfaire au mieux l'ensemble des contraintes (Weissenstein 2012) (Claeys 2013) (Stals 2019). Nous reprenons la schématisation du processus de conception selon le cognitive design de (Calixte 2021) à la Figure 5.

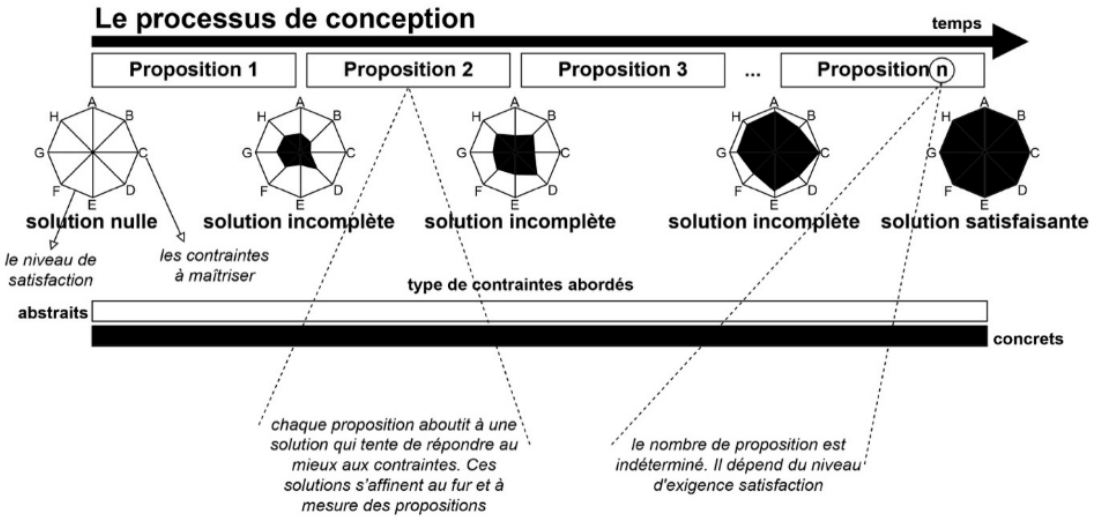


Figure 5 : Schématisation du processus de conception en cognitive design selon le temps – Source : Calixte (2021)

Dans la même lignée, et s'appuyant sur les travaux reconnus (bien que contestés) de Simon en *cognitive design research*, Visser (2009) propose d'envisager le processus de conception comme **une construction des représentations,** plutôt que comme une résolution de problèmes, c'est-à-dire de construire, de façon itérative, des représentations (intermédiaires) de l'artefact jusqu'à l'obtention d'une représentation (finale) suffisamment précise, concrète et détaillée pour décrire explicitement sa réalisation. Le processus de conception est ainsi perçu comme :

- **Une activité cognitive**, et non pas comme un statut professionnel ;
- Une activité de **construction de représentations** plutôt que la résolution de problèmes ;
- Une activité de **recherche de compromis** ;
- Au sein de laquelle **le problème et les spécifications** sont au départ souvent **mal défini** ;
- Où il est difficile de décomposer le problème de conception en sous-problèmes, contrairement à ce que Simon proposait. **L'entremêlement de l'analyse du problème avec la formulation de solutions** est d'une part liée à la complexité des éléments du projet et d'autre part à l'interprétation propre, particulièrement en architecture (idiosyncrasie) ;
- Où les concepteur·ice·s fixent **un noyau d'idées précoces** ;

- Présentant **plusieurs solutions satisfaisantes** plutôt qu'une solution correcte. La solution la plus satisfaisante est qualitative dans le sens où elle est ajustée au mieux aux besoins de l'usager·e ;
- Où la **réutilisation de connaissances** de projets antérieurs est récurrente ;
- Où les concepteur·rice·s pratiquent l'activité de conception de façon non systématique mais de façon multidirectionnelle (caractère opportuniste).

Différentes modélisations des processus de conception ont accompagné ces théories depuis leurs débuts. Les travaux de Blessing (1994) sont une référence concernant la représentation du processus au regard des étapes (Stals 2019)(Graeff 2020). Blessing distingue 4 typologies de processus, schématisés à la Figure 6. Le premier modèle représente le processus comme une séquence d'étapes, le second aborde l'itération dans la résolution de problèmes, la troisième combine les deux précédents et enfin le dernier modèle représente la convergence vers une solution à plusieurs étapes et activités itératives.

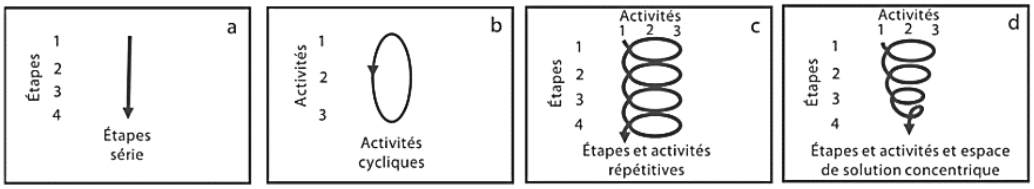


Figure 6: Typologies des modèles de conception selon Blessing (1994)– Source : (Graeff 2020)

Ce dernier modèle correspond aux nouvelles recherches, qui depuis le début des années 2000, théorisent la conception en tant que représentation systémique : les relations entre les parties prenantes sont prises en compte, de façon différente entre les phases de conception (acteur·rice·s peu nombreux, tâches nombreuses) et celle de construction (acteur·rice·s nombreux, tâches peu nombreuses). La représentation du processus de conception devient dès lors hélicoïdale[120], traduisant l'itération du processus (Claeys 2013).

Au chapitre *Propositions*, nous soumettons une représentation d'un processus d'écoconception multidisciplinaire et collaboratif tenant compte d'une convergence itérative vers une solution satisfaisante et des interconnexions entre contraintes et savoirs.

[120] Au sein des travaux de l'architecte français O. Tric (1999) et du sociologue - designer américain John Zeisel (1981 – 2006).

2.3.2 Ecoconception architecturale : typologies, usages et limites des médias d'assistance à l'écoconception

> *(...) tout le monde est un concepteur, car nous utilisons tous des ressources pour atteindre un but quelconque ; par conséquent, la responsabilité de la conception n'incombe pas uniquement à ceux que l'on pourrait appeler les professionnels de la conception, dont les plus éminents sont les architectes. Le monde que nous concevons collectivement est plutôt simple par rapport à celui de la Nature. Dans notre monde, nous utilisons un nombre limité de modèles et de gabarits pour produire un paysage urbain et industriel appauvri, largement dépourvu de véritable imagination et de créativité. Il est clair que ce paysage conçu et fabriqué par l'homme remplace souvent le paysage naturel par des produits non recyclables et toxiques fabriqués par des processus industriels gaspilleurs qui ont été mis en œuvre avec peu de considération pour les conséquences sur les humains ou les systèmes écologiques. On dit souvent que les problèmes environnementaux auxquels nous sommes confrontés aujourd'hui, tels que le changement climatique et la perte de biodiversité, reflètent un échec de la conception*[121]. (Kibert 2016) *p.88.*

Qu'est-ce qui différencie la conception de l'écoconception ? La conception est définie comme la mise en forme intentionnelle de la matière, de l'énergie et du processus pour atteindre un objectif, tandis que l'écoconception transforme ces éléments à travers des procédés qui ne détériorent pas les écosystèmes mais s'en inspirent [122]. L'écoconception vise à atteindre un équilibre entre impacts environnementaux, conséquences sociales et performances économiques. Les règles usuelles, fonctionnelles, formelles et techniques soumises à la conception et à l'écoconception sont identiques. Toutefois, dans le cadre de l'écoconception, le **périmètre d'investigation est approfondi et élargi** : la complexité initiale du projet est accrue, les interactions et les contradictions y sont amplifiées, avec des risques de déséquilibre, éloignant tout consensus / compromis (de Myttenaere 2006)(Krygiel et Nies 2008)(Weissenstein 2012).

Pour passer **d'une conception à une écoconception architecturale**, les concepteur·ice·s font face à plusieurs freins dont le manque d'éveil à l'écologie des profesionel·le·s du bâtiment, le manque d'expérience et de connaissances et le poids de l'héritage de l'industrialisation technocentrée. Kibert (2016) identifie **4 éléments clés** sur lesquels la transition repose : les profesionel·le·s et parties prenantes du projet doivent d'abord comprendre l'écologie et son applicabilité à l'environnement bâti, définir ensemble la façon de s'inspirer de la Nature comme modèle architecturale, affronter et *renverser* le système de production industrielle et la pensée *conventionnelle*, abandonner plus de deux siècles de conception machiniste et engager un travail collaboratif dès les premières phases de projet.

[121] Traduction personnelle
[122] Ibid. – Traduction personnelle

Selon la compréhension que les acteur·rice·s et concepteur·rice·s ont de la Nature, la mise en œuvre de l'écoconception sera différente, traduisant **la diversité des visages de l'architecture** soutenable (de Myttenaere 2006) et les différentes écoles de pensées de l'architecture (Kibert 2016). Si l'on étudie la Nature d'un point de vue des flux de matières, la réponse écoconceptuelle sera la circularité (Gobbo 2015)(Elen MacArthur Foundation 2022a). Si la Nature est étudiée en tant que système organisationnel, la réponse tendra vers le biomimétisme des systèmes, des matériaux (Graves 2022) ou l'écologie industrielle (Larrère 2006) (Diemer 2012). Si la Nature est comprise comme un cycle perpétuel, les écoconcepteur·rice·s parleront d'adaptabilité et *d'adaptive management* (Kibert 2016) ou de conception régénérative (Foundation Braillard Architects 2022)(Mouton, Allacker, et Röck 2023).

L'écoconception est, de ce fait, plus qu'une simple intégration des principes et critères environnementaux dans la conception d'un produit.

> *Le design « vert » consiste à reconnaitre une interdépendance entre l'architecture et l'écologie ; à prendre en compte la biodiversité et les liens entre les écosystèmes ; à comprendre que les écosystèmes artificiels ne pourront jamais reproduire la complexité des écosystèmes ; à chercher entre les structures construites et les structures naturelles une symbiose capable d'expliquer l'entropie (Steele 2005), p.198*

2.3.2.1 Les assistances à l'écoconception : les outils intellectuels et les outils pratiques

Si l'écoconception ne cesse de faire couler de l'encre depuis près d'un siècle, une pléthore de guides et publications émergent depuis les années 1990, où l'écoconception se décline à travers des principes. Ces principes révèlent davantage une attitude à adopter que de règles à appliquer. Kibert (2016) réalise une synthèse des publications et courants de principes majeurs concernant l'écoconception aux Etats-Unis, impulsés par l'organisation du US Green Building Council (USGBC). Identifier chacune des assistances à l'écoconception (guides, outils, méthodes, approches) à travers le monde occidental ou en Europe représente une tâche colossale. En plus d'être chronophage, les résultats de cette tâche peuvent devenir rapidement obsolètes suite à la rapide évolution des outils sur le marché. De ce fait, cette section se concentre sur **les catégories d'assistances à l'écoconception**. Cette approche permet d'étudier le processus de mise en projet des principes éthiques détaillés jusqu'ici : le *Faire architecture*. Nous nous appuyons sur deux recherches complémentaires, l'une orientée démarche et parti architecturaux (de Myttenaere 2006), l'autre orientée outils et méthodes (Weissenstein 2012). Une synthèse des catégories d'assistances servira de grille d'analyse pour les prochaines sections.

D'un côté, l'écoconception contient 3 grandes catégories d'aide à l'écoconception (de Myttenaere 2006) :

Les outils intellectuels d'aide à la décision

Selon des degrés de complexité variable, ces outils aident le·a concepteur·rice à étudier une thématique précise (énergie, eau, air, etc.), selon un programme spécifique (habitation, industrie, commerce, etc.) et le type d'intervention (neuf, rénovation). Complémentaires et interconnectés, ils sont classés selon 3 typologies ; cognitifs, empiriques et analytiques.

- Les outils cognitifs qui sont des bases de connaissances, un *état de l'art*, reconnu et partagé par la communauté professionnelle et scientifique à travers différents canaux (centre de recherche, groupement professionnel, via revues, sites internet, etc.);
- Les outils empiriques représentent les connaissances issues des expériences architecturales, passées et présentes (internes à une agence, savoir-faire traditionnel);
- Les outils analytiques rassemblent les outils cognitifs et empiriques pour proposer une orientation architecturale située (espace – temps). Les outils analytiques sont soit sensoriels (basés sur les sens via journaux de bord, carnet de voyages, carnet de croquis), soit informatiques (logiciels de simulation thématique ou architecturale), soit typologiques (cas types via des revues).

Pour de Myttenaere (2006), les outils informatiques représentent une révolution en architecture dont il serait dommage de se passer. Toutefois, c'est éclairé·e de ses connaissances cognitives et empiriques, que le·a concepteur·rice peut choisir les outils informatiques adéquats, pour critiquer et valider les résultats. S'il fallait le rappeler, les outils numériques n'apportent pas de solutions « clé en main » à l'écoconception. Les outils simplistes (d'un point de vue de l'usage) reposent sur des hypothèses et des données génériques, qui ne correspondent pas à un projet spécifique. A l'inverse, un usage complexe entraine un mauvais usage puisque l'outil est difficilement appréhendable et compréhensible dans son intégralité.

Les listes de critères

Les listes, telles que le BREEAM[123] développée en Angleterre, le LEED[124] développée aux Etats-Unis et la HQE[125] développée en France, englobent des enjeux environnementaux qui servent soit de *check-list* outillée soit d'évaluation de la performance environnementale avec, à la clé une reconnaissance publique par labélisation à plusieurs niveaux (good/ very good, silver / gold / platinium).

Les limites identifiées par de Myttenaere (2006) concernent la qualité architecturale, l'articulation au contexte, les parties prenantes visées et les conséquences économiques et sociales des méthodes. Ainsi, bien que globales (multicritères), les approches par listes de critères sont orientées et fonctionnent selon une segmentation des problèmes. L'étude de la performance des enveloppes en est l'exemple : elle se concentre sur la consommation des

[123] Bre Environmental Assessment Method (BREEAM) – Source web, consultée le 27.12.2022 : https://bregroup.com/products/breeam/
[124] Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) – Source web, consultée le 27.12.2022 : https://leed.usgbc.org/
[125] Haute Qualité Environnementale (HQE) – Source web, consultée le 27.12.2022 : https://www.hqegbc.org/

énergies (de préférence renouvelables) mais sans tenir compte de sa qualité hydrique, du rayonnement de surface ou des matériaux qui la composent. **Le bon usage** d'un équipement technique oriente également sa performance et pas uniquement ses propriétés techniques. **La notion de qualité est peu présente au sein des méthodes précitées**. Elles sont davantage développées selon un système de pondération, propres à chacune. Le LEED est la seule à proposer une pondération tenant compte du site, le BREEAM est centrée sur le bâtiment. Ces certifications sont de plus développées pour les investisseurs et les maîtrises d'ouvrages, moins pour les concepteur·rice·s. De plus, la lourdeur administrative de ces méthodes questionne leur usage pour des projets de petite envergure, majoritaires en Belgique.

> *C'est certainement une des raisons pour laquelle il est plus difficile de trouver des exemples labellisés soutenables en Belgique ou l'échelle des projets est petite et où les architectes ont donc moins de temps à investir pour prouver la soutenabilité de leur projet que dans des pays ou les développements sont de plus grandes envergures. Au plus le projet est de petite échelle, au plus le risque est grand de passer plus de temps à prouver l'intérêt du projet qu'à concevoir le projet en lui-même alors que l'utilisation de ce type de méthode permet juste de qualifier une soutenabilité mais pas encore de nommer ce qui fait l'architecture (de Myttenaere 2006, p.216).*

A côté de cette quête de reconnaissance, la valeur des listes de critères est interrogée au regard des intentions réelles qui se cachent derrière leur usage. S'ajoute à cela, la confusion entre qualité de la performance environnementale et qualité architecturale : la première ne garantit pas la seconde, de ce fait le risque est grand de voir des bâtiments médiocres labélisés mis en œuvre. Enfin, ces méthodes par listes favorisent la prescription des technologies « de pointe » au nom de la réduction des consommations avec pour conséquence d'augmenter le coût de construction (pour réduire les coûts de consommation), l'inaccessibilité aux logements pour certain·e·s et une délocalisation pour d'autres (terrains moins chers plus loin du premier) avec, à terme, une mobilité individuelle accrue lors de l'exploitation du bâtiment. Cette critique souligne la nécessité d'aborder de façon systémique et holistique l'écoconception.

Les démarches architecturales

L'aide à l'écoconception ne se limite pas aux outils et aux listes de critères, les architectes empruntent très souvent le chemin du parti architectural, du concept, ou philosophie architecturale qui s'apparente au concept que nous avons vu précédemment. Les démarches de ces philosophies sont nombreuses. Pour les étudier, de Myttenaere (2006) s'inspire des 3 principes de Vitruve ; l'investigation esthétique (Venustas), l'investigation technique (Firmitas) et l'investigation fonctionnelle (Utilitas).

- La démarche d'investigation esthétique traduit la recherche « *de symboliser des équivalences plastiques de la Nature et de la pensée sur cette Nature* »[126] par des images, des formes ou des structures. Cette démarche doit s'accompagner d'une investigation contextuelle (sociale et culturelle) au risque de créer un déséquilibre entre les enjeux durables. Ces démarches s'apparentent aux courants du biomimétisme et du bioclimatisme, discutés aux sections précédentes.
    - *La démarche picturale* utilise différentes images de la Nature pour y intégrer l'architecture, soit par camouflage, soit « invasion » de la Nature dans l'architecture, soit l'intégration du rural dans l'urbain.
    - *La démarche formelle* utilise des formes de la Nature dans les formes architecturales (courant organique)
    - *La démarche structurelle* transfère les systèmes structurels et organisationnels de la Nature à l'architecture
- La démarche d'investigation technique oppose la recherche de la haute technologie (high-tech / low design) à la démarche technophobe (low-tech / high design). Nous avons abordé ces courants architecturaux à travers le technocentrisme.
- La démarche d'investigation fonctionnelle s'articule autour de l'homme (santé physique, psychologique, etc.), de la société (égalité, droit au logement, participation, etc.) et de l'humanité (patrimoine, culture). La démarche est mise en œuvre à travers les matériaux (biosourcés, écologiques, etc.), les systèmes (isolation, ventilation, etc.) et des modes d'organisation spatiales.

L'architecture soutenable doit s'envisager à travers **la complémentarité des démarches suscitées** qui traduit son aspect « multifacettes » (Figure 7)(de Myttenaere 2006). De plus, il est crucial de rappeler que l'usage d'une de ces démarches ne garantit pas la réalisation d'architectures durables, elles aident à construire une palette d'architectures plus ou moins durables avec leurs limites propres.

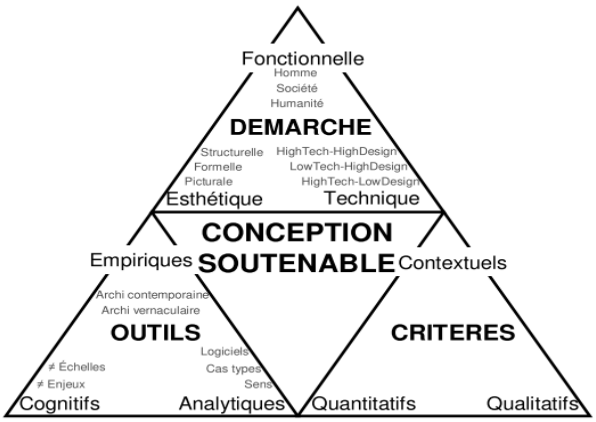


Figure 7 : Schématisation des méthodes et outils de l'écoconception – Source : (de Myttenaere 2006)

[126] Ibid. p.220

D'un autre côté, Weissenstein (2012) se base sur les théories méthodologistes d'engineering design, à travers les méthodes et les outils. Les méthodes et outils visent à atteindre une qualité environnementale de l'architecture, qui à l'instar de l'architecture durable, est indéfinissable. Toutefois, **la qualité environnementale** s'articulerait autour de 3 notions ; le confort, l'écoconstruction et la maitrise de l'énergie, dans un équilibre entre besoins / demandes de la maitrise d'ouvrage, des usager·e·s et des concepteur·rice·s. **Trois éléments clés** permettent **d'analyser les méthodes d'aide à l'écoconception** : (i) le moment d'intervention au sein du processus de conception, (ii) le type d'approche (suggestive ou estimative), (iii) les enjeux environnementaux envisagés (orientée ou globale). Au regard de ces 3 éléments, elle propose 3 types **d'assistances à l'écoconception** ; l'assistance à la formulation du problème (A), l'assistance à l'émergence d'une solution primaire (B) et l'assistance à l'évaluation d'une proposition (C). Six approches sont analysées (par base de connaissances, génératives, à matrice, liste/référentiel, dynamique et inventaire). Ces approches sont réparties selon le type d'assistance auxquelles elles répondent. Nous faisons la synthèse des assistances à l'écoconception proposés par Weissenstein (2012) au sein du Tableau 3. Weissenstein (2012) réalise une critique des **méthodes estimative**s au regard de leurs **points forts et de leurs limites**.

Tableau 3 : Synthèse des approches d'assistance à l'écoconception selon les méthodes suggestives ou estimatives sur base des travaux de Weissenstein, 2012

			Approches			Méthodes	
	Approches	Description	A	B	C	Suggestives	Estimatives
1	Par base de connaissances	Constituent un ensemble d'informations plus ou moins ordonnées, sous formes de guides de bonnes pratiques	X	X		X	
2	Générative	Sous forme de modélisation déclarative, elles visent une optimisation créative à travers des *generative system*	X	X		X	
3	A matrice	Sous forme de tableaux à plusieurs entrées mettant en avant des liens de causes à effets	X	X		X	
4	Liste / référentiel	Énumèrent un certain nombre d'enjeux	X	X	X	X	X
5	Dynamique	Anticipent le comportement du bâtiment projeté par le biais de simulations dynamiques			X		X
6	Inventaires	Quantifient les impacts environnementaux des bâtiments sur un certain nombre d'enjeux. Aussi appelées méthodes éco-bilan ou analyse de cycle de vie (ACV)			X		X

Où :
A = assistance à la formulation de problèmes ; pour clarifier les considérations environnementales et identifier les conflits et interactions
B = assistance à l'émergence d'une solution primaire ; pour explorer des solutions
C = assistance à l'évaluation d'une proposition ; pour reconsidérer la solution proposée

Ainsi, **les approches par liste et référentiels** ont l'avantage de fixer les objectifs d'écoconception dès la programmation mais leur usage y est aussi limité. Elles sont utilisées plus tard dans le processus, lorsque la conception est détaillée, pour valider et évaluer. Par conséquence, le suivi de l'écoconception depuis les objectifs jusqu'à leur évaluation n'est assuré. De plus, ces approches sont réservées à une typologie et à une programmation spécifique de projet : les fonctions et secteurs sont trop sectorisés et la prise en main des approches par liste est difficile pour les bâtiments multifonctionnels. Aussi, l'étude ne tient pas compte du contexte géographique (rural ou urbain). Il leur est reproché un certain laxisme des intentions durables (trop peu exigeantes) avec des méthodologies complexes et peu intuitives, avec des niveaux hiérarchiques multiples et des procédures différentes. Ce manque de clarté complique l'analyse des points forts et des points faibles, entrainant une opacité autour de la labellisation.

Toujours selon Weissenstein (2012), les **approches dynamiques et les inventaires** ont l'avantage d'anticiper le comportement futur du bâtiment. Toutefois, à l'instar des listes, ces approches sont difficiles à prendre en main, elles sont orientées pour les ingénieur·e·s et centrées sur les impacts quantifiables, mesurables. De plus, elles sont pour la plupart non-interopérables avec les logiciels de modélisation, ce qui accentue le manque de collaboration entre les équipes d'ingénierie et les architectes. L'interprétation des résultats est délicate et nécessitent des compétences de lectures et d'interprétation. Ces approches sont dépendantes de la qualité et de la quantité de données complexifiant la comparaison de scénarii, appelant un niveau détaillé de données, indisponibles dans les phases de programmation et d'idéation. Leur usage est de ce fait réservé en fin de conception pour valider et/ou évaluer les solutions proposées. Enfin, les approches dynamiques et par inventaires sont limitantes vis-à-vis des solutions innovantes, alternatives, émergentes.

Les assistances à l'écoconception présentées par Weissenstein (2012) interviennent à différentes **étapes du processus d'écoconception**. Ainsi, les approches sur base de connaissances, matricielles et génératives sont utilisées principalement en début de processus et visent à formuler le problème du projet. Les approches par inventaires et les approches dynamiques interviennent davantage lorsqu'une solution satisfaisante émerge ou lorsqu'elle est atteinte. Les approches par listes et par référentiels sont utilisées tout au long du processus avec des objectifs différents (fixer les objectifs en début de projet, les valider en fin de projet).

A la Figure 6, nous synthétisons les assistances à l'écoconception, issues de deux recherches complémentaires, l'une orientée démarche et parti architecturaux (de Myttenaere 2006) (Fig. 6, gauche), l'autre orientée outils et méthodes (Weissenstein 2012) (Fig.6, droite). Selon notre compréhension, les assistances se chevauchent et se complètent, elles sont présentées sous différents vocables ; outils intellectuels, démarches, approches, aides, etc., traduisant, selon notre hypothèse, **3 typologies d'assistances à l'écoconception : les outils intellectuels** (Figure 9), **les outils cognitifs et les outils techniques** (Figure 10).

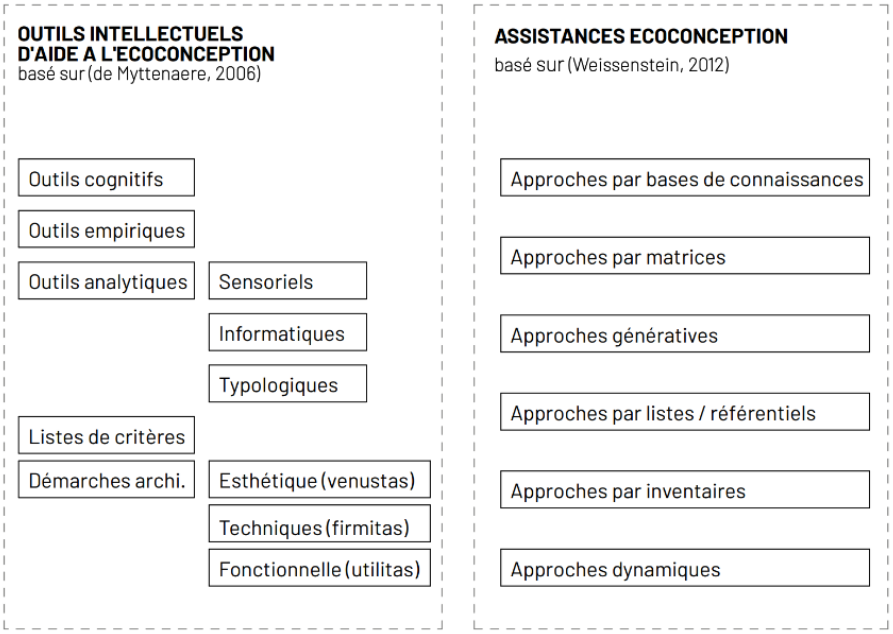


Figure 8 : Synthèse des outils et méthodes d'écoconception

Trois typologies de médias d'aide à l'écoconception : résumé

- **Les outils intellectuels** qui expriment une philosophie architecturale, le concept du projet, le parti architectural (investigation esthétique, structurelle, technique, fonctionnelle, etc.). Ces outils définissent bien souvent la plus-value de l'architecte en faisant référence au rôle de créateur·rice. Ils sont utilisés pour (re)présenter le fil conducteur du projet. Le RIBA (2019) parle de *fil d'or* qui aide à maintenir le lien depuis l'intention du client l'édification. Ces outils, illustrés à la Figure 9, se formalisent à travers des images, des photographies, des croquis, des discours (présentatif lors de concours par exemple) et d'écriture (descriptive, dans les notes explicatives). Ils supportent et accompagnent le développement des acteur·rice·s à travers des raisonnements individuels ou collectifs, le discours par exemple joue un rôle majeur dans la production de sens, de vérité et de connaissances (Stals 2019). Toutefois, malgré l'impact majeur dans le développement de l'idéation du projet, la littérature démontre le manque d'intégration des outils intellectuels dans la plupart des outils de pratique. Le peu d'outils qui les intègrent restent à l'état de prototypes ou sont considérés comme des outils marginaux (Gallas 2013).



Figure 9 : Outils intellectuels : exemple de réalisations d'investigation esthétique, structurelle, technique et fonctionnelle

- **Les outils cognitifs** qui forment l'ensemble des outils et artefacts des connaissances, un état de l'art concernant la conception architecturale. Les connaissances peuvent être empiriques (issues de l'expérience) ou théoriques (issues d'un processus hypothético-déductif). Les outils cognitifs sont les livres, les guides, les plateformes professionnelles ou encore les fiches techniques.
- **Les outils techniques** qui font référence à la pratique de l'activité. Ils regroupent l'ensemble des outils physiques (maquette carton, plan papier, croquis, etc.) ou numériques (logiciels de modélisation, de simulation et d'évaluation) de production d'artefacts (plan, étude, cahier de charge, note d'intention, perspective, photomontage, etc.). Les outils informatiques sont tantôt analytiques, dynamiques, matriciels, tantôt sous forme d'inventaires (ACV[127]).

Pour parler de l'ensemble de ces outils, nous utiliserons le terme **médias d'assistance à l'écoconception** (Stals 2019) (Calixte 2021). Sur base des éléments qui viennent d'être présentés, la Figure 8 schématise les 3 typologies d'outils et des exemples liés. Enfin, les médias d'assistance à l'écoconception interviennent différemment tout au long du processus d'écoconception, ils servent différents usages pour atteindre une solution satisfaisante.

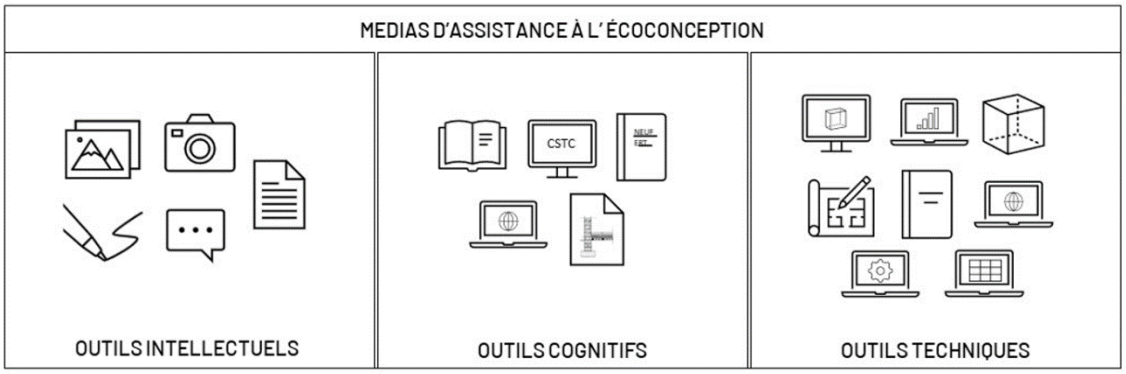


Figure 10 : Les médias d'assistance à l'écoconception et les 3 typologies d'outils intellectuels, cognitifs et techniques

[127] Analyse du cycle de vie

2.3.2.2 Les usages des médias au cours du processus d'écoconception

> *À l'heure de l'architecture écologique, c'est l'ensemble des pratiques et des façons d'utiliser les espaces architecturaux déjà constitués qui doivent changer, comme ont déjà changé les usages que nous faisons des prolongements extérieurs de l'habitation, tel le jardin (Lajus 2009)*

Au sein de cette sous-section, nous étudions **les médias d'assistance à l'écoconception** à travers leurs usages au cours du processus. Calixte (2021) définit la notion d'usage comme « *l'ensemble des emplois que l'on peut faire avec différents outils qui sont associés aux pratiques outillées d'un contexte de travail (réel) collectif* »[128]. L'accessibilité d'usage, aisée ou difficile, (*utilisabilité*) est écartée de notre démarche pour nous concentrer sur le moment et le type d'usage des assistances. A l'instar de la conception, les médias d'assistance à l'écoconception sont utilisés pour répondre à 3 fonctions fondamentales (Claeys 2013) (Stals 2019) :

- **La fonction spéculative** qui traduit les activités intellectuelles cherchant à initier le projet, à formuler la problématique et à élaborer des solutions aux contraintes ;
- **La fonction descriptive** qui traduit les activités de représentations formelles du modèle architectural en vue de les communiquer aux parties prenantes ;
- **La fonction prescriptive** qui traduit les activités de représentations concrètes, détaillées et codifiées (selon l'état de l'art de l'architecture ; détails constructifs, cahier des charges, etc.).

L'activité de conception s'articule d'abord autour **d'activités spéculatives** (d'opérations intellectuelles), **à travers l'usage de médias, d'outils et de méthodes,** qui visent à ouvrir les possibles. Le·a concepteur·ice « *construit des scénarios, (…) balaie les possibles à partir du projet d'architecture développé théoriquement pour rechercher toutes les solutions raisonnablement imaginables au problème donné* »[129]. Ce n'est que progressivement que les activités descriptives interviennent de façon itérative. L'usage prescriptif arrive lorsque la décision de bâtir est prise, lorsque la solution satisfaisante est atteinte. Claeys (2013) illustre les itérations d'usages au cours du processus de conception à la Figure 11.

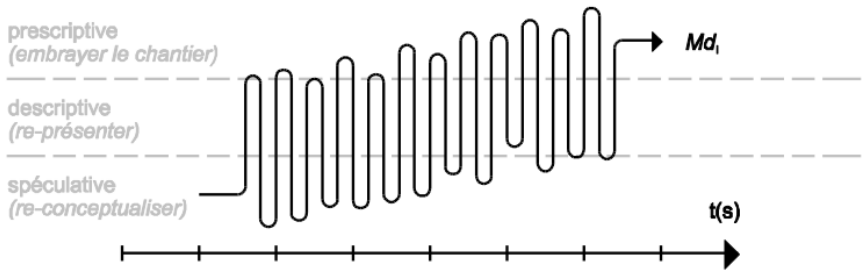


Figure 11 : Les 3 fonctions d'usage des outils au cours du processus de conception
où Mdi = représentation externes du projet- Source : Claeys (2013)

[128] Ibid. p.50
[129] Ibid. p.174

La Figure 12 synthétise les 3 usages fondamentaux – spéculatif, descriptif et prescriptif (Figure 12, centre) **des 3 typologies d'assistance à l'écoconception** - outils intellectuels, cognitifs, techniques (Figure 12, bas) **tout au long du processus de conception**, d'une solution nulle à une solution satisfaisante (Fig.12, haut). Nous distribuons les outils d'aide à l'écoconception identifiés précédemment selon ces typologies et ces usages. Pour cette synthèse, nous nous appuyons sur les travaux de (de Myttenaere 2006; Weissenstein 2012; Claeys 2013; Calixte 2021).

Nous l'avons vu précédemment, l'écoconception nécessite un périmètre d'investigation approfondi et élargi. De ce fait, la part des **activités spéculatives est grande** pour faire face à la complexité initiale du projet, aux interactions et contradictions amplifiées. Les médias dédiés à cette activité sont nombreux, ils supportent l'écoconception et aident à formuler le problème dans une approche suggestive.

A travers les flèches bleues de la Figure 12, nous avons identifiés **différents usages pour une même action**. Par exemple, les outils intellectuels sont utilisés pour conceptualiser la problématique mais ils sont aussi utilisés pour présenter aux parties prenantes du projet les solutions investiguées, un usage descriptif (Fig.12, bas à gauche, flèches fines, bleu foncé). Les outils intellectuels utilisés pour ces 2 usages, spéculatif et descriptif, sont : outils cognitifs et empiriques (A), investigation esthétique (B), investigation technique (C), investigation fonctionnelle (D). Un autre exemple : les outils techniques, tels que les outils de simulations dynamiques (I), sont utilisés pour prescrire des solutions et les évaluer. Ceci représente leur usage principal. Toutefois, ces outils peuvent aussi servir à présenter et communiquer. Tel qu'illustré à la Figure 12, nous retrouvons la pastille (I) entre outils techniques / usage descriptif et outils techniques / usage prescriptif (Figure 12, bas droite, fines flèches, bleu foncé, pastilles).

Les usages sont plus ou moins intenses selon l'avancement du processus de conception (Figure 12, centre, flèches épaisses). Ainsi, au début du processus, l'action est davantage de conceptualiser (usage spéculatif) (Fig. 12, flèches épaisses, bleu foncé). A l'inverse, en fin de processus, l'émergence de solutions incomplètes en début de processus empêche de les concrétiser : usage descriptif modéré voir faible (Fig. 12, flèches bleu cyan).

Bien que les listes et référentiels (Figure 12, G) seraient, selon Weissenstein (2012), les seuls médias à intervenir à toutes les étapes du processus et être utilisés pour les 3 types d'usages, nous nous référons aux nombreuses limites qui ont été détaillées précédemment[130] pour ne pas les considérer comme des assistances optimales à l'écoconception. La Figure 10 montre que leurs usages sont plutôt spéculatifs (pour faire émergence des idées) : ils ne peuvent être utilisés ni pour présenter (usage descriptif) ni pour concrétiser (usage prescriptif).

[130] Section 2.2.4, L'architecture durable – au nom de la croissance économique

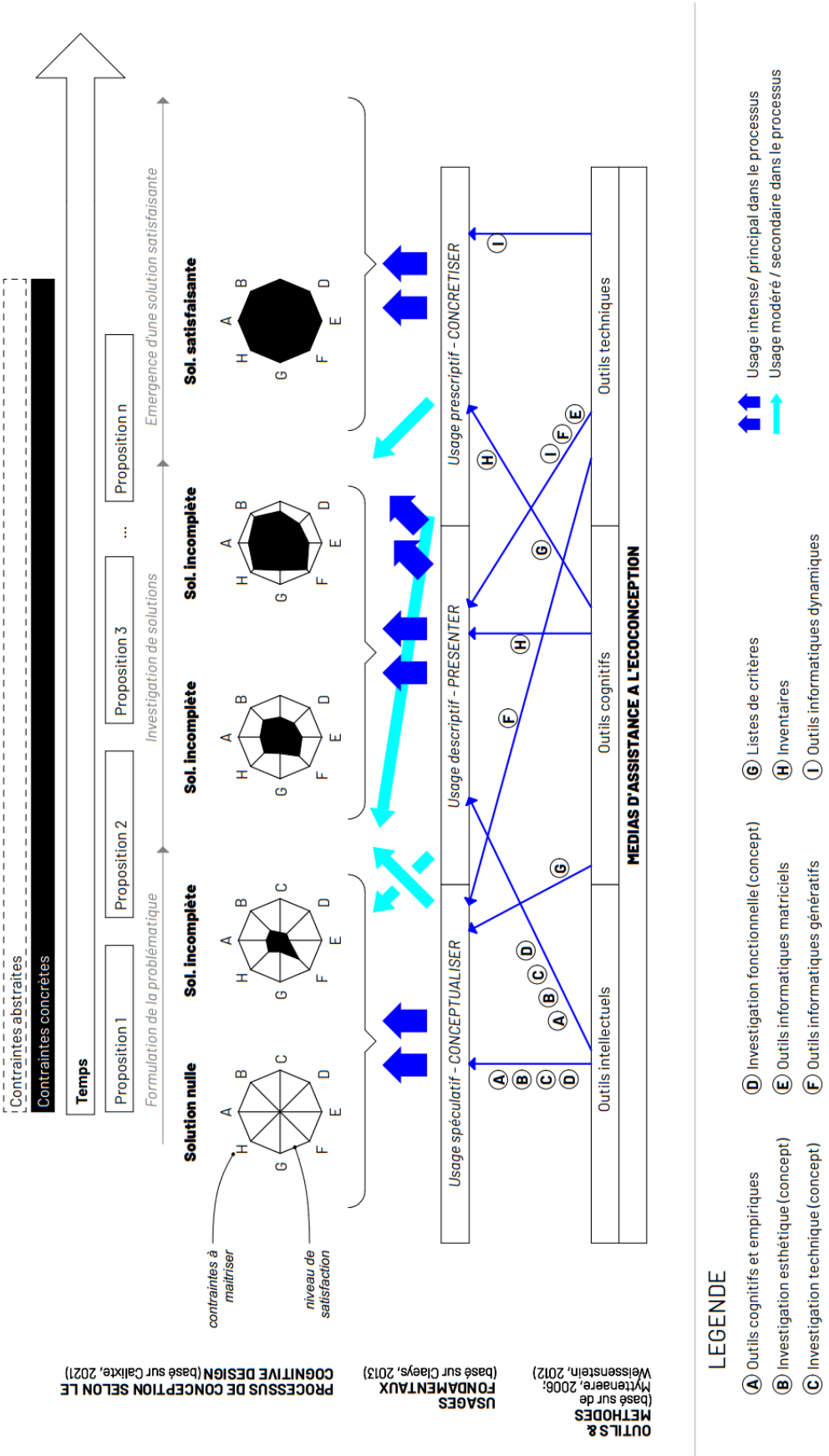


Figure 12 : Médias d'assistance à l'écoconception selon les usages au sein du processus de conception du cognitive design

Nous avons jusqu'ici étudié l'écoconception à travers les médias d'assistances et leurs usages, rien n'est dit sur l'activité collective de l'écoconception. **Pourtant, la conception n'a jamais été à ce point plurielle et multidisciplinaire. Mais qu'en est-il de l'écoconception ?** Les assistances décrites ci-dessus permettent-elles une activité collective, de collaboration, de coopération ou sont-elles individuelles ? Il existe en effet deux modes de travail au sein du travail collectif : la coopération et la collaboration (Figure 13). Au sein de **la conception coopérative,** plusieurs acteur·rice·s interviennent sur un même projet indépendamment : les tâches sont distribuées a priori, réalisée de façon indépendante, pour ensuite être rassemblées afin d'assurer la cohérence du projet. **La conception collaborative** implique la réalisation d'une même tâche par plusieurs acteur·rice·s. Les décisions sont prises conjointement et sont directement intégrées à la conception, ce qui régule le travail de chacun·e. L'on parle alors de conception distribuée et de coconception (Ben Rajeb 2011)(Calixte 2021).

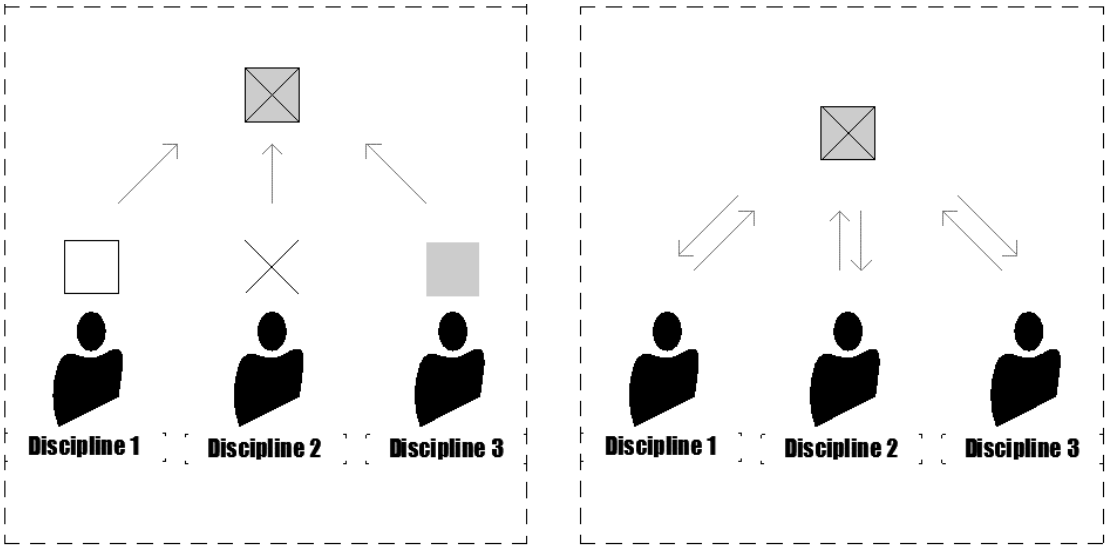


Figure 13 : Les deux modes de travail collectif en conception (à gauche) la conception coopérative ou distribuée et (à droite) la conception collaboration ou coconception

Nous questionnons les médias d'assistance au regard du travail collectif d'écoconception : l'assistance permet-elle de travailler collectivement à la réalisation de la tâche ? Si oui, est-ce de façon coopérative ou collaborative ? Il est difficile de réaliser un tableau de synthèse unique au regard des nombreux outils, méthodes et travail collectif propre à chaque projet. Par exemple, les logiciels de programmation visuelle (outils génératifs) tel que Grasshopper© ou Dynamo© peuvent s'utiliser individuellement, en coopération et même de façon collaborative grâce aux add-ons. Il en va de même pour les listes de critères telles que le BREEAM qui sont utilisés de façon individuelle dans la production des rapports, mais qui servent de support à la coopération en début de projet : les tâches individuelles ne sont distribuées qu'après avoir défini les lignes directrices (les objectifs et contraintes). Par conséquent, la prochaine section est réservée **à l'analyse de 5 médias d'assistance à l'écoconception** : un guide anglais et 4 médias belges.

2.3.2.3 Analyse de médias d'assistance à l'écoconception : 1 média anglais, 4 médias belges

Nous avons fait le choix d'analyser 5 médias d'assistance à l'écoconception dont **4 médias belges et un média anglais**. Le choix s'est porté vers des médias institutionnalisés qui présentent plus de stabilité dans le temps par rapport à des médias privés tels que des logiciels ou des méthodes propres à des agences. Les cinq médias sont :

1. Le guide des résultats durables élaboré par le (RIBA 2019) en tant qu'outil cognitif
2. La réglementation sur la performance énergétique des bâtiments (PEB), élaborée par le Service Public de Wallonie (SPW), en tant qu'outil dynamique ;
3. La certification CertIBEau, élaborée par le Service Publique de la Gestion des Eaux (SPGE), en tant que liste simple (pour la plateforme de certification) ;
4. L'outil d'analyse de cycle de vie (ACV) TOTEM, élaborée par l'OVAM, Bruxelles Environnement et le SPW, en tant qu'inventaire ;
5. Le guide de bonnes pratiques GRO, en tant que liste de critères, élaborée initialement par la Vlaams Overheid et élargie depuis 2020 aux 3 régions belges ; le SPW et Bruxelles Environnement.

Cette étude nous permet d'une part d'identifier la typologie et l'usage de l'outil ; le moment d'intervention dans le processus d'écoconception ; le type de travail collectif et le travail individuel, les enjeux environnementaux considérés, unique (orienté) ou pluriel (global), l'artefact produit et la typologie des projets assistés. Les médias étudiés couvrent partiellement la palette des médias et outils disponibles. Dans cette section, nous avons fait le choix de **ne pas étudier les outils génératifs en tant qu'assistance à l'écoconception**. Ce choix s'appuie sur les résultats d'une enquête par questionnaire approfondie de Stals (2019) sur les pratiques liées aux outils de modélisation paramétrique au sein des agences d'architecture belges. L'étude révèle la marginalité de l'usage des outils de modélisation paramétrique au sein des petites et moyennes entreprises (PME) belges, qui correspondent à près de 80% des bureaux étudiés (77,7%, pour un échantillon de 572 réponses). Les pratiques de conception computationnelle[131], y compris les pratiques de modélisation paramétrique, sont encore **des pratiques de niches** (de Boissieu 2021) (de Boissieu 2022).

2.3.2.3.1 Guide anglais des résultats durables – RIBA sustainable outcomes guide

A l'échelle européenne[132], le **RIBA (2019),** Royal Institute of British Architects, propose un guide de bonnes pratiques à l'écoconception. Le guide propose, à travers des **résultats gérables et mesurables**, de décomplexifier la conception durable. Le guide est voué à un usage quotidien par l'équipe de conception sur des projets de toute taille, en conservant les outils de modélisation et les méthodes de certification usuelle. Les mesures se basent sur des performances associées, tels que la neutralité carbone. Le RIBA valorise l'apprentissage et le développement de bonnes

[131] Les pratiques de conception computationnelle regroupent les pratiques algorithmique, la conception paramétrique et la conception générative (de Boissieu 2021)

[132] L'analyse a été réalisée durant la première année de la thèse (2019) avant le Brexit (2020)

pratiques à travers des boucles itératives d'expérimentation et de reconsidération. Ce processus permet de déployer à grande échelle et de façon rapide l'écoconception architecturale. Le guide s'appuie sur les Objectifs du Développement Durable (ODD) des Nations Unies[133]: 8 des 17 objectifs sont appliqués à l'architecture et illustré à la Figure 14. Le guide n'a pas pour objectif d'élaborer une nouvelle méthode d'évaluation mais de clarifier les ODD à travers des principes et mesures de performances que nous reprenons au Tableau 4[134].Le RIBA écarte 9 ODD soit parce qu'ils outrepassent le domaine de l'architecture, soit parce qu'ils nécessitent une impulsion externe au projet architectural (institutionnelle, gouvernementale ou politique). **Ce choix est à nos yeux discutable** : il résulte selon nous d'un choix *facilement* applicable dans le système de conception *traditionnel*[135] : en tant qu'instrument politique, l'architecture joue en effet un rôle sur l'ODD 5 qui concerne l'égalité des genres, en témoigne l'émergence des *gender studies* en architecture[136]. Il en va de même pour les ODD 1 et 6 qui concernent respectivement la pauvreté et la vie aquatique. Nous l'avons vu dans les sections précédentes, l'architecture joue un rôle dans l'accès au logement et sur les systèmes d'assainissement.

[133] Les 17 ODD sont détaillés à la section Le développement durable

[134] Traduction personnelle

[135] Le terme traditionnel est à comprendre ici comme usuel, tel que la conception architecturale est réalisation aujourd'hui sans refonte totale du processus.

[136] Voir le colloque thématique « Dynamiques de genre et métiers de l'architecture, de l'urbanisme et du paysage » : https://ensarchi.hypotheses.org/1180, voir le collectif Architecture qui dégenre https://www.matrimonydays.be/fr/aqd/a-propos/ ou encore les Journées du Matrimoine https://www.matrimonydays.be/fr/

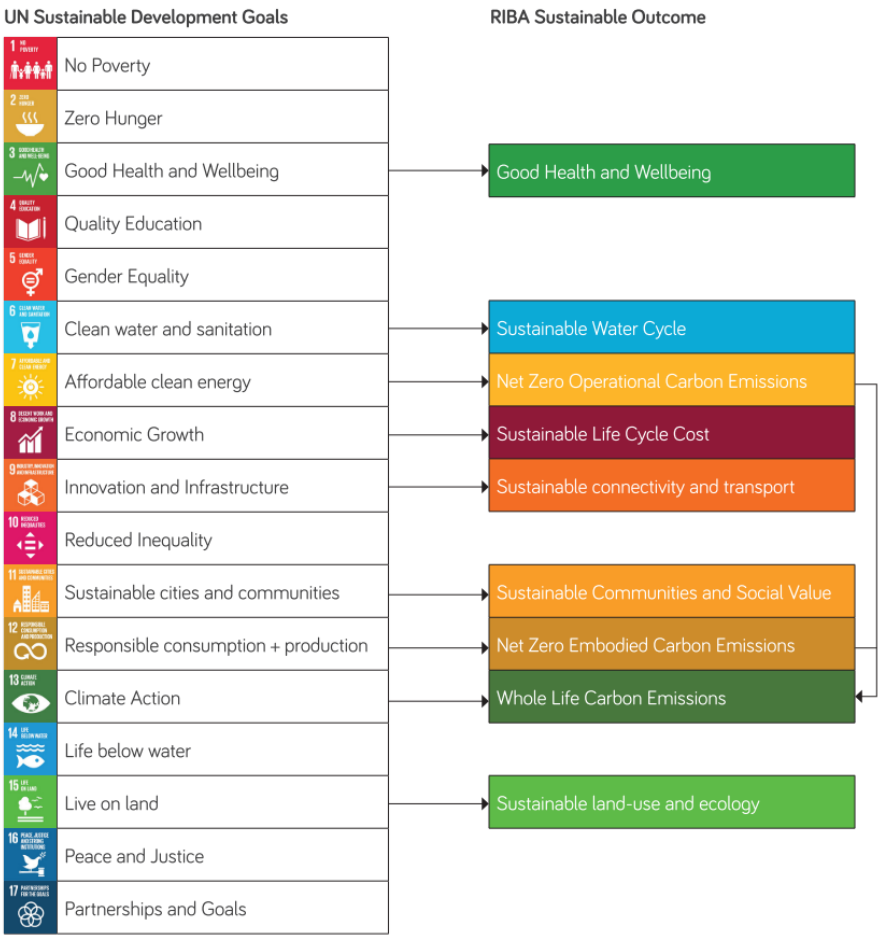


Figure 14 : Diagramme des objectifs de conception durable des Nations unies - Source : (RIBA 2019).

Malgré le choix contestable des ODD appliqués à l'architecture, le guide du RIBA présente plusieurs qualités : la prise en compte d'une temporalité séquencée (objectifs séquencés et détaillés à l'horizon 2050) et la reconsidération des objectifs atteints lors de l'exploitation. La prise en compte des étapes du cycle de vie du projet, depuis la formulation du programme (la problématique) jusqu'à l'exploitation du bâtiment est traitée succinctement dans ce guide. Pour une prise en compte plus détaillée du processus de conception, le guide des résultats durables doit être complété par un second guide du RIBA, le *plan of work* (Figure 15), qui décompose le projet selon 8 étapes. Au sein de chaque étape, les tâches à réaliser sont détaillées pour chaque équipe (équipe client, équipe conception, équipe construction, consultants) (RIBA 2020). Ce second guide conseille vivement de formuler la problématique de projet, y compris les enjeux environnementaux et d'écoconception liés, aux étapes de stratégie (1) et de préparation (2). Verrouiller les principes de conception architecturale du projet à l'issue de l'étape 2 évite la prolongation des réflexions conceptuelles aux étapes ultérieures, et avec elles, d'importantes boucles d'itération. La notion de circularité et de fin de vie du projet (déconstruction, démolition) est abordée très succinctement par le RIBA : la phase d'exploitation (*use*) est la dernière étape du plan de travail. Le Tableau 5 synthétise notre propos sur cet outil d'aide à l'écoconception.

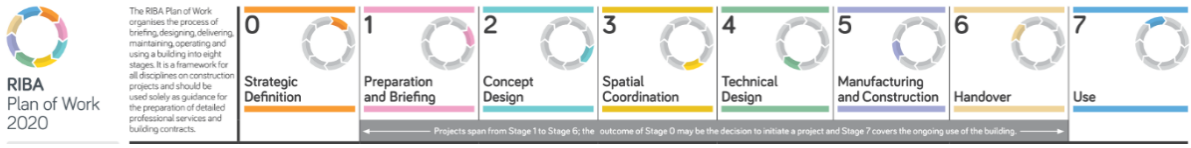


Figure 15 : Les 8 étapes du projet architectural selon le guide Plan of Work 2020 du RIBA – Source : RIBA (2020)

Tableau 4 : Analyse du média RIBA *Sustainable outcomes guide* au regard d'éléments clés dans l'assistance à l'écoconception

RIBA sustainable outcomes guide (2019)		
Description	Guide	
Typologie de l'outil	Outil intellectuel	
Usage de l'outil	Spéculatif	Le guide sert à conceptualiser la problématique de l'écoconception, ils donnent un ensemble de bonnes pratiques, d'objectifs mesurables, sans toutefois permettre le calcul des objectifs, ni de les présenter
Etape du processus	Formulation problématique	Le guide sert de check-list de principes durables à aborder
Travail collectif	Coopératif	Le guide est destiné aux architectes : après avoir passé en revue les différents objectifs, les tâches pour atteindre ces ODD sont distribuées et coordonnées par l'architecte
Enjeux environ.	Pluriel	8 ODD des NU sur 17
Artefact produit	/	Les bonnes pratiques du guide sont intégrées au projet, mais aucun artefact spécifique n'est issu du guide
Typologies de projets	Tous	Quel que soit la taille et les fonctions

	Résultats durables du RIBA			
	Durabilité environnementale			
			Durabilité sociale	
	Whole Life Net Carbon Environmental			Durabilité économique
Résultats	Zéro carbone opérationnel net	Zéro carbone incorporé	Cycle durable de l'eau	Connectivité et transport durables
Métrics	kWh/m2 /y kgCO2e/m2 /y Net	TCO2éq. Incorporé	Eau potable litre/personne/an	kgCO2éq. / km / occupant
Principes	1. Prioriser la rénovation profonde des bâtiments existants 2. Prioriser kes principes du "Fabric First" pour la forme et l'enveloppe des bâtiments. 3. Ajuster l'environnement interne avec des systèmes mécaniques efficaces 4. Fournir des commandes locales réactives 5. Spécifier des appareils à très faible consommation d'énergie 6. Spécifier des techniques numériques (IT) à très faible consommation d'énergie 7. Prioriser l'utilisation maximale des énergies renouvelables sur site, en fonction du contexte. 8. Démontrer l'additionnalité des énergies renouvelables hors site. 9. Compenser le carbone restant par un système reconnu	1. Prioriser la réutilisation des bâtiments 2. Réaliser une analyse du carbone sur l'ensemble du cycle de vie des éléments du bâtiment. 3. Prioriser l'approvisionnement éthique et responsable des matériaux. 4. Privilégier les matériaux sains et à faible émission de carbone. 5. Minimiser les matériaux à fort impact énergétique. 6. Objectif : zéro déchet de construction détourné vers les décharges. 7. Promouvoir l'utilisation de matériaux naturels locaux 8. Envisager des systèmes de construction modulaire hors site 9. Les détails doivent être robustes et durables 10. Concevoir les bâtiments pour le désassemblage et l'économie circulaire. 11. Compenser les émissions	1. Fournir des raccords et des appareils à faible débit 2. Fournir des appareils sans eau lorsque cela est possible 3. Prévoir la détection des fuites 4. Prévoir le recyclage et l'atténuation des eaux de pluie et des eaux grises, mais tenir compte des implications opérationnelles des systèmes complexes. 5. Assurer l'épuration et le recyclage des eaux noires sur place si cela est possible. 6. Créer un système de drainage urbain durable qui favorise les habitats aquatiques naturels et l'agrément humain.	1. Créer un plan global de transport vert incluant la connectivité numérique 2. Prioriser une connectivité numérique de haute qualité pour éviter les déplacements inutiles. 3. Prioriser la sélection de sites à proximité des transports publics. 4. Fournir des liaisons piétonnes de haute qualité vers les commodités locales. 5. Prévoir des aménagements en fin de parcours pour les coureurs et les cyclistes en déplacement actif (douches, casiers secs, etc.). 6. Prioriser des infrastructures pour les véhicules électriques 7. Fournir des espaces de covoiturage 8. Fournir un espace de stockage personnel approprié sur le site
	Vérification des performances : Divulguer publiquement la consommation d'énergie et les émissions de carbone	*Vérification de la construction : Mesure et compensation de la construction*	*Vérification de la performance : Mesurer la consommation d'eau potable en fonctionnement*	*Vérification des performances : Évaluation après occupation : enquête auprès des occupants*

Tableau 4 : Diagramme des 8 ODD transférés à l'architecture - Source : RIBA (2019)

Résultats durables du RIBA			
Durabilité environnementale			
Durabilité sociale			
Durabilité économique			
Utilisation durable des sols et écologie	Santé et bien-être	Communautés durables et valeur sociale	Coût du cycle durable
Valeur ajouté par espèces	Métrics variés	Métrics variés	£/m2
1. Laisser un site dans un meilleur état écologique "régénérateur" qu'avant le développement. 2. Donner la priorité à la réutilisation des bâtiments et des sites 3. Donner la priorité à la sélection de sites en friche 4. Assainir durablement la pollution des sites. 5. Conserver les caractéristiques naturelles existantes 6. Créer un développement à usage mixte avec une densité appropriée au contexte local. 7. Créer une gamme d'espaces verts (toits verts, verdure verticale, parcs de poche, corridors verts). 8. Créer des habitats qui renforcent la biodiversité 9. Créer des paysages " productifs " pour la production alimentaire urbaine 11. 11. Zéro pollution locale	1. Fournir des espaces avec une forte connexion visuelle avec l'extérieur 2. Prévoir des commandes locales réactives, par exemple l'ouverture des fenêtres ou une commande locale. 3. Concevoir des espaces avec une densité d'occupation appropriée pour l'activité 4. Concevoir des espaces avec une bonne qualité de l'air intérieur 5. Concevoir des espaces avec une bonne lumière naturelle intérieure, un bon éclairage et un bon contrôle de l'éblouissement. 6. Concevoir des espaces répondant à des normes de confort thermique adaptées 7. Concevoir des espaces offrant un bon confort acoustique 8. Concevoir des espaces qui sont inclusifs et accessibles à tous	1. Donner la priorité à la création de lieux qui expriment l'identité et le territoire. 2. Créer des lieux sécurisés pour l'intimité 3. Créer des lieux d'interaction sociale 4. Créer des lieux dynamiques à usage mixte 5. Fournir des liens perméables de haute qualité vers les équipements sociaux. 6. Fournir des espaces publics piétonniers de haute qualité 7. Créer des lieux inclusifs pour l'interaction communautaire 8. Créer des lieux sécurisés avec des vues surplombantes	1. Réaliser une analyse du cycle de vie complet des principaux systèmes de construction. 2. Réaliser des atterrissages en douceur gradués jusqu'à la remise des clés et l'entretien ultérieur. 3. Mesurer les coûts énergétiques 4. Mesurer les coûts de gestion et de maintenance 5. Mesurer les coûts de fonctionnement globaux 6. Mesurer la valeur ajoutée de la santé et du bien-être des occupants 7. Mesurer la valeur ajoutée des résultats durables du bâtiment
Vérification de la construction : Mesurer l'amélioration de la bio-diversité	*Vérification des performances : Évaluation après occupation*	*Vérification de la performance : Questionnaire d'évaluation après occupation Performance*	*Vérification des performances : Mesurer les coûts d'exploitation opérationnels*

Tableau 4 (suite) : Diagramme des 8 ODD transférés à l'architecture - Source : RIBA (2019)

2.3.2.3.2 Règlementation belge de performance énergétique des bâtiments PEB

Nous nous concentrons maintenant sur 4 médias d'assistance à l'écoconception dédiés à la Belgique. Tout d'abord la réglementation wallonne de **la Performance Énergétique des Bâtiments (PEB)** [137], élaborée par le SPW. Nous avons abordé à la section précédente, le rôle des réglementations liées aux directives européennes concernant l'énergie et leurs impacts sur l'architecture. En Wallonie, une pléthore d'outils d'aide[138] à la conception est élaborée pour les responsables PEB :

- Un logiciel, valable pour les 3 régions, qui permet de calculer la PEB selon une note déclarative de la PEB visée ;
- Un carnet de projet, en tant qu'aide à la conception et à la construction, dédié aux projets à haute performance énergétique. Ce carnet rassemble et lie plusieurs bases de connaissances (abaques, base de données d'isolants) sous forme de bonnes pratiques (détails techniques, conseils en cas de changement durant le chantier, etc.) ;
- Un guide PEB qui détaille les enjeux, le cadre règlementaire et les méthodes de calcul ;
- Six guides pratiques dédiés aux architectes concernant la conception de l'enveloppe, la rénovation et l'énergie, l'isolation thermique de la toiture, l'isolation thermique des murs, la ventilation et l'énergie, la fenêtre et la gestion de l'énergie ;
- Un logigramme d'explication concernant l'application de la règlementation ;
- Des documents explicatifs concernant la méthode de calcul, les nœuds constructifs, électromobilité, les niveaux d'exigence, etc. ;
- Des notes informatives concernant le patrimoine, concernant les procédures de régularisation, argumentaire juridique) ;
- Des spécifications techniques (concernant l'étanchéité à l'air), des bases de données de produits ;
- Trois formulaires de déclarations : déclaration simplifiée, changement de déclarant et justification d'exception ;

L'on retrouve dans **cette pléthore d'outils 3 familles d'outils :**

- Un outil informatique dynamique (logiciel PEB) ;
- Deux types d'outils cognitifs :
  - D'un côté l'ensemble des guides de bonnes pratiques de conception, d'explication sur les méthodes de calcul, le carnet de projet, le logigramme, les notes informatives ;
  - Et d'un autre côté les outils cognitifs concernant les spécifications techniques et les bases de données.

Le tableau 6 ci-dessous identifie les éléments clés pour notre analyse au regard de ces 3 outils.

[137] Toutes les informations concernant la PEB est disponible en ligne via le site web : https://energie.wallonie.be/fr/reglementation-wallonne-sur-la-peb.html?IDC=7224

[138] Toutes les aides sont disponibles en ligne : https://energie.wallonie.be/fr/outils-d-aide-pour-les-responsables-peb.html?IDC=9595

Tableau 6 : Analyse du média PEB au regard d'éléments clés dans l'assistance à l'écoconception

Réglementation PEB		
Logiciel PEB version 13 (2022)		
Description	Logiciel PEB	
Typologie de l'outil	Outil technique Dynamique	La PEB est simulée a priori en se basant sur des données de surfaces et des données techniques (types de matériaux, volume chauffé, système de chauffe, etc.)
Usage de l'outil	Descriptif et prescriptif	Une description détaillée du projet est réalisée grâce au logiciel PEB, le responsable PEB détaille les systèmes, les volume, les capacités, les matériaux, etc. La déclaration issue de cette simulation sert à présenter aux parties prenantes du projets et aux autorités compétentes l'engagement du projet d'un point de vue énergétique. La déclaration a également pour but de prescrire la mise en œuvre lors du chantier.
Etape du processus	Investigation de solutions	Dans la plupart des cas, le logiciel invalide ou valide la solution jusqu'à obtenir une solution satisfaisante
Travail collectif	Individuel	Le responsable PEB évalue la PEB après distribution des tâches
Enjeux environnementaux	Orienté	Seules la performance énergétique et l'énergie sont étudiées
Artefact produit	Déclaration PEB	Au format statique PDF
Typologies de projets	Tous projets neufs, projets de rénovation importante hors industrie	
Les guides liés à la PEB		
Description	Guides	
Typologie de l'outil	Outils cognitifs	Les guide servent à conceptualiser la problématique énergétique, ils donnent un ensemble de bonnes pratiques, d'objectifs mesurables, sans toutefois permettre le calcul des objectifs, ni leur présentation
Usage de l'outil	Spéculatif	
Etape du processus	Formulation de la problématique	
Travail collectif	Individuel	Le guide est destiné aux responsable PEB, aux concepteur·ice·s
Enjeux environnementaux	Orienté	Seules la performance énergétique et l'énergie sont étudiées
Artefact produit	/	
Typologies de projets	Tous projets neufs, projets de rénovation importante hors industrie	

Les bases de données matériaux		
Description	Bases de données	
Typologie de l'outil	Outils cognitifs	
Usage de l'outil	Descriptif et prescriptif	Les bases de données ne sont utilisées qu'une fois la solution aboutie. Les bases de données sont utilisées pour présenter la PEB aux parties prenantes du projet. L'évaluation de la PEB est déterminée par ces bases de données, elles ont donc une valeur prescriptive
Etape du processus	Investigation de solutions	Dans la plupart des cas, le logiciel invalide ou valide la solution jusqu'à obtenir une solution satisfaisante
Travail collectif	Coopératif	Le choix des matériaux utilisés se fait de façon coopérative
Enjeux environnementaux	Orienté	Seules la performance énergétique et l'énergie sont étudiées
Artefact produit	/	
Typologies de projets	Tous projets neufs, projets de rénovation importante hors industrie	

La pléthore d'outils et de méthodes liée à l'assistance à l'écoconception énergétique de la PEB s'exposerait à complexifier la pratique architecture. Par ailleurs, l'enquête de Stals (2019) révèle la certification PEB comme l'un des 6 facteurs qui complexifient la pratique architecturale.

2.3.2.3.3 Certification wallonne de l'eau CertIBEau

La certification eau pour les bâtiments wallons vise à préserver la qualité de l'eau en Wallonie. Relativement récente (01/06/2021), elle répond à différentes directives européennes ; directive 2006/7/CEE sur la qualité des eaux de baignade, directive 2000/60/CEE sur la gestion par bassins hydrographiques, la directive 91/271/CEE, la directive 91/676/CEE concernant la protection contre la pollution des nitrates et la directive 98/83/CEE concernant la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. CertIBEau a pour objectif de pallier le manque de respect des normes du code de l'eau et d'assurer le respect des législations européennes et wallonnes à travers 3 enjeux : (i) l'enjeu sanitaire afin d'assurer la conformité des installations, (ii) l'enjeu environnemental à travers la vérification de la conformité des installations assurant la qualité des cours d'eau et (iii) enfin, l'enjeu informatif qui tend à faire prendre conscience aux particuliers et professionnels de la ressource eau. Plusieurs d'outils d'aide à la décision sont proposés et détaillés au Tableau 7 :

- Les outils informatiques SIG tel que WalOnMap [139] contenant de nombreuses données concernant le territoire wallon.
- La plateforme informatique qui permet d'acheter des certificats, d'encoder les biens à certifier et les terrains, d'encoder les équipements, d'élaborer le rapport et la certification.
- Les logigrammes décisionnels, aussi utilisés dans le cadre de la PEB, représente sous forme de carte heuristique le processus décisionnel de la certification. Chaque étape du processus

[139] Source web : https://geoportail.wallonie.be

est numérotée sur le logigramme : les numéros font référence à des descriptions au sein des fiches communicatives

- Les fiches communicatives synthétisent les prescriptions techniques sur l'eau potable et les eaux usées. Elles sont destinées aux usagers et aux installateurs.

Tableau 7 : Analyse du média CertIBEau au regard d'éléments clés dans l'assistance à l'écoconception

Certification CertIBEau (2021)		
Plateforme SIG WALONMAP		
Description	Plateforme SIG	
Typologie de l'outil	Outil cognitif	
Usage de l'outil	Spéculatif et Descriptif	La plateforme SIG est utilisée pour appréhender la problématique et présenter partager / présenter les informations aux parties prenantes
Etape du processus	Formulation de la problématique, investigation de solutions	
Travail collectif	Coopératif	
Enjeux environnementaux	Pluriel	La plateforme comprend des informations relatives à la Nature et l'environnement, l'aménagement du territoire, la mobilité, le tourisme et loisirs, les activités sociétales ainsi que des données topographiques, administratives et cartographiques
Artefact produit	Plan, cartes et cartographie statique avec légendes	
Typologie des projets	Urbanistique	
Plateforme CertIBEau		
Description	Plateforme d'encodage et de certification	
Typologie de l'outil	Liste simple	Définir la typologie de cet outil n'est pas simple : l'outil valide la conformité de l'installation, de ce fait nous ne le considérons pas comme une réelle assistance à l'écoconception. Le CertIBEau est selon nous un outil par liste simple tenant compte d'un enjeu environnemental, l'eau.
Usage de l'outil	Descriptif	
Étape du processus	Émergence de la solution satisfaisante	L'encodage traduit « techniquement » la solution la plus satisfaisante choisie
Travail collectif	Individuel	
Enjeux environnementaux	Orienté	Uniquement l'assainissement de l'eau potable et des eaux usées
Artefact produit	Certificat	
Typologie des projets	Tout projet neuf	

Logigrammes CertIBEau		
Description	Schéma heuristique / logigramme CertIBEau	
Typologie de l'outil	Outil cognitif	
Usage de l'outil	Spéculatif et descriptif	Le logigramme sert de guide pour appliquer les bonnes pratiques en matière d'assainissement, il sert aussi de base pour les présenter aux parties prenantes
Étape du processus	Formulation de la problématique, investigation de solutions	
Travail collectif	Individuel	
Enjeux environnementaux	Orienté	Uniquement l'assainissement de l'eau potable et des eaux usées
Artefact produit	/	
Typologie des projets	Tout projet neuf	
Fiches communicatives CertIBEau		
Description	Fiches communicatives	
Typologie de l'outil	Outil cognitif	
Usage de l'outil	Spéculatif	
Étape du processus	Formulation de la problématique	
Travail collectif	Coopératif	
Enjeux environnementaux	Orienté	Uniquement l'assainissement de l'eau potable et des eaux usées
Artefact produit	/	
Typologie des projets	Tout projet neuf	

2.3.2.3.4 Outil belge d'analyse de cycle de vie TOTEM

Disponible depuis 2018, TOTEM[140], *Tool Optimise the Total Environnemental impact of Materials*, est un outil belge d'évaluation de l'impact environnemental des bâtiments et éléments de construction, dont le résultat est un score en milli points par unité fonctionnelle[141]. L'outil est destiné aux concepteur·ice·s, aux architectes, aux bureaux d'études, aux autorités publiques, aux producteurs de matériaux et aux chercheur·se·s, étudiant·e·s, sur base volontaire avec une incitation d'usage progressive dans les marchés publics belges. Deux normes d'analyse de cycle de vie sont utilisées au sein de Totem, l'ISO 14040 et l'ISO 14044, traitant toutes deux le management environnemental (cadres, principes, exigences et lignes directrices). L'ACV est étudiée au regard de 18 critères répartis en 12 catégories d'indicateurs : le changement climatique, l'appauvrissement de la couche d'ozone, l'acidification, l'eutrophisation, l'ozone photochimique, l'épuisement de l'eau, l'épuisement des ressources abiotiques, les particules fines, l'écotoxicité, le rayement ionisant, la toxicité humaine, l'utilisateur et la qualité du sol (Figure



Figure 16 : Les 12 sets d'indicateurs servant à l'ACV de TOTEM
Source: formation TOTEM, donnée par l'ICEED, suivie dans le cadre de la thèse le 19/10/2021

16).

Deux bases de données sont utilisées pour calculer l'impact environnemental des éléments de construction et des bâtiments ; la base de données belge des *environmental product declarations* (EPD) et la base de données suisse *ECOINVENT*. Ces deux bases de données déclarent de façon normalisée la performances environnementales des produits mis en œuvre. L'évaluation se base sur des unités fonctionnelles, unité de référence permettant de comparer des bâtiments et des éléments à performance égale (valeur de conductivité thermique U identique, capacité portante identique, etc.). Enfin, l'évaluation tient compte de la durée de vie propre aux éléments, y compris leurs remplacements (par exemple, la durée de vie d'un ascenseur est de 20 ans et l'isolation extérieure de 40 ans). Dans une perspective d'économie circulaire, la réemployabilité des éléments est considérée : réemploi sur place et hors site. L'étude est formalisée au sein d'un rapport, statique (au format PDF) ou dynamique (sous forme de feuille de calcul), qui détaille l'impact de l'énergie comparée à celle des matériaux, les impacts par catégorie d'éléments (murs, dalles, fenêtres, etc.), par étape du cycle de vie (production, construction, utilisation, démontage

[140] Disponible en ligne : https://www.totem-building.be/pages/welcome.xhtml
[141] Méthode PEF détaillée au sein du rapport technique "Development of a weighting approach for the Environmental Footprint", disponible : https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/documents/2018_JRC_Weighting_EF.pdf

et démolition) et indicateurs, et par statut (neuf, existant, réemployé sur site ou hors site, démoli). Nous présentons notre étude pour l'outil TOTEM au Tableau 8 ci-dessous.

Tableau 8 : Analyse du média TOTEM au regard d'éléments clés dans l'assistance à l'écoconception

Plateforme en ligne TOTEM (2018)		
Description	Outil d'ACV TOTEM	
Typologie de l'outil	Inventaire	
Usage de l'outil	Spéculatif et descriptif	Totem se veut un outil de partage de connaissances qui facilite le dialogue entre les acteur·rice·s du secteur de la construction. Son rôle principal est toutefois de décrire et présenter les impacts environnementaux des systèmes et bâtiments. La comparaison de scenarii traduit particulièrement cet usage.
Etape du processus	Formulation de la problématique	
Travail collectif	Coopératif	La plateforme peut être utilisée par plusieurs acteur·rice·s, toutefois l'encodage se fait individuellement
Enjeux environnementaux	Pluriel	18 critères répartis selon 12 catégories d'indicateurs
Artefact produit	Évaluation descriptive	Au format PDF ou Excel©
Typologie des projets	Tout projet de transformation, rénovation ou neuf	

2.3.2.3.5 Outil belge d'aide à l'écoconception GRO

Le dernier outil que nous souhaitons aborder est l'outil d'aide à l'écoconception GRO[142]. Initialement conçu par la Vlaams overheid en 2017, le GRO est disponible en néerlandais et en français depuis 2020. Sous forme de listes de critères, le GRO est un manuel de bonnes pratiques, qui définit le niveau d'ambition du projet durable. Tout comme le guide du RIBA, le GRO se base sur les 17 ODD des Nations Unies. Un ensemble de critères quantitatifs et qualitatifs sont répartis selon les 3 piliers du développement durable détaillés au Tableau 10. A travers les 3 piliers du développement durable, chaque critère est défini selon un niveau de performance à 3 niveaux : bien, mieux, meilleur. Une fois évalués, les niveaux de performances sont illustrés graphiquement à travers un diagramme en radar évolutif pour chaque phase du projet et selon le type de marché. Cette évaluation de performance ainsi que sa représentation graphique s'apparentent à la certification anglaise du BREEAM. Afin d'assurer la mise en œuvre des intentions durables, le GRO requière des preuves, apportées par l'équipe de conception et différentes selon les phases du projet.

Le GRO regroupe quatre outils :

- Un manuel utilisateur du GRO qui détaille la structure et le fonctionnement de l'outil. Ce manuel représente une partie du tableur, sous forme d'onglet séparé.
- Deux fichiers de synthèse, formalisé en tant que tableur au format Excel© :

[142] Outil d'aide à l'écoconception, disponible en ligne : https://www.gro-tool.be/a-propos-de-gro/?lang=fr

- Un fichier synthèse pour le site. L'évaluation du site est unique sans évolution possible à travers les phases de projet. Le site sous-tend la parcelle d'implantation du projet, dont la performance est évaluée selon les 3 niveaux précités,
- Pour le bâtiment, le fichier de synthèse s'applique à différents types de marchés, soit traditionnel selon les phases offre / avant-projet / projet définitif / adjudication / réception provisoire / réception définitive, soit autour de missions intégrées, en bouwteam[143] par exemple, selon les phases offre / 1e évaluation, 2e évaluation/ réceptions provisoire / définitive.

- Une liste de critères présentés ci-dessous.

Enfin, si le développement durable vise l'équilibre entre les impacts environnementaux, les enjeux sociaux et le développement économique, le GRO est le média qui aborde l'écoconception à travers ces 3 piliers. Il est également le seul média à aborder les interconnexions entre les critères à travers une matrice d'influence. Nous présentons notre étude pour le GRO au Tableau 9.

Tableau 9 : Analyse du média GRO au regard d'éléments clés dans l'assistance à l'écoconception

Outils d'aide GRO (2020)		
Description	Outil GRO	
Typologie de l'outil	Liste de critères avec échelles et pondération	L'outil GRO est une liste de critère avec échelle et pondération des enjeux environnementaux, les uns par rapport aux autres
Usage de l'outil	Spéculatif, descriptif	
Etape du processus	Formulation de la problématique et investigation de solution satisfaisante	Le GRO sert à conceptualiser la problématique de l'écoconception, ils donnent un ensemble d'objectifs mesurables. De ce fait, les acteur·ice·s l'utilisent pour présenter et communiquer autour les objectifs visés. Enfin, les preuves apportées permettent de concrétiser les solutions retenues
Travail collectif	Coopératif	L'encodage des niveaux de performance se fait dans un tableur au format Excel ©, la tâche est de ce fait individuelle après la distribution des objectifs (coopératif).
Enjeux environnementaux	Encodage individuel	
Artefact produit	Rapport synthétique ou graphique	Au format statique (PDF)
Typologie des projets	Tout projet	

Il nous semble important d'éclaircir un élément concernant l'outil d'assistance GRO au regard des résultats qui seront présentés dans le Chapitre 3, Résultats de la Recherche-Action en agence: nous avons pris connaissance de cet outil lors de la troisième année de thèse. Les résultats présentés au sein de la recherche-action, bien que similaires en certains points au GRO ont été menés indépendamment. Cette similarité peut s'expliquer par l'influence de la certification

[143] Le bouwteam est « *un partenariat dans lequel les participants travaillent ensemble à la préparation du projet tout en conservant leur indépendance et leur responsabilité* » (Barras 2021), p.23

du BREEAM dans le cas de notre recherche, ainsi que nous le supposons dans le cadre de l'élaboration du GRO. Nous y reviendrons dans les prochaines sections.

Tableau 10 : Liste des critères du GRO appliqués à l'évaluation du site et du bâtiment

Critères pour l'évaluation du site	Critères pour l'évaluation du bâtiment
Mobilité	Climate responsive design
Transport en commun	Chauffage
Vélo	Refroidissement
À pied	Lumière du jour
En voiture / moto	People / climat intérieur
Valeur sociétale	Acoustique
Qualité spatiale	Confort thermique
Utilisation du sol et de l'espace	Qualité de l'air intérieur
Attractivité des environs	Confort visuel
Environnement sain et sûr	People / social
Risque d'inondation	Valeur patrimoniale
Qualité de l'air extérieur	Conception socialement sûre
Bruit extérieur	Accessibilité intégrale
	People / utilisateurs
	Influence de l'utilisateur
	Planet / énergie
	Performance énergétique
	Énergies renouvelables
	Installations faible conso. énergétiques
	Planet / matériaux
	Conservation des matières premières
	Choix des matériaux
	Passeport matériaux
	Planet / eau
	Réutilisation de l'eau
	Évacuation des eaux
	Planet / environnement
	Biodiversité
	Impact sur l'environnement
	Gestion de chantier durable
	Profit / cycle de vie
	Facilité maintenance et réparation
	Facilité d'entretien
	Consommation d'énergie
	Profit / circularité
	Conception circulaire
	Utilisation par des tiers
	Profit / bonne gestion
	Monitoring énergétique

2.3.2.3.6 Synthèse des médias d'assistance à l'écoconception étudiés

Bien qu'il soit difficile de dissocier la formulation et l'investigation de solutions, tout particulièrement en architecture (Visser 2009), nous avons tenté d'identifier les usage des médias dans le processus d'écoconception. Le Tableau 11 synthétise notre analyse des 5 médias d'assistance à l'écoconception. Sur base de notre étude présentée , les médias présentés regroupent des outils cognitifs et techniques. Parmi les 4 outils techniques (PEB, CertIBEau, TOTEM et GRO), l'un est un outil dynamique (PEB simule le comportement à venir du bâtiment), deux sont des listes de critères (CertIBEau et GRO) et enfin le dernier est un outil inventaire (TOTEM). Seul le Guide du RIBA est un guide de bonnes pratiques qui regroupe une base de connaissances sur des enjeux environnementaux spécifiques, ce guide est donc un outil cognitif. Ces médias d'assistance à l'écoconception sont davantage utilisés pour formuler la problématique en début de projet, soit comme support de discussion soit comme support de partage de connaissances entre les acteur·rice·s du projet. Enfin, les médias sont peu utilisés pour concrétiser le projet (usage prescriptif) : seuls les médias de la PEB et de CertIBEau prescrivent une mise en œuvre. Les autres médias sont utilisés pour conceptualisation (usage spéculatif) ou de (re)présentation (descriptif).

Tableau 11 : Synthèse des 5 médias analysés au regard de la typologie d'outils, de l'usage et de l'usage dans le processus

		Typologie			Processus			Usages		
	Médias d'assistance à l'écoconception	Outil intellectuel	Outil cognitif	Outil technique	Formulation de la problématique	Investigation de solutions	Emergence d'une solution satisfaisante	Spéculatif	Descriptif	Prescriptif
1	RIBA		■		▒			■		
2	PEB logiciel			■		▒			■	■
	PEB Guides		■		▒			■		
	PEB base de données		■			▒			■	
3	CertIBEau plateforme SIG		■		▒	▒		■	■	
	CertIBEau plateforme			■			▒		■	■
	CertIBEau logigrammes		■		▒	▒		■	■	
	CertIBEau fiches communicatives		■		▒			■		
4	TOTEM plateforme			■	▒	▒		■	■	
5	GRO tableur			■	▒	▒		■	■	

2.3.3 Limites et perspectives des médias d'assistance à l'écoconception

> *En parallèle à l'émergence du concept de « développement durable » introduit en 1987 dans le rapport Brundtland, la mise en évidence des dégâts environnementaux et sanitaires engendrés par le secteur de la construction, et la raréfaction des ressources matérielles, ont imposé une prise en compte plus structurelle des enjeux environnementaux dans les processus de conception, ce qui a donné naissance à une multitude d'outils d'évaluation, de labels et de certifications de la qualité environnementale des projets (LEED, BREEAM, Minergie, HQE, Valideo…). On pourrait s'en réjouir si les résultats étaient à la hauteur des ambitions, si cette trajectoire nous avait conduits à une réduction effective des émissions de polluants, de déchets, etc. (Possoz 2021) p.170- 171*

Nous l'avons vu dans les sections précédentes, la visée écologiste requière une collaboration multidisciplinaire. L'écoconception est un travail collectif, multidisciplinaire, où s'alternent des actions, similaires et complémentaires, qui sont réalisées individuellement, coopérativement et collaborativement. L'architecture ne se limite pas à l'édification de bâtiments, elle implique également la manipulation, l'échange et le partage de savoirs et de savoir-faire. L'usage des médias influencent ce travail collectif autant que la structuration du travail lui-même. Au sein de cette gestion de projet coopérative et collaborative, l'objet à écoconcevoir évolue au fil de ces échanges, des interactions (Halin 2004)(Terrin 2009).

> *La méfiance naturelle d'un individu face à une situation de coopération doit diminuer par l'utilisation de l'outil. L'outil doit favoriser la cohésion du groupe et l'implication individuelle de chaque acteur par la visualisation cohérente des changements, des décisions prises et plus globalement du contexte de l'activité (Halin 2004). P 97*

Or, l'analyse des médias met en lumière **les limites** concernant **l'organisation et la coordination de l'écoconception**. L'usage des médias étudiés reflètent majoritairement des tâches distribuées, c'est-à-dire réalisées au sein d'un processus certes coopératif mais effectuées individuellement. Les médias étudiés assistent les acteur·rice·s à s'accorder sur le fond du projet (l'écologisme conceptuel), afin d'établir une conscience commune du projet. L'on parle de **synchronisation cognitive**. Cependant, les médias abordent peu, voire pas, la **synchronisation opératoire**, qui vise à organiser, à répartir et à coordonner les tâches à réaliser (Calixte 2021). Le travail collectif ne peut s'envisager qu'à travers ses 3 actions associées ; communiquer (formellement ou informellement), produire (concrétiser un artefact) et se coordonner (organiser et structurer les tâches des acteur·rice·s).

Les assistances à l'écoconception traduisent par transparence (c'est-à-dire de façon non-explicite) la construction d'un **référentiel commun**, d'une compréhension mutuelle de l'écoconception, appelé *commun ground*. La construction d'un référentiel commun est un phénomène multimodal qui regroupe les modalités verbale, visuelle, gestuelle et graphique. Toutefois, selon Kibert (2016), l'un des 4 fronts sur lequel les concepteur·rice·s doivent s'engager pour permettre une transition écologique de leur travail est la création d'un champ des possibles, un espace co-réflexif pour comprendre l'écologie et par extension comment s'en inspirer et/ou l'utiliser en conception architecturale. L'analyse des assistances à l'écoconception démontre que

ces assistances laissent peu de place à la créativité, au sens où Madec (2021) l'entend. Cet espace co-réflexif est nécessaire pour faire face au système industriel totalitaire actuel.

Enfin, rappelons la place centrale de la **modalité graphique** dans le processus de conception architecturale et par extension, dans le processus d'écoconception. La projection graphique est une donnée essentielle dans la composition architecturale, de l'architecte vers l'objet, de l'objet vers l'architecte (Rippinger 2020) mais également vers toutes les parties prenantes du projet, la projection est multidirectionnelle. Toutefois, la modalité graphique est peu prise en compte dans les médias d'assistance à l'écoconception, elle est absente pour la plupart, privilégiant les modalités verbales ou numériques (Defays, Leclercq, et Nyssen 2013)(Baudoux et al. 2022)

En conclusion, l'écoconception est un travail collectif, alterné par la réalisation de tâches individuelles, coopératives et collaboratives, à la recherche d'une solution la plus satisfaisante possible. Pour réaliser les tâches, le travail collectif s'associe à 3 activités ; communiquer formellement et informellement, produire des artefacts et se coordonner entre équipes. Ces 3 activités participent à construire le référentiel commun de l'écoconception, assistées par des modalités graphiques, visuelles et verbales (phénomène multimodale). La construction de ce référentiel commun permet de comprendre les contraintes plurielles, corrélées et protéiformes. Il est également utilisé pour collaborer autour de la Nature, de s'en inspirer, en tant que modèle, et par conséquence, d'innover, ce qui sous-tend de se libérer de la pensée machiniste actuelle, de « *normes passe-partout, lourdes de schémas idéologiques préconçus et stéréotypés* » (Neuwels 2015) p.98[144]. **L'écoconception questionne la valeur morale coconstruite d'habiter le monde.**

[144] Cite Riboulet, Pierre

2.4 Support à l'écologisme conceptuel collaboratif : le rôle du BIM

(...) Le right tech [c'est] la mise en œuvre de la juste technique, du bon matériau pour un emploi judicieux en exacte quantité et dans le respect du budget du client

(Madec 2021, p175)

Cette section clôture le premier chapitre de cette thèse. Elle est construite au regard des courants de pensées et des réflexions présentés sur l'écologisme sociétal, architectural et conceptuel. Bien que les évolutions et les faits historiques nous apporte un bagage critique, notre recherche n'a pas de visée rétroactive ni rétrospective. Notre recherche est davantage prospective et proactive ; tournée vers une transition de l'écoconception architecturale (Chupin 2014). C'est à ce titre que nous étudions, dans cette section, les pratiques collaboratives au regard de l'écoconception, à travers ces questions :

- *D'un point de vue organisationnel, en quoi le BIM se distingue-t-il des premières générations d'assistances informatiques à la conception, la « CADification » ?*
- *L'usage du BIM favorise-t-il l'écoconception collaborative et multidisciplinaire ?*
- *Comment se déroule le processus d'écoconception, aujourd'hui ponctué entre médias d'assistances et processus de conception BIM ?*

Le mouvement Moderne ayant créé **une rupture avec le transfert des savoirs traditionnels** passés, les architectes et concepteur·rice·s « post-modernes », poussé·e·s par le développement durable technophile, sont partis à la recherche de nouveaux outils pour comprendre et appréhender le site et ses contraintes. A la différence des mouvements contestataires des Arts & Crafts, l'informatique est adoptée docilement dans le monde de l'architecture : les seules contestations sont concentrées sur **la virtualité et la prise de distance du lieu**, critiquées pour la simplification qu'elles imposent. Les conséquences sociales de l'informatique sont inattendues : elles provoquent la création de nouveaux comportements sociaux et **la restructuration des schémas antérieurs, y compris les technologies associées.** L'informatique est une manifestation des profonds changements culturels et techniques qui remodèlent notre compréhension du monde : le transfert de perception d'un monde d'objets à un monde de relations, changement de paradigme du siècle (Frazer 1995 dans Carpo 2013)[145].

L'informatique restructure les schémas antérieurs et les technologies associées : les outils technologiques ne servent plus uniquement à répondre à un lieu donné, contraint par le climat et la Nature, mais bien à **« mimer » la Nature** en recréant des forces naturelles à l'aide de programmes informatiques, nécessitant une réévaluation de **la signification des contacts du monde avant l'informatique et internet**. En témoigne le travail de l'architecte allemand Frei Otto (1925 – 2015), l'un des **protagonistes des procédures de CAO.** Fasciné par la résistance et la stabilité des structures tendues, il utilise la CAO pour étudier et recherche des formes optimales au regard des tensions des matériaux. Son analyse s'inspire et mime les formes organiques (bulles, coquillages) et les structures vernaculaires (tentes bédouines). Les données empiriques des volumétries traditionnelles des tentes sont comparées avec des analyses réalisées sur ordinateur (technologie naissante à l'époque) : son approche révolutionne l'architecture en s'éloignant des principes de compression (norme historique) au profit de la tension. Ses travaux, inspirant d'autres acteur·rice·s du secteur, donnera naissance à de nouvelles matières textiles extensibles, en fibre de verre à revêtement du téflon (Steele 2005).

[145] J. Frazer (1995) The Architectural relevance of cyberspace dans Capro (2013)

2.4.1 La numérisation de la conception architecturale : espérances, évolutions et conséquences

> *Le déterminisme technologique, fondé sur la conviction que les avancées sociales dépendent entièrement de la découverte scientifique, se concentre plus sur l'innovation que sur les conséquences d'une telle dépendance. Les outils, non seulement changent les schémas individuels de comportements, mais ils causent aussi des transformations au sein même des institutions sociales.*
>
> *(Steele 2005), p.20*

La spécificité unique du projet architectural résulte en partie du contexte dans le lequel il s'inscrit. Mais l'état d'indétermination est corrélé à **la complexité grandissante du processus de conception** (type de marchés, normes, multidisciplinarité, procédés, techniques, abandon des modèles architecturaux). L'accroissement des données liées aux contraintes précitées alourdit la charge de travail des concepteur·rice·s entrainant une gestion accrue d'enjeux qui dépassent les limites de l'équipe de conception. Il en résulte une inefficacité du procédé de travail de tous les acteur·rice·s (Terrin 2009) (Stals 2019) (RIBA 2020) (Calixte 2021). Les conséquences sont économiques (Charef, Emmitt, et Fouchal 2019) et environnementales : le secteur de la construction est responsable de près de 50% du total des ressources naturelles exploitées et de 35 % de la production totale de déchets (en poids) de l'Union européenne (European Commission 2020a) et d'environ 35% des émissions de CO2 (European Commission 2020b) (Bertoldi et al. 2022)[146]. Selon la commission européenne, une utilisation plus efficiente des matières premières permettrait au secteur de la construction de réduire les émissions de gaz à effet de serre de l'ordre de 80% (European Commission 2020a). Pour faire face à ce double enjeu de transition durable et digitale, la Commission conseille d'apporter une réponse conjointe (European Commission 2020b).

Pour comprendre la conception architecturale d'aujourd'hui, il nous faut jeter un œil dans le rétroviseur. Malgré le développement du premier outil de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) en 1963 au sein du MIT, le Sketchpad (Rippinger 2020), la numérisation des agences d'architecture est assez récente comparée aux autres secteurs[147]. Malgré des recherches initiées dès les années 1950 (de Boissieu 2020), l'essor de la **CAO spécialisée en architecture** explose à partir des années 1980 avec les premières commercialisations de logiciels[148] (Hochscheid 2021). L'adoption de la numérisation par les agences d'architecture dans les années 1990 vise une plus grande cohérence entre la conception architecturale et les décisions structurelles, avec à la clé, l'optimisation de la rentabilité. L'ordinateur promet alors une évolution fluide à travers les phases de projet, une continuité du flux de l'idéation à l'édification. La numérisation se targue aussi d'ouvrir un nouveau champ exploratoire fait d'une multitude de possibilités. En faisant varier toute

[146] Dans le rapport du GIEC 2022 : 6th Assessment IPCC Report – Chapter 9 Buildings
[147] Années 1960 pour le secteur automobile, 1970 pour les secteurs aéronautique et électrique
[148] Logiciels AutoCAD en 1983, Allplan en 1984, ArchiCAD en 1984, Vectorworks en 1985, Revit en 1999

une série de paramètres, la CAO prétend l'accessibilité d'une parfaite symbiose, réfléchie et contrôlée, entre forme et structure (Chabard 2010)(Dautremont, Martin, et Jancart 2020).

De cette numérisation du processus de conception, **plusieurs limites** ont été constatées. D'un côté, le numérique a balayé le potentiel de symbiose dans la majorité des projets d'aujourd'hui. Les programmes CAO de l'époque étaient inadaptés pour produire de nouvelles formes. Certain·e·s architectes ont imaginé leurs propres logiciels pour se libérer des contraintes formelles qu'imposent les logiciels CAO de l'époque. C'est le cas de John Frazer, qui en tant que professeur, apprend à ses étudiant·e·s à coder leurs propres programmes de conception. Le travail qu'il réalise à la AA School de Londres exprime le passage de l'attention jusqu'alors centrée sur l'objet architectural vers le processus architectural. La réplique virtuelle de l'environnement bâti réel vise à optimiser la meilleure forme selon les critères de sélection définis par l'utilisateur·rice. Cette façon de concevoir l'architecture transforme le processus de conception traditionnel vers un « accélérateur d'évolution » (Steele 2005). Cette transition, émergeante dans les années 1960, marque le passage des « assistances informatiques » (*computer aided*) aux nouveaux processus, numériques (*computerized*) et digitaux (*digitalized*), rendus possibles grâce aux ordinateurs (de Boissieu 2022)

> *L'adoption des nouvelles technologies reste donc un défi en raison des changements qu'elles entraînent dans la pratique architecturale, compte tenu de la relation que les architectes espèrent entretenir avec le contexte, les parties prenantes du projet et leurs rôles et missions de "maîtres" du projet notamment (Deutsch, 2019). p.5.*

D'autre part, la numérisation et la CADification entraîne la stratification extrême **(layering).** A travers ces outils numériques, l'œuvre architecturale a évolué vers une **stratification extrême**, pensée comme une superposition de *layers* (calques terrain, structure, techniques spéciales, etc.) et de peaux (pare-soleil, parement, isolation, structure, finition, etc.) distinctes les unes des autres. Les outils numériques ont joué un rôle majeur dans la stratification (voire de fragmentation) à l'échelle macro (au sein du processus collectif de conception, l'on parle davantage de silos) et à l'échelle micro (une succession de peaux pour l'objet architectural) (Turk 2020). Toutefois, il semble difficile d'en décrire distinctement les causes : est-ce les méthodes traditionnelles de travail qui ont appelé le développement d'une multitude d'outils numériques isolés ou est-ce les outils numériques qui ont accentué les méthodes segmentées de travail ? Il est fort probable que les outils numériques, ayant répondu aux attentes initiales des concepteur·rice·s, n'ont cessé d'évoluer dans ce sens jusqu'à leur paroxysme récent. Le déploiement de l'usage informatique a davantage modifié la production et la gestion de documents à l'intérieur des agences, moins entre agences (Didelon 2014)(Dautremont, Martin, et Jancart 2020)(Sattler, Lamouri, et Pellerin 2020).

> *(…) l'exemple de deux bureaux d'études, dont l'un produit des documents CAD (« Computer Integrated Design »), qui sont « dé-CADés » par le second via une impression papier, qui devra être re-digitalisée et éventuellement « re-CADée » par le premier lors d'une future itération. Paradoxalement donc, la numérisation dans le bâtiment crée une couche supplémentaire de fragmentation, entre les digitalisés et les autres – ce qui ne va pas exactement dans le sens de l'intégration (Sattler, Lamouri, et Pellerin 2020), p.4.*

De plus, notons la stratification du travail collectif devenu un **travail en silo**. En effet, à l'opposé des promesses initiales, l'ordinateur a renforcé le séquençage du flux de travail, le statut traditionnel des acteur·rice·s et le cloisonnement des compétences-métiers. Malgré les changements, l'architecte conserve sa place centrale dans le processus, appelé le cœur du processus de construction (Hochscheid et Halin 2018a), autour de laquelle gravitent les parties prenantes. Krygiel et Nies (2008) schématisent la hiérarchisation pyramidale des statuts et traduisent les flux relationnels par des flèches unidirectionnelles (Figure 17, gauche). Rasmussen, Gade et Jensen (2017) schématisent le flux de travail traditionnel comme un processus en silo (Figure 17, droite). Les adjectifs et métaphores utilisés pour décrire cette méthode de travail collective traduisent le manque d'interactions et d'échanges qu'elle sous-tend. Malgré une boîte à outils numériques performante, le·a concepteur·rice· s'isole plus que la boîte à outils « *ne le rapproche des parties prenantes avec lesquelles il devrait pourtant collaborer* » (Celnik et Lebègue, 2015, p.97).

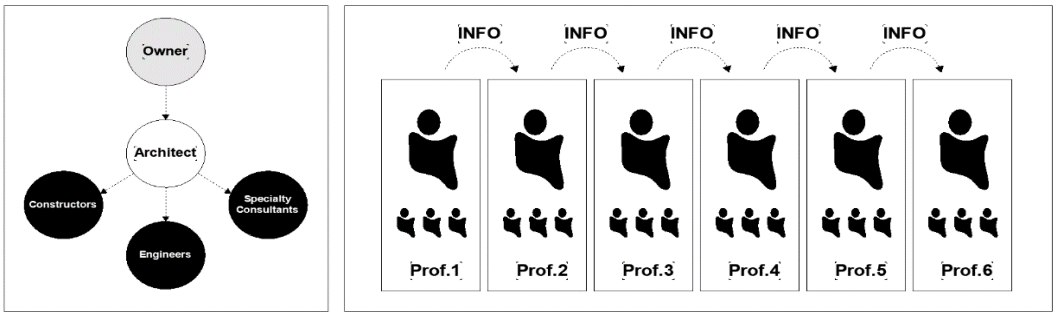


Figure 17 : Modèle d'équipe traditionnel sur base de Krygiel et Nies (2008) à gauche
Approche silo sur vase de Rasmussen et al. (2017) à droite

Enfin, la numérisation est pointée pour son **manque d'interopérabilité et l'isolement des domaines** qu'elle génère. Dès la fin des années 1980 début 1990, chaque secteur-métier exploite des solutions logicielles indépendantes ; non-interopérables. L'inefficacité du secteur s'intensifie avec la massification d'internet et l'absence d'interopérabilité où les échanges d'études de conception par métiers sont laborieux (Hochscheid 2021). Au sein de ces processus dits traditionnels, une même information est reproduite jusqu'à 7 fois[149]. **Les conséquences de la rupture du flux de travail** outrepassent de loin le périmètre bâti du projet : le cloisonnement, la stratification organisationnelle et l'absence d'interopérabilité ont de lourdes répercussions économiques (manque d'efficience de la construction avec surcoûts)(Charef, Emmitt, et Fouchal

[149] BIMPortal du CSTC, Source web, consultée le 09/01/2023 : https://www.bimportal.be/fr/bim_fr/general/caracteristiques/

2019). Selon une étude chiffrée réalisée aux Etats-Unis, le coût de la non-interopérabilité est estimée 16 milliards de dollars par an, dont 67% sont supportés par les propriétaires et bailleurs, 14% par les fournisseurs spécialisés, 11% par les sociétés de promotion et de construction et 7% par les architectes et ingénieur·e·s. Les conséquences sont aussi écologiques (surexploitation des ressources et surproduction de déchets), entrainant elles-mêmes des conséquences sociétales (santé des intervenants et bien-être des occupants) (Celnik et Lebègue, 2015) (Aziz, Nawawi et Ariff, 2016)(Halbach et Jancart 2019).

Pour faire face aux dommages causés par l'inefficacité du travail collectif, la société de logiciels Autodesk fonde en 1996 l'Alliance Internationale pour l'Interopérabilité (IAI) dont l'objectif est le développement de standards interopérables pour le secteur de la construction. L'IAI est renommée en 2005 en BuildingSMART. Parallèlement aux formats d'échange, l'interopérabilité est orientée vers les protocoles et les échanges de données automatisés, et à travers eux, l'émergence du ***Building Information Modeling,* le BIM** (EU BIM Task Group 2017)(Hochscheid 2021). En réalité, pour certain·e·s chercheur·se·s, le BIM serait en gestation depuis le début des années 1990, sous le terme de l'époque *intégration*, pour d'autres chercheur·se·s, les origines du BIM remontent à la fin des années 1970 (Charef, Alaka, et Emmitt 2018) (Jetlund, Onstein, et Huang 2020) (Sattler, Lamouri, et Pellerin 2020) . Bien que le BIM ait été inspiré par des méthodes de conception issues d'autres secteurs, telles que le PLM de l'automobile et aéronautique (Sattler, Lamouri, and Pellerin 2020, p.4).

> *Cette adoption, d'apparence paradoxale (le BIM, symbole de la construction 4.0, intensifie la numérisation du secteur), permet pour la première fois de porter toute l'attention sur la collaboration autour du projet, et non plus uniquement sur le projet stricto-senso. Le BIM promet d'atteindre une harmonie entre tous les layers et les strates du projet, tant convoitée dès les prémisses de la digitalisation. Il entraine avec lui une refonde en profondeur des pratiques, de l'organisation des compétences-métiers, des rôles, des relations et des responsabilités des acteurs* (Dautremont, Martin, et Jancart 2020) *p.3.*

2.4.2 Le BIM : support à la conception collaborative et multidisciplinaire

L'industrialisation, les catalogues de produits industriels et de bases données, le manque de communication, le manque de rentabilité et le travail en silo créent le terreau favorable à l'émergence du **BIM**. Le BIM est une réponse intégrée à la pluralité des représentations dû à la tridimensionalité informée et codifiée du projet architectural, défini par Stals (2019), comme l'une des spécificités majeures du processus architectural. Avec l'objectif de renouveler les pratiques collaboratives, les parties prenantes du projet interagissent, échangent, alimentent et exploitent des données à travers la maquette numérique, tout au long du cycle de vie du projet. Le BIM est, à ce titre, une technologie de l'information dédiée au secteur de l'architecture, ingénierie, construction et exploitation (AICE[150]). Impliquant différents profils et professions, les échanges et le processus de travail collectif doivent être rigoureusement structurés. Dans ce but, plusieurs éléments clés ont été développés afin de créer un langage commun et particulier du BIM, dont les *Level of development* (LOD), appelé aujourd'hui *Level of Information Need (LOIN)*, les dimensions du BIM, les formats, les protocoles et les classifications (Celnik et Lebègue 2015) (Lebègue et Cuba Segura 2015)(Sattler 2018)(Hochscheid 2021)(de Boissieu 2021).

> *La tragique situation contemporaine accroît l'exigence attendue pour nos projets. Plus complexes, ils prennent en considération plus de données, demandent plus de temps et font appel à un nombre croissant d'acteurs, dont les citoyens habitants. Pour les aborder dans toute leur complexité, les équipes s'enrichissent : pluridisciplinaires, (...) avoir à nos côtés des experts de chaque domaine favorise la compréhension et la prise en charge de la complexité épaisse et enchevêtrée des mondes qui accueillent les projets (Madec 2021, p.127)*

Nous abordons succinctement dans un premier temps ces notions du BIM ainsi que la collaboration du BIM, pour nous concentrer dans un second temps sur l'usage au regard de l'écoconception collaborative.

2.4.2.1 Les notions du BIM : définition, niveaux d'informations et formats

2.4.2.1.1 Définition

Les premières normes sur le BIM ont été publiées au début des années 1990. Cependant, depuis la mise en place en 2015 d'un comité européen de normalisation (CEN) dédié au BIM, couplé à l'intérêt grandissant du secteur AECO, de **nombreuses normes dédiées au BIM** ont été publiées et adoptées. Ce foisonnement de normes renouvelées tous les 5 ans peuvent enrayer la compréhension et l'adoption du BIM par les praticiens (Bolpagni et al. 2022). Il est communément accepté de se référer à la norme ISO 19650 pour définir le BIM en tant qu'« utilisation *d'une*

[150] Au sein de la revue littérature, l'on retrouve largement l'acronyme anglophone AECO pour Architecture, Engineering, Construction and Operation. Dans la suite de cette thèse, nous utiliserons cet acronyme largement répandu plutôt que sa version francophone.

représentation numérique partagée d'un actif[151] *bâti pour faciliter les processus de conception, de construction et d'exploitation et former une base fiable permettant les prises de décision* » (International Standard Organization 2018). A travers cette définition, 3 notions s'articulent : **la base de données** du modèle (*Model*), **le travail collaboratif** autour de cette base de données (*Modeling*) et **le processus de gestion de la base de données** au sein du travail collaboratif tout au long du cycle de vie (*Management*). Il est évident que toutes les données ne sont pas utiles à tout moment et pour toutes les parties prenantes du projet (Lebègue et Cuba Segura 2015) (Hochscheid 2021).

2.4.2.1.2 Niveaux d'informations

> *Pour s'ouvrir à une négociation créatrice entre ces 3 types d'acteurs [gestionnaires de plateformes de données urbaines SIG, équipes de conception et usagers] en tenant compte de leurs différentes visions du monde, une interaction reste à bâtir. Cette négociation doit s'établir dans des espaces de conception qui puissent être tour à tour narratifs et sensibles pour être accessibles à l'ensemble des parties prenantes du projet et performanciels lorsqu'il s'agit de collaborer entre professionnels et partager la responsabilité de bonne fin d'un ouvrage. (…) élus, services techniques, architectes, ingénieries, entreprises de constructrices, exploitants de réseaux, etc., tous – ou presque – ont le même impératif : disposer de données identiques tout en les exploitant diversement, selon leurs missions et leurs engagements, pour programmer, concevoir, construire, gérer et transformer l'édifice (Celnik and Lebègue 2015, p.97)*

Afin d'éviter le piège de « l'usine à gaz »[152] , plusieurs **garde-fous** ont été élaborés dont **les niveaux d'informations** souhaités. Définir le niveau d'information permet de répondre avec justesse à l'objectif visé sans superflu ni informations inutiles. Selon le protocole BIM de l'Institut américain des architectes (AIA) de 2013, le niveau de développement LOD « *décrit les données minimales dimensionnelles, spatiales, quantitatives, qualitatives et autres incluses dans un élément de modèle pour soutenir les utilisations autorisées associées à ce LOD* [153]» (The American Institute of Architects 2013). Depuis, les niveaux d'informations ont évolué. Parallèlement aux LOD qui combinent le niveau de détail géométrique et le niveau d'information, Niveau de développement en français (NDD), le secteur accepte la notion de LOd pour *Level of Detail*, qui désigne le niveau de détail géométrique d'un objet. Enfin, les LOI, *Level of Information* ou Niveau d'Information *(NDI)* désigne les propriétés non géométriques liées à l'objet BIM (Lebègue et Cuba Segura 2015). A ces niveaux géométriques (100, 200, …, 500) et d'informations (10,20, … 50), le guide BIM luxembourgeois propose un niveau de documentation (1,2, … 5). Par cet ajout, le Grand-Duché du Luxembourg relève et répond à l'une des limites actuelles des logiciels et des compétences du secteur : faisant face à un niveau de compétence du secteur varié, la documentation permet de

[151] Le mot « objet» a été remplacé par «actif»; les mots «comprenant bâtiments, ponts, routes, usines, etc.» ont été supprimés. Un actif est « item, chose ou entité qui a une valeur potentielle ou réelle pour un organisme ».
[152] Système dont la complexité et l'incohérence réduire son efficacité
[153] Traduction personnelle de l'anglais

livrer des maquettes numériques moins détaillées mais complétées, selon les besoins, par des annexes (CRTI-B and digital building.lu 2017). Le Tableau 12 synthétise le système GID du Luxembourg.

Le BIM est un écosystème professionnel composé de nombreux acronymes qui peuvent être différents selon les pays et alimentés par des domaines connexes. A titre d'exemple, le BIM et les systèmes d'informations géographiques (SIG) sont des écosystèmes connexes qui parfois partagent des desseins communs (Celnik et Lebègue 2015). La pléthore de « *niveaux de …* », leurs définitions interchangeables et modifiées au fil des années, ont entrainé une confusion générale et une **remise en question de ces systèmes de structuration au regard de la réalité de terrain**. Cette bureaucratisation rend les pratiques peu agiles (Bolpagni 2016)(Bolpagni et Ciribini 2016)(de Boissieu 2021). Nos méthodes de recherche s'attarderont sur les niveaux de développement et de détails au regard de informations liées à l'écoconception.

Tableau 12 : Synthèse des niveaux GID sur base du Guide luxembourgeois du BIM

	Intentions / Pré-construction	Conception	Soumission	Exécution	Exploitation
	Programmation / APS	Approbations, APD	SO	Chantier, As-built	FM, Démolition
G (géométrie)	100	200	300	400	500
I (Information)	10	20	30	40	50
D (Documentation)	1	2	3	4	5

2.4.2.1.3 Système de classifications : BBSfB, CCTB2022 et Uniclass

> *À l'heure où l'utilisation du BIM se fait croissante et où la quantité d'informations à gérer dans un projet ne cesse d'augmenter, la structuration des données s'avère plus que jamais essentielle à leur exploitation et à leur échange. L'utilisation d'un système de classification apporte à cet effet une aide précieuse, dont les bénéfices sont d'autant plus grands si les différents intervenants adoptent le(s) même(s) système(s) de classification tout au long du projet*. (Huerdo Fernandez et Dewez 2019) *p.5.*

La définition des niveaux d'informations vise à produire la juste quantité d'informations (de qualité) nécessaires selon l'objectif visé, pas plus. Une fois l'objectif défini, les données doivent être ordonnées. **L'utilisation d'un système de classification** au sein d'un travail collectif de conception architecturale permet d'établir un langage commun, d'assurer les échanges de données et leurs exploitations, évitant différentes appellations pour un simple objet (Figure 18). Les systèmes de classifications des informations sont normés à l'instar d'autres notions BIM. Le

travail de Bolpagni et al. (2022) met en lumière 3 clusters de normes[154] dont l'un se concentre sur la classification de l'information, au sein duquel l'on retrouve les normes ISO 12006 et ISO 16757.

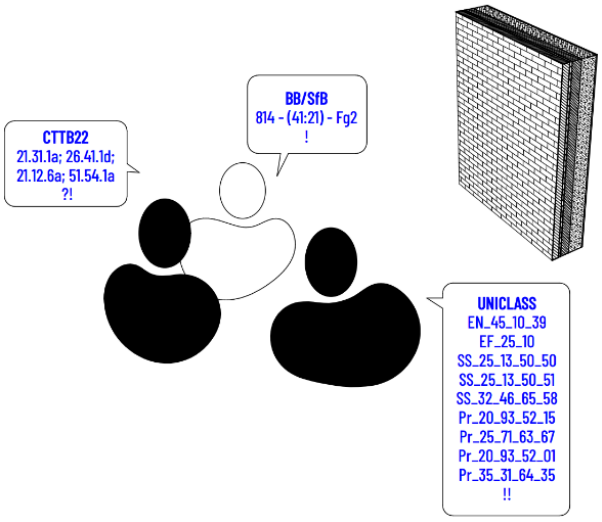


Figure 18 : Utiliser la même langage normé – Un même mur creux et autant d'appellations

Lors de son élaboration, chaque système de classification choisit la façon dont les objets sont classés, selon des critères de subdivision. Huerdo Fernandez and Dewez (2019) identifient 2 systèmes de classification :

- Soit **le système est énumératif,** c'est-à-dire à hiérarchie simple, comme illustré à la Figure 19. La collection d'objets est subdivisée selon les couleurs (premier critère de subdivision), les formes (second critère de subdivision) et enfin la taille (troisième critère de subdivision). Chaque objet, pris séparément de la collection, se trouve au dernier niveau hiérarchique de la classification.

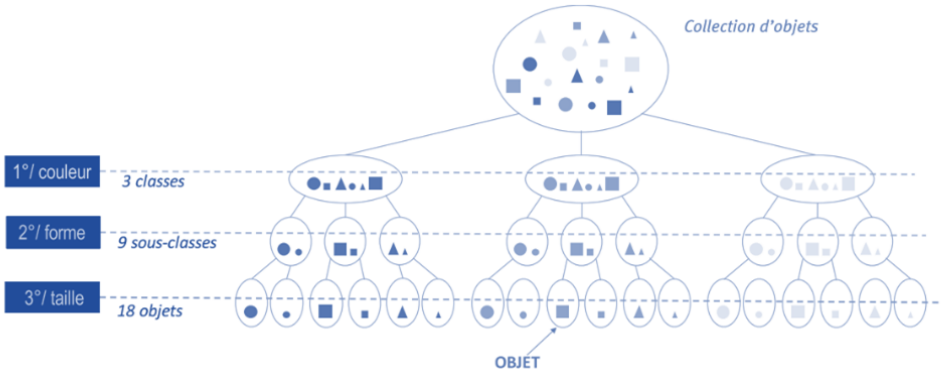


Figure 19 : Schématisation du système de classification énumératif – Source : Huerdo Fernandez and Dewez (2019)

[154] Les deux autres clusters se concentrent sur les processus de fourniture d'informations à un niveau stratégique et tactique (ISO 19650) et la spécification des exigences en matière d'information (ISO 29481, ISO 21597).

- Soit **le système est dit à facette**, c'est-à-dire à multiple hiérarchie. Contrairement aux systèmes énumératifs, les critères de subdivision peuvent se trouver aux mêmes niveaux hiérarchiques, ils sont des « facettes » du système. Les critères se trouvent sur la même ligne hiérarchique (forme et taille) et peuvent être classés hiérarchiquement (couleur sous-classe de la classe forme) (Figure 20). Ce système à facette contient un élément par classe mais l'élément ne caractérise pas entièrement l'objet.

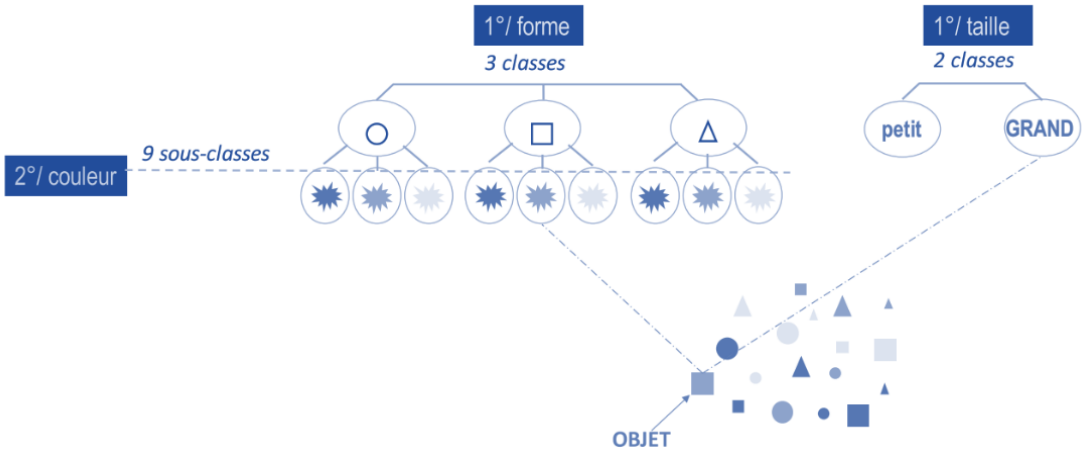


Figure 20 : Schématisation du système de classification à facettes
Source : Huerdo Fernandez and Dewez (2019)

Chacun des systèmes est codifié et permet d'identifier un objet selon un code précis. Parmi le panel international de systèmes de classifications, nous nous concentrons ici sur 3 systèmes de classification[155]: le SFB (BB/SfB et NL/SfB), le CCTB 2022 et la classification anglaise Uniclass, qui à l'échelle européenne, est l'une des classifications les plus répandues.

Classification BBSfB

S'appuyant sur le système de classification international CI/SfB, le BB/SfB est un système belge, publié pour la première fois en 1990. Le BB/SfB est **un système à facettes**, composé de 5 tables (T) : (T0) concerne l'environnement physique selon le programme du projet, (T1) concerne les éléments de construction selon leur fonction, (T2 et 3) concernent les formes et les matières des matériaux, (T4) concerne d'autres facteurs liés aux processus, matériel et opération dont les caractéristiques, les performances et les contraintes. Chaque table comprend plusieurs niveaux hiérarchiques (Figure 21) : un élément répond à un code issu de plusieurs tables.

[155] Ce choix résulte d'une part de leur usage répondu en Belgique, d'autre part, elles sont particulièrement utilisées dans l'agence au sein de laquelle la thèse est menée

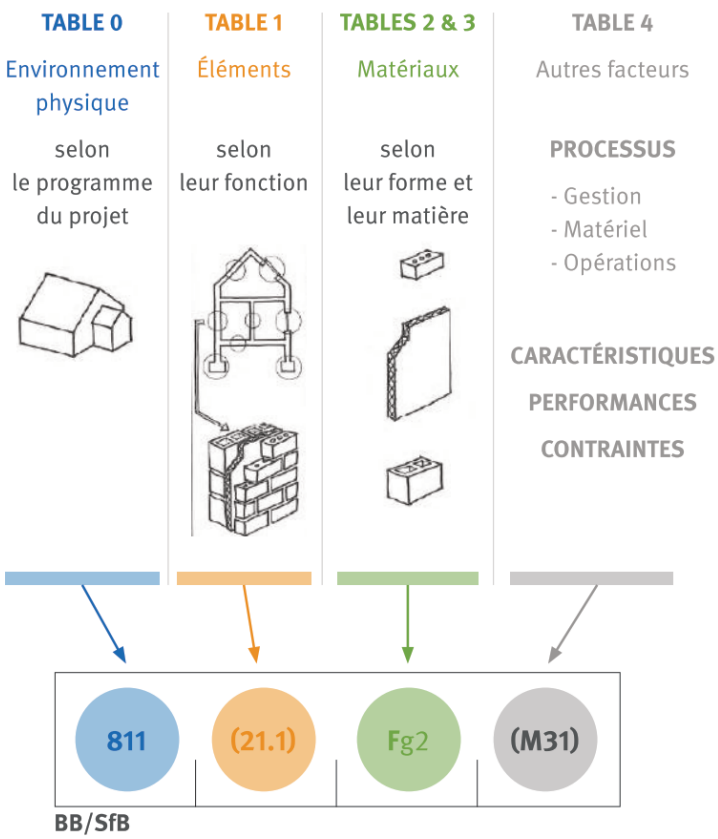


Figure 21 : Schématisation du système de classification BBSfB - Source : Huerdo Fernandez and Dewez (2019)

Classification CCTB 2022

Élaboré en 2014, le système de classification du CCTB2022 s'appuie sur le Cahier des Charges Type Bâtiments développé pour uniformiser les procédures et pratiques dans les marchés publics et privés de travaux de construction et de rénovation dans la Fédération Wallonie-Bruxelles. Le cahier des charges type contient des spécifications techniques et administratives, réparties selon 11 tomes, un tome administratif (TA) (législations, types de marchés, etc.) et 10 tomes techniques : (T0) entreprise / chantier, T1 pour les terrassements et fondations, T2 pour les éléments de structure, T3 pour les travaux de toiture, T4 pour les fermetures et finitions extérieurs, T5 pour les fermetures et finitions intérieurs, T6 pour HVAC et sanitaires, T7 pour l'électricité, T8 pour les traitement de surface et T9 pour les abords. Les tomes suivent l'ordre chronologique de conception du projet. Chaque tome contient une classification à 6 niveaux pour (i) le tome, (ii) la section, (iii) le titre, (iv) le sous-titre, (v) le chapitre, (vi) l'article. **Le système est énumératif,** permettant de déterminer un élément entièrement au dernier niveau du tome indépendamment des autres.

Classification UNICLASS

Après sa première publication en 1997 et son extension en 2013, l'Uniclass est développé et géré depuis 2015 par le National BIM Library (NBS) qui a pour mission de l'intégrer au plan national d'implémentation BIM au Royaume-Uni. L'Uniclass couvre les bâtiments, l'ingénierie, les aménagements paysagers et les infrastructures. Il est composé de 11 tables, chacune composée de sa propre structure hiérarchique de classes et sous-classes.

- Sept tables de base : complexes (Co), entités (En), activités (Ac), espaces / lieux (SL), éléments / fonctions (EF) , systèmes (Ss), produits (Pr).
- Quatre tables concernant les outils de construction et de dessin, les processus de gestion du projet et de l'information ; (TE) TE Tools and Equipment, (PM) Project Management, (Zz) CAD, (FI) Form of Information.

De par leur nombre important de classes et sous-classes, les codes peuvent être très longs, entrainant une certaine rigidité d'utilisation, mais à contrario permettent de couvrir un large champ de disciplines du secteur.

Dans leur analyse détaillée des systèmes de classifications, Huerdo Fernandez and Dewez (2019) s'appuient sur 3 principes de la norme ISO 12006-2 :2015 pour identifier les champs couverts par les systèmes de classifications étudiés. Unis par des relations, les principes sont les **ressources, les processus et les résultats de construction**. Sur base de ce travail, nous synthétisons à la Figure 22 **les champs couverts par les 3 systèmes de classifications** précités. Pour chacune des classifications, les tables et les tomes sont identifiés au regard des 3 principes :

- En hachure pleine, les tables et tomes sont entièrement liés aux principes,
- En traits tillés, les tables et tomes sont partiellement liés aux principes.

Le CCTB2022 représente le système qui couvre le moins de champs (uniquement les résultats de travail et partiellement les propriétés). **Les ressources de constructions** sont davantage couvertes par le système UNICLASS, alors que le système BBSfB ne couvre que partiellement ce champ : seuls les produis de construction sont considérés dans les T2 et T3. Les processus de construction représentent le principe le moins couverts ; partiellement pour le BBSfB, uniquement d'un point de vue gestion pour UNICLASS. Le CCTB ne couvre pas ces champs. L'UNICLASS couvre bien les champs d'applications des résultats de construction. La BBSfB le couvre partiellement : certaines sous-classes de la T0 Environnement physique couvre les complexes, les entités et les espaces.

D'un point de vue global, cette synthèse met en évidence le manque de prise en considération des processus liés aux activités du travail collectif par les systèmes de classifications ; les processus de préparation / programmation, de conception, de construction et de maintenance dans les classifications. Dans le chapitre résultats, nous aborderons ces éléments et notions au regard des informations liées à l'écoconception et particulièrement à l'environnement physique.

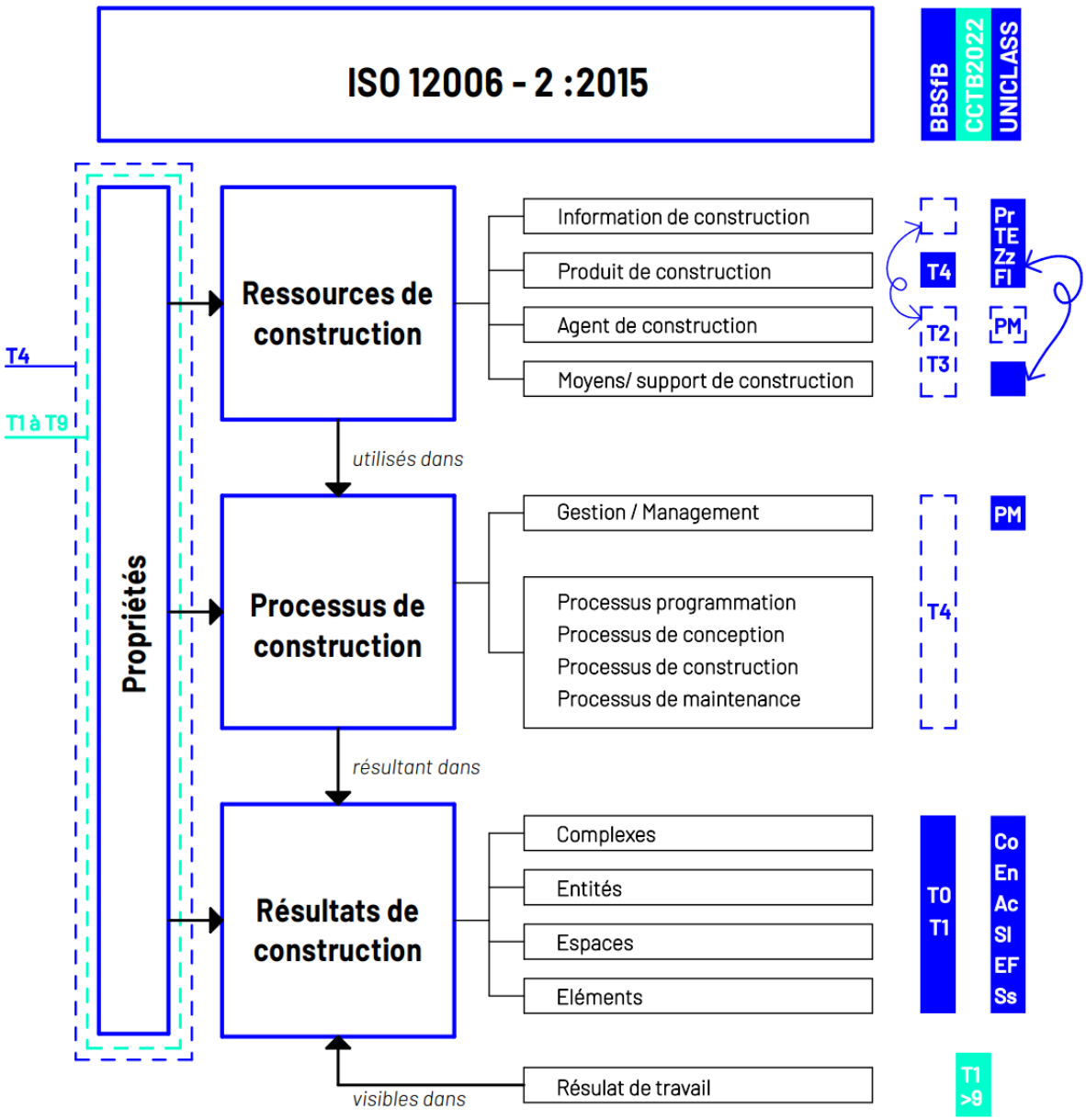


Figure 22 : Schématisation de synthèse des 3 classifications BBSfB, CCTB22 et UNICLASS au regard de l'ISO 12006 – 2 :2015 , basé sur le travail de Huerdo Fernandez and Dewez (2019)

Où : en hachure pleine, les tables et tomes sont entièrement liés aux principes
en traits tillés, les tables et tomes sont partiellement liés aux principes.

2.4.2.2 Un processus de travail collaboratif : niveaux, engagement contractuel et gestion de projets

L'implémentation du BIM à l'échelle européenne n'est pas homogène entre les pays. Cette hétérogénéité non-règlementée pourrait aggraver le manque de productivité du secteur. Selon une étude de 2019, les 28 pays européens[156] ne présentaient pas une situation équivalente en matière de BIM : 7 d'entre eux avaient déjà adopté le BIM en 2019, il s'agissait de la Finlande, l'Estonie, le Luxembourg, la Suède, le Danemark, le Pays-Bas et le Royaume-Uni. Treize projetaient d'implémenter le BIM : 7 avec une date précise dont l'Australie, la Lituanie, l'Allemagne, l'Italie, l'Espagne, la Pologne et le Portugal, et 6 pays sans date précise d'implémentation, dont la France, la Lettonie, la Slovaquie, la Croatie, la République Tchèque et l'Irlande. Enfin, l'adoption du BIM ne faisait pas l'objet d'une adoption prévue pour 8 pays européens : la Slovénie, Chypre, la Roumanie, la Bulgarie, la Grèce, la Hongrie, Malte et **la Belgique** (Charef, Emmitt, et Fouchal 2019). Les disparités sont également visibles au sein du secteur AECO. À l'instar de l'implémentation du BIM au sein de l'Union européenne, son adoption n'est pas homogène entre disciplines.

Nous nous concentrons ici sur 3 éléments dont dépend le processus collaboratif BIM : les niveaux de maturités (de l'équipe de projet), les niveaux de compétences des acteur·rice·s et des documents contractuels.

Les niveaux de maturités en BIM permettent de définir une stratégie commune au sein d'une équipe orientée sur les pratiques. La Figure 23 illustre les quatre niveaux de maturité selon les pratiques intégrées : le niveau le plus bas, le niveau 0 traduit une pratique articulée autour d'éléments planaires, réalisée en CAO ou à la main (plans, coupes, métrés, etc.), sans maquette numérique. Au sein du niveau 1, une maquette orientée objets est utilisée de façon isolée, permettant la production de documents automatisée (plans, coupes, métrés) mais sans échanges bidirectionnels. Dès le niveau 2, le processus devient collaboratif et s'articule autour d'une maquette fédérée avec exploitation des informations. La mise en commun des différentes maquettes métiers (selon les disciplines) est réalisée par le BIM Manager qui assiste l'une des parties prenantes dans le processus (maitrise d'ouvrage ou équipes de conception/construction). En BIM niveau 2, les informations sont échangées selon des formats de fichiers standard tels que le format IFC[157] ou le COBie[158]. Le niveau de maturité 3 implique une maquette numérique intégrée où le travail collaboratif, c'est-à-dire l'édition de la maquette numérique, se fait de façon synchrone depuis une plateforme de stockage du projet. Le projet est géré tout au long de son cycle de vie, au sein d'un processus de travail collaboratif avec des échanges de données ouvert entre les différentes parties du projet. Ce dernier niveau traduit le concept d'industrie 4.0 et la gestion de l'information centralisée. Ainsi, plus le degré de maturité est élevé, meilleure serait

[156] Avant le Brexit

[157] Développé en 1997, le format IFC pour Industry Fondation Classes est le format standard du BIM ouvert (OpenBIM). Les formats fermés (closed BIM) sont les formats propriétaires, tel que le format RVT pour Revit ou PLN pour ARCHICAD. L'IFC offre de l'indépendance vis-à-vis des éditeurs de logiciels, favorisé dans les marchés publics.

[158] Le format COBie pour Construction Operations Building Information Exchange permet d'échanger les données non-géométriques tels que les étages, les espaces, les surfaces, hauteurs, quantités, etc. Ce format est utilisé au sein du dossier as-built pour des systèmes de maintenance et d'exploitation (GMAO).

collaboration (Lebègue et Cuba Segura 2015)(International Standard Organization 2018)(Akbarieh et al. 2020)(Sattler, Lamouri, et Pellerin 2020)(Hochscheid 2021).

Toutefois, bien que les niveaux de maturités en BIM soient attribués à l'équipe, les niveaux de maturité (compétences BIM) ne sont pas identiques (et sans doute pas nécessaire) pour chacune des parties. En Belgique, **une matrice des compétences BIM**[159] a été élaborée en tant que guide pour identifier et structurer les compétences des acteur·rice·s du projet. La matrice s'articule autour de 3 thèmes, les outils qui traduisent l'aspect technique du BIM, les informations qui traduisent les échanges et la collaboration, et enfin le management qui traduit la gestion de projet, la gestion d'équipes et la stratégie de développement. Le tableau 13 synthétise les 6 niveaux articulés autour des 3 thèmes (Comité technique ICT BIM et Cluster BIM, s. d.)

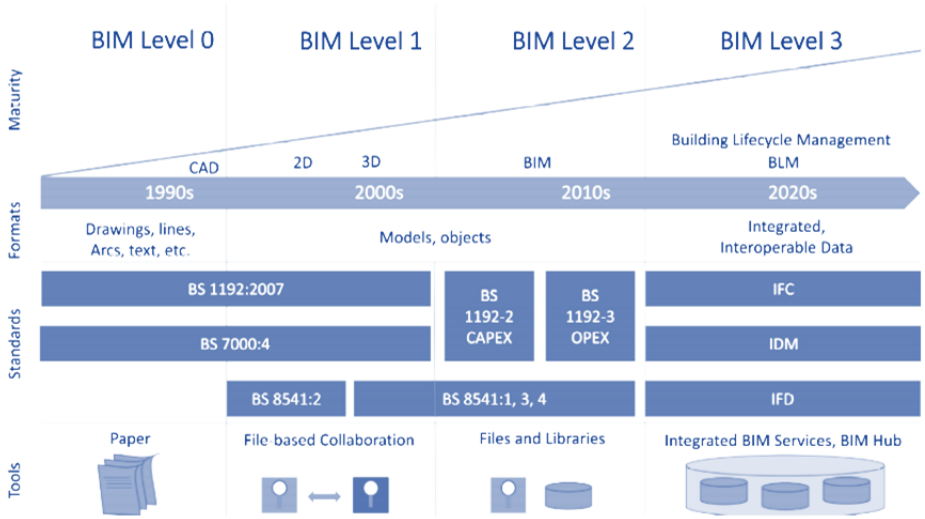


Figure 23 : Les 4 niveaux de maturité des pratiques BIM : formats, outils et normes – Source : (Akbarieh et al. 2020)

Nous avons vu les niveaux de maturité et les niveaux de compétences des équipes au sein du processus collaboratif. Le processus BIM repose également sur deux **documents contractuels complémentaires** qui engagent les parties prenantes : **le protocole BIM,** qui reprend les conventions (informations et livrables) et les attentes (objectifs, applications, processus, réunions), et **le plan d'exécution BIM,** qui décrit la mise en œuvre détaillées des objectifs fixés au protocole (les formats d'échanges, les codes, les niveaux, systèmes de classifications, etc.). En Belgique, ces documents sont régis par Buildwise en collaboration avec le groupe de travail Cluster BIM, et sont disponibles en ligne[160]. Les objectifs BIM sont énumérés au sein du protocole BIM, parfois complété par le document de vision BIM (document antérieur), et mis en parallèle aux applications BIM (*comment mettre en projet les objectifs ?).* Chacun des objectifs et applications BIM liées correspond à une ou plusieurs phases de projet et sont attribués à l'un·e (ou plusieurs) acteur·rice·s du projet. Le Tableau 14 ci-dessous illustre un exemple d'objectif BIM (CSTC, KU Leuven, et D-studio 2019)(WTCB, KU Leuven, et D-studio 2019).

[159] La matrice des compétences est disponible en ligne : https://www.bimportal.be/fr/projets/ct/publications-resultats/matrice-de-competences-bim/

[160] Source web, consultée le 11/01/2023 : https://www.bimportal.be/fr/projets/ct/publications-resultats/protocole-bim-belge/

La revue de littérature professionnelle présente peu d'objectifs liée à l'écoconception, telle que l'augmentation de la biodiversité sur site, la végétalisation du site, favoriser le réemploi sur site ou encore valoriser les tiers sociétaux. Nos méthodes de recherches, présentées au prochain chapitre, enquête par questionnaire et recherche-action en agence, s'attarderont sur les liens entre objectifs BIM, applications et écoconception.

Tableau 13 : Synthèse de la matrice des compétences BIM - Source : BIMportal.be

	Niveau 1 Connaissance	Niveau 2 Compréhension	Niveau 3 Application	Niveau 4 Analyse	Niveau 5 Evaluation	Niveau 6 Optimisation
Outils	Connaître les catégories d'outils BIM	Comprendre et expliquer avec les possibilités et applications des outils BIM	Utiliser les outils	Développer des standards pour l'organisation des fichiers	Evaluer des outils Choisir et justifier le choix des outils Mise en œuvre des solutions choisies	Créer/Optimiser des outils
Informations	Connaitre les informations nécessaires Connaitre les plateformes collaboratives	Expliquer l'usage des informations Connaitre les accès aux plateformes Avoir des notions de base concernant l'organisation de l'information	Créer, utiliser et extraire de l'information au moyen des outils et sur base de conventions	Analyser les informations Détecter les incohérences	Tirer des conclusions sur base de l'analyse	Gérer/adapter/améliorer le processus d'échange d'informations
Management	Connaitre les normes, réglementations et guides relatifs au processus BIM	Comprendre l'impact des normes sur la structure organisationnelle / projet Comprendre les enjeux du travail collaboratif	Créer des conventions et les faire respecter	Analyser les performances des activités BIM	Tirer des conclusions sur base des analyses	Définir une stratégie BIM globale

Tableau 14 : Exemple d'objectif et d'application BIM issus du protocole BIM – Source : (CSTC, KU Leuven, et D-studio 2019)

Objectif BIM	Application BIM	Phase de projet	Acteur·rice·s du projet
Planification du chantier	BIM4D	Préparation des travaux	Entrepreneur·e

Nous l'avons vu précédemment : l'élaboration des processus BIM a été inspirée par **la gestion moderne des projets industriels,** résultant des deux guerres[161] et bouleversant le déroulement du projet architectural. Nous faisons un parallèle entre deux diagrammes représentatifs de ces changements : d'un côté, le diagramme de de MacLeamy (2004) sur les processus BIM, de l'autre, le diagramme des gestions modernes de projet (Terrin 2009). Ils illustrent chacun l'influence de l'industrie sur la gestion des projets en architecture. Aussi, ces deux diagrammes traduisent le bouleversement que subit la conception architecturale par l'introduction du BIM, par le déplacement de l'effort aux prémices de la conception (modélisation détaillée). En comparaison, l'effort de conception au sein d'un processus en silo s'intensifie dès le dossier d'exécution (détails techniques, cahier de charges, etc.).

Cette mise en parallèle est synthétisée à la Figure 24. Le diagramme (courbes, en noir) est issu des écoles de management et concerne l'impact des décisions d'un projet tout au long de son élaboration : « *85% des décisions sur les coûts se jouent pendant les études préalables de sa conception, c'est-à-dire lors de l'élaboration de son cahier des charges et des études de faisabilité* » (Terrin 2009). Le diagramme de Mac Leamy (2004) représente les efforts à fournir au regard des coûts qu'ils impliquent selon les phases de projet (courbes, en bleu). Ainsi, le BIM demande des efforts important (à faible coût) en début de projet qui s'amenuisent pendant le processus. En résumé, le contrôle des coûts est inversement proportionnel aux coûts de changement au sein du processus. Au sein des agences et à travers les projets, ces changements nécessitent des adaptations organisationnelles, économiques (facturation) et contractuelles (responsabilités, délivrables, processus, etc.)(Terrin 2009)

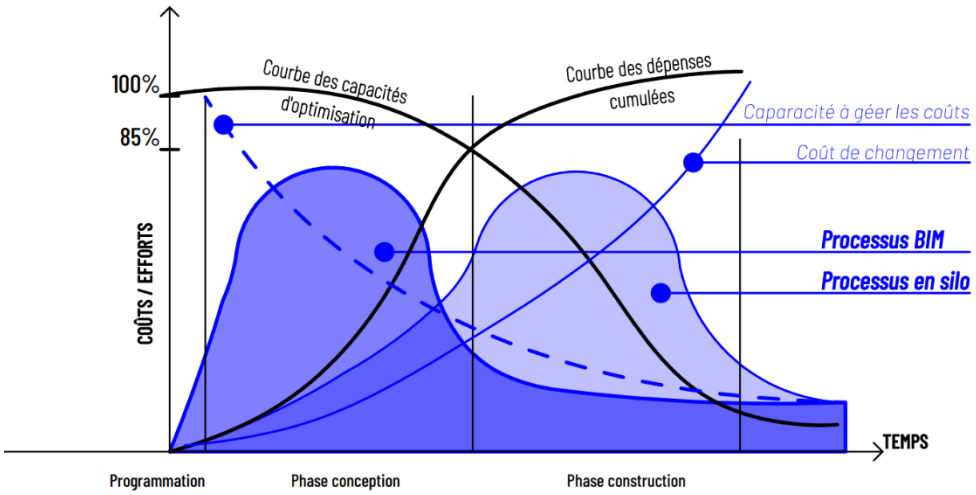


Figure 24 : Synthèse des diagrammes de MacLeamy (2004) en BIM (bleu) et de management (noir) Terrin (2009)

[161] Les conditions extrêmes et les nombreuses contraintes auxquelles fait face l'industrie de l'armement durant les deux conflits mondiaux appellent à repenser entièrement les modes de production et leur organisation. Les méthodes de management moderne sont issues de cette reforme qui ont d'abord touché les industries à risques (chimie et armement) et ensuite aéronautique et aérospatiale jusqu'au secteur de la construction récemment.

2.4.3 L'usage du BIM au regard de l'écoconception architecturale

> *De nombreux travaux documentent le constat que les progrès technologiques de tous ordres (efficacité énergétique des bâtiments, rendement des appareillages) ne suffiront pas à réduire l'empreinte écologique des activités humaines conformément aux objectifs fixés par les accords internationaux* (Maresca et Dujin 2014)

Le potentiel du BIM n'a pas pour vocation de se limiter à la modélisation tridimensionnelle du projet informé. Le terme *n*D s'est développé en tant qu'extension du modèle 3D, intégrant différents aspects des informations de conception utiles à chaque étape du cycle de vie du bâtiment. Ainsi, le BIM2D concerne les vues en deux dimensions issues de la maquette numérique (élévations et plans). Le BIM3D représente géométriquement les objets BIM. La notion de temporalité est ajoutée au sein de la quatrième dimension du BIM, permettant de visualiser la planification et la programmation d'un ouvrage, sa durée, sa progression à travers les phases de projet (Bolshakova, Guerriero, et Halin 2020) (Boje et al. 2020). Rapidement, la notion de coût financier a été ajoutée à travers le BIM5D. Au-delà de la cinquième dimension, il n'existe pas de consensus[162] unanime sur ce qu'implique les sixième et septième dimensions (NBS, 2021).

Il existe d'ailleurs **peu de recherche concernant le BIM6D et le BIM7D** au regard des dimensions qui les précèdent (de 2D à 5D). **Leurs pratiques s'enchevêtrent** et se confondent : la sixième dimension est tantôt allouée à la sécurité du projet, tantôt à la gestion et maintenance (Facility Management)(CRTI-B et digital building.lu 2017)(Koutamanis 2020). Plusieurs ouvrages attribuent à la sixième dimension les notions de durabilité ; l'énergie et les impacts environnementaux (Lebègue et Cuba Segura 2015)(Akbarieh et al. 2020)(NBS, 2021)[163]. Cette confusion a fait l'objet d'une étude approfondie et détaillée par Charef, Alaka, and Emmitt (2018) : si la revue de littérature n'apporte pas de consensus à propos du 6D et du 7D, une enquête menée auprès de plus de 50 praticien·ne·s du secteur de la construction met en lumière une compréhension plus nette de leur part: **86%** de l'échantillon attribue **la durabilité à la sixième dimension (6D)** et 85% le BIM7D au le Facility Mangement. D'autres chercheur·se·s soulignent qu'aucune dimension BIM ne tient en compte, en l'état actuel, de manière détaillée et normée des enjeux de durabilité, tels que les enjeux d'économie circulaire et de réemploi (Akbarieh et al. 2020). Les dimensions BIM traduisent l'ajout, la superposition d'informations de différentes natures (temps, coût, durabilité, maintenance, sécurité, etc.). Enfin, selon d'autres chercheu·se·s encore, les aspects liés à « *la performance du bâtiment, tels que la durabilité, l'énergie, (…) et l'acoustique, ne sont pas considérés comme des dimensions dans BIM* »[164] (Koutamanis 2020, p.4) : la donnée s'applique à la fois sur les

[162] Source web, consultée le 22.04.2021 : https://www.thenbs.com/knowledge/bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-bim-explained

[163] Le *National Building Specification* (NBS) définissait sur son site internet le 06/07/2021 : « le BIM 6D implique l'inclusion d'informations pour soutenir la gestion et l'exploitation des installations afin d'obtenir de meilleurs résultats commerciaux. Ces données peuvent inclure des informations sur le fabricant d'un composant, sa date d'installation, la maintenance requise et des détails sur la façon dont l'élément doit être configuré et exploité pour une performance optimale, la performance énergétique, ainsi que des données sur la durée de vie et le déclassement ». Ces informations ont été modifiées depuis.

[164] Traduction personnelle

composants, tout en dépendant d'eux, tels que le prouve les valeurs thermiques appliquées aux matériaux mais calculées dans un ensemble. Selon cet auteur, « *Ces propriétés (…) ne peuvent être acceptées comme dimensions car elles ne sont pas essentielles à l'identité des objets désignés par les symboles* »[165].

Il existe un ouvrage qui se démarque dans la littérature de par sa prématurité concernant la conception durable liée au BIM ; Green BIM de Krygiel and Nies (2008). Composés de sept chapitres dont la majorité sert d'outil cognitif (éveil à l'écologisme architectural), trois chapitres traitent du *sustanaible BIM* et s'articulent autour de la forme du bâtiment, des systèmes du bâtiment et des perspectives. A travers formes et systèmes, le BIM est présenté comme un **outil pour l'idéation et la formalisation du projet**, particulièrement dans la recherche de l'orientation optimale et la recherche volumétrique (masse). Les principes de conception à faible technique (low-tech) sont alors appliqués à la modélisation, **appuyés par des évaluations quantitatives** grâce aux données (heures d'ensoleillement, d'ombrage, ratios de compacité, déperditions énergétiques, quantité d'eau de pluie par surface, etc.). Selon nous, la démarche proposée par les auteurs du Green BIM est une **démarche en 2 temps** ; d'abord **une recherche formelle** s'appuyant sur les outils cognitifs (expérience, cursus de formation, etc.), et dans un second temps sur **un usage de la maquette BIM pour valider ou invalider** la solution intermédiaire proposée, jusqu'à la rencontre de la formalisation (digitale) du projet avec les études. Les bénéfices du BIM sont majoritairement prédictifs (prédire le comportement du bâtiment) et cognitifs (meilleure connaissance). L'ouvrage n'aborde pas les notions élémentaires du BIM, les formats d'échange, les systèmes de classifications, les niveaux de développement ou les niveaux de maturité / compétences. Le BIM semble un excellent média pour invalider / valider la mise en œuvre de thématiques durables. Nous constatons toutefois que les auteurs portent davantage **d'importance à l'éveil à l'écologie des acteur·rice·s et à l'éducation des usager·e·s.**

À ce niveau de développement et d'implémentation du BIM au sein du secteur, la revue de littérature traduit un discours dichotomique concernant les potentialités que promet le BIM en termes de travail collaboratif. La littérature abonde **d'études en défaveur et en faveur d'une approche BIM au regard des enjeux durables**. Charef (2022) liste les arguments pour et contre le BIM au regard de l'économie circulaire. D'un côté, les arguments « contre » sont similaires à ceux des participants des Arts & Crafts au début de l'industrialisation (destruction de la créativité, remplacement par les machines). L'effet rebond de la croissance verte et ses conséquences émissives en GES sont également pointés du doigt ainsi que les questions en termes de sécurité. D'un autre côté, les arguments en faveur du BIM sont intellectualisés / conceptualisés, s'éloignant de l'expérience pratique et empirique. En témoigne les temps conditionnels utilisés en faveur du BIM[166]. De ce fait, nous préférons l'étude des expériences, objectifs et usages BIM au regard d'une écoconception.

[165] Traduction personnelle, Ibid. p.4.

[166] Charef (2022), p.2 et 3 – Some arguments in favour : « *(…) that can solve the problem of depletion of construction (…)* », « *would also help with this implementation (…)* », « *circular engineering is an emerging approach aiming to keep (…)*", " *have/ has the potential*", "*there are also opportunities for*", "*could be accelerated*", "*there is a need to explore*"

Quel(s) usage(s) les concepteur.ice.s peuvent-il faire du BIM dans le processus d'écoconception ? Et à quel moment ? Les sections précédentes ont largement mis en lumière la nécessité d'intégrer les enjeux environnementaux et les postures écologistes dès les prémices du projet. La revue de littérature et l'expérience collective riche d'au moins deux décennies révèlent les bénéfices du BIM pour une conception avancée, pour l'édification et l'exploitation du projet. Toutefois, **en phases de (co)programmation et d'idéation,** plusieurs auteur·rice·s relèvent **l'inadéquation de l'usage des outils numériques et de l'usage du BIM** (Safin 2011)(DeBoissieu 2022) (Baudoux et al. 2022).

Le passage de l'idéation aux pratiques BIM entrainerait une perte d'informations (sur les intentions, motivations, etc.), confirmée par des expériences de terrain conditionnées (ateliers de projets académiques). Pour pallier cette perte, des « rappels » des attributs et des informations de projet sont répétées : plus le projet se concrétise, plus les rappels sont nombreux et de différentes typologies (formelle, fonctionnelle, technique)(Baudoux et al. 2022).

2.4.4 L'analyse des pratiques d'expert·e·s du domaine

Pour appréhender les pratiques d'écoconception et les pratiques BIM, nous avons mené, durant la première année de thèse (2019-2020), une revue de littérature approfondie grâce au moteur de recherche ScienceDirect©. Cette revue a été menée parallèlement à notre propre enquête sur les pratiques, dont nous présentons les résultats dans le chapitre dédié, pour la décennie allant de 2009 à 2020.

Notre objectif était de confronter ce que la littérature avançait à propos des pratiques durables et BIM et nos propres résultats. La revue de littérature avait pour objectif de répondre à : *quelles sont les pratiques à l'échelle européenne ? Un profil d'acteur·rice·s se distincte-t-il ?* (Profession, rôle, typologie de projet, pays). Aussi, cette revue de littérature avancée visait à identifier **des pratiques pertinentes et d'en étudier la transférabilité à notre recherche**. Les filtres appliqués à notre recherche concerne la période de publication - de 2009 à 2020, le type de publication sélectionné (articles révisés, articles de recherche, chapitres de livres), en accès libre, avec les mots clés [Survey] [BIM] et [sustainability]. Le moteur de recherche a enregistré deux cent seize articles (216). A la lecture des résumés des articles et aidée d'une grille d'analyse (Tableau 15), nous avons rejeté cent soixante-six articles (166) sur base de 3 critères : (i) le sujet de recherche, (ii) le type d'enquête, nous avons par exemple exclu les études de cas d'études sans entrevues ou questionnaires et (iii) enfin notre étude visait les pratiques à l'échelle européenne, toutes études en dehors des pays européens sont exclues.

Tableau 15 : Grille d'analyse 1 de la revue de littérature

Numéro d' article	Remarque & notes	Enquête	Année	Pertinence	Pays	Titre	Mots clés	Objet du papier	Apport du papier	Thématiques					Type d'enquête	Temps de réponse	Phases				Nombre d'informateurs	Profil informateurs
										BIM			Durabilité	BIM + DD			Pre-design	Design	Construction doc.	Utilisation		
										Modèle	Processus collaboratif	Cycle de vie										

Après une lecture approfondie de 50 articles présélectionnés, 12 articles ont été sélectionnés et analysés grâce à une seconde grille d'analyse (Figure 25). La seconde grille complète la première par des sous-catégories de durabilité, les phases et sous-phases du projet, les méthodes d'analyse, les outils d'assistance et méthodes proposés (Figure 26). Les critères d'exclusion étaient : hors UE (17), non pertinent pour notre recherche (12), pas de durabilité (4), pas de BIM (1). Enfin, 4 n'ont pas fait référence à une enquête basée sur nos critères de sélection. Au total, ce sont 12 articles sur les 216 résultats de la recherche qui ont été retenus (Tableau 16).

Nous présentons ci-après les résultats de notre revue de littérature avancée basé sur les pratiques d'expert·e·s en pratiques BIM et durables. Les recherches présentées dans cette revue de littérature ont été réalisées majoritairement dans le nord de l'Europe. L'Angleterre, la Finlande, la Norvège et le Danemark reviennent dans 9 recherches (/12). Les enquêtes relatées dans la revue

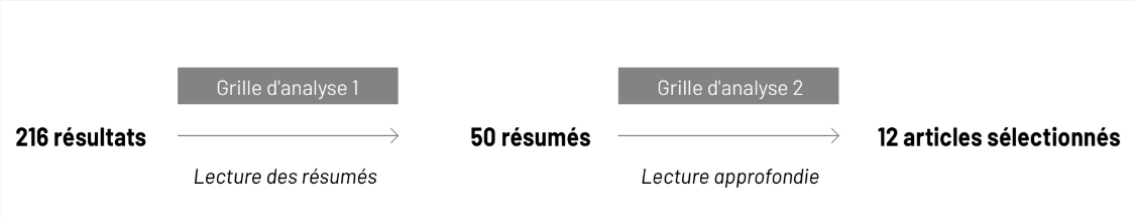


Figure 25 : Processus de sélection des articles : retour des pratiques BIM et pratiques durables par enquêtes

de littérature traduisent des pratiques d'expert·e·s. Le niveau de compétences et d'expertise de l'échantillon, tant sur les pratiques BIM que durables, n'est pas détaillé : la majorité des recherches parlent d'expertise durable sans la définir (10 récurrences/12).

Données générales	Numéro		
	Auteur		
	Journal / Conférence		
	Nom		
	Année		
	Mots clés		
	Enquête		
	Pays		
Données thématiques	BIM	Modèle	
		Modélisation	
		Management	
	Durabilité	Ecoconstruction	Environnement
			Mobilité
			Biodiversité
			Chantier à faible impact
			Cycle de vie / circularité
			Déchets de construction
			Enégie, PEB
		Ecogestion	Eau
			Energie
			Gestion énergie
			Maintenance
		Confort	Bien-être
			Hygromthermique
			Acoustique
			Visuel
		Santé	Qualité air
			Qualité eau
		Autre	
Case stuies	Type de projet étudiés	Rénovation	
		Nouveau	
	Phases	Conception	Prédesign
			Esquisse
			Avant projet détaillé
			Dossier d'exécution
		Offre	
		Construction	
		Exploitation	
		Fin de vie / démolition	
Données enquête	Type d'enquêtes	Focus group	
		Questionnaire	
		Entretien	
		Autre	
	Nombre de répondants		
	Profils des répondants	Architectes	
		Coordinateur chantier	
		BIM modeleur	
		Entrepreneur	
		Géomètre	
		Ingénieur BIM	
		Ingénieur énergie	
		Ingéieur TS	
		Ingénieur Stabilité	
		MO	
		Promoteur	
		Autre	
	Niveaux de pratiques		
	Temps de réponse		
	Méthode d'anlayse enquête	Qualitative	
		Quantitative	
	Résultats	Développement d'outil	
		Développement de méthode	

Figure 26: Détail de la grille d'analyse 2 pour la revue de littérature avancée

Tableau 16 : Sélection de 12 articles sur les pratiques BIM et durable en Europe

N°	Auteurs	Journal / Conférence	Nom	Année	Mots-clés	Pays
1	(Akinade et al., 2018)	Jounral of Cleaner Production	*Designing out construction waste using BIM technology: Stakeholders' expectations for industry deployment*	2018	construction and demolition waste, waste minimisation, BIM, designing out construction waste, stakeholder's expectation	UK
2	(Bruce-Hyrkäs, Pasanen and Castro, 2018)	Procedia CIRP	*Overview of Whole Building Life-Cycle Assessment for Green Building Certification and Ecodesign through Industry Surveys and Interviews*	2018	life-cycle assessment life-cycle costing ecodesign green-building certification EPD BIM	EU
3	(Merschbrock and Figueres-Munoz, 2015)	Procedia Economis and Finance	*Circumventing Obstacles in Digital Construction Design - A Workaround Theory Perspective*	2015	Building Information Modeling case study; digital construction design; workarounds	NW
4	(Ariyaratne and Moncaster, 2014)	Procedia Engineering	*Stand-alone Calculation Tools are not the Answer to Embodied Carbon Assessment*	2014	Embodied carbon buildings green house gases carbon dioxide environmental impact assessment	UK
5	Kamari, Corrao and Kirkegaard (2017)	International Journal of Sustainable Built Environment	*Sustainability focused decision-making in building renovation*	2017	sustainability, building renovation, decision support, knowledge management, soft systems methodology, value focused thinking	IT, DK
6	(Balionis, Migilinskas and Džiugaite-Tumeniene, 2017)	Journal of Building Engineering	*The Multicriteria Assessment of Multi-storey Office Building Energy Performance*	2017	energy efficiency, building information modeling, energy simulation, CO2 emission	LIT

N°	Auteurs	Journal / Conférence	Nom	Année	Mots-clés	Pays
7	(Schlanbusch et al., 2016)	Energy Procedia	*Experiences with LCA in the Nordic Building Industry – Challenges, Needs and Solutions*	2016	LCA, Nordic Building Industry, Survey, LCA in bulding sector	DK, FI, NW, SW
8	(Wøien et al., 2016)	Energy Procedia	*Partnering Elements' Importance for Success in the Norwegian Construction Industry*	2016	Partnering, hard partnering elements, softs partnering elements, success for stakeholders	NW
9	(Andelin, Karhu and Junnila, 2015)	Procedia Economics and Finance	*Creating Shared Value in a Construction Project – A Case Study*	2015	Shared value creation construction projectcase study collaboration sustainability	FI
10	(De Wolf, Pomponi and Moncaster, 2017)	Energy and Buildings j	*Measuring embodied carbon dioxide equivalent of buildings: A review and critique of current industry practice*	2017	embodied carbon diocide equivalent, construction sector, greenhouse gas emissions, industry practice	UK
11	(Larsen et al., 2020)	Building and Environment	*IEQ-Compass – A tool for holistic evaluation of potential indoor environmental quality*	2020	Building certification, Residential buildings, Building renovation, Indoor air quality, Thermal environment, Acoustic environment, Visual environment	DK, FI, NW, SW
12	(Horvat and Dubois, 2012)	Energy Procedia	*Tools and Methods for Solar Design–An Overview of IEA SHC Task 41, Subtask B*	2012	Task 41, Subtask BTools and methods, Solar design, Early design phase (EDP), Overview	A, AS, BE, DK, AL, IT, NW, P, South K SG, ES, SW, CH

L'analyse détaillée de ces articles permet de mettre en évidence les principes et thématiques durables les plus récurrentes dans cette revue de littérature ; la prise en compte du cycle de vie (7/12), **l'énergie et la performance énergétique** (5/12), **la technicité de la construction** durable tenant compte des systèmes, procédés et produits (4 /12). Les thématiques de gestion et production des déchets, la gestion de l'énergie en occupation, l'empreinte carbone et les conforts hygrothermique, acoustique et visuel sont discutés au sein de 3 publications. Deux publications abordent l'environnement direct, les chantiers à faibles nuisances, la gestion des déchets d'activités, le bien-être et la qualité de l'air. Enfin, les thématiques les moins abordées **sont les transports et la mobilité, la gestion et la qualité de l'eau, la maintenance** (1 /12). La **biodiversité** est la grande oublié de cette revue de littérature qui n'apparait dans aucune des publications sélectionnées. Deux publications se distinguent ; celle de (Wøien et al. 2016) qui, à travers une notion holistique, aborde la presque totalité des principes durables suscités (à l'exception de la biodiversité). L'autre pour qui le développement durable fait référence à un « **processus dynamique** », évolutif dans le temps et selon les sociétés (Kamari, Corrao, et Kirkegaard 2017).

De la même façon, la grille d'analyse permet de cartographier le cadre du BIM. Dans 9 publications (/12), le BIM correspond à **un objet modélisé et informé,** une banque de données synchrones, multidisciplinaires. La maquette numérique est **au service d'une détection d'erreurs** (Akinade et al. 2018) (Andelin, Karhu, et Junnila 2015) et utilisée pour **visualiser les rendus** des études durables (solaires) (Horvat et Dubois 2012). Le BIM est abordé sans l'angle de la collaboration pour 7 des 12 publications, dépendant de l'**interopérabilité** comme clé de réussite à cette collaboration. L'utilisation de la maquette numérique BIM tout au long du cycle de vie est traitée au sein de 6 recherches.

Nous faisons le constat à la lecture de cette revue avancée que la presque totalité des publications n'abordent pas la durabilité à travers une dimension du BIM. Seule une étude concernant la gestion des déchets de construction et démolition aborde furtivement la question des dimensions BIM (Akinade et al. 2018). Ce constat rejoint les éléments présentés au début de cette section.

2.4.4.1 Le manque vision holistique commune

L'intégration d'une démarche durable est majoritairement réalisée à travers l**es certifications et des méthodes de calculs**, nationales ou internationales, telles que BREEAM (par British Research Establishment), LEED (US Green Building Council), ATHENA (ATHENA Sustainable Material Institute in Canada), BEAT (Danish Building Research Institute), DGNB (German Sustainable Building Council), EcoEffect (Royal Institute of Technology en Suède), WELL Health-Safety Rating (par IWBI), LBC (par international living future institute).

Bien qu'elles soient considérées comme assistance à l'écoconception, ces méthodes ne présentent pas d'équivalence entre elles : les valeurs et pondérations attribuées aux thématiques sont différentes d'une méthode à l'autre et selon la catégorie durable à laquelle elles sont affectées (économique, environnementale, sociale). **Ce manque d'équivalence** enraye une prise de décision durable optimale, entravant toute démarche holistique, initialement visée. Bien que considérées comme des leviers par le passé, ces méthodes manquent aujourd'hui de vision globale, transparente et en phase avec les enjeux actuels (Kamari, Corrao, et Kirkegaard 2017). De plus, elles favorisent certaines thématiques, telles que la réduction de la consommation énergétique opérationnelle, au détriment d'autres, telles que la qualité de l'environnement

intérieur (Balionis, Migilinskas, et Džiugaite-Tumeniene 2017) (Larsen et al. 2020). Ce focal mis sur une unique thématique entraine des **dommages collatéraux** environnementaux, économiques et sociaux (Larsen et al. 2020) et de nombreuse incohérence lorsque l'on aborde la durabilité de façon holistique et sur l'ensemble du cycle de vie, par exemple, la réduction d'énergie opérationnelle a pour conséquence une augmentation de la consommation d'énergie dans **les autres phases du cycle de vie** du projet.

2.4.4.2 Des études d'écoconception retardées au sein du processus

Les publications retenues pour cette revue s'accordent sur l'importance d'intégrer une démarche durable **dès les phases de conception** et ce, quel que soit la thématique durable, responsabilisant l'ensemble des parties prenantes du projet sur l'écoconception : les décisions cruciales se jouent dès la programmation du projet (Horvat et Dubois 2012) (Bruce-Hyrkäs, Pasanen, et Castro 2018). Toutefois les pratiques actuelles repoussent les études d'écoconception une fois les concepts architecturaux verrouillés, accentués par **les outils d'études durables** actuels inadaptés pour la programmation/ idéation du projet (Horvat et Dubois 2012). De plus, le niveau de détail élevé de conception empêche **le travail de collaboration itératif** entre les concepteurs et les experts durables (Ariyaratne et Moncaster 2014).

2.4.4.3 Les outils et données : manque de transparence et d'interopérabilité

La revue de littérature met en évidence l'indépendance historique des logiciels et outils des études d'écoconception, isolés des outils des concepteur·rice·s. Les outils autonomes promeuvent un travail collectif segmenté, en silo. Les données sont remanipulées par chaque acteur·rice·s pour être visualisées dans leurs logiciels respectifs, entrainant **un flou autour des responsabilités concernant la durabilité et l'écoconception** (gestion de déchets par exemple), avec un risque d'erreurs et d'interprétation accru. En effet, plusieurs études durables, dont l'ACV, ne permettent pas de collaboration itérative entre concepteurs et experts durables (Horvat et Dubois 2012)(Ariyaratne et Moncaster 2014)(Akinade et al. 2018).

Peu flexibles, les outils et méthodes d'assistance à l'écoconception, tels que l'ACV, sont difficilement appréhendables et compréhensibles par les concepteur·rice·s et nécessitent une certaine expertise, alors qu'ils présentent une grande utilité pour aider à la compréhension des non-experts (Ariyaratne et Moncaster 2014)(Bruce-Hyrkäs, Pasanen, et Castro 2018).

L'accessibilité des données représentent une réelle contrainte pour les études d'écoconception. D'une part, la fluidité du processus est enrayée par **le manque de disponibilité des données et** le manque de mises à jour des bases de données entrainant des efforts supplémentaires aux expert·e·s (études complémentaires) et un surcoût économique. Alors que des **données dynamiques**, à jour et accessibles, permettraient une utilisation dans les phases de projets ultérieures, les données liées à l'écoconception sont majoritairement statiques (format PDF 2D par exemple)(Schlanbusch et al. 2016). Afin d'assurer une démarche durable systémique, les données, tels que les déclarations environnementales des produits EPD, doivent être décloisonnées, avec **une circulation d'une phase à l'autre**. **La non-accessibilité des données** et **le manque de transparence** des études renforce la sensation de « boîte noire » des études et engendre **des incertitudes sur les données** inhérentes au projet et de ce fait, également des

imprécisions. Ces manquements et défauts entrainent une **remise en question de la fiabilité des valeurs**, accrue si la visualisation est perçue comme « cosmétique » et non basée sur des lois physiques (études solaires). La mise en place de **référentiels à l'échelle nationale ou européenne** permettrait des évaluations comparatives. A défaut, les initiatives sont limitées à l'échelle des projets (Horvat et Dubois 2012) (Ariyaratne et Moncaster 2014) (Schlanbusch et al. 2016) (De Wolf, Pomponi, et Moncaster 2017)

2.4.4.4 Les aides à la décision et les assistances à l'écoconception

La majorité des publications ont mis en lumière **le manque de méthode et de guide**, par exemple des déclarations environnementales de produits (EPD), pour intégrer une démarche durable, singulière (une seule thématique), plurielle (plusieurs thématiques) ou holistique (De Wolf, Pomponi, et Moncaster 2017) (Horvat et Dubois 2012). Ce manquement enraye la prise de décision la plus optimale pour le projet. L'élaboration d'un **cadre d'aide à la décision** est présentée dans plusieurs publications comme levier pour développer une démarche durable holistique (Kamari, Corrao, et Kirkegaard 2017) (Larsen et al. 2020) (Schlanbusch et al. 2016). Encadrées légalement, les assistances à l'écoconception permettraient une massification de l'écoconception dans le secteur : comparées aux **taxes** de mises en décharge qui ont favorisés la réduction des déchets, les « taxes vertes » et « comptabilité carbone » pourraient être un levier à la réduction de l'empreinte carbone (Ariyaratne et Moncaster 2014).

Selon Kamari, Corrao, et Kirkegaard (2017), les assistances dépendent de plusieurs facteurs clés pour être efficaces :

- Une utilisation dès les prémices des phases conceptions ;
- Une **facilité de compréhension** et une accessibilité pour chacun·e ;
- Une applicabilité à la rénovation ;
- Une prise en compte de la qualité architecturale ;
- Une mise en lumière de la qualité de la démarche durable ;
- Une mise en place d'un **processus collaboratif ;**
- Une composition environnementale, sociale et économique, ancrées aux contextes locaux, culturel et urbain.

Ce dernier facteur présente une importance particulière dans une vision holistique. **Le déracinement contextuel des esquisses de projets** va à l'encontre d'une démarche durable holistique ancrée. Plusieurs chercheur·se·s constatent la décontextualisation de la majorité des esquisses de projets, pensées dans des espaces vierges, vides, virtuels, **déracinées** de leurs contextes existants et réels (Horvat et Dubois 2012).

2.4.4.5 La collaboration

La démarche durable doit être holistique (multicritère), précoce (dès les prémices du projet) et collaborative (multi-acteurs). La **complexité grandissante des projets** liée à une efficience ambitieuse contribue à rendre inatteignables les objectifs fixés. La collaboration permet de faire face à cette complexité grandissante des projets **durables** (Andelin, Karhu, et Junnila 2015). Kamari, Corrao, and Kirkegaard (2017) proposent d'aller plus loin qu'une collaboration en proposant un travail collectif de **partenariat,** créant ainsi un environnement positif de partage commun des échecs et des réussites, dès la programmation. L'**implication des usagers** dès les premières

phases de projet servirait d'apprentissage et de compagnonnage sur les enjeux durables du projet avec à la clé une utilisation optimale (Kamari, Corrao, et Kirkegaard 2017).A travers une collaboration accrue, **le BIM est à la fois outil de conception multidisciplinaire et outil de communication** (Wøien et al. 2016).

2.4.4.6 Les avantages perçus du BIM au regard de l'écoconception

L'efficience du BIM dans une démarche d'écoconception réside dans **la collaboration des acteur·rice·s**, et ce dès les prémices du projet tout au long du cycle de vie. En effet, grâce au **modèle fédéré**, le BIM lie chaque partie prenante du projet, les responsabilisant face aux objectifs à tenir (Akinade et al. 2018). **En phase de conception, le BIM est à la fois un bon outil de communication et un outil de conception efficace,** évitant les multiples manipulations du processus en silo. Une connaissance anticipée du projet et une meilleure gestion du projet influencent positivement le chantier et l'exploitation (Merschbrock et Figueres-Munoz 2015) (Wøien et al. 2016)(Akinade et al. 2018). La maquette BIM représente une banque de données à jour et accessibles pour plusieurs thématiques durables, dont la gestion des déchets, le recyclage des matériaux, la ventilation, la préfabrication, sécurité, etc.. (Andelin, Karhu, et Junnila 2015) (De Wolf, Pomponi, et Moncaster 2017). De ce fait, la solution la plus optimale d'un point de vue écoconceptuel est choisie sur base d'une comparaison de scénarii (Akinade et al. 2018) (Bruce-Hyrkäs, Pasanen, et Castro 2018)(Schlanbusch et al. 2016)(Ariyaratne et Moncaster 2014)(Horvat et Dubois 2012).

Enfin, le processus et la maquette BIM représente un pont **vers des technologies innovantes,** telle que l'impression 3D pour la préfabrication, la modularité du projet et l'adaptabilité et la flexibilité des bâtiments qui allongent la durée de vie des bâtiments.

2.4.4.7 Les limites perçues du BIM au regard de l'écoconception

Notre revue de littérature avancée pour la période de 2009 à 2020 met en lumière **un manque de logiciels, d'outils et de plug-in** disponibles et efficaces pour les études de simulation pour plusieurs thématiques telles que les simulations de performance énergétique, de gestion des déchets de construction et de démolition et d'étude d'ensoleillement (Akinade et al. 2018)(Horvat et Dubois 2012). Dû au manque d'outils BIM efficients et lié à l'incompréhension des possibilités qu'offre le BIM, **les praticien·ne·s privilégient des outils non-interopérables**. L'étude durable reste dans le champ de l'expert·e durable et le flux de travail reste fragmenté (Merschbrock et Figueres-Munoz 2015). **Le manque d'interopérabilité au format d'échange normé (IFC)** représente une limite majeure à l'intégration d'une démarche durable et empêche une vision systémique et holistique du projet (Horvat et Dubois 2012)(De Wolf, Pomponi, et Moncaster 2017)(Akinade et al. 2018).

De plus, le décalage entre les études durables et d'écoconception avec les études conceptuelles est accentué si les premières nécessitent une longue période de travail. C'est le cas des ACV où le temps **d'étude est long.** Elles deviennent **obsolètes** pour les prises de décisions de la conception et ne sont pas mises à jour en cours de processus. Par ce manque d'itération, elles deviennent périmées par rapport à la mise en œuvre effectuée (Bruce-Hyrkäs, Pasanen, et Castro 2018)(Horvat et Dubois 2012). Le manque de communication et de compromis autour des niveaux de détails (LOD) accentue les écarts entre études durables et études conceptuelles **: un**

niveau de détail élevé est requis dès les premières esquisses du projet pour les études écoconceptuelles (ensoleillement, photovoltaïques, géothermique, etc.) en parfait décalage par rapport au niveau de détail fourni par les concepteur·ice·s. Pour combler cette lacune, les études durables sont réalisées sur base de suppositions et de valeurs génériques (Merschbrock et Figueres-Munoz 2015) (Bruce-Hyrkäs, Pasanen, et Castro 2018) (Schlanbusch et al. 2016) (Horvat et Dubois 2012).

La revue de littérature montre également un décalage entre les communications « marketing » du secteur et la réalité de terrain, où la résistance au changement, historiquement connue du secteur AECO, empêche le développent de nouvelles pratiques. Les freins sont tantôt psychologiques et culturels (voir échapper le prestige et son champ d'expertise), tantôt économiques (surcoût contesté) (Ariyaratne et Moncaster 2014).

2.4.4.8 Les recommandations

Nous présentons à présent les recommandations proposées à travers les différentes publications. Plusieurs perspectives dans une approche de développement durable en BIM. L'élaboration d'une **base de données commune et normalisée** à différents pays est plus importante que l'élaboration d'outils et de systèmes de certifications, bien que le développement de logiciels et/ou de plug-ins dédiés ne soit pas à écarter. La mise en place de **guides, manuels et/ou tutoriels d'échanges et d'extraction des données durables** depuis le modèle BIM est recommandé : il vise à gagner du temps et à améliorer la qualité des données. Enfin, une **interface conviviale et intuitive** permettrait de mieux comprendre et appréhender les enjeux du projet et l'interopérabilité du processus. Plusieurs publications ont mis en lumière **les freins à l'adoption** de la durabilité à travers une ou plusieurs thématiques durables. Une recherche recommande aux praticien·ne·s du secteur d'outrepasser **l'attente d'un cadre règlementaire** et de prendre **l'initiative de développement des thématiques.**

2.4.4.9 Une analyse complémentaire

L'analyse des pratiques d'expert·e·s qui vient d'être présentée a été réalisée pour la période de 2009 à 2020. Une décennie permet d'observer une tendance parmi les publications. De plus, l'année 2009 correspond au début de la massification et de l'intérêt accru autour des questions du BIM (différent de la création du BIM dans les sections précédentes).

Par soucis de complétude, nous apportons une analyse complémentaire. Nous avons réalisé une revue de littérature avancée en avril 2023 selon les mêmes critères de recherche qu'énoncés précédemment pour la période 2020 – 2023. Le moteur de recherche ScienceDirect© a enregistré deux cent soixante-deux publications (262 [167]) pour 3 ans. Ce relevé traduit l'accroissement d'intérêt pour ces thématiques au cours des dernières années : 216 publications relevée pour la période 2009-2020 et 262 publications pour la période 2020-2023,

[167] 266 publications ont été identifiées, dont 4 avaient déjà été relevées dans la première revue de littérature. Ce sont donc 262 nouvelles publications identifiées.

particulièrement depuis 2022[168]. Par soucis d'efficacité, nous avons passé en revue les titres et les mots clés de ces publications. L'objectif est d'identifier les tendances des thématiques durables au regard du BIM. Rappelons que notre sujet de thèse concerne un écologisme conceptuel systémique, de ce fait cette analyse complémentaire cherche davantage de publications couvrant plusieurs thématiques durables avec des pratiques BIM.

A la lecture des titres et mots clés des 262 publications, 235 articles ont été écartés et 27 articles sélectionnés. Les critères d'exclusion sont identiques à la première revue de littérature et concernaient l'absence des mots de recherche[169] dans leur titre ou mots clés, l'analyse de pratiques en dehors de l'Europe et le domaine AICE. 2 publications se distinguent en abordant, dans leur titre et leurs mots clés, la durabilité comme une approche holistique. Toutefois, à la lecture de l'article, nous constatons que les thématiques abordées ne correspondent pas entièrement aux nôtres, elles sont connexes. L'une des deux publications traite de la résilience climatique des infrastructures telles que les réseaux d'énergie et de transports. L'autre publication se concentre à l'échelle urbaine sur le lien entre BIM et GIS (*geographic information system*).

Grâce à la seconde grille présentée au début de cette section, les thématiques durables étudiées sont identifiées. A l'instar de la première analyse (2009-2020), 3 thématiques se démarquent, elles sont identiques à la première analyse : l'énergie est la première thématique étudiée (R = 11/30), les principes de circularité (R=8) et l'analyse du cycle de vie (R=7). Deux publications traitent de la neutralité carbone et de la décarbonisation (R=2). Cette rapide analyse montre un intérêt croissant pour des thématiques connexes aux nôtres. Elle fait écho à l'analyse réalisée dans la première revue de littérature sur laquelle nous sommes appuyée pour notre recherche.

2.4.5 Les médias d'assistance à l'écoconception et le BIM

Dans leur étude, Kamari, Corrao, and Kirkegaard (2017) ont identifié plusieurs facteurs nécessaires aux assistances à l'écoconception. Le Tableau 17 reprend ces éléments clés au regard des assistances à l'écoconception étudiées. Cette synthèse apporte un regard supplémentaire pour les analyses qui ont été réalisées sur ces assistance à l'écoconception. Les médias du RIBA et du GRO présentent plus davantage.

Toutefois, d'aucun ne permet une intégration dans un processus de travail collaboratif tel que le processus BIM le sous-tend : nous mettons ce point en évidence au Tableau 17 (encadré). De ce fait, ces médias n'assurent pas une assistance optimale à l'écoconception, le lien avec le BIM n'est pas assuré.

[168] Pour l'année 2020, 30 publications ont été relevées, pour l'année 2021, 47 publications ont été relevées, pour l'année 2022, 104 publications ont été relevées et pour l'année 2023 (de janvier à avril), 81 publications ont été relevées.
[169] Et termes liés, par exemple [digital twin] pour BIM et toute thématiques durables liées à [sustainability]

Tableau 17 : Analyse des 5 assistances à l'écoconception sur base des facteurs identifiés par Kamari et al. (2017)

	RIBA	PEB	CERTIBEAU	TOTEM	GRO
Utilisation dès les prémices des phases conceptions	V	X Niveau de développement du projet avancé	X Niveau de développement du projet détaillé	X Niveau de développement du projet avancé	V
Facilité de compréhension et d'accessibilité	+/- Niveau de compréhension avancé	X Réservé aux expert·e·s	X Réservé aux expert·e·s	X Réservé aux expert·e·s	+/- Niveau de compréhension avancé
Applicabilité à la rénovation	V	V	X	V	V
Intégration de la qualité architecturale	+/- À travers des indicateurs de confort, santé et bien-être	X	X	X	+/- A travers l'axe « people » du DD
Intégration de la qualité de la démarche durable	V Systèmes métriques multiples	+/- Pondération de la performance énergétique	X	V Pondération en millipoint par unité fonctionnelle	V Pondération à 3 niveaux, bon ; mieux, excellent
Intégration du processus collaboratif	X Tâche individuelle en silo – réservée aux architectes	X Tâche individuelle en silo – réservée aux expert·e·s	X Tâche individuelle en silo – réservée aux expert·e·s	+/- Intégration de la tâche individuelle, réservée aux expert·e·s dans un flux collaboratif (import maquette numérique IFC)	+/- Tâche individuelle pour tout acteur·ice de projet
Intégration d'une composition holistique des thématiques durables	V 8 principes selon les 3 piliers du DD	X	X	V 12 catégories d'indicateur de l'impact environnemental	V 14 principes selon les 3 piliers du DD, comprenant chacun des sous-principes
Intégration de l'environnement (contextes locaux, culturel, urbain)	V A travers le cycle de l'eau, les transports, l'utilisation du sol et l'écologie et la valeur sociale et les communautés	X	+/- Prise en compte des systèmes d'eaux du lieu	X	V A travers la mobilité, la valeur sociétale, l'environnement sain et sûr

[V] l'assistance à l'écoconception remplit entièrement le critère
[X] l'assistance à l'écoconception ne remplit pas le critère
[+/-] l'assistance à l'écoconception remplit partiellement le critère

2.4.6 Les limites du BIM au regard de l'écoconception

Malgré ces bouleversements et bien que le BIM se déploie depuis 20 ans, la refonte des pratiques du secteur n'est pas atteinte. La promesse d'une collaboration fluide et précise ne semble pas avoir été tenue. **Le manque d'interopérabilité technique** des maquettes numériques et **le manque de réforme des systèmes organisationnels**, contractuels et économiques du secteur ont empêché d'atteindre le niveau de BIM espéré à ses débuts. Ces facteurs, techniques et organisationnels, ont été abordés de façon distincte et trop rarement de façon concourante. Trente ans après la numérisation du secteur et à l'instar de l'implémentation de la CAO, le BIM a ajouté une couche supplémentaire de fragmentation entre les agences digitalisées (qui utilisent des maquettes BIM) et les autres. Le BIM ajoute également **une couche supplémentaire d'informations**, ceci est d'autant plus juste dans le cadre de l'écoconception et de la prise en compte des enjeux environnementaux. Le BIM est à ce titre mal adapté aux prémices du projet et aux phases d'idéation. C'est à ce titre que le BIM est parfois qualifié de **technologie de rupture,** sur le plan technique liés aux problèmes d'interopérabilité et sur le plan humain liés à sa mise en œuvre organisationnelle (Dautremont et al. 2019) (Stals 2019) (Sattler, Lamouri, et Pellerin 2020) (Hochscheid 2021)(de Boissieu 2021)(Stals, Elsen et Jancart, 2022).

Nous ne négligeons pas les enjeux collaboratifs que présente le BIM. Toutefois, aux limites qui viennent d'être relevées, nous ajoutons celles identifiées dans notre revue de littérature concernant les enjeux de l'écoconception :

- Les **écarts** temporels entre les **études de conception et d'écoconception** ;
- **Un réseau d'outils non-interopérables** ;
- Des **niveaux de détails d'informations, de géométrie et de documentations différents** ;
- Peu **d'intégration aux contextes** environnemental (site) et social (culturel)
- Des **systèmes de classifications et des formats BIM** abordant peu les enjeux environnementaux.

2.5 Conclusion de chapitre

Le développement durable assure-t-il la mise en œuvre de l'écologisme ?

A travers ce premier chapitre, nous avons parcouru les courants de pensées liés à l'écologie et au développement durable. Ces courants ont inspiré notre travail de recherche. Nous avons volontairement élargi notre champ d'étude à la première section, écologisme sociétal : référentiel politique, dans une visée non pas rétrospective mais exploratoire, d'ouverture. Cette exploration nous a évité l'enfermement de la spécialisation des sciences et technologies modernes. Grâce à cette étude, nous sommes partie en thèse outillée d'un bagage critique sur la construction d'un référentiel commun, global (développement durable) et sectoriel (architecture durable).

Vers quelle architecture tendre au regard des enjeux environnementaux ?

Nous avons questionné l'architecture en tant qu'instrumentalisation politique d'abord hygiéniste (l'industrialisation et le progrès sociale) et ensuite moderne (le Modernisme et le progrès technique). Cette démarche réflexive a mis en exergue les courants de rupture ; rupture avec la Nature et le vivant, au nom du progrès social, rupture avec les traditions au nom du progrès technique, rupture avec les modèles architecturaux au nom de la durabilité. Au regard de ces ruptures, nous proposons une architecture qui serait résiliente, face à la jungle de béton de notre ère post-industrielle, permettant une transition écologique en prenant comme modèle la Nature (Madec 2021)

La métamorphose de la conception architecturale profite-t-elle à l'écoconception ?

Les problèmes environnementaux auxquels nous faisons face aujourd'hui résulterait d'un échec de conception. De nombreux·ses chercheur·se·s ont étudié la conception architecturale, soit à travers les médias, soit à travers les processus. Leurs apports ont mis en évidence la métamorphose que la conception architecturale subit depuis la seconde guerre à travers trois phénomènes : l'industrialisation, la communication et la gestion de projet. Cette métamorphose a bouleversé les rôles de chaque partie prenante et particulièrement celui de l'architecte. La collaboration multidisciplinaire serait une réponse adaptée pour *faire architecture* aujourd'hui. Elle permettrait également de répondre aux défis sociaux, environnementaux et économiques actuels. Nous avons toutefois relevé les limites et manquements des médias d'assistance à l'écoconception architecturale.

Le potentiel collaboratif du BIM est-il une réponse adaptée et suffisante aux enjeux de l'écoconception ?

La numérisation du secteur n'a pas permis d'atteindre la symbiose espérée entre forme et structure, entrainant une stratification extrême du projet (layering) et une stratification du processus (en silos). L'ensemble de ces limites ont créé un terreau favorable à l'implémentation du BIM. Toutefois, bien que la multidisciplinarité du processus de conception ait atteint son paroxysme, l'usage du BIM au regard de l'écoconception reste ponctuel ou connexe.

Les limites identifiées peuvent-elles être comblées ?

Pour conclure, nous mettons en lumière plusieurs notions qui sont transversales à l'écologisme sociétal, architectural ou conceptuel : la multidisciplinarité des savoirs, la protéiformité des usages, des pratiques et des expériences, le modèle *Nature*, l'activité cognitive de la recherche d'une solution satisfaisante et l'usage des innovations techniques corrélées aux innovations organisationnelles. Malgré le potentiel collaboratif et l'intérêt grandissant pour l'écoconception architecturale, nous avons identifié plusieurs limites, voire manquements, dans la revue de littérature. Détaillées au prochain chapitre, l'identification et la caractérisation fine de ces limites permettent la définition de notre question et notre méthodologie de recherche.

3 Chapitre III : Question et stratégie de recherche

Une thèse de doctorat en architecture a pour tâche principale de conduire à une meilleure intelligibilité du projet d'architecture et de contribuer ainsi à une théorie générale du projet ou « pragmatique du projet ». (Findeli and Coste 2007, p.7)

3.1 Identification des limites grâce à la revue de littérature

Au fil de la revue de littérature, nous avons identifié les limites et les manquements à l'usage BIM en pratiques écoconceptuelles. Nous relevons les limites les plus importantes au regard de notre sujet de recherche, qui serviront de base pour construire notre recherche :

- Les médias d'assistances sont développés parallèlement au processus d'(éco)conception architecturale ;
- Les médias d'assistances sont orientés vers des usages spéculatifs ou descriptifs, sans modalités graphiques ;
- Les enjeux environnementaux discutés au sein de chaque assistance, qu'ils soient orientés ou pluriels, ne sont pas, ou très peu (uniquement à travers le GRO, outil belge d'aide à l'écoconception), interconnectés entre eux ;
- Les forces du BIM se situent dans une phase de conception avancée, dès les phases avant-projet détaillé (APD) ;
- De la même manière, la gestion de projet s'oriente davantage sur l'exécution des tâches, moins dans le suivi des intentions initiales jusqu'à l'édification ;
- Ni les médias d'assistances ni les pratiques BIM ne disposent d'un espace créatif et co-réflexif, pour ouvrir le champ des possibles, aux prémices du projet ;
- Les savoirs, tant pour le BIM que pour l'écoconception, sont scientifisés, complexes par leur structuration ou leurs échelles d'application (local / global du développement durable). Cet aspect risque d'endiguer le déplacement, le mouvement, nécessaire des savoirs, empêchant tout changement, tout transition écologique visée.

3.2 Formalisation des questions de recherche

La revue de littérature a mis en lumière les multiples facettes de l'architecture écoresponsable et de l'écoconception architecturale. Notre premier objectif est de confronter les réponses issues de la revue de littérature avec les pratiques de terrain :

A quel référentiel sectoriel et/ou général l'écoconception architecturale fait-elle référence pour les praticien·ne·s ? Comment la définissent-iels ?

Nous utiliserons les définitions et perceptions des praticien·ne·s à travers les 3 méthodes de recherche pour créer une cartographie de pratiques à différentes échelles. Nous questionnons également les éventuels écarts entre perceptions et réalités de pratiques.

Plusieurs facteurs influencent l'engagement d'un groupe vers le changement, qu'il soit technique, (adoption de pratiques BIM), organisationnel (travail collaboratif plutôt qu'en silo), ou qu'il vise un changement de référentiel (développement durable ou l'écologisme). La transition vers une écoconception multidisciplinaire et collaborative appelle ces 3 types de changements, eux-mêmes influencés par des facteurs de décision à l'adoption et des facteurs d'implémentation pérenne. De ce fait, nous avons pour second objectif d'étudier les facteurs d'influence en questionnant :

Les transitions organisationnelles, techniques et de référentiel sectoriel, sont-elles imposées ou portées par les acteur·rice·s? Comment sont-elles perçues ?

Cette question permet d'identifier les freins et les leviers de la transition, ainsi que les postures endossées par les praticien·ne·s face aux transitions (rejet, adoption, épreuve, contournement, etc.).

La littérature définit la collaboration inter/multi disciplinaire (innovation organisationnelle) comme un élément clé d'une démarche durable (innovation technique). Nous avons vu que l'implémentation et la réussite d'une innovation technique dépend de l'innovation organisationnelle (cfr. Ecologie industrielle, médias d'assistance à l'écoconception). Dans le cadre de notre recherche, nous étudions le type de collaboration nécessaire pour l'écoconception.

Quelle collaboration multidisciplinaire favorise-t-elle une transition écoconceptuelle ? Quels profils, quelles compétences, quel langage ?

Cette question permet d'expérimenter et d'explorer des modèles de collaboration hybrides et créatifs

Enfin, selon la revue de littérature, le BIM promet d'assurer à la fois la conception (acte de créer / concevoir), la gestion de projets et la coordination des équipes prenantes. De ce fait, le BIM semble être la méthode de travail idéale pour garantir l'écoconception architecturale, assurant à la fois une innovation technique et organisationnelle. Dès lors, notre question est la suivante :

Les besoins et attentes vis-à-vis de l'écoconception peuvent-ils être remplis par les pratiques BIM ? Si oui, comment ? Si non, pourquoi ?

Cette question permet de prendre de la distance des «présupposés » du BIM identifiés dans la littérature scientifique et professionnelle, de définir les limites et les perspectives de développement et d'exploration de nouvelles méthodes.

La Figure 27 résume schématiquement les limites identifiées dans la revue de littérature selon 3 catégories, la production, la coordination et la communication.

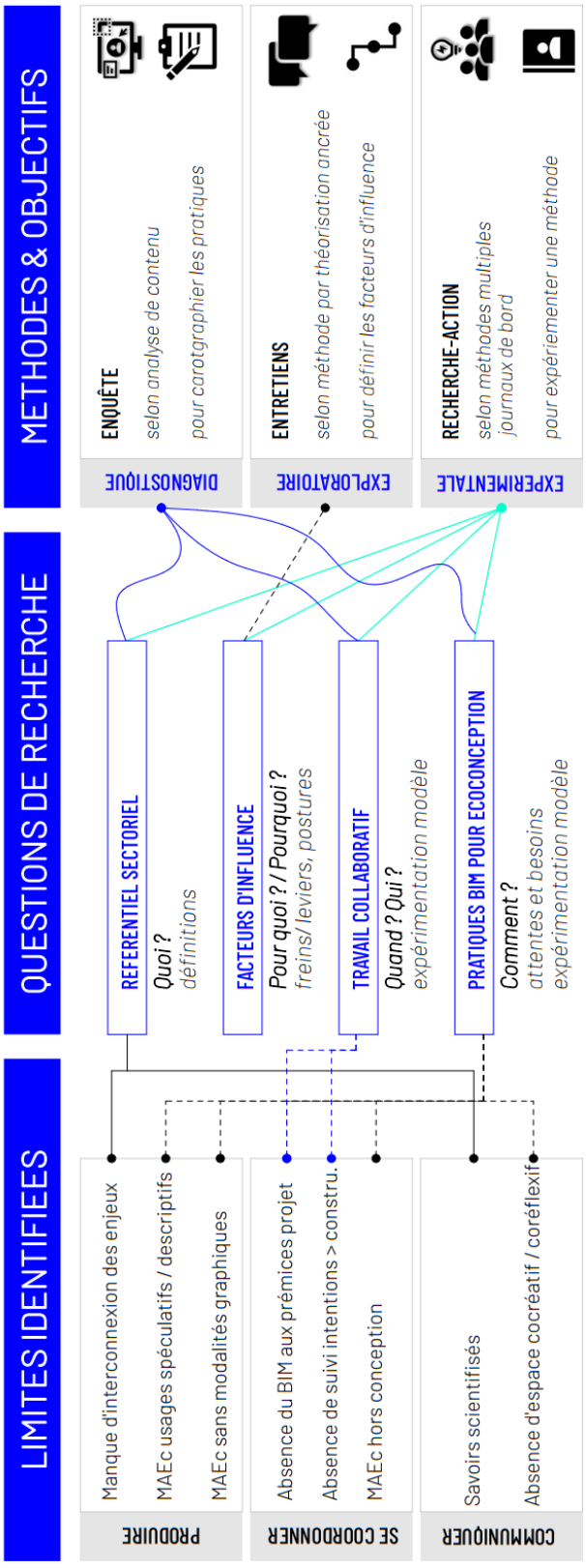


Figure 27 : Schéma récapitulatif : limites de la littérature, questions, méthodes et objectifs de recherches
Où MAEc » = médias d'assistance à l'écoconception et où les limites

3.3 Paradigme scientifique et cadre de la recherche

[…] Cela n'empêchera jamais Eisenman d'ironiser sur l'utilité de la thèse « On m'a souvent demandé ce que valait un doctorat pour un architecte, et j'ai toujours répondu : « Apprendre à rester tranquille sur une chaise pendant trois ans ». On se gardera bien évidemment de trop gloser sur ce que peut signifier une telle répartie. Sans doute guère plus que ce cliché tenace voulant que les architectes entrent en thèse, debout et actifs comme des professionnels, mais qu'ils doivent commencer par apprendre à s'asseoir en contemplation, comme des intellectuels et des chercheurs, sachant que cette épreuve de méditation serait d'autant plus contradictoire dans une discipline hantée par la conception, incessante et compétitive, de « projets ». (Chupin 2014, p.23)

Au sein de ce chapitre, nous annonçons et décrivons notre positionnement scientifique à la lumière du cadre théorique et de notre question de recherche, décrits au chapitre précédent. Nous décrivons notre posture pragmatiste, nos visées prospective et proactive, menée au sein d'une recherche qualitative. Enfin, nous décrirons les 3 méthodes de recherche adoptées, chacune sur un terrain spécifique, de taille et de portée différentes. La Figure 28 ci-dessous résume le éléments clés de ce chapitre.

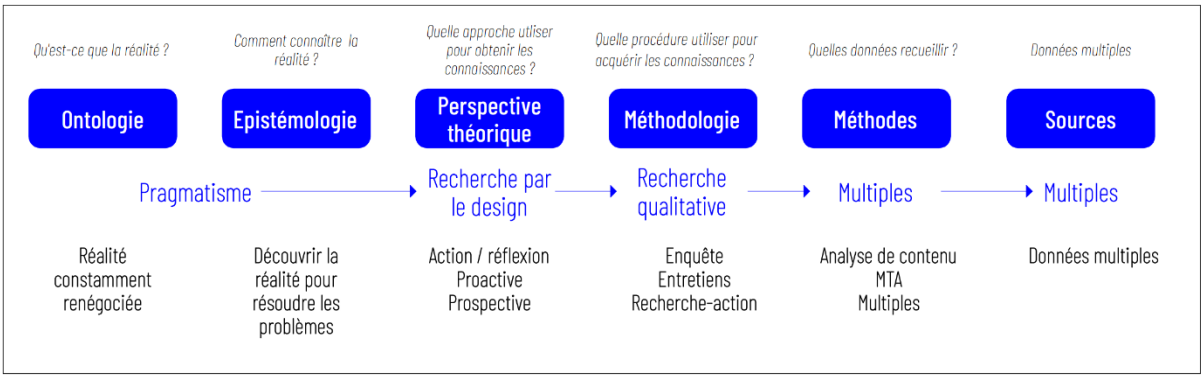


Figure 28 : Schématisation de notre positionnement scientifique - adapté de Patel (2015)

Pour comprendre les choix méthodologiques qui ont été faits pour mener cette recherche et qui seront détaillés dans les sections suivantes, nous expliquons d'abord notre positionnement scientifique. Un paradigme scientifique représente un modèle scientifique à suivre, comprenant un ensemble de croyances et d'accords, reconnus au sein de la communauté scientifique, sur la manière de comprendre et de traiter les problèmes. Par le paradigme, les chercheur·se·s acquièrent théorie, méthodes et critiques, déterminant la légitimité de la recherche et des solutions apportées. Un paradigme scientifique comprend plusieurs niveaux de questionnement (Crotty 1998)(Patel 2015)(Schelings 2021):

- **L'ontologie :** quelle est la Nature de la réalité ?
- **L'épistémologie :** comment puis-je connaître la réalité / la connaissance ?
- **La perspective théorique :** quelle approche pouvons-nous utiliser pour obtenir des connaissances ?
- **La méthodologie :** quelle procédure pouvons-nous utiliser pour acquérir des connaissances ?
- **Les méthodes :** quels outils pouvons-nous utiliser pour acquérir des connaissances ?

Il nous semble pertinent de compléter les 5 éléments présentés ci-dessus, par la représentation des niveaux de la recherche, sous forme d'un oignon **(the onion research)** proposée par Saunders et al. (2007) et présentée Figure 29. Si les premières couches de l'oignon abordent les mêmes caractéristiques suscitées, les travaux de Saunders les complètent par l'horizon temporel et les techniques de collecte de données. La première couche de l'oignon concerne la **philosophie de recherche** qui représente les fondations de toute recherche : la philosophie de la recherche peut être décrite d'un point de vue ontologique ou épistémologique (Phair et Warren 2021). La seconde couche concerne **les approches** qui sont soit inductives ou déductives. Le choix des approches impacte le choix de collecte de données ainsi que les méthodes d'analyse des données. Les approches inductives génèrent des théories à partir de la recherche (méthode par théorie ancrée). A l'inverse les approches déductives s'appuient sur une ou plusieurs théories existantes pour la (les) développer et la (les) mettre à l'épreuve. Les

approches inductives et déductives sont étroitement et respectivement liées aux méthodologies de recherches qualitatives et quantitatives [170]. La troisième couche de l'oignon traite des *stratégies* ou **méthodes de recherches.** Après les méthodes de recherche, la quatrième couche de l'oignon aborde les choix du nombre de types de données, soit un seul type de données qualitatives ou quantitatives, soit un type mixte (données quantitatives et qualitatives). Enfin, les types de données plurielles ou *multi* font appel à plusieurs types de données qualitatives et plusieurs types de données quantitatives. La cinquième et avant dernière couche de l'oignon concerne **l'horizon temporel** de collecte de données. Deux possibilités se présentent aux chercheur·se·s : d'un côté la recherche est étudiée à travers son évolution dans le temps (cross-sectional) où plusieurs moments clés sont particulièrement étudiés, par exemple l'évolution des pratiques professionnelles à travers le temps. D'un autre côté, la recherche est étudiée à un moment donné, qui peut également être une période, dans ce cas, l'horizon temporel est longitudinal. Enfin, le cœur de l'oignon concerne les **techniques et procédures de collecte et d'analyse de données.**

Phair and Warren (2021) rappellent que chaque choix réalisé aux couches externes de l'oignon influence les choix des couches internes. Il en va de même pour les choix faits ontologiques et épistémologiques qui impactent la méthodologie et les méthodes de recherche. Dans les prochaines sections, nous détaillons d'abord notre posture ontologique et épistémologique ou philosophie de la recherche et ensuite notre perspective théorique. La méthodologie de recherche et les méthodes associées seront décrites par la suite.

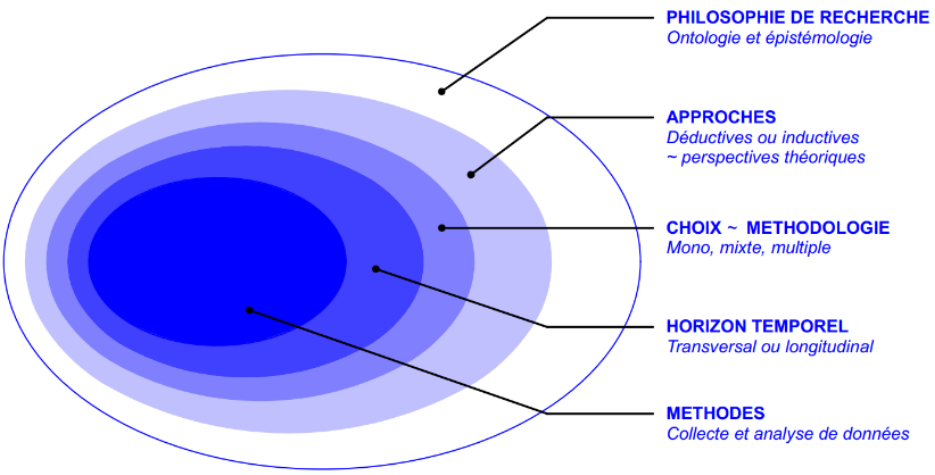


Figure 29 : Oignon de la recherche selon Saunders et al. (2007)

[170] Ibid.

3.3.1 Posture ontologique et épistémologique

> *La recherche en architecture se trouve animée d'un double projet, celui de produire des connaissances sur l'acte architectural même et celui de contribuer ainsi à en améliorer les prestations. En termes pédagogiques, cela pourrait s'énoncer ainsi : une thèse de doctorat en architecture a pour tâche principale de conduire à une meilleure intelligibilité du projet d'architecture et de contribuer ainsi à une théorie générale du projet ou « pragmatique du projet ». Les candidats sont invités pour cela à concevoir un protocole de recherche dans le volet empirique duquel le projet d'architecture occupe une place centrale. La fécondité de la recherche pour la pratique découle de la posture pragmatique adoptée (Findeli and Coste 2007, p.7)*

Au regard de la définition donnée, l'on comprend aisément qu'il existe de nombreux paradigmes scientifiques. La catégorisation des paradigmes varient également selon les auteur·rice·s. Représentés sous forme de tableau ou de continuum (Groat et Wang 2013), les paradigmes contiennent au moins 3 postures dont les deux extrémités sont, dans plusieurs cas, le positivisme et le constructivisme. Le continuum varie depuis les positivistes pour qui, d'un point de vue ontologique, il n'existe qu'une seule réalité mesurable. De ce fait, leurs méthodologies de recherche s'orientent vers des recherches quantitatives. Epistémologiquement, les connaissances sont considérées objectives et le·a chercheur·se en a la maîtrise. A l'autre extrémité du continuum, pour les constructivistes, il n'existe pas une unique réalité mais bien une multitude de réalités interprétées. Les méthodologies de recherches sont qualitatives avec des connaissances subjectives qui tiennent compte des acteur·rice·s de terrain.

Groat and Wang (2013) rappellent les défis majeurs dans l'exercice de définir un paradigme scientifique propre à l'architecture :

- Un défi multidisciplinaire et d'hybridité propres à l'architecture et au vaste panel culturel dans lesquels l'architecture se développe
- Un défi épistémologique, propre à l'architecture qui se fluidifie depuis plusieurs décennies
- Un défi de non-réductionnisme que les traditions épistémologiques, aussi nombreuses soient elles au sein d'un paradigme scientifique ou le long du continuum, réduisent les multiples points de vue en « *une seule dimension primaire de différence* ».

Malgré ces défis, il existe **un continuum (paradigme scientifique)** comprenant 3 postures principales : le positivisme, souvent représenté à l'extrême gauche, le constructivisme, représenté à l'extrême droite. Entre les deux, une posture « *interstitielle* » qu'ils nomment intersubjective. Pour Groat et Wang, étiqueter cette posture centrale est une tâche complexe tant le panel d'étiquettes et d'écoles de pensée est varié. La posture intersubjective « *reconnait à la fois la multiplicité des perspectives distinctes et l'importance des actions et des connaissances*

socialement partagées »[171]. D'un point de vue ontologique, la réalité est connue à travers de multiple points de vue différents sur les réalités socioculturelles tout en parvenant à une compréhension commune de ces réalités. Cette posture met en avant les valeurs, les intentions des actions et les interprétations de sens des acteur·rice·s de terrain.

Il existe d'autres postures intermédiaires. Le pragmatisme, dont John Dewey est l'un des fondateurs, est l'une de ces postures. **Le pragmatisme est la philosophie *de, par et pour* l'expérience** dont Thievenaz (2021) traduit sous forme d'une question centrale « *qu'est-ce que l'expérience et comment se construit-elle ?* ». L'approche de Dewey est fondée sur l'expérimentalisme, mise en œuvre scientifique, permettant l'étude de toute situation de vie appelant une démarche réflexive et à travers elle, l'élaboration de nouvelles connaissances. L'activité exploratoire est le commencement d'une recherche que Dewey nomme **inquiry *(enquête)*** dont la théorie universelle qui en découle traite de l'agir et du développement humain. Entreprendre une enquête traduit l'émergence d'une problématique, entrainant de l'incertitude. Selon Dewey, la problématique est *située, c'est*-à-dire qu'elle est liée à la situation qui perturbe le sujet, son activité et son environnement. Findeli and Coste (2007) parle de méthode de théorisation située ou ancrée selon la traduction de la *Grounded Method Theory sur* laquelle nous reviendrons dans les prochaines sections, et qui exclut toutes spéculations ou attitudes exclusivement déductives.

> Dans cette approche holistique de l'expérience, il n'est pas question de dissocier la pensée de l'agir, *[ni]* d'opposer la théorie à la pratique, (…) mais d'appréhender ces différentes dimensions de façon conjointe et intégrative. Si l'activité d'enquête est une démarche intellective, elle prend sa source et se réalise selon une combinaison de facteurs cognitifs, affectifs, corporels et sensoriels. *Thievenaz (2021) p.92*

Centrés sur l'action et son utilité[172], les pragmatistes choisissent les approches les plus appropriées à leurs recherches qui peuvent être plurielles. Cette approche est renforcée par l'hybridation des savoirs, de terrain / de laboratoires ou académiques / professionnels (Schelings 2021). Les questions de recherche étudiées par les pragmatistes peuvent être classées selon 3 catégories : exploratoires avec des thèmes émergents, descriptives faisant l'état des lieux d'une situation et enfin relationnelles faisant le lien entre plusieurs situations[173].

Au tableau 18, nous synthétisons les 4 postures discutées ci-dessus au sein du paradigme scientifique ; le positivisme, le constructivisme, l'intersubjectivisme et le pragmatisme selon la structure d'analyse proposée par (Patel 2015).

[171] Ibid. p.76 – Traduction personnelle de l'anglais
[172] Ibid.
[173] Ibid.

Tableau 18 : Vision transversale du paradigme scientifiques inspirée des travaux de Groat and Wang (2013 et Patel (2015)

	Objectif ⟷ Subjectif			
			Selon John Dewey	
	Positivisme	Intersubjectif	Pragmatisme	Constructivisme
Ontologie	Il existe une seule réalité ou vérité (plus réaliste)	Diverses réalités situées dans un contexte socioculturel	La réalité est constamment renégociée, débattue, interprétée à la lumière de son utilité dans de nouvelles situations imprévisibles	Il n'y a pas de réalité ou de vérité unique. La réalité est créée par des individus dans des groupes (moins réaliste).
Epistémologie	La réalité peut être mesurée et l'accent est donc mis sur des outils fiables et valides pour l'obtenir.	Connaissance encadrée par un engagement socioculturel sous-jacent	La meilleure méthode est celle qui résout les problèmes. Découvrir est le moyen, changer est l'objectif sous-jacent.	La réalité doit donc être interprétée. Elle est utilisée pour découvrir la signification sous-jacente des événements et des activités.
Méthodologie	Recherche expérimentale / recherche par sondage	Méthodes mixtes	Méthodes mixtes, recherche basée sur la conception, recherche-action	Ethnographie, théorie groupée, recherche phénoménologique, enquête heuristique, recherche-action, discours, analyse, féministe, etc.

L'histoire du pragmatisme en architecture est récente. Elle résulte de la volonté d'une professeure américaine, J. Ockman, de réconcilier la théorie et la pratique en architecture à travers conférence architecturale au début des années 2000 (Lefebvre 2015). La pratique du terrain est nécessaire dans de nombreux domaine de recherche, et plus encore en architecture. Depuis cette perspective d'un pragmatisme architectural, l'union de la pratique et la recherche produit des travaux qui contribuent directement et directement à la discipline architecture, leur pertinence est dite « avérée » (Findeli et Coste 2007)

*Trois facteurs ont influencé notre **posture pragmatique** :*

- *L'émergence de la question de recherche à travers la pratique et en tant praticienne-réflexive, que nous détaillons ci-après,*
- *Notre profil hybride d'architecte doctorante*
- *Ainsi que le doctorat réalisé au sein d'un agence multidisciplinaire*

La pluralité des méthodes de recherche utilisées sont mixtes et répondent au mieux aux problématiques hypothétiques (déductive et issues de la littérature) et celles rencontrées sur le terrain (inductive). Les prochaines sections de ce chapitre décrivent le positionnement théorique, la méthodologie ainsi que les méthodes de recherche utilisées dans cette thèse.

3.3.2 Positionnement théorique

> *Jusqu'au milieu des années 1990, quand l'ambition d'une recherche doctorale émergeait en parallèle, ou prenait le pas sur l'engagement dans la profession, bien des architectes étaient encore contraints d'entrer dans le cheval de Troie d'une discipline accueillante ou opportune : l'histoire de l'art, la sociologie, la philosophie, l'anthropologie, sans oublier ces sciences de l'ingénieur concernées par les questions de construction ou même d'informatisation (Chupin 2014)*

La recherche en architecture est variée, avec des fins différentes : tantôt la théorie peut être le point de départ, tantôt c'est une application spécifique comme résultat attendu qui va initier la recherche, de même la façon qu'une même question de recherche peut amener à différentes visées épistémologiques (Groat et Wang 2013) (Chupin 2014). Depuis vingt ans, le doctorat en architecture a évolué, il est mieux compris grâce aux colloques et groupes d'études qui ont permis « *l'institutionnalisation progressive de l'idée de* recherche création *(ou research by design)* »[174].

En architecture et en design, il existe **trois typologies de recherche** : la recherche *sur* le design *(into)*, la recherche *par* le design *(through)* et la recherche *pour* le design *(for)*. Historiquement, ces deux dernières recherches font référence **aux recherches appliquées**, **opposées aux recherches théoriques ou fondamentales**. L'évolution de la recherche en architecture a estompé la distinction entre recherches appliquées et recherches théoriques : la recherche a basculé vers une **articulation entre action et réflexion** (Groat et Wang 2013)(Hamarat 2020)[175].

Frankel and Racine (2010) proposent une schématisation des 3 typologies selon un radar à 3 pôles ; pour, par et sur le design et selon 2 axes ; l'axe des ordonnées représente la théorie / pratique, l'axe des abscisses représente une pratique spécifique (projet) /générale (état de l'art) (Figure 30). Sur cette figure, nous positionnons notre recherche en bleu.

[174] Ibid. p.18.
[175] Séminaire doctorale du 28.10.2020 « Séminaire sur les types de recherches appliquées en design et en architecture », Yaprak Hamarat, ULiège

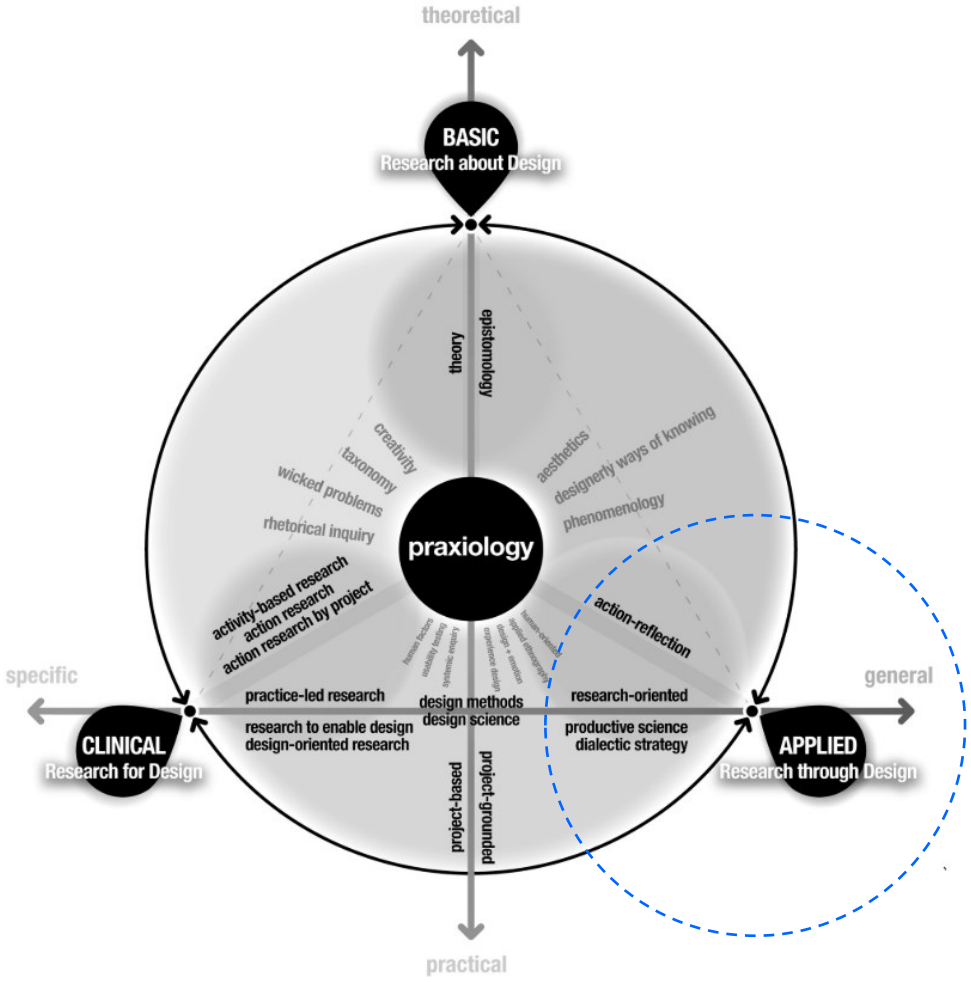


Figure 30 : Carte radar des 3 typologies de recherche en architecture : sur, par et pour le design / la conception
Articulée autour de la praxilogie définie par les auteurs comme « la praxiologie de la conception fait référence à la nature de l'activité de conception, à son organisation et à son appareil » - Source : Frankel & Racine, 2010)

L'articulation est matérialisée différemment selon qu'il s'agisse d'une recherche par le design ou pour le design. Dans le second cas, la connaissance est renfermée dans le projet, spécifique à celui-ci et sans possibilité de partage des savoirs. Cette approche s'apparente aux projets de R&D[176] : le projet de recherche est perçu comme un projet d'architecture supplémentaire. Pour Findeli and Coste (2007), la production de nouvelles connaissances n'est, dans ce cas, pas remplie puisque la recherche pour le design s'appuie sur des connaissances existantes. Au sein de notre recherche, nous nous identifions à la **recherche par le design.** Les savoirs et connaissances produits mettent en évidence des problématiques culturelle, sociale et/ou économique et le savoir est ainsi réflexif. Le·a chercheur·se peut, soit pratiquer le design, soit réaliser une collaboration avec les praticien·ne·s [177] . La scientificité de cette méthode réside dans la réplicabilité du processus.

[176] R&D : Research & Development
[177] Ibid.

Une thèse, si elle n'a pas valeur de théorie (par défaut), doit annoncer sa localisation dans un cadre théorique. Pour ce faire, nous utilisons **le compas des visées théoriques** proposées par Chupin (2014) qu'il définit comme un « *instrument d'orientation et de navigation dans la complexité, permettant de situer la variété des propositions de recherche doctorale dans un ensemble suffisamment vaste pour accueillir la diversité des objets de recherche en architecture, et suffisamment précis pour éviter les esquives de cette « interdisciplinarité » à laquelle les instances de gestion académique ne manquent jamais d'inviter les enseignants, comme les chercheurs* »[178].

Le compas se compose de deux axes, un axe sur les objets de connaissances (ordonnée) et l'autre sur les trajectoires de projets (abscisse), mettant en lumière quatre visées épistémologiques et disciplinaires différentes. L'axe des ordonnées traduit les tensions épistémologiques dont les deux pôles sont les disciplines de l'histoire et les sciences humaines et appliquées. Leurs visées sont respectivement rétrospectives et prospectives. L'axe des abscisses décrit les tensions entre projet disciplinaire et projet professionnel dont les visées sont rétroactives ou proactives. La première visée reconstruit une trajectoire historique là où la seconde vise une orientation ou une direction de la pratique. La thèse est construite simultanément au nouveau modèle qu'elle tente d'imposer.

Ancrée dans le présent, notre recherche tente d'améliorer la conception architecturale actuelle et future en proposant une méthode de travail collaborative. De ce fait, elle est **prospective.** En proposant une transition vers l'écoconception, la visée de la présente recherche est également **proactive**, où le projet se veut **innovant**. Illustré à la Figure 31, notre positionnement théorique est schématisé par 1 point bleu situé dans l'espace compris entre la visée proactive et la visée prospective.

[178] Ibid. p.21

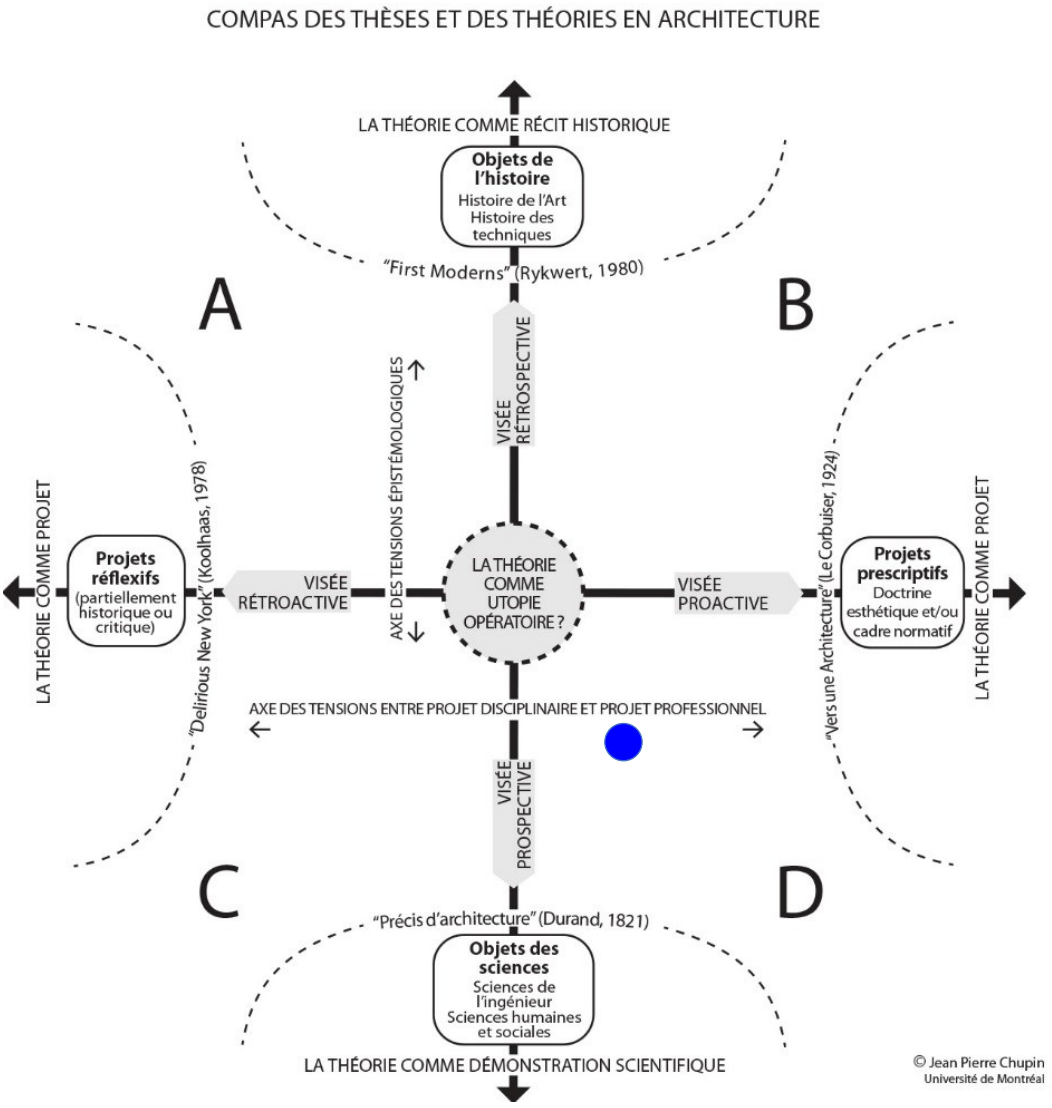


Figure 31 : Positionnement théorique des visées de notre recherche selon Chupin (2014)

3.3.3 Méthodologie : la recherche qualitative

> *Qualitative research is multi-method in focus, involving an interpretive, naturalistic approach to its subject matter. This means that qualitative researchers study things in their natural settings, attempting to make sense of, or interpret phenomena in terms of the meanings people bring to them. Qualitative research involves the studied use and collection of a variety of empirical materials. (Groat and Wang 2013, p.218)*

Dans ce chapitre, nous décrivons la recherche qualitative comme méthodologie de recherche utilisée. L'objectif est de **comprendre les contextes et les phénomènes** de manière holistique à travers des circonstances sociales et culturelles contemporaines (Groat et Wang 2013)(Barney et Strauss 2017).

Mener une recherche qualitative résulte d'un choix fait en début de thèse, guidée par le sujet et le format de recherche. La recherche qualitative nous a permis d'étudier la problématique de l'écoconception collaborative au sein bureau d'études intégré où la thèse a été menée. A travers la recherche qualitative, la recherche a été flexible et itérative, affinant la question de recherche et les résultats. Enfin, le choix de mener une recherche qualitative a été influencé par le sujet de la recherche concernant l'écoconception collaborative et multidisciplinaire au regard des pratiques BIM. Cette étude demande d'identifier, avec finesse, les rouages des processus existants d'écoconception, y compris les freins et les leviers, les contraintes et enjeux, les usages et objectifs et enfin les artefacts produits. Ces phénomènes sont difficilement quantifiables. En cela, la recherche qualitative permet de répondre à l'une de nos questions de recherche qui est de:

Le potentiel collaboratif du BIM est-il une réponse adaptée et suffisante aux enjeux de l'écoconception ?

3.3.3.1 Le cadre théorique de la recherche qualitative

Groat and Wang (2013) identifient 5 composantes clés de la recherche qualitative appliquée à la recherche architecturale :

- **Un environnement « tel qu'au quotidien »** voire ancré, où les objets et sujets d'enquête ne sont pas éloignés de leur terrain. Les chercheur·se·s utilisent des stratégies d'implication des parties prenantes tout en conservant l'environnement « Naturel », en l'état ;
- **L'interprétation et le sens donné par les chercheur·se·s :** les présupposés de chaque partie prenante de la recherche jouent un rôle important dans l'analyse et l'interprétation des résultats, ils les colorent ;
- **L'interprétation des parties prenantes :** en multipliant les situations étudiées, les chercheur·se·s offrent un portrait « holiste » du terrain d'étude et de la situation étudiée. De cette façon, une attention particulière est portée sur la manière dont les personnes interrogées interprètent leur propre situation ;

- **L'utilisation de multiples méthodes :** en proposant des méthodes ou tactiques multiples, les chercheur·se·s visent à fournir une compréhension la plus holistique d'une situation étudiée. Ces méthodes multiples sont parfois qualifiées de « bricolage », c'est-à-dire adaptées et particulières au contexte, et appropriées à la question de recherche.
- **La logique inductive :** les recherches qualitatives amènent à faire évoluer les questions de recherche dans un processus itératif, la question est affinée à la lumière des méthodes utilisées, faisant émerger de nouvelles réflexions. Toutefois, les auteurs mettent en garde sur le caractère systématique des recherches qualitatives : elles ne sont pas toutes « exclusivement » inductives.

En nous appuyant sur (Lejeune 2019), nous ajoutons une sixième composante : **la démarche itérative.** Ce modèle d'itérations a rythmé toute notre recherche Au sein de cette démarche, 4 activités sont menées parallèlement :

- La problématisation
- La collecte de données empiriques
- L'analyse des données collectées
- La rédaction des résultats de l'analyse.

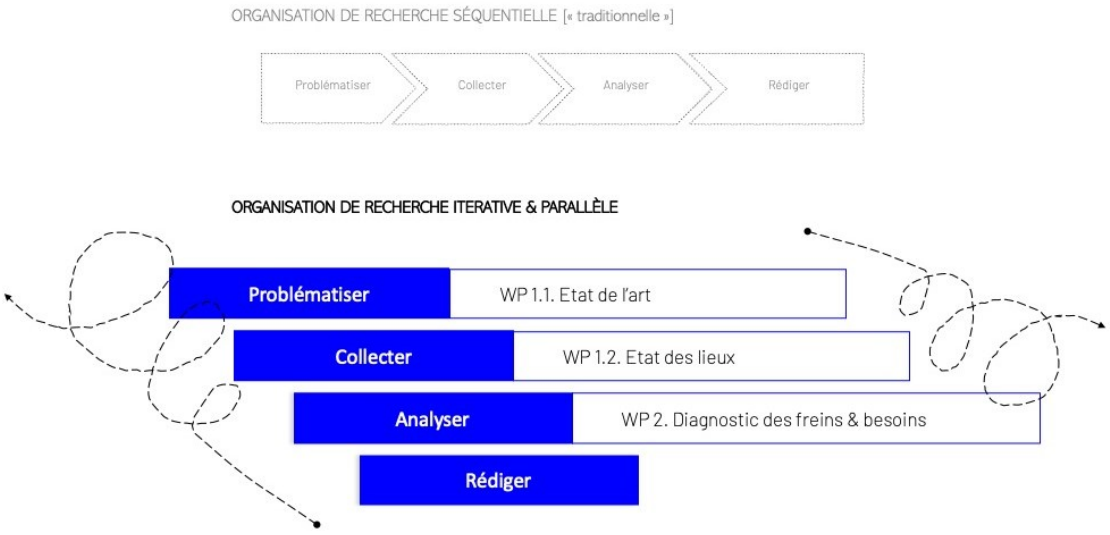


Figure 32 : Deux types d'organisation de recherche parallèle et itérative, sur base de Lejeune (2019)

Si elles s'engagent de façon linéaire et séquentielle dans un premier temps, ces quatre activités se chevauchent rapidement et s'influencent. Une démarche séquentielle, que l'on retrouve souvent dans les recherches quantitatives et hypothético-déductives, l'organisation figée et parfois rigide peut entraver l'émergence d'idées nouvelles (Figure 32). Lorsque le doctorat s'étale sur une période de quatre années, chaque année est souvent dédiée à une activité. Lorsque les activités sont menées parallèlement, la revue de littérature n'est ni écartée du processus de recherche, elle ne précède pas non plus le terrain ou l'analyse, la revue de littérature les accompagne (Lejeune 2019).

Les éléments qui viennent d'être présentés font de la recherche qualitative, une recherche **holistique,** à travers la construction d'une image riche, complexe et large d'une situation ou d'une problématique, qu'elle tente de décrire par le biais des perspectives et facteurs multiples. Une recherche **pérenne**, impliquant une temporalité suffisante qui permet l'appréhension du contexte et l'établissement d'une relation de confiance, o**uverte et flexible**, loin d'un plan stricte, la recherche qualitative s'adapte au travail de terrain ou à la collecte de données. Elle est **mesurable** selon les méthodes établies par les chercheur.se.s, **littéraire et « iconographique »,** s'éloignant des mesures numériques ou statistiques et **narrative,** elle transmet des « histoires » plutôt qu'un compte rendu académique (Groat et Wang 2013).

Toutefois, la recherche qualitative présente des limites qu'elle tire de ses forces à savoir : (i) le traitement de grandes quantités de données, (ii) le manque de procédures guides établies et (iii) la crédibilité des données.

> *Qualitative research, however, assumes a subjective reality and a view of the researcher as interactive with the subject of inquiry. On a methodological level, the quantitative paradigm is seen as involving a deductive process of inquiry that seeks cause - and - effect explanations, whereas the qualitative paradigm necessitates an inductive process of inquiry that seeks clarification of multiple critical factors affecting the phenomenon.» (Groat and Wang 2013, p.71)*[179].

[179] Traduction personnelle de l'anglais : *« La recherche qualitative (…) suppose une réalité subjective et une vision du chercheur comme interactif avec le sujet de l'enquête. Sur le plan méthodologique, (…) le paradigme qualitatif nécessite un processus d'enquête inductif qui cherche à clarifier les multiples facteurs critiques affectant le phénomène »*

Pour conclure cette section, nous décrivons les 3 méthodes de recherches utilisées dans le cadre de notre recherche au regard des 6 composantes de la recherche qualitative suscitées.

Tableau 19 : Méthodes de recherche utilisées dans le cadre de la thèse au regard des 6 composantes de la recherche qualitative

COMPOSANTES DE LA RECHERCHE QUALITATIVE, INSPIRES DE GROAT AND WANG (2013)	NOTRE RECHERCHE		
	Enquête en ligne	Entretiens	Recherche action (R-A)
ENVIRONNEMENT « NATUREL »	Capte l'interprétation des répondants sur leur pratique. Offre à chacun le moment le plus opportun d'y répondre	Les entretiens se sont déroulés en distanciel ou en agence.	Les 3 méthodes de recherche utilisées dans le cadre de la thèse appellent l'implication des parties tout en préservant le contexte
INTERPRETATION PAR LES CHERCHEUR·SE·S	Les résultats sont analysés par une architecte doctorante, belge, francophone, réalisant une thèse au sein d'un bureau d'étude intégré. Le contexte, la question, le format et les méthodes de recherche colorent les résultats inévitablement.		
INTERPRETATION DES PARTIES PRENANTES	A travers les 3 méthodes de recherche, l'implication des parties prenantes, multiples, vise à dresser une situation la plus holistique d'une situation questionnée ; l'écoconception multidisciplinaire.		
MULTIPLES METHODES	Trois méthodes sont utilisées dans le cadre de cette recherche : enquête, entretiens et recherche-action.		En plus des trois méthodes citées, la recherche action fait appel à différents formats de collectes de données que nous détaillons dans la section recherche-action de ce chapitre.
LOGIQUE INDUCTIVE	Chaque méthode a nuancé et affiné la question de recherche, loin d'une polarisation entre le développement durable et les technologies digitales en architecture.		
DEMARCHE ITERATIVE	/	Un premier entretien est mené, puis analysé et mis en parallèle avec la littérature. Les éléments identifiés sont utilisés pour le prochain entretien. La méthode est itérative.	La R-A se développe de façon itérative selon étapes : analyser, développer, expérimenter, reconsidérer.

3.3.4 Méthodes de recherche : questionnaire en ligne, entretiens et recherche-action

A la lumière de notre question de recherche, de notre posture pragmatiste, de nos visées prospective et proactive, nous adoptons 3 méthodes de recherche de théorisation située. Les trois méthodes se développent sur un terrain spécifique, de taille et de portée différentes :

- La **première méthode de collecte de données** a pour objectif la réalisation d'**un état des lieux** des pratiques collaboratives, digitales et de durables à l'échelle européenne et auprès d'acteur·rice·s multidisciplinaires. A travers un questionnaire en ligne, l'état des pratiques cherche à définir un diagnostic des besoins et attentes du secteur. L'enquête a été réalisée à l'échelle européenne et 220 réponses ont été collectées.
- La **seconde méthode de collecte de données** est une **exploration** des contraintes vécues vis-à-vis des transitions (digitales, collaboratives, énergétiques, organisationnelles, durables). Quatre entretiens individuels ont été menés auprès d'acteur·rice·s wallon·ne·s.
- La **troisième et dernière méthode** est une immersion en agence et **l'expérimentation d'une méthode** de travail en recherche-action. La taille de l'agence est approximativement de 85 personnes. Dans le cadre de la recherche-action, un noyau constant de 10 personnes ont été participé activement à la recherche. La direction a été sollicitée ponctuellement et de façon récurrente. Selon les étapes de la recherche (expérimentation, partage des savoirs), d'autres collaborateur·ice·s de l'agence sont intervenu·e·s dans ce processus.

La Figure 33 illustre les temporalités et spatialités de ces 3 méthodes de recherche : le cercle extérieur bleu représente les 4 années de recherche, financées de mai 2019 à mai 2023. La temporalité est détaillée par mois (traits noirs). Les spatialités sont représentées par les cercles concentriques ; l'échelle européenne, l'échelle belge et l'échelle de l'agence. Une méthode peut être utilisée à différentes échelles spatiales ; l'enquête en ligne a été diffusée en Europe, en Belgique et en agence. Enfin, les méthodes peuvent également se chevaucher temporellement ; par exemple, l'enquête était en cours lors du lancement de la recherche-action. Nous détaillons chacune des méthodes ci-après.

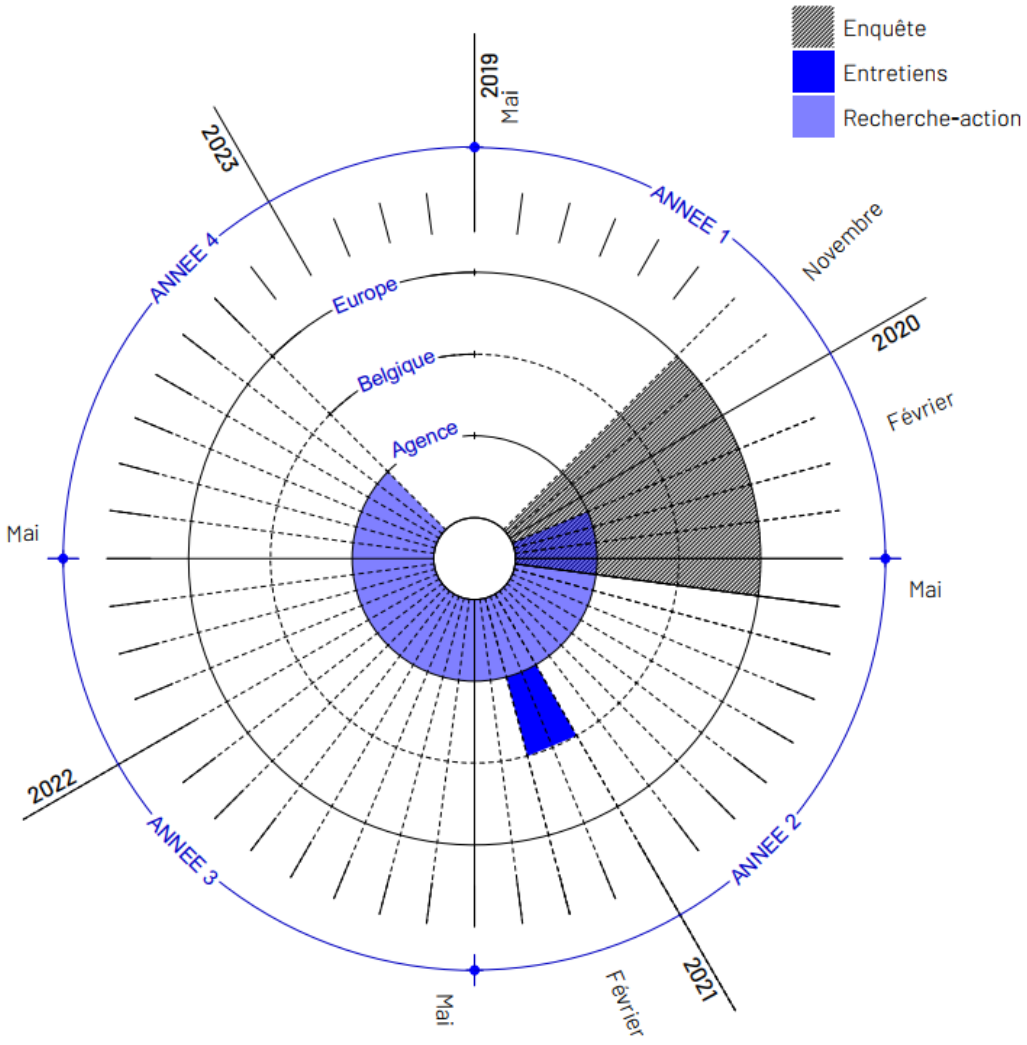


Figure 33 : Temporalités et portées des 3 méthodes de recherche

3.3.4.1 Le questionnaire comme méthode de diagnostic : état des lieux des pratiques

> *Il y a 30 ans, au cœur des années 1970, on connu une période extrêmement riche de développement des sciences humaines et sociales. La liberté de parole, l'effervescence de la pensée, l'explosion de la communication imposait d'être à l'écoute. Comment être à l'écoute, scientifiquement et avec rigueur, de parole, d'images, de textes écrits, de discours prononcés ? (…) Le mode d'emploi de l'analyse de ces communications n'existait pas encore, mais l'explosion communicationnelle ainsi que le souci de les comprendre étaient là. Un grand souci de compréhension au travers des paroles, des images, des textes, des discours : rendre compte et interpréter des opinions, des stéréotypes, des représentations, des mécanismes d'influence, des évolutions individuelles où sociales.* L'analyse de contenu, préface (Bardin 2013)

Depuis une décennie, la revue de littérature comprend des études de plus en plus nombreuses sur l'implémentation du BIM et séparément sur l'écoconception en architecture. Toutefois, nous l'avons vu au premier chapitre, peu d'études traitent conjointement d'une écoconception, collaborative et multidisciplinaire liées aux pratiques BIM. Parallèlement à l'immersion en agence, nous avons lancé une enquête en ligne, première méthode de collecte de données. Le choix d'additionner une enquête en ligne, à large échantillon, aux autres méthodes de recherche permet de confronter les différents résultats : « *les données collectées en agence sont-elles en résonnance avec les pratiques d'ailleurs ? Sont-elles des exceptions ? Sont-elles innovantes ?* » Cela peut sembler aller à l'encontre des méthodes inductives de la recherche de terrain qui se fait chemin faisant. Nous faisons le constat que les résultats des deux méthodes se complètent et se nuancent.

L'enquête permet de recueillir des données qualitatives et quantitatives, de tout ordre ; sociodémographiques, usages, intérêts et à large échantillon. Les thématiques de niche, telles que les pratiques d'écoconception en BIM dans le cas de notre recherche sont rarement exploitées à travers des enquêtes à large spectre (cfr. Chapitre 1 et (Stals 2019)). L'enquête en ligne vise ainsi à combler un manquement. Aussi, cette méthode présente 2 avantages : **l'anonymat** de l'enquête en ligne permet de libérer la parole et de laisser place à la contestation éventuelle (Mercanti Guérin 2009). Visant un public professionnel, elle permet aux informateur·rice·s d'y répondre au **moment le plus opportun** dans leur emploi du temps avec des réponses plus nuancées et réfléchies sur les retours d'expériences et réflexions des informateur·rice·s.

Nous avons pris le risque d'écarter une partie des répondant·e·s éventuel·le·s en choisissant l'enquête en ligne : en effet, les répondants doivent être à l'aise avec l'usage des outils numériques. Nous assumons ce choix au regard du sujet de la recherche.

3.3.4.1.1 Construction de l'enquête

Le questionnaire comprend **trois volets** (Figure 34).

- Un **premier volet** d'introduction à l'enquête. Ce volet permet de caractériser le contexte et profil des informateur·rice·s. Le temps de réponse, les critères d'anonymat et de confidentialité ainsi que le traitement des données personnelles sont décrites. Nos coordonnées de contact clôturent ce premier volet.
- Divisé en quatre sections, le **second volet** traite des questions directement liées à l'enquête. C'est le corps du questionnaire. La première section invite les informateur·rice·s à se situer en répondant aux questions socio-démographiques (pays, profession, fonction, etc.). Ces questions servent à contextualiser les résultats futurs. Le 3 autres sections concernent : les pratiques BIM, les pratiques durables et les pratiques BIM/durables. Nous avons choisi de séparer les questions à travers ces 3 sections afin de recueillir un large panel de points de vue, représentatif du secteur et non pas limité aux expériences d'expert·e·s BIM/durable. Toutefois, par cette manœuvre, certaines questions ont été multipliées, entrainant un allongement du temps de réponse (estimé entre 20 et 40 minutes selon les profils) et par conséquence un possible rejet ou abandon.

  Nous avons utilisé trois types de questions ; fermées, semi-ouvertes et ouvertes, selon les résultats attendus. Les questions de l'enquête sont disponibles en annexe.
- L**e dernier volet** clôture l'enquête avec les remerciements et nos coordonnées de contact permettent aux praticien·ne·s de confirmer leur intérêt et leur participation ultérieure à la présentation des résultats.

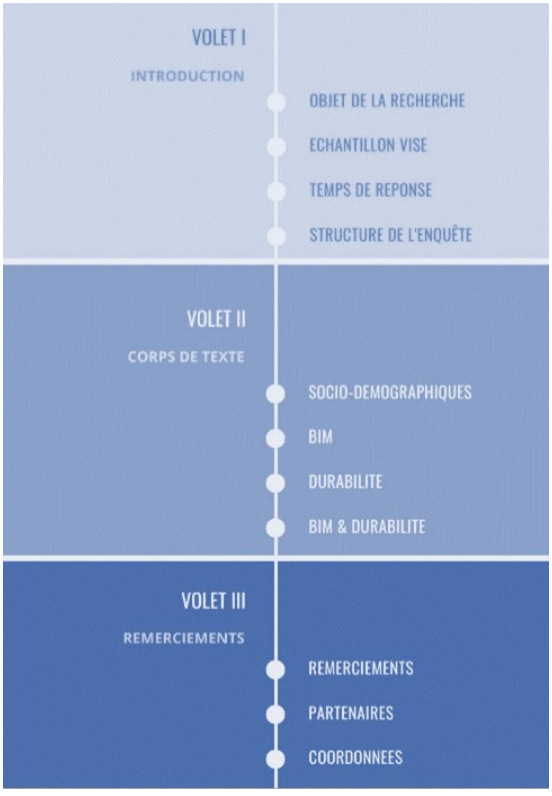


Figure 34 : Structuration de l'enquête selon 3 volets

L'enquête a été réalisée en **français et en anglais**[180] , accessible en ligne entre novembre 2019 et mai 2020. Nous avons utilisé le logiciel d'enquête en ligne Eval&Go© en version professionnelle. Ce logiciel répondait à plusieurs critères de sélection de premier ordre tels que le choix des types de questions (simples et avancées), une enquête bilingue et un système de publication (en lien direct, par courriel, QR code) avec système personnalisable de relance et l'export des résultats sous différents formats. **La pluralité des profils des informateur·rice·s** a trouvé son origine dans la thématique elle-même où la multidisciplinarité et la collaboration représente les fondements de notre recherche. Cette multidisciplinarité appelle un échantillon large afin de répondre à la règle de représentativité, tout comme « *la couturière a besoin d'un morceau de tissu plus grand pour se faire une idée de celui qui est à fleurs et plus petit pour celui qui est uni* » (Bardin 2013, p.127). Basés sur la revue de littérature, l'enquête propose de choisir onze professions et douze fonctions, accompagnées toutes deux d'un champ *autre*.

Par ailleurs, une grille d'analyse permet de catégoriser 4 familles de profils: celles et ceux qui travaillent en BIM avec ou sans approche durable et ceux qui ne le font pas. Nous distinguons également le travail actif du travail passif. Enfin, si les d'informateur·rice.s ne pratiquent ni le BIM ni l'écoconception, nous les interrogeons sur une éventuelle planification d'adoption. Des 4 familles de profils initiales, 16 profils émergent (Tableau 20) .

Tableau 20 : Grille d'analyse de 16 profils d'informateur·rice·s selon leurs pratiques BIM et/ou durables

				Q 48 - Votre entreprise intègre-t-elle une démarche durable dans ses pratiques ?			
				Durabilité		Durabilité	
				Q49 - Participez-vous activement au développement de cette démarche durable dans votre entreprise ?		Q69 - Est-ce que votre entreprise envisage de développer une démarche durable ?	
				Participe activement à la DD	Ne participe pas activement à la DD	Développement planifié	Développement non planifié
Q16 - Votre entreprise travaille-t-elle en BIM ?	BIM	Q30 - Participez-vous activement au développement des projets BIM dans votre entreprise ?	Participe activement au développement des projets BIM				
			Ne participe pas activement aux projets BIM				
	BIM	Q17 - Est-ce que votre entreprise envisage de passer en BIM ?	Implémentation planifiée				
			Implémentation non planifiée				

Où DD = démarche durable

[180] Ce choix résulte d'une intention de diffuser l'enquête à l'européenne et notre maitrise de ces 2 langues.

3.3.4.1.2 Diffusion de l'enquête

Plusieurs canaux ont été utilisés pour la diffusion (Figure 35). Chaque partenaire de la recherche a été sollicité pour diffuser l'enquête, soit par mails, soit via sur les sites web ou encore via les réseaux sociaux (LinkedIn). La presse et des groupements professionnels ont également été contactés pour la diffusion ainsi que des groupes thématiques de professionnel·le·s sur LinkedIn. Enfin, l'enquête a été partagée en présentiel lors de l'édition 2019 de la certification BIM pour les PME, organisé par le laboratoire de recherche. La Figure 35 illustre les canaux de diffusion. L'enquête a été lancée en novembre 2019 et fermé en mai 2020. La temporalité et l'échelle de terrains sont illustrées à la Figure 36.

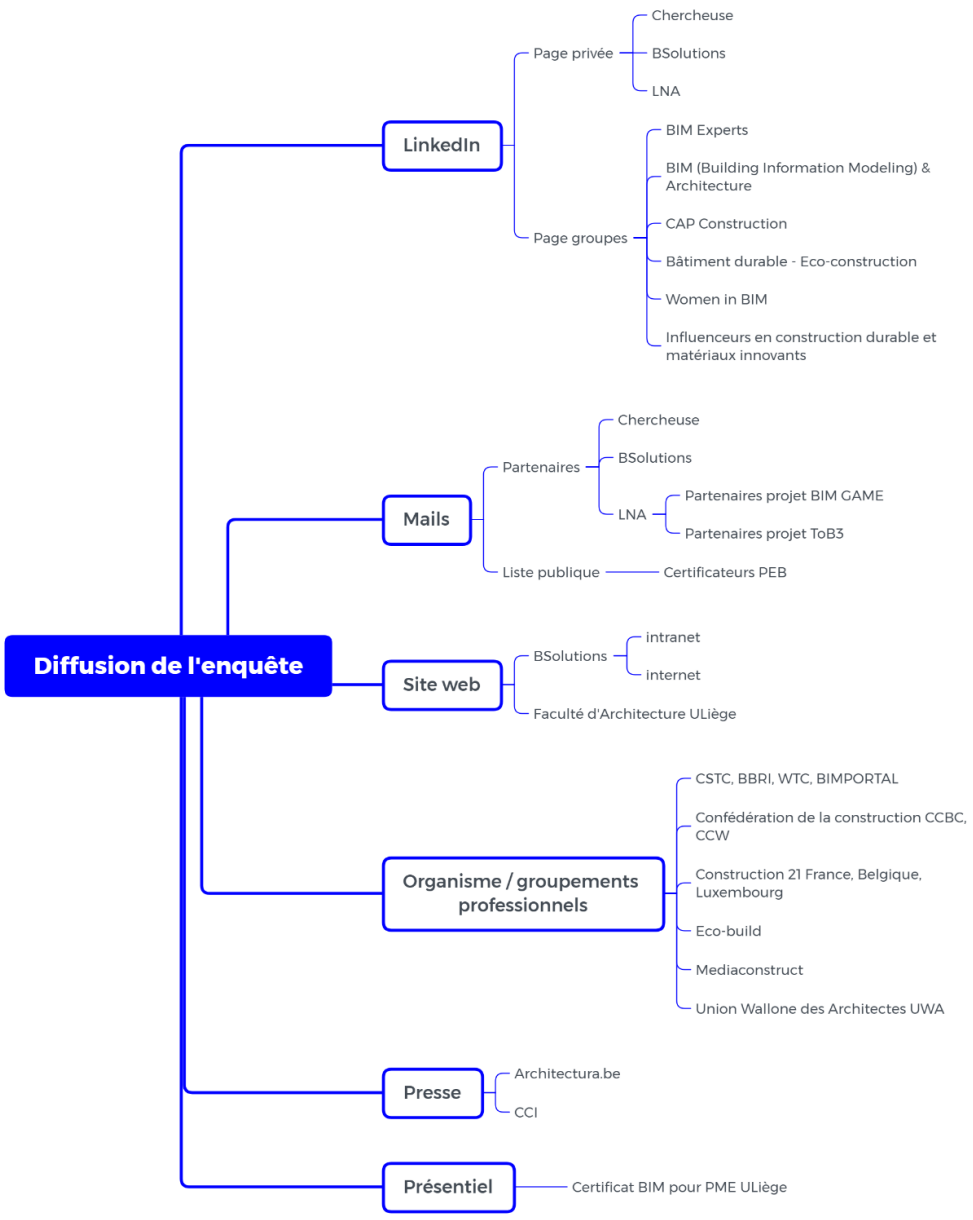


Figure 35 : Schématisation de la diffusion de l'enquête

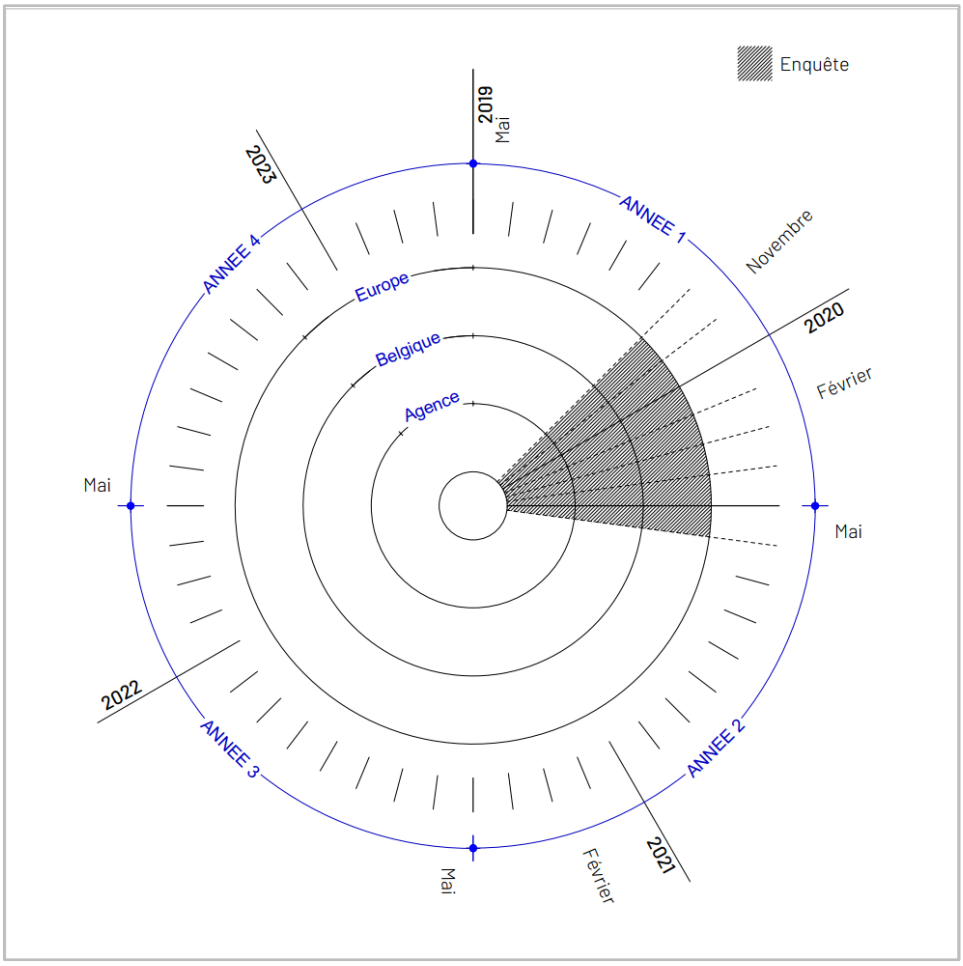


Figure 36 : Temporalité et terrains pour l'enquête en ligne

3.3.4.1.3 Objectifs visés

Notre recherche vise à cartographier les pratiques écoconceptuelles et les pratiques BIM. Cette cartographie permet :

- D'identifier des **profils émergents** (professions, fonctions, taille d'entreprise, pays, années d'expérience[181], etc.) ;
- D'identifier les **niveaux de compétences et de maturité** : sont-ils semblables à ceux relevés dans la revue de littérature (cfr. Analyse des pratiques d'expert·e·s)
- De comprendre **la définition** qui est donnée du BIM et de l'écoconception par les répondant·e·s. Ces définitions correspondent-elles aux pratiques ?
- D'identifier les **freins et/ou les leviers** (acteur·rice·s, instruments politiques, projets, etc.)
- D'identifier les **attentes et les besoins** du secteur en termes de BIM/durable

[181] Nous avons qualifié les années d'expérience selon 5 tranches : les moins de 2 années d'expérience professionnelle correspondent aux stagiaires, entre 3 et 5 ans les répondant·e·s sont considéré·e·s comme juniors, entre 6 et 10 ans comme médiors, entre 11 et 15 ans comme séniors et enfin, les répondant·e·s ayant plus de 16 années d'expérience professionnelle sont qualifié·e·s d'expérimenté·e·s.

3.3.4.1.4 Analyse de contenu : cadre théorique

L'analyse de contenu s'applique particulièrement bien pour des enquêtes de masse et des études de valeurs à questions ouvertes, et ce grâce à **l'analyse thématique**. Pour notre recherche, le thème permet le découpage du matériau et sert d'unité d'enregistrement, ou unité de sens, c'est-à-dire les unités de signification à coder. Il s'agit de faire émerger « *les **noyaux de sens** qui composent la communication et dont **la présence ou la fréquence** d'apparition pourront signifier quelque chose pour l'objectif analytique choisi* »[182]. La méthode **d'analyse de contenu** est articulée autour de 3 pôles chronologiques.

- Le premier est **la préanalyse** qui reflète les intuitions, cette étape a pour mission l'opérationnalisation et la systémisation des idées initiales. Le choix des documents, la formulation des hypothèses et des objectifs doivent être fixés à l'issue de cette étape. Après une première lecture flottante, nous formulons des hypothèses qui sont tantôt issues de la revue de littérature, tantôt qui émergent du matériau. Dans cette phase de préanalyse, les indices sont repérés et l'on élabore les indicateurs. L'indice peut être un thème et sa fréquence d'apparition au sein du matériau.

  Pour notre recherche, nous utilisons cette méthode d'analyse thématique quantitative pour étudier les définitions du BIM et de la durabilité, par exemple. Des réponses en métaphores représentent aussi un indicateur. Enfin, la préanalyse est aussi l'étape de préparation du matériau. Pour notre recherche, le matériau a été sauvegardé en 4 fichiers : l'échantillon complet, toutes les réponses complètes, les réponses de l'agence, uniquement les « experts » BIM et durabilité. Les formats sont préparés pour être utilisés dans le logiciel d'analyse de données qualitatives NVivo©.
- Le deuxième pôle est **l'exploitation du matériau**, qui grâce à l'étape précédente, revient à administrer systématiquement les décisions prises préalablement. Le codage et le décompte et/ou l'énumération y sont réalisés. Ces étapes peuvent être longues et fastidieuses. Le codage transforme les données du matériau et comprend **3 possibilités** :
  - Le **découpage** qui vise à choisir les unités d'enregistrement et de contexte c'est-à-dire le mot, le thème, l'objet, l'informateur, l'évènement ou le document ;
  - **L'énumération,** qui vise le choix des règles de comptage, c'est-à-dire la fréquence, la fréquence pondérée, la présence ou l'absence, l'intensité, la direction, l'ordre, la co-occurrence
  - **La classification** qui vise le choix des catégories. **La catégorisation** est « une opération de classification d'éléments constitutifs d'un ensemble par différentiation puis regroupement par genre (analogie) d'après des critères préalablement requis » (Bardin 2013;, p.150).
- Enfin, **le traitement des résultats**, l'inférence et l'interprétation, permettent de transformer les résultats bruts en résultats significatifs, grâce à des opérations statistiques plus ou moins complexes.

[182] Ibid. p.137

En résumé

Nous avons réalisé une enquête en ligne, en français et anglais à large spectre
Plusieurs objectifs étaient visés à travers le diagnostic des pratiques :
- *Identifier des profils émergents*
- *Identifier les niveaux de compétences et de maturité*
- *Récolter les perceptions (définitions) BIM / écoconception*
- *Identifier les freins et/ou les leviers*
- *Identifier les attentes et les besoins du secteur en termes de BIM/durable*

La méthode d'analyse de contenu est utilisée comme méthode d'analyse, grâce au logiciel NVivo©

3.3.4.2 Les entretiens comme méthode d'exploration : faire face aux transitions des pratiques

Si la première méthode de recherche visait un état des lieux des pratiques à grande échelle, la seconde méthode avait pour objectif l'exploration par entretiens. Le premier contact avec la méthode par théorisation ancrée (MTA) s'est fait à travers le cours doctoral « *Découvrir la recherche qualitative par la pratique* » donné par C. Lejeune, professeur à l'Université de Liège et L. Pozniak, professeure à l'Université de Mons. A travers le séminaire, nous avons appréhendé la recherche qualitative.

Le *Manuel d'analyse qualitative, Analyser sans compter ni classer* (Lejeune 2019) nous a servi de guide pour mener les entretiens, analyser le matériau (les comptes rendus), tenir des journaux de bord (compte-rendu opérationnel, compte-rendu de terrain, compte-rendu de codage, compte-rendu théorique). Cette méthode de recherche est secondaire par rapport aux deux autres méthodes - l'enquête et la recherche-action - qui représentent les méthodes principales de la recherche.

3.3.4.2.1 Méthode par théorisation ancrée : cadre théorique

> *Notre livre vise à accroître les capacités des sociologues de produire des théories réellement pertinentes pour le recherche. Tout le monde n'a pas la même facilité pour élaborer une théorie, mais il n'est pas besoin d'être un génie pour produire une théorie utile. (...) Nous proposons d'ancrer la théorie dans la recherche elle-même, afin qu'elle soit produite à partir des données.* (Barney et Strauss 2017)

Avant d'entrer dans les détails, Lejeune rappelle que la méthode par théorisation ancrée (MTA) est une méthode et non un cadre théorique. Il écarte de ce fait toute confusion possible dû à la traduction de « *Grounded Theory* ». Il s'agit d'une méthode, d'un processus de production (Lejeune 2019).

La recherche de terrain a été créée à Chicago dans les années 1920 où elle est vivement encouragée pour comprendre les phénomènes sociaux. Malgré un foisonnement de production de théories depuis les années 1920 jusqu'au début des années 1960, il existait « *peu de moyen de les confirmer* » (Barney and Strauss, 2017, p.96). A cette époque, la scientificité d'une recherche implique des méthodes quantifiables. Les sociologues empruntent cette voie jusque dans les années 1960. Il faut attendre l'ouvrage de Glaser et Strauss, pour une « ***heuristique systémique***, [c'est-à-dire] un *ouvrage centré sur l'utilisation d'une approche qualitative, mais* [qui] *traite également de la recherche quantitative. Il est novateur voir audacieux, en ce que par exemple il flirte avec un inductivisme assez radical, tout en offrant une méthodologie parfaitement contrôlée*»[183]. Avant cet ouvrage, **aucune méthodologie de recherche de terrain n'était détaillée**, laissant trop d'importance à la variabilité personnelle du sociologue dans sa recherche.

La théorie ancrée permet de comprendre le terrain autant de l'intérieur que de l'extérieur. Glaser et Strauss préfèrent **l'analyse comparative** à la vérification par preuves. Bien que

[183] Ibid.p.63

longtemps utilisée pour dénigrer / discréditer les travaux homologues, l'analyse comparative est l'une des caractéristiques majeures de la MTA, elle offre un point de comparaison susceptible d'alimenter une autre propriété théorique ou une autre catégorie (Groat et Wang 2013).

Cette méthode vise plusieurs objectifs (Barney et Strauss 2017). Tout d'abord, la précision de la preuve : la mise en parallèle avec d'autres groupes, interne et/ou externe à l'étude et quel que soit leur taille, confirme la preuve initiale. La répétition de ce processus est un bon outil de validation. Les études comparatives ont pour conséquences les généralisations empiriques. Ainsi, la mise en parallèle des faits révèle leur concordance et divergence, pour ensuite exposer les propriétés des catégories qui seront hisser à une échelle de généralisation. Les données comparatives sont utilisées pour déterminer l'unité d'analyse pertinente selon le cas d'étude, que l'on peut poser ainsi : *Quels sont les éléments caractéristiques de mon étude en comparaison à d'autres similaires ?* Glaser et Strauss mettent en garde sur la vérification de la théorie comme une fin en soi, qui peut se résumer par la recherche de cas négatifs ou par le recueil de cas positifs pour alimenter les hypothèses. L'étude comparative offre le meilleur moyen pour vérifier les hypothèses d'une recherche où les preuves et vérifications modifient, améliorent ou remplacent une théorie mais elles ne la détruisent jamais. La preuve exacte n'est pas essentielle à la production de la théorie, pas plus que le nombre de cas.

Partant de ce postulat, les chercheur·se·s peuvent se libérer de la parfaite connaissance du terrain exigée, car leur rôle, dont il·elle·s sont les seul·e·s à pouvoir remplir, est de construire des guides théoriques pour les non-initiés, fondé sur l'élaboration de catégories et de propriétés issues de situations problématiques (générales ou spécifiques). La théorie vise des objectifs qui sont corrélés tel que : favoriser la prévision et l'explication des conduites aux intervenants, assurant ainsi un certain contrôle des situations, contribuer au développement de la théorie et utiliser les théories produites pour des applications pratiques.

3.3.4.2.2 Objectif visé et construction des entretiens

Comme nous l'avons expliqué ci-dessus, cette collecte de matériaux est le résultat d'un séminaire doctoral. En plus de l'apprentissage d'une méthode (MTA), nous avons réalisé des entretiens auprès d'architectes wallon·ne·s. Ce travail (entretiens et analyse) a été réalisé en groupe, avec deux autres doctorant·e·s, Elodie Bebrone de l'Université de Liège (HEC) et Rafaël Ritondo de l'Université Catholique de Louvain (IWEPS). Etant la seule doctorante du groupe à travailler sur les pratiques architecturales, nous avons reçu leurs accords pour utiliser les résultats de notre travail commun dans le cadre de cette thèse. L'objectif des entretiens était de comprendre la transition du métier d'architecte face aux transitions numérique, énergétique et organisationnelle. Les entretiens ont été menés entre décembre 2020 et février 2021 auprès de 3 architectes exerçant en Wallonie (Figure 37). Quatre demandes d'entretiens ont été lancées pendant le séminaire dont trois ont été utilisés dans le cadre du séminaire. Nous utilisons le quatrième entretien à titre personnel et en vue de compléter le travail de groupe.

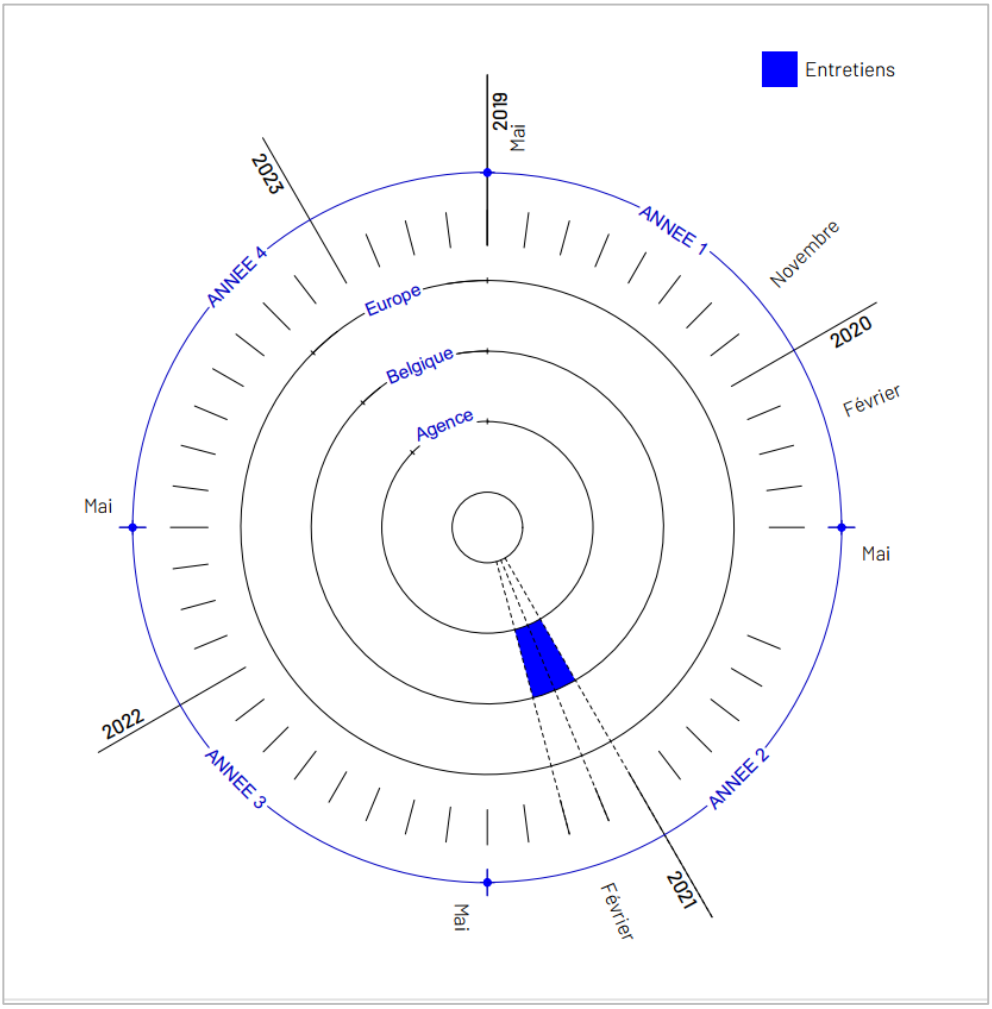


Figure 37 : Temporalité et terrain des entretiens

Le matériau s'inscrit, pour nous, dans la continuité du travail de groupe. Etant la seule architecte parmi les 3 doctorant·e·s, la prise de contact avec les architectes s'est faite sur base du réseau de la chercheuse. Le temps s'est avérée une réelle contrainte et a poussé à ce choix : nous devions réaliser 3 entretiens, les retranscrire, les analyser et proposer un travail complet en quelques semaines.

Chacun·e des trois doctorant·e·s a réalisé une entrevue, une retranscription, un compte rendu d'observation, un compte-rendu de codage et un compte rendu théorique. Le premier entretien a été enregistré sur téléphone, le second en visioconférence via Teams©. Le troisième s'est déroulé en présentiel, dans le bureau de l'architecte interrogé·e, et enregistré vocalement. Le quatrième entretien s'est déroulé en visioconférence via Teams©. Le logiciel Cassandre©, développé par le professeur Christophe Lejeune, a été utilisé pour cet exercice. La Figure 38 illustre et clarifie cette méthode.

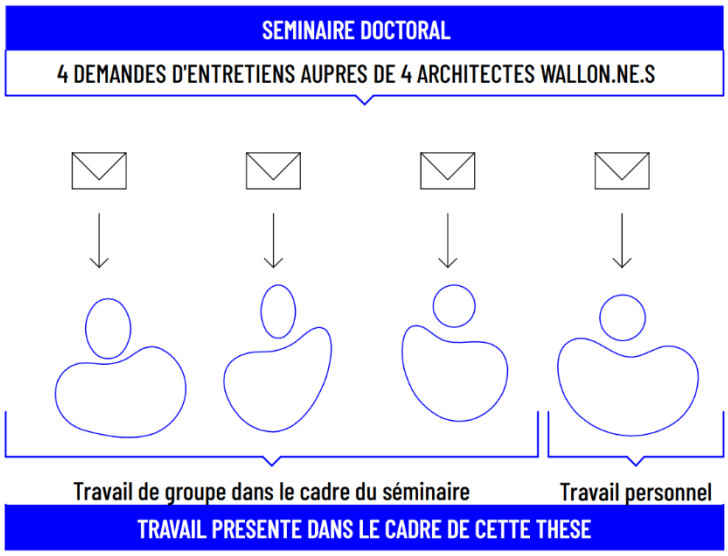


Figure 38 : Quatre entretiens en deux temps : travail de groupe et travail personnel

En résumé

- *La méthode d'analyse par théorisation ancrée a été utilisée pour 4 entretiens auprès d'architectes wallon·ne·s sur la façon dont ils et elles appréhendent les transitions multiples du métier ;*
- *La méthode est itérative ; entretien / retranscription / analyse / émergence de réponse / nouvel entretien*
- *Elle utilise plusieurs journaux de bord (compte-rendu opérationnel, compte-rendu de terrain, compte-rendu de codage, compte-rendu théorique) qui participent à l'analyse*
- *Pour valider la théorie ancrée, la méthode comparative est utilisée*
- *Cette méthode a été utilisée en tant que méthode de collecte de données secondaire*

3.3.4.3 La recherche-action comme méthode d'immersion et d'expérimentation

Producing fresh, creative, technologically adequate and environmentally responsive designs requires responsible, sensitive professionals with scientifically sound knowledge, capable of keeping up with social and technological advances[184].

Action research and architectural sustainable design education: a case study in Brazil, (Kowaltowski et al. 2020)

[184] Traduction personnelle : *« La production de conceptions nouvelles, créatives, technologiquement adéquates et respectueuses de l'environnement nécessite des professionnels responsables et sensibles, dotés de connaissances scientifiques solides et capables de suivre les progrès sociaux et technologiques. »*

3.3.4.3.1 Recherche-action : cadre théorique

La question de recherche oriente **le choix de la stratégie de recherche** : pour une même question, différentes stratégies peuvent être envisagées et étudiées. La recherche-action (RA) se démarque des stratégies de recherche traditionnelle (hypothético-déductive) en visant un double objectif : **un changement concret dans le système social** (ou organisationnel) où elle se déroule et **une production de connaissances scientifiques sur le changement** (Hugon and Seibel, 1998) (Hamarat, 2020). A titre informatif, nous avons relevé d'autres recherches en architecture qui ont utilisé la RA comme méthode pour implémenter de nouvelles pratiques conceptuelles, telles que de manière non exhaustive, les RA sur les pratiques BIM de (Naville, C., Samia 2016) (BenRajeb et Leclercq 2016) (Hochscheid 2021) et les RA sur l'implémentation des pratiques durables (Kowaltowski et al. 2020).

Pour mieux comprendre la RA, nous la mettons en parallèle avec la recherche traditionnelle. Au sein de cette dernière, le plan de recherche est préétabli selon un cadre théorique relativement figé. Le·a chercheur·se hypothétise la variabilité du sujet qu'il a préalablement étudié et s'inscrit dans un protocole de recherche fixé. Les informations viennent par la suite confirmer ou infirmer ces hypothèses. Le·a chercheur·se est dit·e « neutre ». Ce type de recherche ne garantit pas le changement d'une situation particulière étudiée, ce qui pour (Barney et Strauss 2017) représente une limite à la recherche. A l'inverse, les recherches collaboratives promettent **une fécondation réciproque des savoirs entre expériences et théorie réflexive** (Vinatier et Morrissette 2015).

Pour répondre aux limites des recherches traditionnelles, la RA a été créée par le psychologue américain Kurt Lewin (1890 – 1947), proposant une méthode inductive au sein d'un système social, définit comme un ensemble dynamique. Le système social doit être étudié pour et par les interrelations des acteur·ice·s à l'œuvre, propres à l'ensemble et différentes de celles des entités qui le composent (Les chercheurs ignorants, 2015). Il existe différentes articulations possibles entre chercheur.se et praticien.ne ou entre savoirs et actions. Toutes sont regroupées sous le terme de recherche collaborative, tantôt concept parapluie, tantôt comme méthode de recherche. L'action peut prendre des formes diverses. C'est à ce titre que Bourassa qualifie la recherche-action de « *nébuleuse, constituée de plusieurs approches* » (de Robertis et al. 2015, p.32). Il énumère les vocables : la recherche collaborative, la recherche coopérative, la recherche-action participative, la science intervention, la recherche appréciative et la recherche partenariale. Ces recherches sont regroupées en **3 familles** :

- Les RA techniques dont les stratégies visent à résoudre une problématique ;
- Les RA critiques ou émancipatrices qui visent une conscientisation des enjeux complexes de pouvoirs et d'oppression dans des groupes, telles que les RA militantes, féministes ou anti-racistes ;
- Les RA pratiques qui ont pour but l'acquisition des nouveaux savoirs à travers une réflexivité de groupe[185]. Notre recherche s'inscrit dans cette dernière typologie.

Le double objectif des RA: production de connaissances et changement dans le système sociale

[185] Ibid.

Bien que différentes, les RA partagent toutes des caractéristiques similaires ; (i) **le changement du système social, (ii) la production de connaissances scientifiques et professionnelles sur le changement et (iii) le statut du/de la chercheur.se.** Ces 3 caractéristiques déterminent le format de la RA : si le changement de réalité est l'objectif majeur de la RA, il prime sur la production de connaissances qui est perçu comme le résultat d'un apprentissage réciproque entre le·a chercheur·se et les parties prenantes. Les recherches militantes ou les recherches à visées thérapeutiques font parties de cette approche. A l'inverse, le changement de réalité peut être considéré un moyen pour produire des connaissances. Dans ce cas, il n'est plus un objectif en soi. Les RA techniques et pratiques font parties de ces méthodes. Toutefois, l'impact et les résultats des RA ne se résument ni à la production de connaissances ni au changement induit par l'action menée : les RA impliquent parfois des changements « souterrains », c'est-à-dire difficilement traçables par le·a chercheur·se et qui peuvent être plus durables (de Robertis et al. 2015)

La RA s'apparente en certains points aux recherche-ingénierique et recherche-intervention, notamment à travers *l'actionnabilité* des connaissances produites. Les parties prenantes de la RA, chercheur·se et acteur·ice·s, confrontent les connaissances théoriques et empiriques aux connaissances produites, pour ensuite être actionnées par les parties. Les connaissances produites sont utiles à l'action, assurant ainsi leur pertinence, elles sont actionnables et collectives.

> *Dans ces approches, cette visée d'actionnabilité se traduit en second lieu par la production de connaissances ingénieriques, c'est-à-dire sous forme de modèles et/ou d'outils utiles à l'action. Il s'agit avant tout de fournir aux acteurs de l'organisation une représentation intelligible qui leur permette d'agir plus efficacement. La modélisation, entendue comme une construction intentionnelle en vue d'une intervention devient dès lors la tâche essentielle du chercheur. La Nature de la modélisation dépendra des objectifs du modélisateur et prendra ainsi des formes variées suivant la Nature des modèles conçus et le type de savoirs à partir desquels le chercheur travaille.* (Allard-Poesi et Perret 2003) *p.6*

Le statut du / de la chercheur·se dans les recherches-actions

> *C'est un travail en mouvement à la fois théorique et empirique qui implique des changements du collectif, mais également une transformation de l'attitude de chercheur·se concerné·e à l'égard de son propre rapport au monde, conscient·e d'un ordre dominant imposé par une production scientifique (Luxembourg, Morelle and Grimont, 2020, p.20)*

Pour comprendre un système social jusqu'à son essence, à travers ses propriétés structurelles et relationnelles, le·a chercheur·se quitte la méthode passive imposée par la recherche traditionnelle et expérimente le système. Cette approche permet d'outrepasser le rôle passif observant et de sortir du modèle dominant de la recherche scientifique. La recherche est réalisée avec, et non pas sur, les personnes, où les rôles et statuts « se valent », il n'y **pas de position dominante du/de la chercheur·se** vis-à-vis des acteur·rice·s de terrain. Toutefois, le·a chercheur·se présente une certaine responsabilité vis-à-vis de ces dernier·ère·s engagé·e·s dans le processus. A l'opposé des recherches conventionnelles qui visent une distanciation et une neutralité, les recherches inductives acceptent **les présupposés**. En réalisant une recherche de plein air (de Robertis et al. 2015), l'action sert de bras de levier pour lever les tabous scientifiques. N'étant pas figée, l'action peut changer d'objet sans entraver le rôle du/de la chercheur·se (Groat et Wang 2013)(Lejeune,2019)(Luxembourg, Morelle, et Grimont 2020).

Aussi, les RA permettent de détourner un ressenti « ***d'exclusivité de la recherche*** », qui se traduirait comme « *ce n'est pas pour vous, vous n'êtes pas savant·e·s* ». En déjouant ce ressenti, la RA permet à la fois de créer de nouvelles pratiques de recherche et aussi de transmettre les savoirs de façon adaptée au terrain (journaux, blog, etc.). Ces transmissions peuvent être ainsi différentes du partage de savoirs scientifiques (colloque, publications scientifiques) (Luxembourg, Morelle, et Grimont 2020). Confronté·e à **l'exercice réflexif et à la mise en œuvre de l'action**, le·a chercheur·se doit trouver un équilibre lui évitant de tomber dans la dynamique de l'intervention ou dans la dynamique d'apprentissage. Cet exercice entraine l'incertitude du devenir du processus de changement que le·a chercheur·se doit accepter. La tenue d'un journal de bord à chaque étape intermédiaire peut aider à trouver l'équilibre et à faire face à l'inattendu (Roy and Prévost, 2013)(de Robertis et al. 2015)

Loin du rôle d'expert·e de contenu ou de développeur.se de solutions, le·a chercheur·se devient **facilitateur·rice** du processus. Une relation de confiance se construit avec les parties où le·a chercheur·se se rend disponible, de manière formelle et informelle et assure une confidentialité. Chercheur·se et acteur·rice·s partagent un même système de valeur. En tant que chercheur·se, nous devons trouver une **« posture mitoyenne équilibrée » afin d'éviter** d'endosser un rôle passif d'observation sans toutefois s'identifier à outrance aux acteur·rice·s, au risque de perdre l'espace nécessaire pour analyser. Le choix du type de RA détermine la relation entre les parties, nous détaillons **4 typologies de relation** (Bonny dans de Robertis et al. 2015):

- **Dans la recherche intervention**, les chercheur·se·s ont un rôle formellement défini comme tiers au sein d'un groupe hétérogène d'acteur·rice·s ;
- **Dans la recherche collaborative,** le rôle des acteur·rice·s est limité en amont, avec la problématisation de l'objet de recherche, et en aval, à travers la discussion et la diffusion des

résultats. Le corps de la recherche (formulation, hypothèses, choix de la méthodologie, analyse et rédaction) est réservé aux chercheur·se·s ;

- **Dans la RA coopérative**, toutes les parties prenantes sont co-chercheur·se·s et co-sujets.
- **Dans la RA collaborative**, les acteur·rice·s sont actif·ve·s tout au long du processus de recherche au même titre que le·a chercheur·se, devenant co-chercheur·se·s. Pour notre recherche, nous nous inscrivons dans cette relation de RA collaborative (RAC).

Enfin, nous terminons cette partie avec la volonté d'éclaircir une éventuelle confusion sur notre rôle de sein de la RAC : les chercheur·se·s ne sont pas des consultant·e·s. Cette confusion concernant **la consultance et la RA** résulte des origines communes dans les travaux de Lewin. Toutes deux visent à résoudre un problème complexe de terrain sur base d'un cheminement cyclique d'actions (problématiser, développer, expérimenter, reconsidérer). Dans le Tableau 20, nous proposons une synthèse des **critères dichotomiques** qui séparent **les RA avec de la consultance,** basé sur les travaux de (Roy et Prévost 2013)(Hochscheid 2021).

Tableau 21 : Critères dichotomiques de la recherche-action et de la consultance

ROLES / CRITERES	CHERCHEURSE	CONSULTANT.E
Finalité	Par l'action, changer la réalité organisationnelle /sociale, insatisfaisante pour les parties prenantes et cocréer des connaissances scientifiques transférables	Résolution d'un problème en maximisant les profits et minimisant les coûts du service rendu aux client·e·s
Motivation	Production de connaissances scientifiques et professionnelles	Bénéfices commerciaux, connaissances propriétaires
Participation et engagement	Obligatoire, avec engagement auprès de la communauté scientifique et de l'organisation	Pas obligatoire, avec engagement auprès des client·e·s
Méthodologie	Basée sur les critères de qualité scientifique, permettant de démontrer la pertinence, la fiabilité et la crédibilité des données recueillies en vue de permettre l'aide à la décision	Basée sur un diagnostic personnel des besoins pour l'aide à la décision, grâce au bagage et à la connaissance empirique du marché
Structure organisationnelle	Comprise à partir de la littérature et sur base d'observation, d'expérimentations	Comprise sur base d'audits avec un apport empirique
Relation	Point de vue démarche, le·a chercheur·se est facilitateur·ice externe, considéré·e expert·e. Point de vue contenu, relation égalitaire où le·a chercheur·se est participant·e	Le·a consultant·e est expert·e et externe, appliquant une solution soit proposée par ses soins, soit aidé à la développer. La relation est régie par un contrat.
Collaboration	Volontaire et bidirectionnelle	Imposée et unidirectionnelle
Portée des résultats	Pour le milieu académique en vue d'ajuster / d'améliorer les cadres théoriques existants et pour l'entreprise en vue d'un apprentissage pour améliorer leur fonctionnement.	Production de connaissances sur et par l'action de changement pour l'entreprise et le·a consultant·e
Recommandations	Basées sur le cadre théorique et sur les observations	Basées sur des réussites empiriques du /de la consultant·e
Diffusion des résultats	Publics, transférables et anonymes	Privés, exclusifs et confidentiels
Ethique et action	Entièrement sous le contrôle des parties prenantes	Imposée par le·a consultant·e (en accord avec la direction). Cette méthode rejoint le rôle du/ de la chercheur·se en recherche traditionnelle

En architecture, la frontière entre consultance et recherche est **fine.** Groat and Wang (2013) identifient 3 rôles particuliers : le·a concepteur·ice, le·a chercheur·se et le·a consultant·e. Dans le cadre d'une recherche en architecture, la distinction entre l'activité de recherche et l'activité conception s'appliquent dans une proportion relative selon les 3 profiles étudiés. Les praticien·ne·s et les étudiant·e·s professionnel·le·s sont majoritairement dans la conception et occasionnellement dans la recherche (Figure 39, gauche). A l'opposé, l'activité dominante des chercheur·se·s, doctorant·e·s et docteur·e·s, est la recherche, et ce même si la question de recherche découle des activités de conception (Figure 39, droite). Au centre, les consultant·e·s font appel autant à la recherche qu'à la pratique. Cette partie avait pour objectif de définir notre rôle en tant que chercheuse en RA mais également d'éclaircir les flous et limites qui y sont liés.

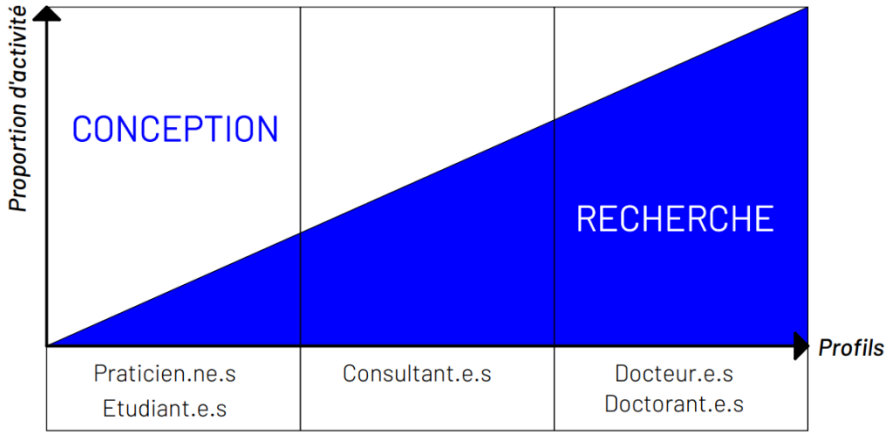


Figure 39 : La Nature complémentaire de la recherche et de la conception selon 3 profils

La dialectique itérative

Le déroulement d'une recherche diffère selon qu'elle soit inductive ou déductive. Au sein de la recherche traditionnelle (déductive), les étapes sont séquentielles et successives, chaque étape commence une fois la précédente terminée. Au sein de la recherche inductive les étapes se déroulent de manière itérative. Favorisé par la collaboration et les échanges de points de vue entre les parties, le cadre de réflexion est ouvert et évolutif :il se transforme et se précise au fil des étapes. L'itération se développe différemment selon les échelles impliquées : à titre d'exemple, entre l'analyse et la reconsidération, la question de recherche va s'affiner plus rapidement puisque les boucles d'itérations seront plus courtes (Figure 40). A l'inverse, la mise en œuvre des changements par les acteur·ice·s s'étalera sur un temps plus long avec des boucles d'itération plus grandes (Luxembourg, Morelle, et Grimont 2020).

> *L'intérêt et l'attention [de la démarche itérative] se concentrent sur la situation à comprendre et à changer en adoptant une perspective systémique qui reconnaît que toutes les variables en jeu s'influencent mutuellement et simultanément dans un réseau de relations complexes, ou champ de forces selon Lewin, qui ne peut être tronqué sous peine d'en perdre la substance » (Roy and Prévost, 2013, p.135)*

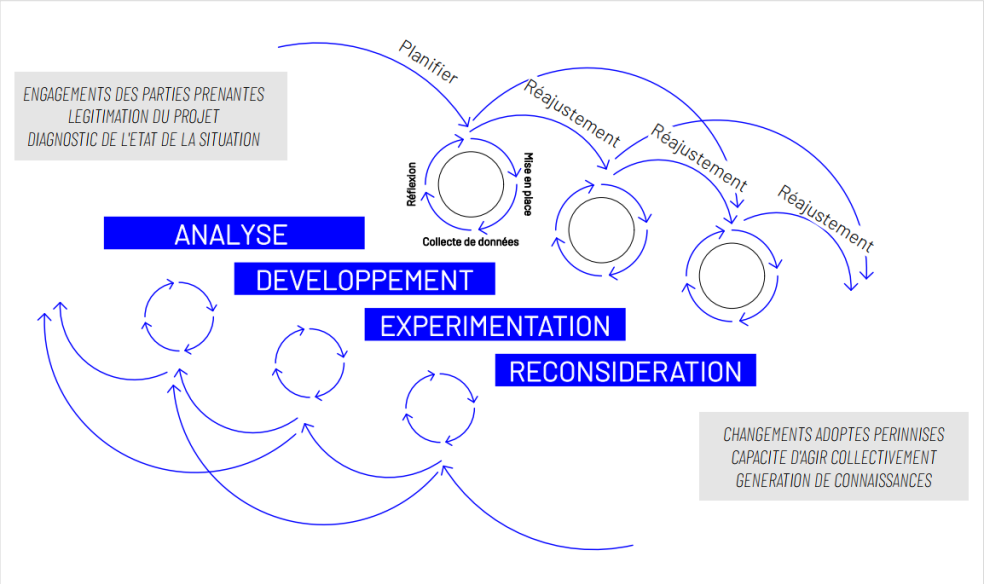


Figure 40 : Schématisation de la démarche itérative de la RA – Inspiré de (Roy et Prevost,2013)

L'ancrage et les savoirs situés

> *[la recherche en architecture n'est pas envisageable]* sans composante empirique, sans travail sur le travail, *(...) [c'est] la fécondité de sa contribution à l'intelligibilité du monde dans lequel nous vivons - objet de l'entreprise de recherche en général - et, par voie de conséquence, la pertinence des interventions que les architectes et autres praticiens sont amenés à y faire* (Findeli et Coste 2007) *p.4.*

Au sein des RA, le choix de la méthode de recherche, participative ou collaborative, dépend des communautés avec lesquelles la recherche est réalisée. Les recherches collaboratives sont réalisées avec des acteur·rice·s autres que les consommateur·rice·s / utilisateur·rice·s. Si chaque RA est unique puisqu'ancrée et située dans un terrain singulier, les résultats peuvent être utilisés pour appréhender, comprendre et transformer d'autres systèmes issus de contextes similaires. Toutefois, la vigilance est de rigueur. Le caractère unique est alimenté par la flexibilité du cadre théorique et des processus, mais il peut également exacerber les divergentes entre les parties. Les RA « *puisent à la source des consciences pour comprendre le fonctionnement social ou organisationnel du contexte et inventent des méthodes adaptées pour créer le changement* » (de Robertis *et al.*, 2015, p.79).

Vigilances et limites vis-à-vis de la recherche-action

Nous mettons en lumière les limites de la RA et les précautions à lui accorder.

- L**a légitimité scientifique** de la RA est questionnée par certain·e·s chercheur·se·s pour 2 raisons : la première concerne l'implication des acteur·rice·s au cœur de la recherche. La seconde concerne la légitimité de la RA au regard de la collaboration avec les parties prenantes, qui pourrait entrainer un biais, voir une orientation des résultats. Le risque d'orientation de résultats est accru si l'action n'est pas séparée de l'analyse et distanciée des pratiques. A ces doutes, une méthodologie de recherche construite, appliquée et encadrée par le·a chercheur·se permet de balayer tout doute sur la légitimité de cette méthode.
- La temporalité des RA ne représente pas une limite méthodologique à proprement parler. Cependant, selon le terrain et la disponibilité des parties engagées, la temporalité courte réduit la profondeur de l'action et donc celui du changement. Ainsi, le développement des consciences doit être à privilégier plutôt qu'un apport mécanique sur l'action (de Robertis et al. 2015). Les investissements et les apports de chacun·e, chercheur·se et acteur·rice·s, mérite que l'on y prête une attention particulière (Vinatier et Morrissette 2015).
- La RA est une méthode de plus en plus utilisée dans différents domaines de recherche. L'élaboration de **critères, indicateurs et mesures** permettraient d'alimenter le développement professionnel et les questions scientifiques (de Robertis et al. 2015)

En résumé

- *La RA a un double objectif : produire un changement sociétal et produire des connaissances professionnelles et scientifiques sur ce changement*
- *Le·a chercheur·se a un rôle de facilitateur·rice et non de consultant·e ni d'expert·e de solutions*
- *Le processus est itératif et flexible*
- *Si la RA est unique, le modèle de méthode de recherche qu'elle génère peut être utilisé pour d'autres situations similaires*
- *La RA présente des points de vigilance à garder en mémoire dont la méthodologie de recherche et la définition d'indicateurs, la temporalité, l'implication et l'engagement, l'apport du/de la chercheur·se.*

Le cadre théorique de la recherche-action, bien que non-exhaustif, a servi dans le choix de la méthode mais également en tant que guide dans son application. La section suivante décrit l'objectif visé de notre RA, sa construction et le terrain dans lequel elle a été appliquée dans le cadre de cette thèse.

3.3.4.3.2 Objectif visé : transformation des pratiques et changement sociétal

Nous venons de présenter le cadre théorique de la RA. Nous allons maintenant expliquer le choix de cette troisième méthode au sein de l'agence. Ce choix est corrélé à la question et au format de recherche : étudier l'écoconception multidisciplinaire et collaborative en architecture nécessite que la recherche soit réalisée dans un processus collaboratif. La multidisciplinarité et la collaboration sont donc essentielles pour créer une réelle réflexion sur l'écoconception (Weissenstein 2012) (Kowaltowski et al. 2020). Comme le premier chapitre l'a démontré, le développement durable présente des faiblesses dans l'implication des parties, il est principalement institutionnalisé et se base sur un système descendant (top-dow). Sa mise en œuvre est complexe, nécessité des savoirs scientifisés. Face à ces constats, notre méthode d'expérimentation vise à **coconstruire un modèle collaboratif hydride** à mi-chemin entre le développement durable et l'écologie politique, que l'on pourrait désigner de **« tiers-lieu »** pour transformer le rapport d'injonction du développement durable, en une collaboration créative, adaptée et accessible. Par cette RA, notre objectif concerne la transformation des pratiques de conception vers une écoconception multidisciplinaire (changement du système social) et d'en produire des savoirs professionnels et scientifiques. Découlent de cet objectif général deux sous-objectifs de cocréation d'une note d'intention durable et d'une méthode de travail collaborative.

3.3.4.3.3 Construction de la recherche-action

> *[la réussite du RA]* repose bien évidemment sur la rigueur avec laquelle le problème particulier est transformé en problématique générale, sur la force argumentative avec laquelle celle- ci est justifiée à l'égard de l'avancement actuel de la discipline, sur la bonne connaissance des enjeux méthodologiques soulevés par le protocole de recherche mis en place et enfin, sur la validité des conclusions tirées à partir du raisonnement sur le cas singulier que constitue tout projet artistique ou architectural » *Findeli and Coste (2007) p.14*

Fin 2018, nous avons proposé une ébauche de projet de recherche à l'agence. Ce projet de recherche a ensuite été coconstruit pour répondre à la problématique concrète. La RA a été menée de février 2020 à novembre 2022 au sein du bureau d'études, soit plus de la moitié du temps accordé à la thèse (Figure 41). Elle est portée par la chercheuse et soutenue et ancrée au sein d'une cellule de l'agence ; la cellule GENESIS dont la mission est de réaliser des études environnementales et énergétiques. En mai 2019, cette cellule était composée d'une ingénieure architecte (cheffe de la cellule), de deux ingénieur·e·s énergie (un senior et un junior) et d'un architecte responsable des études PEB. Le support de la direction dans cette RA assure notre **légitimité**. Pour Roy and Prévost (2013), le support de la direction « *favorise la démocratisation [du] milieu de travail grâce à la participation de divers groupes d'intérêts, sans pour autant remettre en question l'ordre établi dans la société ou encore contester le droit de gérance des dirigeants* (...) »[186].

[186] Ibid. p.137

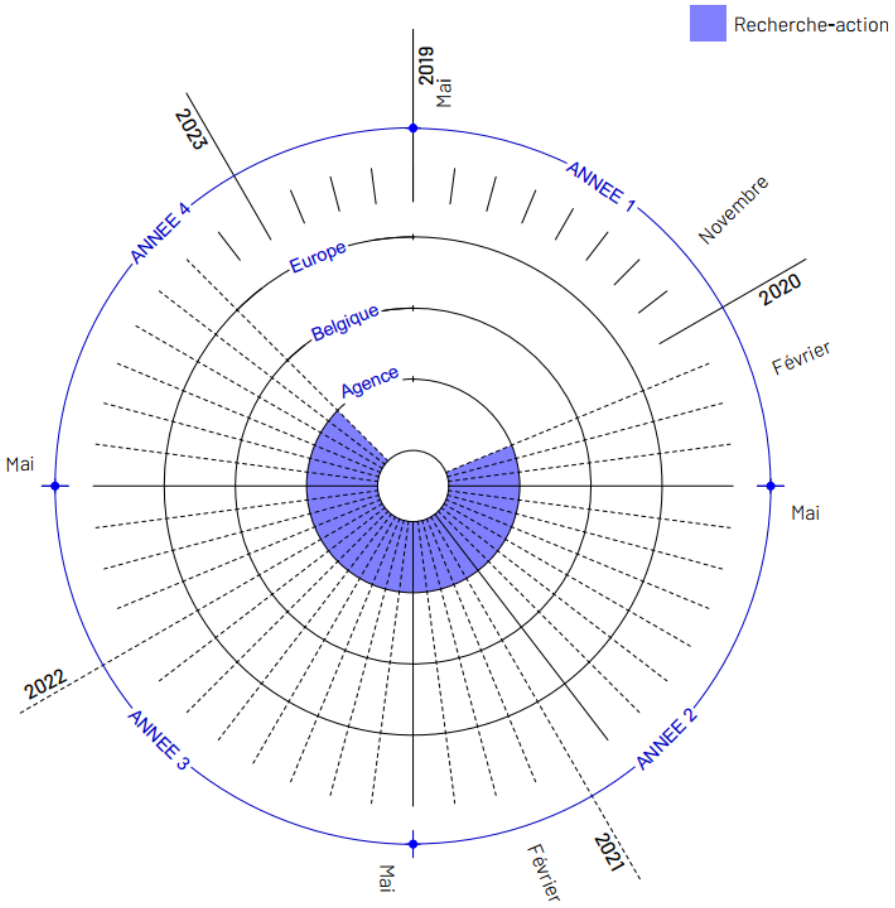


Figure 41 : Portée et temporalité de la méthode

En février 2020, un appel a été lancé pour constituer une équipe multidisciplinaire, proportionnelle et représentative de l'agence (+/- 90 personnes). Sur base volontaire, l'équipe s'est constituée de 10 collaborateur·rice·s dont 3 architectes, un·e ingénieure en énergie, un·e ingénieure architecte, un·e ingénieur·e en techniques spéciales, un·e coordinateur·e de chantier, un·e géomètre, un·e ingénieur·e en stabilité et un BIM manager, et la chercheuse, facilitatrice de la démarche. Nous l'avons vu dans le cadre théorique, le·a chercheur·se arpente le terrain : selon les actions menées, notre rôle de chercheuse a été tour à tour actif, « ménageant » ou facilitant, passif et transmetteur.

> La constitution d'un groupe d'appartenance ayant un but commun crée un contexte propice à l'adoption de nouvelles normes ou de nouvelles valeurs en s'appuyant sur une démarche conjointe de collecte et d'analyse des faits propres à la situation » *(de Robertis et al. 2015, p.131).*

L'équipe s'est réunie pour la première fois le 19 février 2020. L'indentification et le sentiment d'appartenance à un groupe joue un rôle majeur sur « la quête » de résolution de problèmes, estompant les différences de statuts et de rôles. (Roy et Prévost 2013). De ce fait, l'équipe a été identifiée vis-à-vis de l'agence comme l'équipe de développement des **« ambassadeur·ice·s GENESIS »**. Dans les sections suivantes, nous utiliserons tour à tour les termes « ambassadeur·rice·s » ou « cochercheur·se·s » pour les décrire. D'autres profils d'acteur·rice·s ont rapidement été sollicités dans la démarche : des collaborateur·rice·s, la direction, les usagers et client·e·s de projet.

Lors des premiers échanges de mise en place de la RA, un processus en 3 phases avait été imaginé par les acteur·rice·s de terrain (ambassadeur·ice·s et direction). Cette ébauche laissait peu de place à l'analyse. En tant que facilitatrice de la recherche, nous avons partagé nos connaissances issues de la littérature, pour une organisation du cadre de la RA selon 4 phases : **l'analyse, le développement, l'expérimentation et enfin la reconsidération**. La mise en place de la RA concerne également le temps alloué à chacun·e pour la recherche, la fréquence, le temps de « travail », le type de « travail » (individuel, coopératif, collaboratif ; selon les définitions données au chapitre 1, BIM).

Le tableau 22 détaille les tâches et objectifs imaginés pour le processus de RA (colonne 1) que nous « traduisons » selon l'une des 4 activités itératives de la RA (colonne 2 ; analyser, développer, expérimenter, reconsidérer). Nous définissons le type de travail sollicité pour réaliser ces tâches (colonne 3 ; individuel, coopératif, collaboratif) et leur fréquence (colonne 4).

Tableau 22 : Co-élaboration et lancement de la RA au sein de l'agence

1	2	3			4
Tâches et objectifs discutés entre les parties (chercheuse / direction) début février 2020	Quatre activités de la RA	Type de travail			Fréquences
		Individuel	Coopératif	Collaboratif	
Une veille[187] des savoirs	Développement	x			Bihebdomadaire
La constitution d'une bibliothèque de savoirs	Développement		x		Bihebdomadaire
Un échange de connaissances et de productions					
au sein de l'équipe des ambassadeur·rice·s	Reconsidération et développement			x	Bimensuel
lors des réunions de démarrage de projets	Développement / Expérimentation			x	Variable
à travers de grandes réunions de l'agence	Reconsidération et analyse		x		Bimestriel

[187] Prendre connaissances de l'état de l'art du secteur, des pratiques, projets, expériences, innovations

La RA est une méthode d'aide au développement et à l'appropriation de nouvelles pratiques de conception, elle sert également à « *stimuler la pensée créative pour surmonter les blocages de conception* »[188] (Kowaltowski et al. 2020, p.818). La pandémie du Covid-19 s'est imposée comme une contrainte majeure à notre RA : une certaine **créativité** a été nécessaire pour maintenir une recherche « de plein air » en période de confinement (de mars 2020 à septembre 2021). Nous détaillerons les impacts du confinement et des pratiques hybrides dans les sections suivantes. Aussi, en tant que méthode inductive, la RA appelle des dispositifs méthodologiques créatifs selon le chemin que prend les questions émergentes tout au long du processus. Nous nous sommes inspirées d'autres recherches et de leurs **dispositifs méthodologiques mixtes** pour notre RA (Luxembourg et Messaoudi 2016)(Luxembourg, Morelle, et Grimont 2020).

Nous avons pris le parti de décrire en détails chacune des étapes de la RA et des dispositifs méthodologiques au chapitre suivant. Nous avons fait ce choix car il nous semble impossible de décrire un processus itératif en distinguant d'un côté la méthode et de l'autre les résultats, les uns et les autres s'alimentant tout du long.

3.3.4.3.4 Organisation du travail collectif à travers les activités de recherche et de pratique

La collecte de données concerne **deux activités d'un même travail collectif** (Figure 42): d'une part l'activité de la RA et d'autre part l'activité d'écoconception. Ces deux activités poursuivent des objectifs spécifiques de changement sociétal et de production de savoirs pour la première et d'écoconception pour la seconde. Ces deux activités sont corrélées : d'un côté, la transition vers des pratiques d'écoconception représente l'objectif de changement de la RA, de l'autre l'écoconception ne peut s'ancrer que par un changement sociétal.

Chacune des activités est composée d'actions, elles-mêmes combinant des tâches cycliques et itératives. L'analyse, le développement, l'expérimentation et la reconsidération sont les actions qui composent la RA. Au sein de l'écoconception, nous proposons comme actions l'étude de faisabilité (esquisse), la conception spatiale (APS), la conception technique et administrative du projet (APD/ PU), l'élaboration du dossier d'exécution (soumission), correspondant aux phases de projet (RIBA 2020). Entre les deux activités de recherche et de pratique, une action de partage de savoirs en primordial pour le bon déroulement de l'ensemble du travail collectif. Les actions jalonnent et structurent la réalisation de l'objectif. Elles sont mises en œuvre à travers **des tâches, itératives, cycliques et parfois concomitantes**, passant de la **formulation de problématique** à la **formulation de solutions intermédiaires**. Nous nous basons sur les processus de conception décrits au chapitre 1. Chaque tâche sera détaillée dans le chapitre résultats.

[188] Traduction personnelle

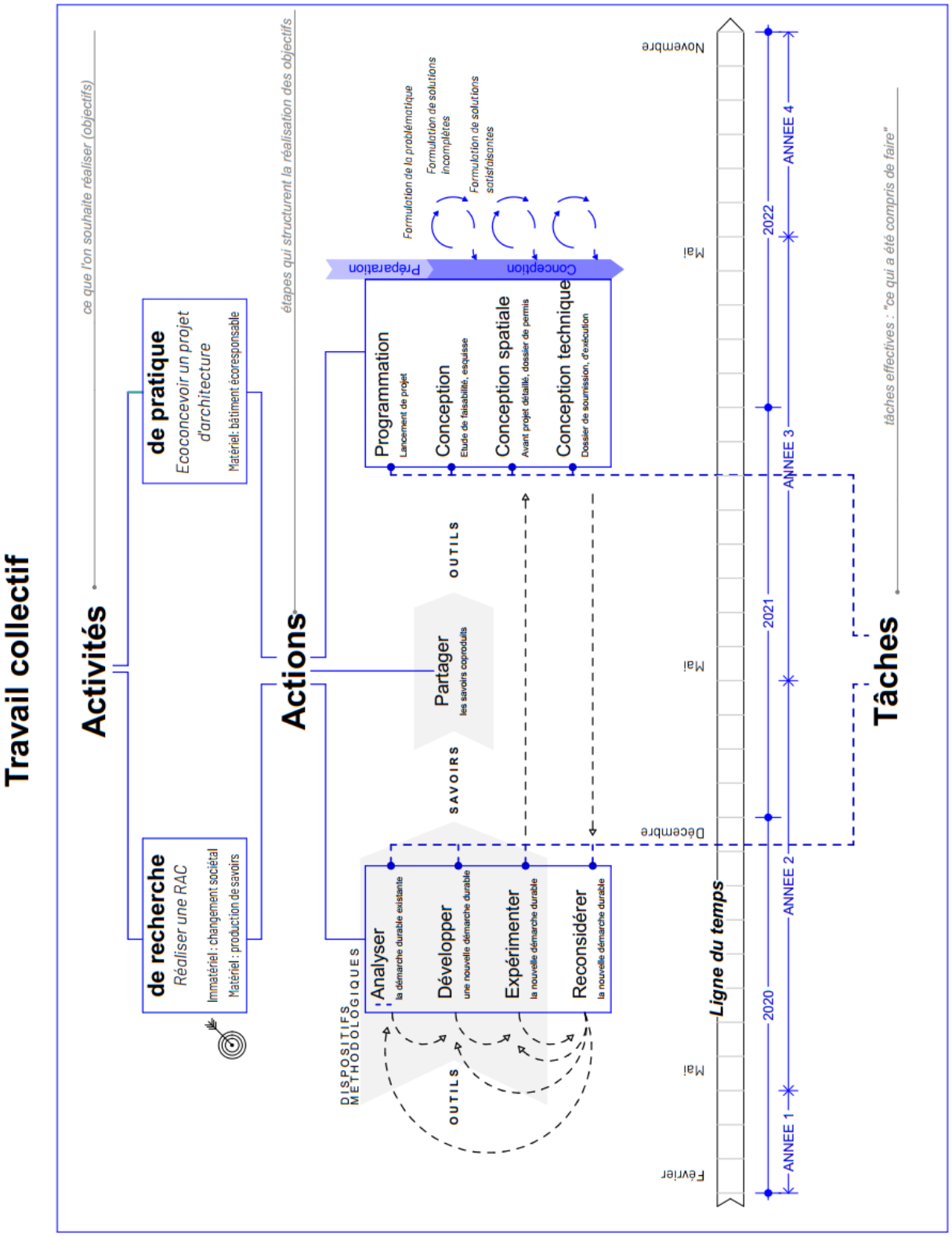


Figure 42 : Organisation du travail collectif à travers les activités de recherche et d'écoconception

3.3.4.3.5 Collecte de données grâce aux journaux de bord

La recherche est un long voyage qu'il est nécessaire de documenter à travers des notes et des compte-rendu qui composent le journal de bord (Lejeune 2019). Pour collecter les données de la RA, nous avons utilisés 3 journaux de bord :

- Un premier **journal de bord commun**, réalisé sur Teams Notes©, application de communication collaborative de Microsoft©. Ce journal de bord a pour objectif de préparer et rendre compte des moments en équipe, sous forme « d'ordre du jour » et de « procès-verbal » de réunions. Ces formats ont une connotation d'entreprise et de management (top-down) que nous assumons dans ce cadre de recherche car ils représentent un outil du quotidien des ambassadeur·ice·s.
- Un second journal est tenu sur Miro©, plateforme collaborative visuelle en ligne. **Ce journal de bord** est **collaboratif** : chacun·e intervient sur l'espace de travail. Les moments d'échanges sont datés et les interventions sont identifiables par les trigrammes nominatifs attribués par l'agence couplés à des post-it virtuels de couleurs (Figure 43). Le contenu varie selon les phases de la RA dans laquelle la réunion s'inscrit ; analyse, développement, expérimentation, reconsidération). Le choix de cet outil a fortement été influencé par le contexte particulier de la pandémie du Covid-19 durant laquelle l'équipe s'est tantôt retrouvée entièrement confinée, tantôt en semi-présentiel selon les normes (nombre de personnes autorisées à se réunir). Miro© et Teams© ont supplantés les réunions de terrain dès mars 2020 soit deux semaines après le lancement de la RA. Leur usage a été maintenu au-delà des périodes de confinements [189] et du télétravail obligatoire. S'ils permettent une plus grande flexibilité organisationnelle au sein de l'équipe, ils assurent également la traçabilité du processus et les solutions incomplètes produites, qui sont conservées de façon permanente, et accessibles par et pour tou·te·s.



Figure 43 : Espace de travail et journal de bord collaboratif dans Miro© - Post-it virtuel des ambassadeur·ice·s ici anonymisés sauf celui de la chercheuse

[189] Fin des mesures de confinement et du travail obligatoire : 27/06/2021.

- Enfin, un troisième **journal de bord est tenu par la chercheuse à titre personnel**. Il relate des évènements de la RA sur des aspects objectifs et subjectifs, traduisant des sentiments et interprétations personnels. L'application de prise de notes Notability© a été utilisée car elle présente l'avantage de synchroniser les notes sur un serveur et en assure ainsi la sauvegarde (pas de perte de carnet), d'organiser les différentes notes prises tout au long de la thèse (colloques, formations, etc.). Enfin, elle offre la possibilité d'intégrer des médias pendants, la prise de note, des médias collectés pendant la RA (enregistrements audios lors d'un focus group, photos prises lors de l'expérimentation par jeux de rôles, photos pendant l'expérimentation du jeu de la ficelle, etc.).

En résumé

- *Notre RA se déroule dans une bureau d'études intégré (architecture, ingénierie techniques spéciales, stabilité, BIM, énergie, infrastructure et coordination de chantier)*
- *Le changement du système social concerne une transition de conception vers une écoconception multidisciplinaire et collaborative*
- *Les activités se sont développées dans un processus itératif selon les actions et tâches, à l'aide de différents dispositifs méthodologiques que nous détaillons au chapitre résultats*
- *Les données ont été collectées grâce à 3 journaux de bord ; commun, collaboratif, personnel*

3.4 Conclusions de chapitre

Dans ce chapitre, nous avons présenté notre paradigme scientifique, posture ontologique et épistémologique, ainsi que la méthodologie de recherche et les méthodes utilisées (Figure 42, haut). Nous avons expliqué les raisons de choix liées au format (doctorat en entreprise) et au sujet de la recherche (pratiques multidisciplinaire et collaboratives et écoconception) ainsi qu'à l'origine de la question recherche (en tant que praticienne-réflexive). Le choix de mener une recherche qualitative a également été présenté. Nous avons détaillé chacune des méthodes de recherche à travers le ou les objectifs visé(s), l'organisation de la méthode, le terrain d'étude, la collecte et l'analyse de données. L'ensemble des méthodes visent à apporter des réponses à nos questions de recherche décrites au début de ce chapitre. Pour conclure ce chapitre, la Figure 44 illustre notre paradigme scientifique et détaille temporellement et spatialement nos méthodes de recherche.

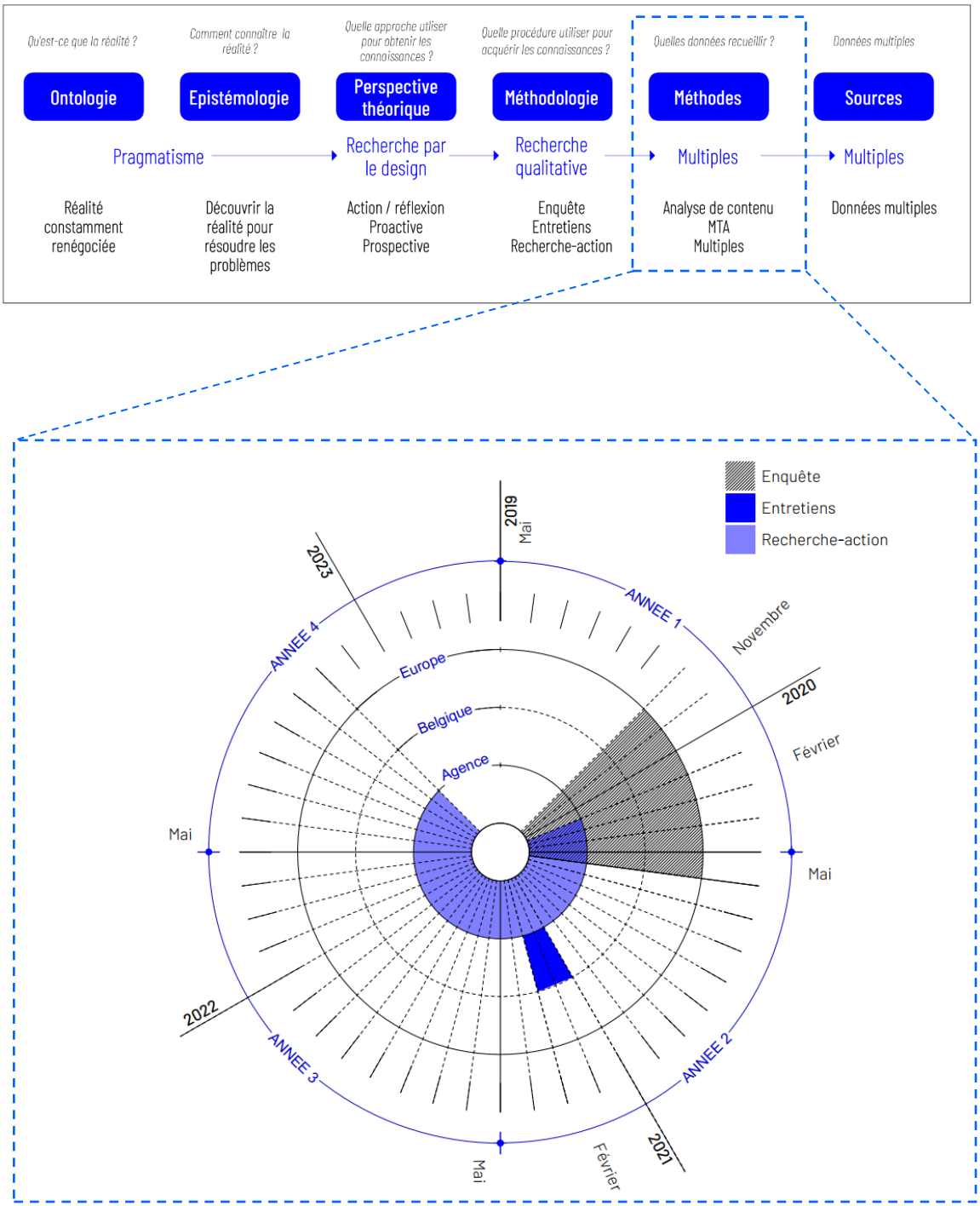


Figure 44 : Paradigme scientifique et temporalité des méthodes de notre recherche

4 Chapitre IV : Résultats

4.1 Un diagnostic par l'enquête en ligne

Comme nous l'avons annoncé au chapitre précédent, notre objectif est de réaliser une cartographie des pratiques à l'échelle européenne à partir des résultats de l'enquête réalisée en ligne. Cette enquête vise également à identifier les perceptions et savoirs liés aux pratiques BIM et aux pratiques durables auprès d'un panel multidisciplinaire d'acteur·rice·s. Nous scindons en 2 sous-échantillons les 220 réponses recueillies : d'un côté, les réponses hors agence (N=174), de l'autre côté, les réponses provenant de l'agence partenaire (N=46). En dehors de l'agence partenaire, sur les 174 réponses reçues, 104 répondant·e·s ont répondu de manière complète à l'enquête (taux de remplissage ≈ 60%). Sur les 46 réponses reçues des collaborateur·rice·s de l'agence, 40 répondant·e·s ont répondu de manière complète à l'enquête (taux de remplissage ≈ 87%).

4.1.1 L'échantillon de l'enquête en ligne

Bien que notre diffusion ait été réalisée à l'échelle européenne, la majorité de l'échantillon travaille en Belgique (N=84, 80%). Cette sur-représentativité provient de la diffusion de l'enquête par les partenaires de la recherche auprès de leurs réseaux respectifs (cf. Diffusion de l'enquête). La proportion des pays européens (N=20, 20%) se répartit comme suit : 1% des répondant·e·s travaillent au Danemark, 1% en Suisse, 1% en Espagne, 2% en Allemagne, 2% en Grande-Bretagne, 2% en France et 3% au Luxembourg et les derniers 5% se répartissent sur plusieurs pays européens[190]. Enfin, 2% travaillent en Europe et à l'internationale[191] (Figure 45).

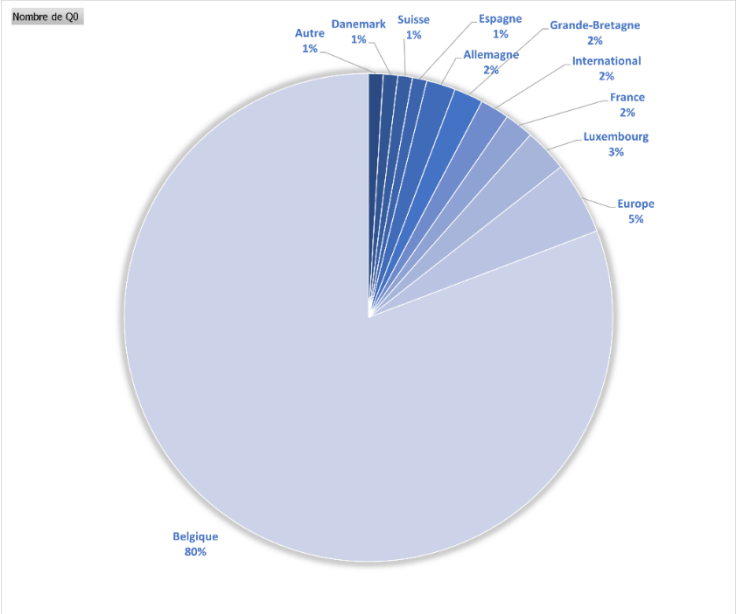


Figure 45 : Répartition des pays européens et internationaux (N=104)

[190] Pour la plupart de ces répondant·e·s, les pays sont Belgique, Grand-Duché du Luxembourg, Suisse et France.
[191] « Autre », soit 1% de l'échantillon, correspond aux réponses inclassables telles que « *architecte* »

Trois **professions** se démarquent nettement au sein de l'échantillon[192] : près de 1/3 des répondant·e·s sont architectes (31%) suivi des maitrises d'ouvrages et entrepreneur·e·s qui représentent respectivement 13% et 11% des répondant·e·s. Avec un taux de représentativité moins important, les profils suivants peuvent aussi être identifiés : 8% d'ingénieur·e·s BIM, 6% de dessinateur·ice·s / modeleur·se·s, 5% d'ingénieur·e·s en stabilité, 3% d'ingénieur·e·s en durabilité. À proportions égales, les promoteur·ice·s immobilier, les ingénieur·e·s en techniques spéciales et les géomètres représentent ensemble 6% de l'échantillon. Enfin, la profession la moins représentée de l'échantillon est la coordination de chantier (1%). Près de 1 répondant·e sur 5 ne se retrouvent pas parmi les 12 professions de professions proposées : 18% « autre ».

La Figure 46 détaille les pourcentages des fonctions au regard des professions des répondant·e·s: plus de la moitié des architectes sont chargé·e·s de projets et plus d'un tiers des maitrises d'ouvrage ont un rôle de direction dans leur entreprise. En croisant les profils aux fonctions, nous constatons que les profils *autre* endossent des fonctions de direction et/ou de gestion, soit comme chef·fe de projets, gérant·e, directeur·ice, Président·e directeur·ice général·e[193], chef·fe d'équipe ou administrateur·ice délégué·e. Notre échantillon comprend peu de BIM manager (5% de l'échantillon), de chef·fe.s d'équipe (3%) et de coordinateur·ice (3%).

[192] «Q3 - Quelle est votre profession ? », 12 propositions sont proposées : [architecte], [coordinateur·ice sécurité/santé], [dessinateur·ice/modeleur·se], [entrepreneur·e], [géomètre], [ingénieur·e en BIM], [ingénieur·e en durabilité], [ingénieur·e en stabilité], [ingénieur·e en techniques spéciales],[maîtrise d'ouvrage], [promoteur·ice] et [autre].
[193] Président·e directeur·ice général·e

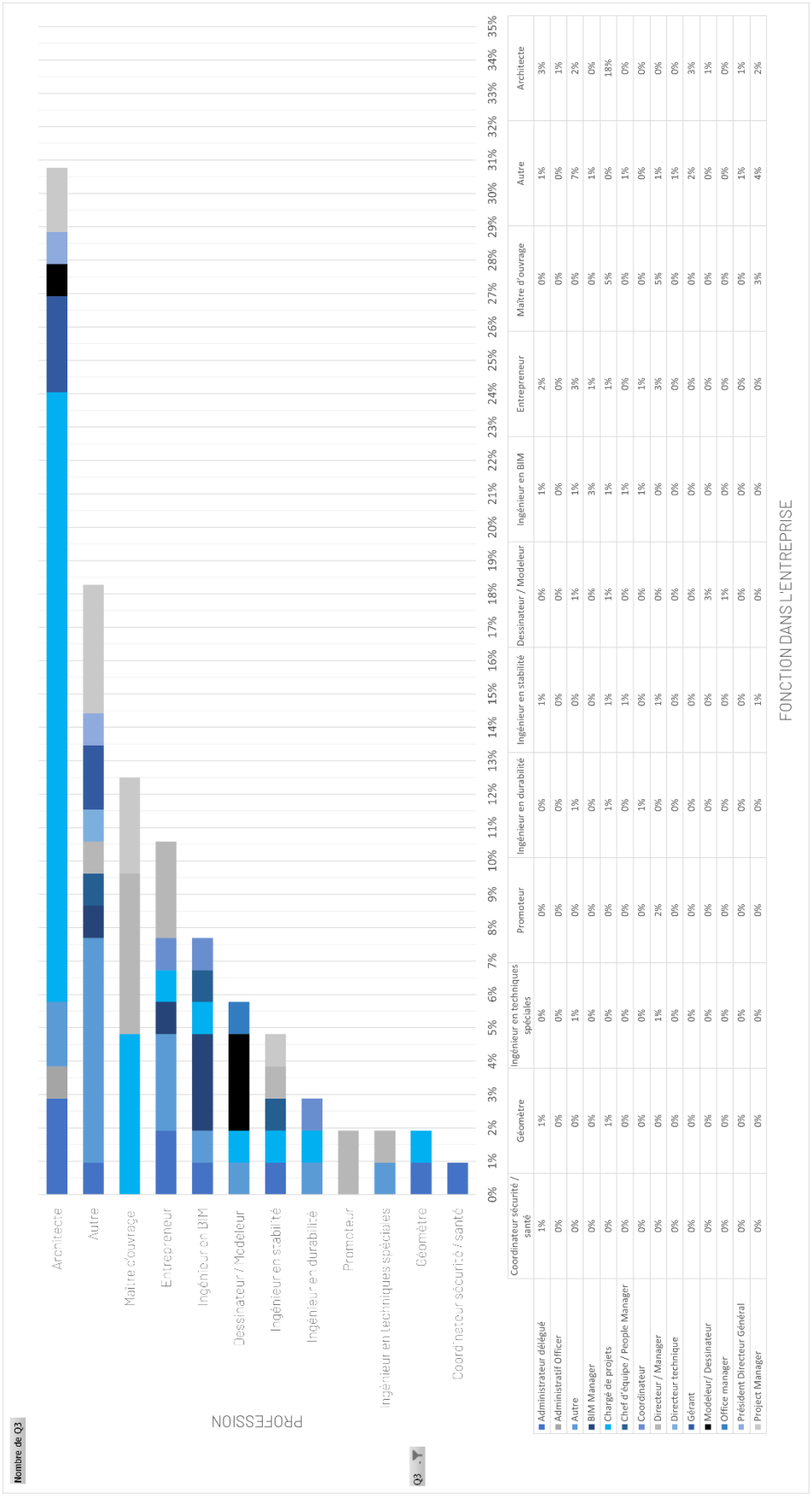


Figure 46 : Répartition des professions et des fonctions de l'échantillon (N=104, 100%)

Les résultats de notre enquête confirment que la majorité des agences d'architecture sont de petites tailles (moins de 10 personnes[194]), soulignés par (Stals 2019)(Hochscheid 2021). La majorité des agences d'architecture ayant répondu à l'enquête est composée de moins de 10 personnes (65%) (Figure 47). À l'opposé, les bureaux multidisciplinaires sont majoritairement des grandes entreprises (85%). Il en va de même pour les entreprises de construction qui sont composées de plus de 50 personnes (95% des entreprise de construction de l'échantillon). Ces résultats diffèrent des études détaillées par la Commission européenne concernant la taille des entreprises où les entreprises de construction sont en moyenne de petites tailles (Eurostat s. d.). Dans les prochaines sections, nous investiguerons les corrélations possibles entre pratiques spécifiques et tailles d'entreprises. Enfin, si les maitrises d'ouvrages publiques sont composées d'au moins 50 personnes, les maitrises d'ouvrage privées, elles, sont de toute tailles.

La majorité des répondant·e·s de notre enquête sont des praticien·ne·s avec une expérience professionnelle conséquente. Plus de la moitié des répondant.e.s a plus de 10 ans d'expérience (54%) : 15% exercent depuis au moins 11 ans (séniors) et 39% depuis plus de 16 ans (expérimenté·e·s[195]). Les juniors (3 < 5 ans) représentent un quart de l'échantillon. Moins représenté·e·s, les stagiaires (< 2ans) et les médiors (6 < 10ans) représentent respectivement 9% et 13% de l'échantillon.

Nous croisons les réponses concernant les années d'expérience avec les réponses concernant les pratiques BIM et les pratiques durables. Illustré à la Figure 48, les répondant·e·s ayant des pratiques BIM et durables sont majoritairement avancé·e·s dans leur carrière (Figure 48A), 57% d'entre eux – elles ont plus de 11 ans d'expérience). Nous constatons 2 tendances au sein des 4 familles de profils[196]. D'un côté, les pratiques BIM semblent réservées aux jeunes praticien·ne·s qui exercent depuis moins de 10 ans (Figure 48 B), ce constat rejoint les résultats présentés par Hochscheid (2021) concernant l'implémentation du BIM dans les agences d'architecture en France. Toutefois, les *stagiaires* ayant répondu à notre enquête, n'ont (pour la majorité) ni de pratiques BIM ni de pratiques durables (Figure 48D). Ce constat est surprenant pour des jeunes fraichement diplômé·e·s. D'un autre côté, et à l'opposé, les répondant·e·s qui ont des pratiques durables mais pas de pratiques BIM ont plus de 11 années d'expérience (Figure 48C).

[194] Les micro-entreprises sont composées de moins de 10 personnes, les petites entreprises entre 11 et 49 personnes, les moyennes entreprises entre 50 et 249 personnes et les grandes entreprises sont composées de plus de 250 personnes. Ces appellations se basent sur les termes utilisés par l'Europe. Source web : (Eurostat s. d.)

[195] Nous avons volontairement évité le terme d'expert·e au profit d'expérimenté·e·s. Nous réservons le qualificatif d'expert·e·s aux répondant·e·s ayant des pratiques actives en BIM et active en durable.

[196] Présenté au chapitre précédent : Construction de l'enquête

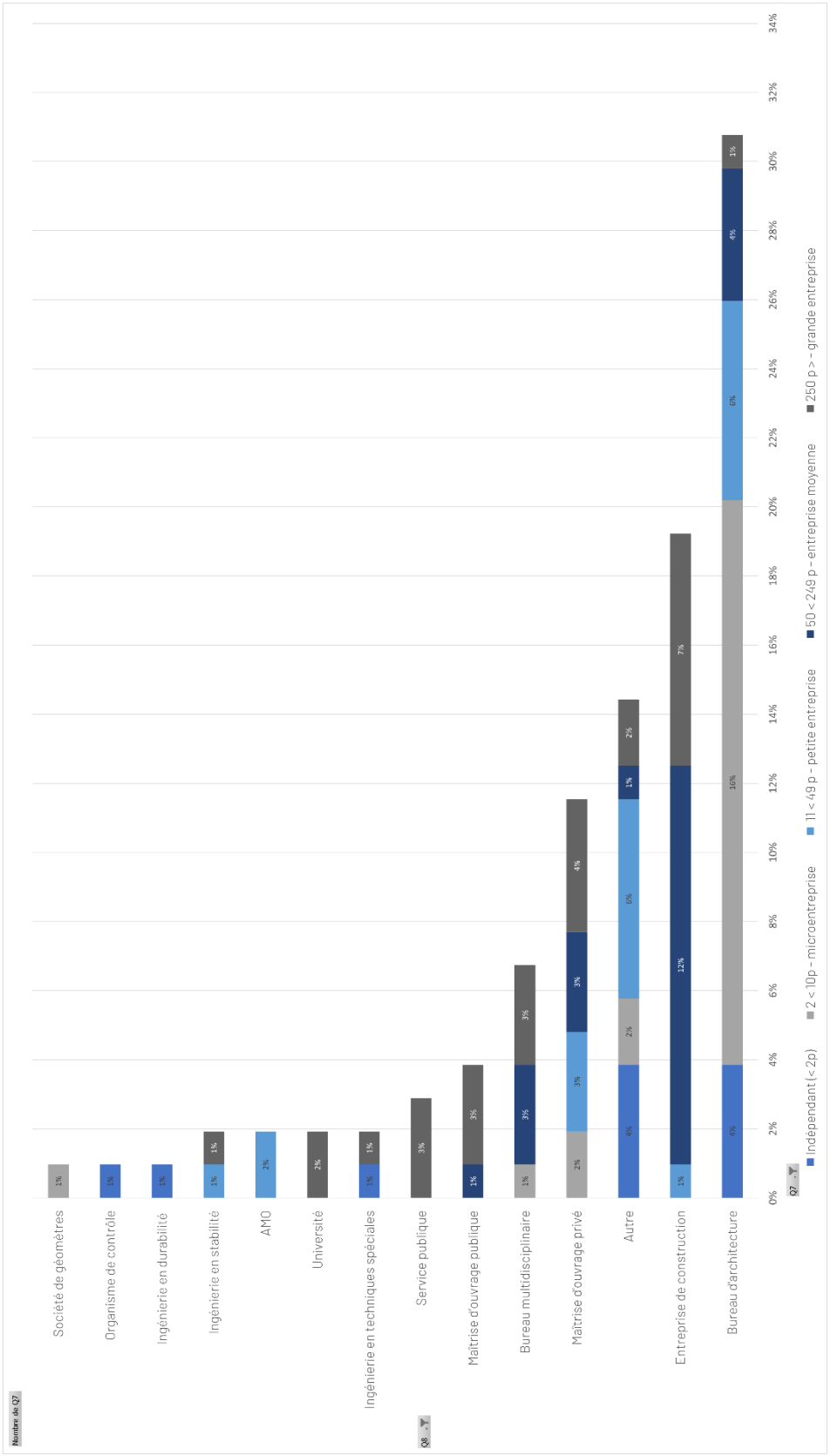
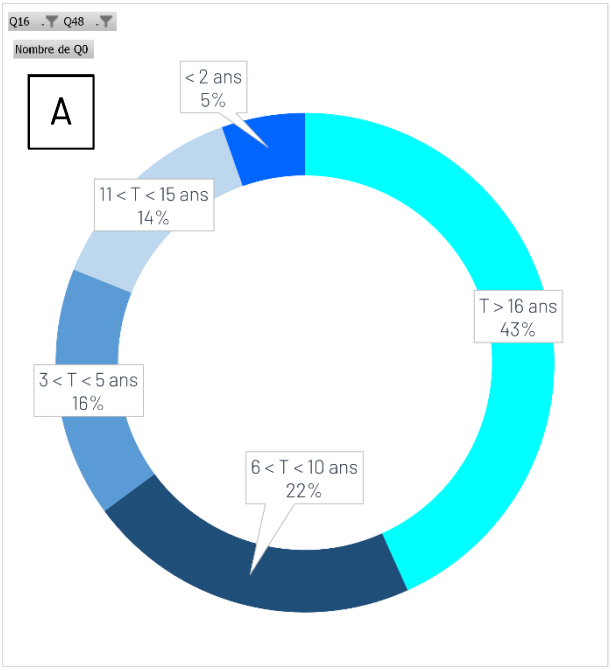
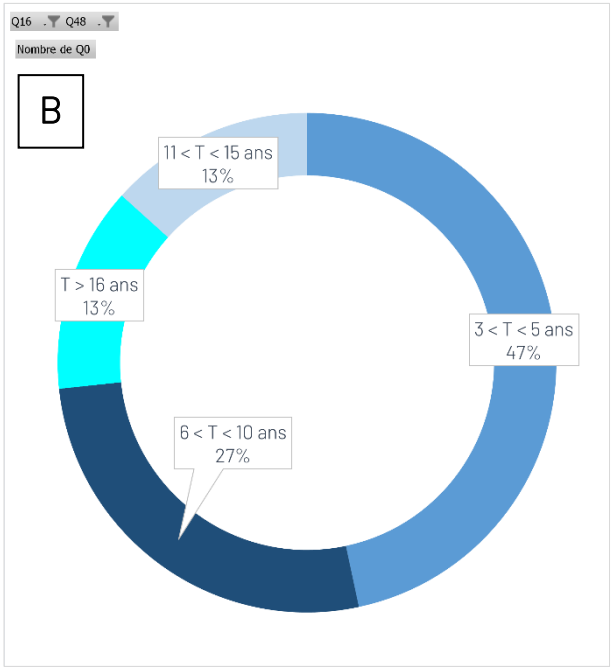


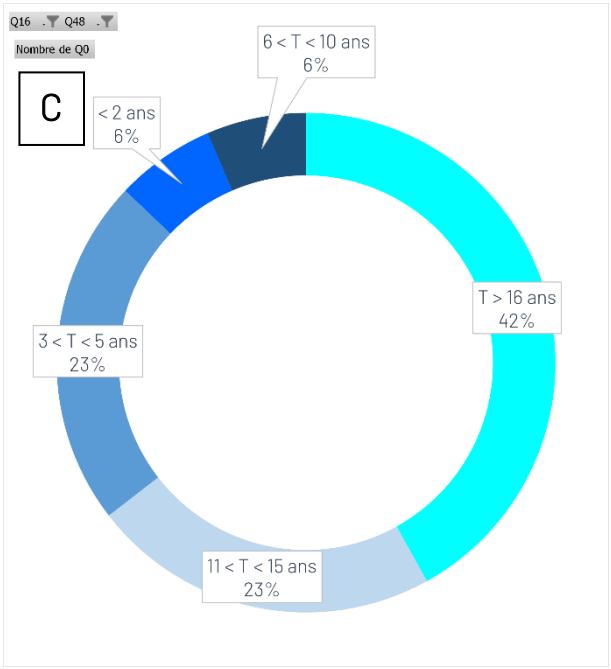
Figure 47 : Répartition des tailles et types d'entreprises (N=104)



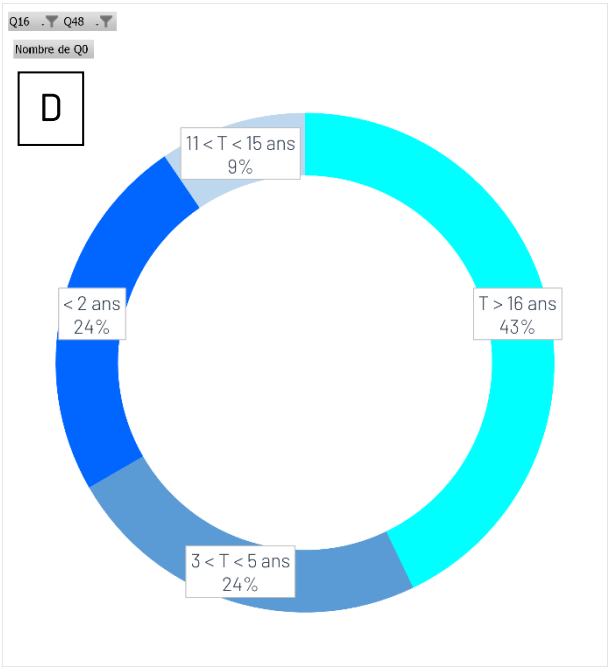
BIMDD (N=37, soit 35,6%)
Pratiques BIM et pratiques durables



BIMnDD (N=15, soit 14,4%)
Pratiques BIM et pratiques non durables



nBIMDD (N=31, soit 29,8%)
Pratiques non BIM et pratiques durables



nBIMnDD (N=21, soit 20,2%)
Pratiques non BIM et pratiques non durables

Figure 48 : Répartition de l'échantillon selon les années d'expérience professionnelle des 4 familles identifiées : les BIMDD (N=37, 35.6%), les BIMDD (N=15, 14.4%), les nBIMDD (N=31, 29.8%) et les nBIMDD (N=21, 20.2%).

Nous venons de présenter succinctement les caractérisations de notre échantillon à travers les pays dont sont issus les répondant·e·s, leurs profils (professions et fonctions), la taille des entreprises au sein desquelles ils et elles travaillent et à travers leurs années d'expérience. Tel qu'annoncé au chapitre Stratégie de recherche, notre analyse des pratiques BIM et durables s'articule autour de 4 familles contenant chacune 4 profils. Présentés au Tableau 23, les 16 profils sont identifiés grâce à 2 questions fermées de l'enquête suivies chacune de 2 sous-questions directement liées aux résultats :

Q16 - Votre entreprise travaille-t-elle en BIM ?

- *Si non, Q17 - Est-ce que votre entreprise envisage de passer en BIM ?*
- *Si oui, Q30 - Participez-vous activement au développement des projets BIM dans votre entreprise ?*

Q48 - Votre entreprise intègre-t-elle une démarche durable dans ses pratiques ?

- *Si oui, Q49 - Participez-vous activement au développement de cette démarche durable dans votre entreprise ?*

Notes aux lecteur·rice·s :

Avant de présenter en détails les résultats, nous attirons l'attention du – de la lecteur·rice sur les acronymes utilisés pour discuter des profils. Afin de faciliter la lecture et la compréhension, les profils sont présentés selon leurs pratiques BIM et leurs pratiques durables. De ce fait, chaque profil est nommé « BIM DD ». Les pratiques peuvent être actives ou passives, dans ce cas, « BIM DD » est accolé d'indices « AC » pour actif, et « PA » pour passif. Enfin, si les répondant·e·s n'ont pas de pratiques BIM et/ou durables, nous distinguons leur planification d'adopter ou non ces pratiques : l'indice « PI » signifie « Planifié » et « NP » signifie « Non planifié ».

L'analyse révèle que les pratiques durables représentent le critère distinctif de l'échantillon : 65% des répondant·e·s ont une démarche durable dans leurs pratiques, dont 47% participent activement au développement de cette démarche (DD_{AC}). L'étude de ce profil au regard des pratiques BIM montre une répartition équitable : 12,5% des DD_{AC} participent activement aux projets BIM ($BIM_{AC}DD_{AC}$), 10,6% n'y participent pas activement ($BIM_{PA}DD_{AC}$), 11,5% planifient d'implémenter le BIM dans leurs pratiques ($BIM_{PL}DD_{AC}$) contre 12,5% qui ne le prévoient pas ($BIM_{NP}DD_{AC}$). Un dernier profil de répondant·e·s se distinguent au sein du Tableau 23: les praticien·ne·s qui travaillent activement en BIM et qui ne travaillent pas activement aux projets durables (11,5%, $BIM_{AC}DD_{PA}$).

Tableau 23 : Répartition de l'échantillon selon les pratiques BIM et les pratiques durables (N=104)

				Durable		~~Durable~~	
				65%		35%	
				Participation active à la DD	Participation passive à la DD	DD adoption prévue	DD adoption non prévue
				47,1%	18,3%	17,3%	17,3%
BIM	50%	BIM participation active	34,6%	**12,5%**	**11,5%**	5,8%	4,8%
		BIM participation passive	15,4%	**10,6%**	1,0%	3,8%	0,0%
~~BIM~~	50%	Implémentation BIM planifiée	27,9%	11,5%	4,8%	5,8%	5,8%
		Implémentation BIM non planifiée	22,1%	**12,5%**	1,0%	1,9%	6,7%

Si notre objectif premier est de cartographier les pratiques BIM et durables, l'objectif sous-jacent est d'identifier le rôle du BIM vis-à-vis de l'architecture durable : *peut-il servir à massifier les pratiques écoresponsables ? Cela concerne-t-il tou·te·s les acteur·rice·s du secteur ?* Pour atteindre cet objectif, déterminons les compréhensions et perceptions qu'ont les praticien·ne·s du BIM et du développement durable dans les projets architecturaux. Nous prenons le parti d'articuler notre analyse autour de **5 profils** de l'échantillon. Mis en évidence au Tableau 23 (cellules bleues), nous avons sélectionné ces 5 profils pour répondre à 3 analyses détaillées ci-après. La sélection des profils et l'objectif poursuivi sont également présentés ci-après.

- **La première analyse** concerne les pratiques des répondant·e·s qui ne sont **ni durables ni BIM**, et sans intention d'implémentation. L'étude de ce profil nous éclaire sur les freins et nous permet de comprendre les raisons qui poussent à l'évitement, et ce, malgré que ce profil soit mineur au regard de l'échantillon [$BIM_{Np}DD_{np}$] (N= 7, soit 6,7% de l'échantillon).

- **La seconde analyse** concerne 3 profils que nous étudions parallèlement. Avec pour **dénominateur commun une démarche durable**, notre analyse vise à mettre en exergue et à comparer les pratiques BIM de ces 3 profils ; *quel rôle joue le BIM vis-à-vis des pratiques durables ? (Support, moteur, contrainte, limite).*
  - Les répondant·e·s qui travaillent activement aux projets BIM et passivement aux projets durables [$BIM_{AC}DD_{PA}$] (N=12, soit 11.5% de l'échantillon),
  - Les répondant·e·s qui travaillent passivement aux projets BIM et activement aux projets durables [$BIM_{PA}DD_{AC}$] (N=11, soit 10,6% de l'échantillon)
  - Et les répondant·e·s qui travaillent activement au développement de projets durables et qui ne planifient pas d'implémenter le BIM dans leur pratique [$BIM_{NP}DD_{AC}$] (N=13 soit 12,5% de l'échantillon).

- **La dernière analyse** concerne les profils qui travaillent **activement sur des projets BIM et développent activement une démarche durable dans leurs projets**. Au regard de nos résultats, ces profils présentent une certaine expertise, puisque actif·ve·s dans les processus. De ce fait, nous confrontons les résultats de notre enquête avec les résultats de la littérature concernant les pratiques d'expert·e·s du domaine [BIMDD] (N=13, soit 12,5% de l'échantillon).

Ces 5 profils sont repris dans que dans une matrice, schématisée à la Figure 49. L'ordonnée représente les démarches durables, dont les quadrants supérieurs concernent les pratiques passives et actives. Les quadrants inférieurs traduisent le développement planifié ou évité dans l'entreprise. Sur l'abscisse, l'on retrouve les pratiques BIM ; à gauche une implémentation du BIM planifiée ou rejetée, à droite des pratiques passives et actives. La matrice des profils illustre ainsi la notion d'implication (actif / passif) et la progression dans l'adoption des pratiques (planifié / non planifié).

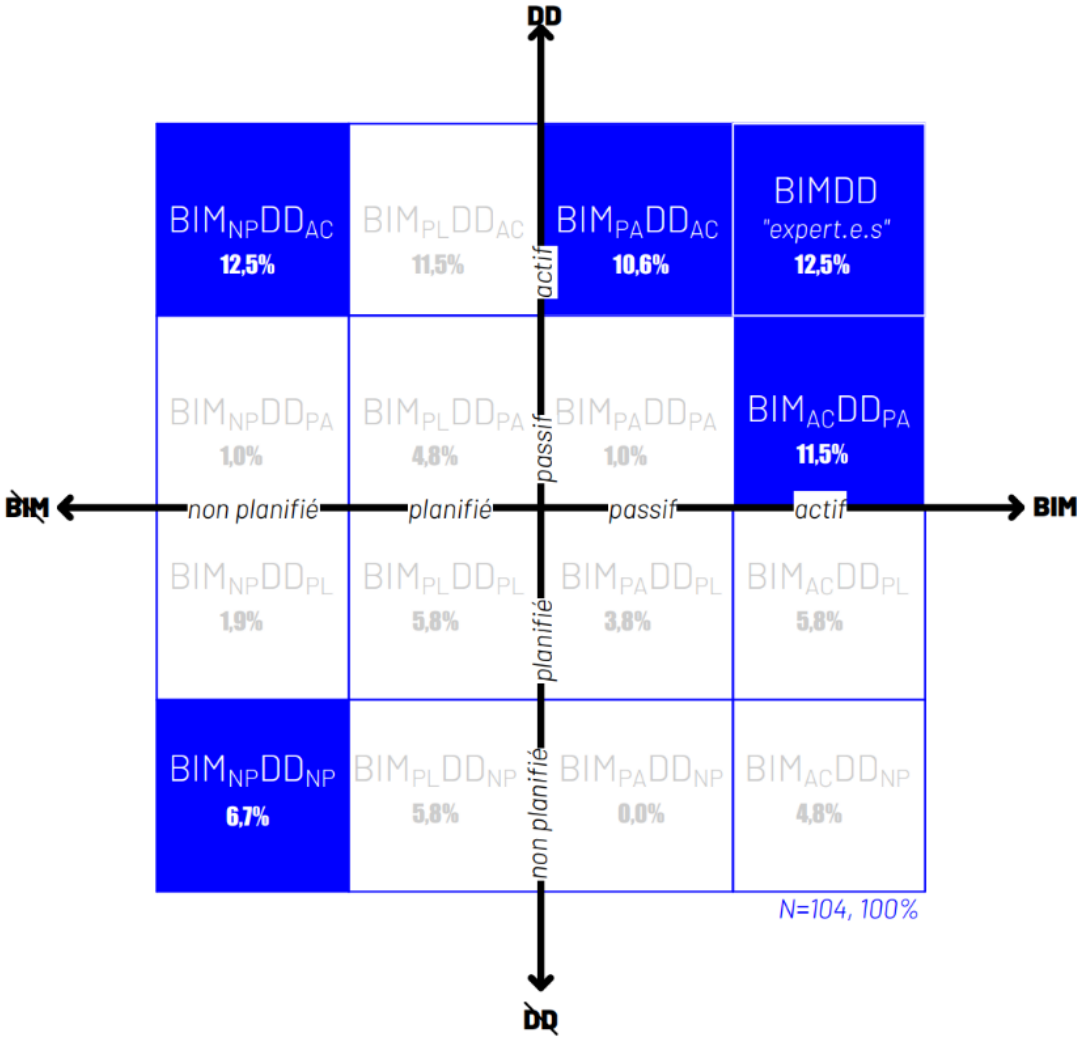


Figure 49 : Matrice des profils - Mise en évidence des 5 profils analysés,
Où : « AC » = pratiques actives ;
« PA », = pratiques passives ;
« PL » = implémentation planifiée ;
« NP » = implémentation non planifiée

4.1.1.1 Des pratiques qui ne sont ni BIM, ni durables

Comme nous venons de le voir, l'analyse des $BIM_{NP}DD_{NP}$ vise à identifier les raisons qui poussent ces praticien·ne·s à l'évitement de ces deux développements. Ce profil est mineur au regard de notre échantillon (N=7 / 104, soit 6,7% de l'échantillon)(Figure 50). Près des deux tiers de l'échantillon travaillent en Belgique tandis que 14% travaillent en France et 14% au Grand-Duché du Luxembourg. Les autres répondant·e·s travaillent dans plusieurs pays européens (Figure 51, en haut à gauche). Il y a au sein de ce profil deux types de répondant·e·s : celles et ceux qui sont en début de carrière, avec moins de 5 ans d'expérience (43%) et celles et ceux qui ont acquis une expérience affirmée, soit plus de 16 ans de carrière (57%) (Figure 51, en bas à gauche). Ces praticien·ne·s sont principalement des chargé·e·s de projets ou des dessinateur·rice·s, quel que soit la profession ; architectes, entrepreneur·e·s ou maitrises d'ouvrage (Figure 51, droite). La taille des entreprises diffère selon les professions : les architectes travaillent au sein de microentreprise (2 à 10p), les entrepreneur·e·s travaillent au sein d'entreprises moyennes (50 à 250p) et les maitrises d'ouvrage au sein de grandes entreprises (250p <). Les dessinateur·rice·s travaillent soit en bureaux d'architecture soit dans des entreprises de construction.

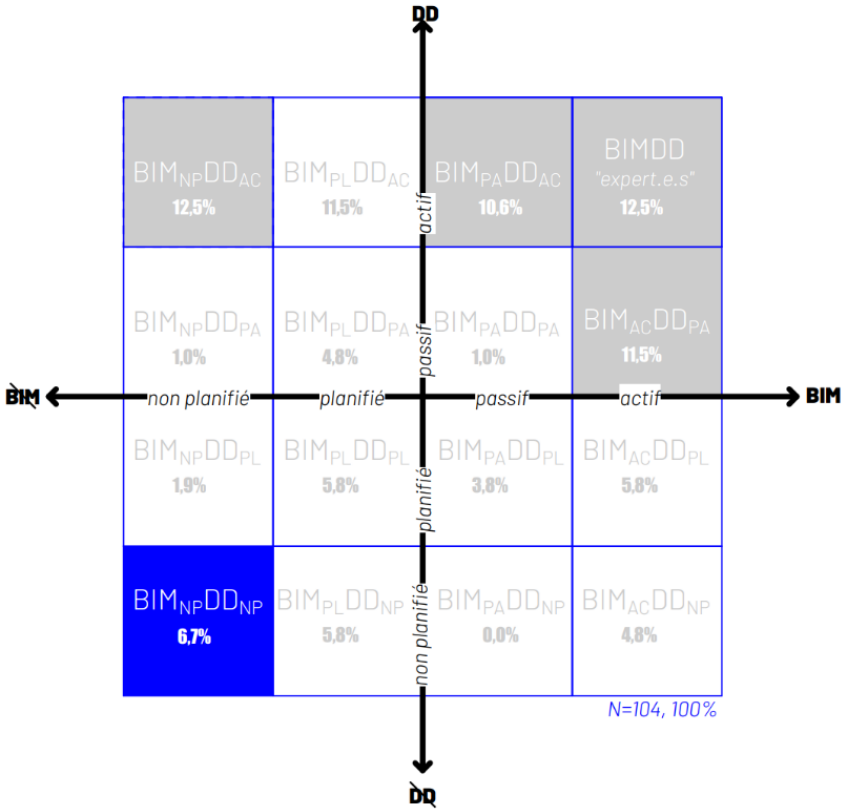


Figure 50 : Identification du profil de répondant·e·s analysé sur la matrice des 16 profils

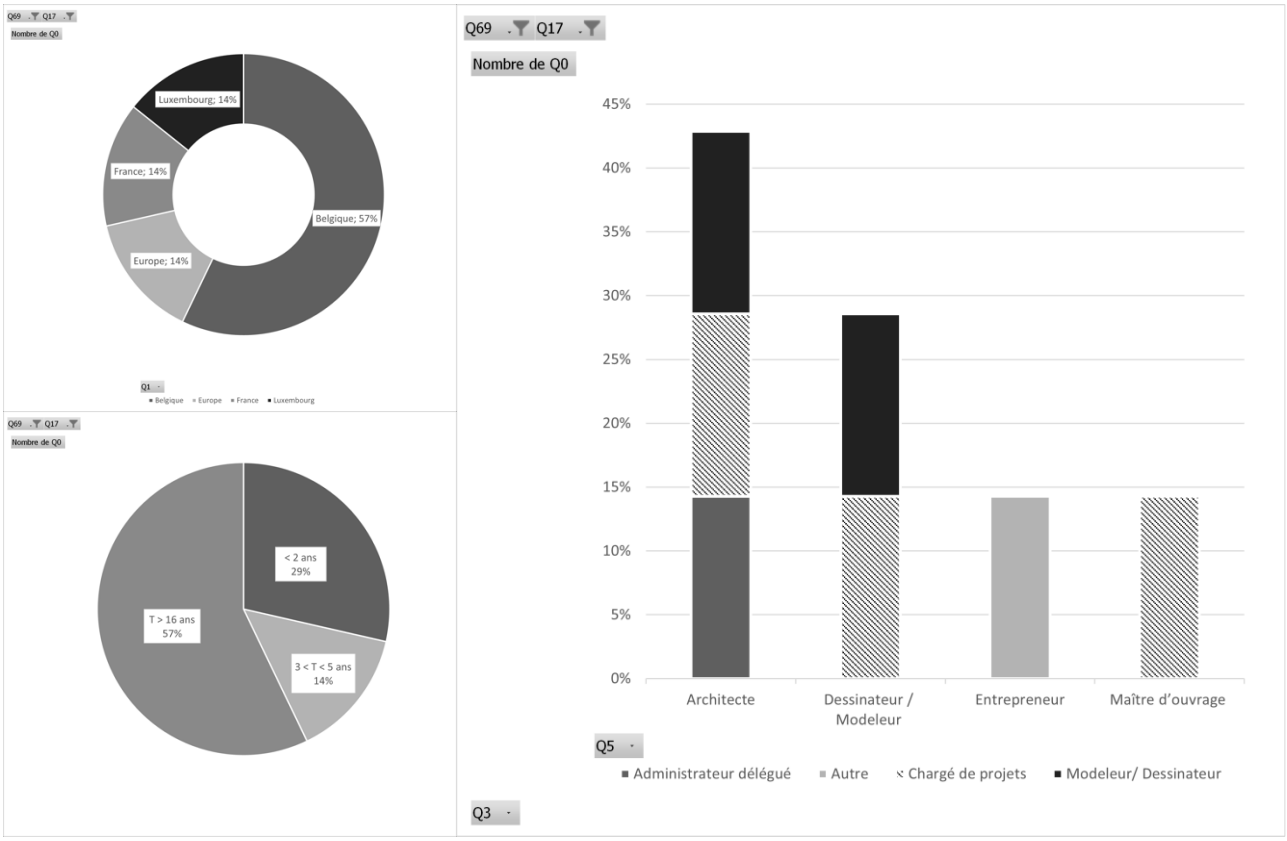


Figure 51 : Données socio-démographiques des répondant.e.s $BIM_{NP}DD_{NP}$ (N=7) :
En haut à gauche : Répartition des pays - En bas à gauche : La répartition des années d'expérience professionnelles
A droite : Répartition des professions et des fonctions endossées dans l'entreprise

A travers deux questions ouvertes[197], les $BIM_{NP}DD_{NP}$ ont pu expliquer **les raisons** qui les motivent à ne pas planifier l'adoption ni de pratiques BIM ni de démarche durable. Pour analyser ces réponses, nous nous sommes servies d'une grille de freins identifiés dans la revue de littérature[198]. La Figure 52 détaille les récurrences des freins évoqués par les $BIM_{NP}DD_{NP}$. Trois catégories de freins se démarquent parmi les résultats : les freins culturels, plus récurrents et diversifiés, les freins économiques et les freins techniques.

Les raisons qui les poussent à éviter l'adoption du BIM sont plus nombreuses et détaillées que celles concernant les DD, en témoignent les récurrences : 17 freins ont été identifiés pour le BIM et 8 freins pour les DD parmi les 7 réponses. Pour les répondant·e·s, le BIM nécessite une réorganisation de l'entreprise qui ne collerait pas avec la taille ou le type d'entreprise interrogée ; familiale ou trop petite. Les raisons d'évitement techniques et économiques sont évoquées dans un second temps : le BIM nécessiterait une main d'œuvre qualifiée et des connaissances spécifiques, une certaine taille de projet. Ceci entraine un (sur)coût d'investissement humain avec une inconnue de retour sur investissement. Eviter d'implémenter des pratiques BIM résulte également de freins culturels, d'abord **un manque d'intérêt** perçu par la hiérarchie de l'entreprise

[197] « Q18 / Q70 - Expliquez en quelques mots pourquoi »
[198] Les freins identifiés dans la revue de littérature sont proposés aux répondant·e·s à travers 4 questions selon les 4 familles de profils : « Q22 / 36 / 62 / 75 - *Parmi les propositions suivantes, classez de 1 à 5 celles qui représentent les freins les plus importants pour adopter le BIM / une démarche durable en architecture ? »*

« *Le Directeur-Gérant du bureau ne souhaite pas travailler en BIM(…)* », ensuite par **résistance au changement** « (…) *ainsi que certains collaborateurs du bureau qui sont réfracteur aux changements* », « *ni d'envie de modifier notre process* ». Ne pas adopter de démarche durable résulterait d'abord d'un **manque de prise de conscience** ou d'un **manque d'intérêt** d'un·e acteur·ice : soit la hiérarchie de l'entreprise ; « *pas d'intérêt du management* », « *pas de réelles intentions du responsable* », soit la maitrise d'ouvrage « *Lazy, clients don't ask for it* »[199] ou toute l'entreprise « *à part le tri des déchets, une volonté de zéro déchets, nous ne suivons pas une idéologie durable* ».

Les résultats qui viennent d'être présentés traduisent une importante inertie au changement, qui, selon notre hypothèse, est liée à un manque de connaissances du BIM et d'une démarche durable. Nous vérifions notre hypothèse en nous penchant sur la compréhension des répondant·e·s concernant le BIM et les démarches durables.

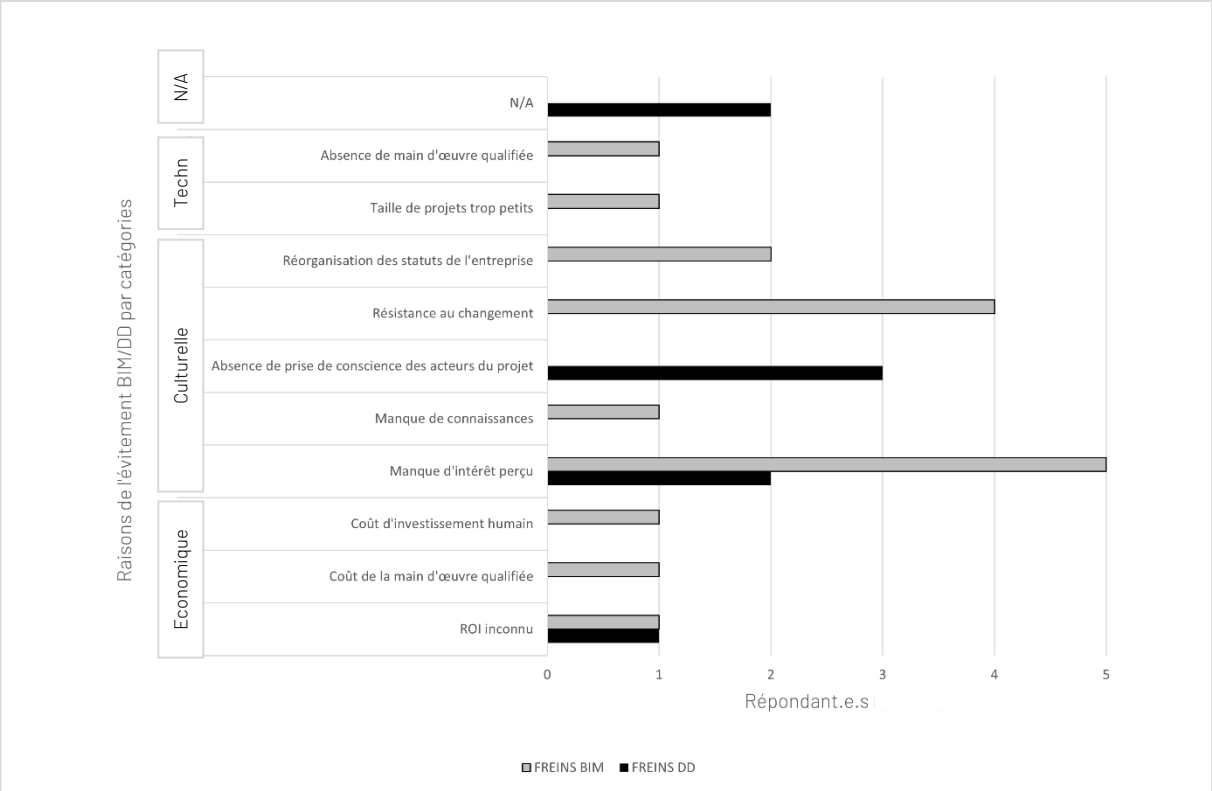


Figure 52 : Raisons d'évitement à l'adoption du BIM et d'une démarche durable par les $BIM_{NP}DD_{NP}$ (N=7)

[199] Traduction personnelle : « *paresseux, les clients ne le demandent pas* »

D'un côté à la question ouverte « Q15 - Comment définiriez-vous le BIM ? », notre analyse montre que **la perception du BIM s'articule autour de données et d'informations** où *« le BIM est une base de données techniques des bâtiment, intégrant les notions de planning et de représentation technique [SIC] »* **et autour de logiciels** et « *(…)[d']outils comme sketchup, Autocad et d'autres logiciels* ». Le BIM est également défini comme « (…) un travail collaboratif. [Une] collaboration entre tous les intervenants à tous les niveaux du projet » et qui permet de « *réinterprété*[r]*les processus collaboratifs de gestion d'information des bâtiments* ». Une minorité ne donnent aucune définition du BIM (N=2 /7).

D'un autre côté, nous constatons **deux tendances** à la question pour **définir une démarche durable dans les projets d'architecture** : soit les répondant·e·s tentent une définition en exprimant des **concepts généraux,** tournés vers l'avenir : *« la prise en compte de tous les facteurs écologiques au moment de la conception », « Architecture d'avenir, écologique, modulante… », « Bonne question ! Faire des choses valables le plus longtemps possible à tous points de vue technique, architectural et humain ».* L'autre tendance traduit des **principes durables**. Nous avons relevé 5 principes parmi les 7 réponses données : le cycle de vie, l'énergie (dont la performance énergétique des bâtiments), l'impact carbone et les matériaux. L'un·e des répondant.e.s exprime les prémices du projet comme étape décisive *« L'intégration des processus d'economie [SIC] d'énergie et de moyens dès le 1er coup de crayon ».*

Au regard des définitions et des raisons d'évitement analysées, nous constatons que les répondant·e·s ont une meilleure compréhension du BIM que des démarches durables. L'évitement du BIM est lié au manque de connaissances de la plus-value, des avantages et des bénéfices ni de de l'effort à fournir. Se passer d'une démarche durable dans les projets résulte davantage d'un manque de connaissances de ce qu'implique une telle démarche. Les réponses concernant la définition du développement durable expriment des notions largement médiatisées dans le secteur telles que l'énergie, les matériaux et l'impact carbone. **Les changements culturels du BIM sont,** selon nos résultats, **davantage liés à l'organisation de l'entreprise tandis que les changements culturels liés au développement durable sont davantage liés à une compréhension globale d'une démarche durable.**

4.1.1.2 Pratiques durables comme dénominateur commun : mise en parallèle de 3 profils

Notre seconde analyse concerne 3 profils de répondant·e·s qui ont comme dénominateur commun des pratiques durables, plus ou moins fortes (Figure 53). A travers cette analyse, notre objectif est d'identifier les différences entre les 3 profils au regard des pratiques BIM : *quel rôle joue le BIM vis-à-vis des pratiques durables ? (Support, moteur, contrainte, limite).*

4.1.1.2.1 Les profils étudiés

Les 3 profils étudiés représentent ensemble près d'un tiers de notre échantillon (N=36/104, soit 34%) et sont chacun composé d'un nombre de répondant·e·s similaire : N=12 pour les $BIM_{AC}DD_{PA}$, N= 11 pour les $BIM_{PA}DD_{AC}$ et N=13 pour les $BIM_{NP}DD_{AC}$. La proportion d'architectes est prédominante, quel que soit le profil, à l'instar de l'échantillon global. La Figure 54 détaille les professions selon les 3 profils : les praticien·ne·s qui travaillent activement en BIM sont des architectes et des ingénieur·e·s BIM (Figure 54, bleu foncé). Les entreprenur·e·s ont de pratiques BIM « faibles » et des pratiques durables « fortes » (Figure 54, gris clair, $BIM_{PA}DD_{AC}$). Les $BIM_{NP}DD_{AC}$ se retrouvent difficilement parmi les professions proposées par l'enquête. Une minorité des $BIM_{NP}DD_{AC}$ sont architectes ou maitre·se·s d'ouvrage mais la majorité travaille dans une *autre* profession (Figure 54, bleu clair). En croisant les professions avec les fonctions endossées dans l'entreprise, nous constatons que les $BIM_{NP}DD_{AC}$ ont une fonction de direction telle qu' administrateur·ice délégué·e, directeur·ice ou chargé·e de projets.

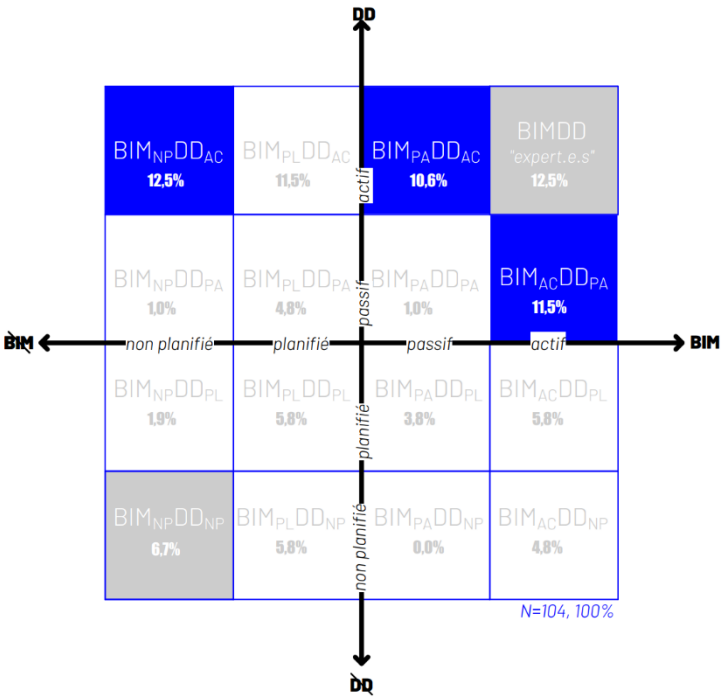


Figure 53 : Identification des 3 profils $BIM_{AC}DD_{PA}$, $BIM_{PA}DD_{AC}$, $BIM_{NP}DD_{AC}$ analysé sur la matrice des 16 profils

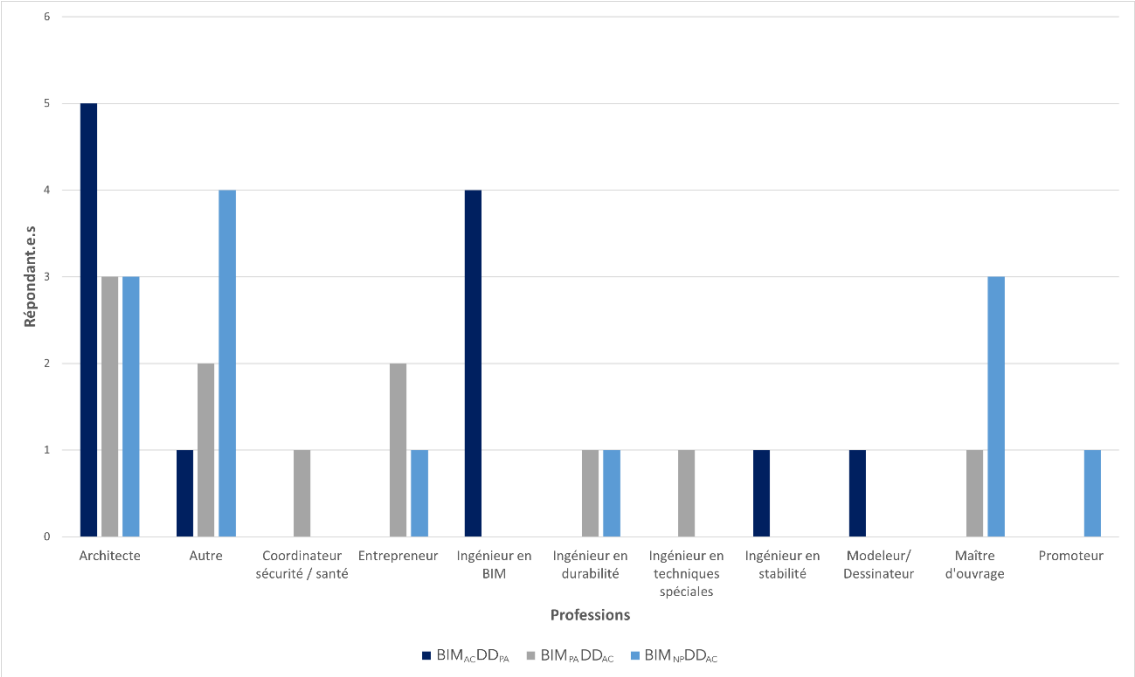


Figure 54 : Répartition des professions selon les 3 profils étudiés : $BIM_{AC}DD_{PA}$, $BIM_{PA}DD_{AC}$, $BIM_{NP}DD_{AC}$ (N=36)

En étudiant la taille des entreprises au sein desquelles les répondant·e·s travaillent, nous constatons une corrélation entre **la taille des entreprises** et les pratiques BIM (Figure 55) : plus les pratiques BIM sont présentes au sein de l'entreprise, plus la taille de l'entreprise est grande, dépassant les 50 collaborateur·ice·s. Les grandes entreprises (< 250p) au sein desquelles les répondant·e·s travaillent activement aux projets BIM sont soit des maitrises d'ouvrage publiques, des entreprises de construction, des bureaux multidisciplinaires ou des bureaux d'architecture. A l'inverse, lorsque aucune pratique BIM n'est implémentée ni planifiée, les entreprises sont de tailles plus modestes (< 50p) et regroupent des bureaux d'architecture, maitrises d'ouvrage privées, bureaux d'ingénierie en durabilité et organisme de contrôle. Nos résultats confirment ceux présents dans la littérature (NBS 2018)(NBS 2019).

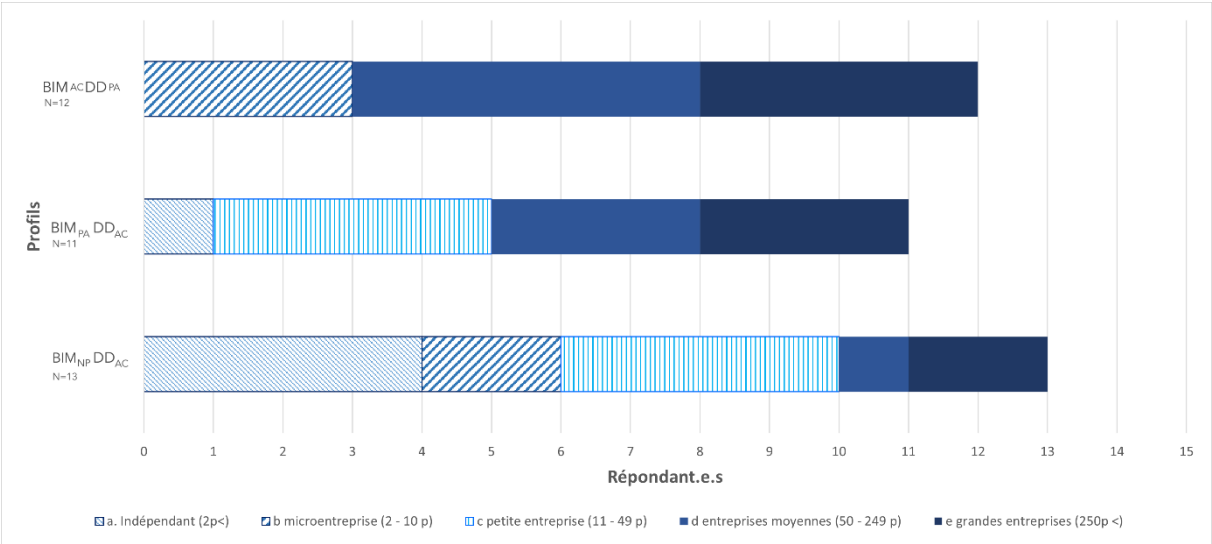


Figure 55 : Répartition de la taille des entreprises pour les 3 profils analysés : profils $BIM_{AC}DD_{PA}$, $BIM_{PA}DD_{AC}$, $BIM_{NP}DD_{AC}$ (N = 36)

Nous avons vu au sein de la revue de la littérature l'importance de la collaboration dans le processus d'écoconception. La revue de littérature a également mis en évidence les promesses du BIM en termes de conception et gestion de projet et de coordination d'équipes. De ce fait, le BIM est présenté comme la méthode de travail idéale pour garantir l'écoconception architecturale, assurant à la fois une innovation technique et organisationnelle. En étudiant les 3 profils saillants de notre échantillon, nous avons pour objectif de déterminer si le BIM est un élément décisif vis-à-vis des pratiques durables.

4.1.1.2.2 Le travail collectif avec les partenaires externes à l'entreprise

Pour commencer, nous croisons les réponses concernant les profils[200] et les résultats sur **le travail collectif avec des partenaires externes** : « *Q12.2 - Parmi les propositions suivantes, comment estimez-vous le travail collectif dans votre activité ?; Q13- Pouvez-vous expliquer votre réponse ?* » *Q-14.2- Êtes-vous satisfait de cette manière de travailler ?* » Cette mise en parallèle apporte un état des pratiques nuancé entre la façon dont les répondant·e·s se définissent (par exemple ; « oui, je travaille activement en BIM ») et leur travail collectif (**travail seul, en silo, coopératif, collaboratif ou différent selon les partenaires**).

La Figure 56 confirme l'intérêt de croiser les réponses : paradoxalement, les répondant·e·s qui n'ont pas de pratiques BIM et qui ne planifient pas leur implémentation travaillent davantage de façon **collaborative** ($BIM_{NP}DD_{AC}$, Figure 56, droite, bleu foncé) que les répondant·e·s ayant des pratiques BIM ($BIM_{AC}DD_{PA}$, Figure 56 gauche et les $BIM_{PA}DD_{AC}$, Figure 56 centre). Aussi, il est intéressant de noter qu'un tiers des $BIM_{PA}DD_{AC}$ travaillent **en silo ou seul·e,** avec un niveau de satisfaction insatisfaisant (Figure 56, centre). D'autres auteur.rice.s ont relevé ces dissonances entre BIM-travail-collaboratif et pratiques individuelles (Baudoux, Calixte, et Leclercq 2022). **Le niveau de satisfaction** est corrélé au travail collaboratif et à l'intensification des interactions entre équipes. Pour les $BIM_{AC}DD_{PA}$, **le travail coopératif semble être une façon de travailler de transition**, en attente de pouvoir travailler de façon collaborative ; « *Malgré la volonté d'aller vers du collaboratif, nous voyons qu'il s'agit plus souvent de coopératif* » ; « *Parfois on a pas les moyens (informatiques) pour travailler en collaboratif avec des autres intervenants* ». Aussi, le travail collectif semble être différent selon les profils des partenaires : pour l'un·e des $BIM_{PA}DD_{AC}$, « *la nature de la collaboration avec d'autres architectes (interne ou externe) n'est pas la même qu'avec les ingénieurs (TS et IS)* ».

[200] Q16, Q17, Q30, Q48, Q49 et Q69 détaillées précédemment.

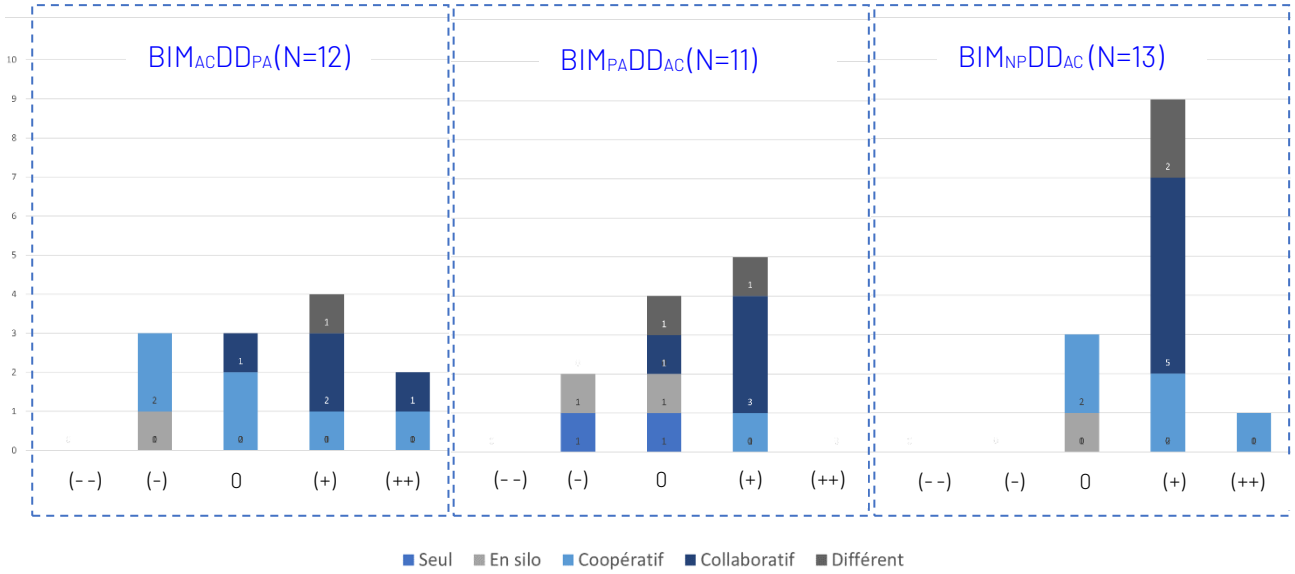


Figure 56 : Niveau de satisfaction du travail collectif avec partenaires externes selon les 3 profils (N=36)
Où (- -) : Très insatisfait ; (-) : Insatisfait ; 0 : Neutre ; (+) : Satisfait et (+ +) : Très satisfait

4.1.1.2.3 Les secteurs d'activités, la nature des marchés et le type de projets

L'étude du portefolio des projets des répondant·e·s apportent des informations intéressantes concernant les pratiques. Nous étudions pour commencer **les secteurs d'activités** qui nous permettent de déterminer si les pratiques BIM favorisent ou écartent un ou plusieurs secteur(s) d'activités. Nous comparons les moyennes des activités par secteur pour chaque profil. Comme l'illustre la Figure 57, les secteurs d'activités se répartissent globalement de la même façon, quelles que soient les pratiques BIM, actives, passives ou absentes. Toutefois, nous constatons que le secteur résidentiel unifamilial représente un secteur d'activité plus important pour les répondant·e·s qui n'ont aucune pratique BIM avec 24% pour les $BIM_{NP}DD_{AC}$ contre 11% pour les $BIM_{PA}DD_{AC}$ et 8% pour les $BIM_{AC}DD_{PA}$. Il en va de même pour le secteur des bureaux qui représente en moyenne 17% des activités des $BIM_{NP}DD_{AC}$, contre 8% pour les praticien·ne·s qui travaillent activement aux projets BIM ($BIM_{AC}DD_{PA}$). Les secteurs industriel et médical sont sensiblement enclins aux pratiques BIM.

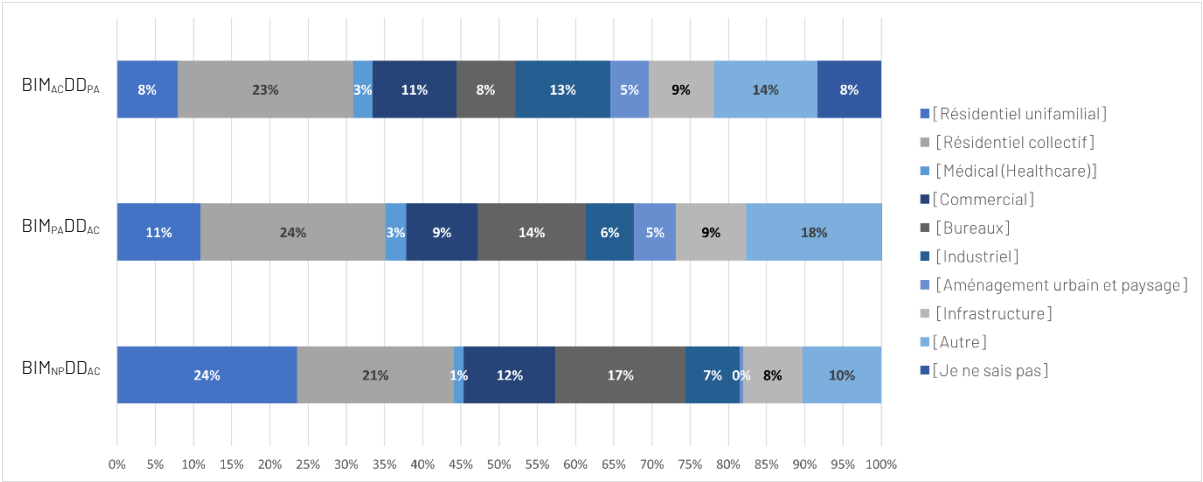


Figure 57 : Répartition des activités par secteur pour les profils $BIM_{AC}DD_{PA}$, $BIM_{PA}DD_{AC}$, $BIM_{NP}DD_{AC}$ (N = 36)

A côté des secteurs d'activités, nous avons abordé au sein de la revue de littérature 2 facteurs liés aux pratiques BIM et aux pratiques d'écoconception : **la nature des marchés et le type de projets.** D'un côté, la Directive européenne 2014/24/UE valorise l'usage des maquettes BIM au sein des marchés publics. D'un autre côté, l'architecture durable privilégie la rénovation, la réhabilitation et la déconstruction. Notre échantillon confirme ces 2 tendances de types de marchés et de types de projets.

La Figure 58 regroupe les résultats concernant les natures des marchés et des types de projets pour les 3 profils étudiés). L'abscisse représente les répondant.e.s (N=36). L'ordonnée représente les pourcentages des natures de marchés et de type de projets par répondant.e.s. Les points de couleurs représentent les pourcentages que les répondant·e·s estiment avoir en termes de nature marchés et de type de projets sur leur portfolio de projets : 0% signifie que le·a répondant·e n'a que des marchés privés (vert) ou que des projets de transformation (bleu). A l'inverse, lorsque les réponses sont à 100%, cela signifie que les répondant·e·s n'ont que des marchés publics (vert) ou des projets neufs (bleu). Au centre de la figure, un axe horizontal noir représente la limite entre les types de marchés (privé/public) et les types de projets (transformation / neuf).

D'un côté, la courbe de tendance (ligne verte) et les zones (vertes) montrent que **plus les praticien·ne·s sont actif·ve·s dans les projets BIM** ($BIM_{AC}DD_{PA}$), **plus leurs types de marchés sont publics** (haut, gauche, en vert). Cette tendance s'estompe pour les praticien·ne·s qui ne participent pas activement aux projets BIM ($BIM_{PA}DD_{AC}$). A l'opposé, lorsque les pratiques BIM sont absentes ($BIM_{NP}DD_{AC}$), le type de marchés est principalement privé. D'un autre côté, la courbe de tendance concernant le type de projets (ligne bleue) a la même allure : **les projets BIM ont tendance à être davantage des projets neufs** ($BIM_{AC}DD_{PA}$)(Figure 58, en haut à gauche en bleu). Si l'on compare les profils de l'échantillon qui développent activement des pratiques durables (centre et droite), l'un ayant des pratiques BIM « faible » et l'autre n'ayant **pas de pratiques BIM**, les projets sont davantage des projets neufs pour le premier profil ($BIM_{PA}DD_{AC}$), tandis que pour le second, les projets ont une légère tendance à être des projets de transformation ($BIM_{NP}DD_{AC}$). Au regard de ces résultats, les pratiques BIM semblent moins développées pour des projets de rénovation / transformations, dits durables. Nous constatons également une corrélation entre les marchés publics et les pratiques BIM.

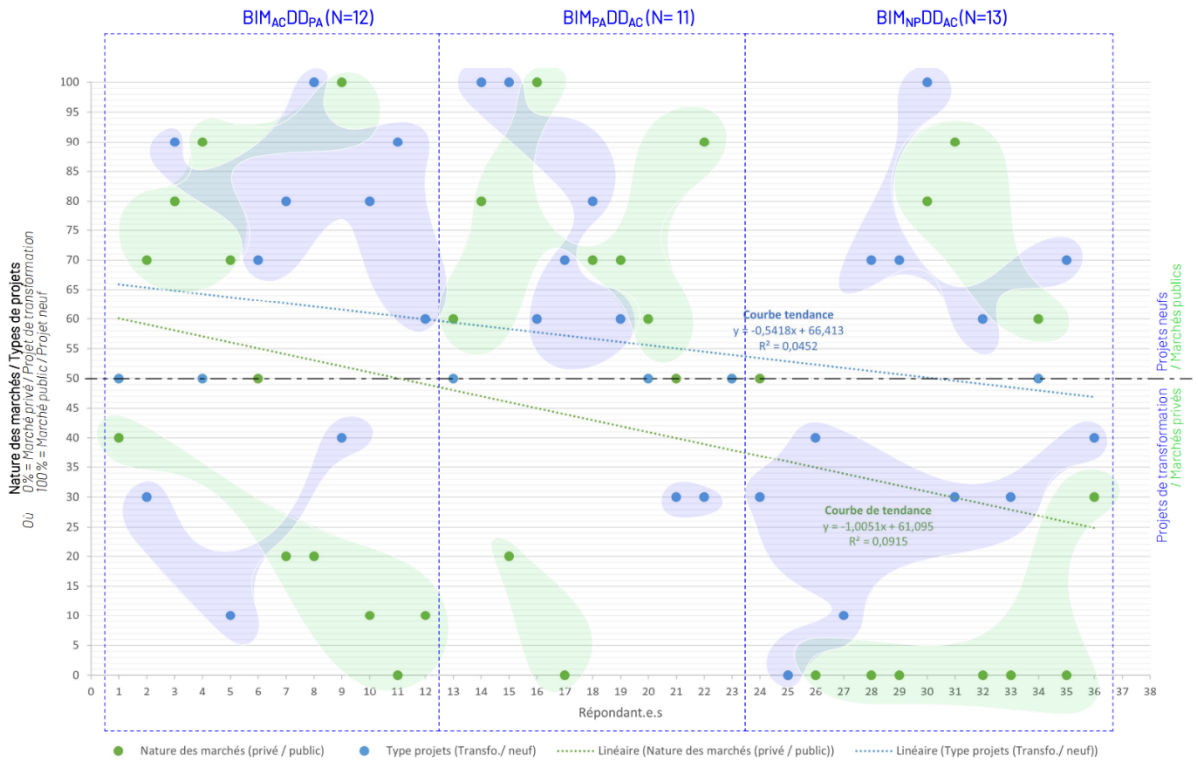


Figure 58 : Analyse de la nature des marchés et des types de projets pour les profils $BIM_{AC}DD_{PA}$, $BIM_{PA}DD_{AC}$, $BIM_{NP}DD_{AC}$ (N = 36)

4.1.1.2.4 Les phases de projets et le développement des pratiques

Comme nous l'avons vu précédemment, les prémices du projet représentent **des phases clés pour assurer l'écoconception**. Toutefois, la revue de littérature a souligné les limites du BIM pour intervenir dans ces phases (programmation et idéation). Cette tendance se confirme à travers notre enquête[201]. La Figure 59 présente la répartition des pratiques BIM (gauche) et des pratiques durables (droite) selon les phases de projet. Les pratiques BIM sont **moins récurrentes en phase esquisse** : 1/3 des $BIM_{AC}DD_{PA}$ utilisent le BIM dès l'esquisse du projet (33%). Ces résultats résonnent avec les limites identifiées au premier chapitre concernant l'usage du BIM aux prémices du projet (programmation, idéation). Les pratiques BIM s'intensifient dès la phase avant-projet (75% des $BIM_{AC}DD_{PA}$) pour atteindre **un paroxysme lors de l'élaboration du dossier d'exécution** (100% des $BIM_{AC}DD_{PA}$ ont des pratiques BIM lors du dossier d'exécution). Dès la phase de chantier (construction), les pratiques BIM diminuent fortement (58%). **Les pratiques BIM sont, pour la majorité du profil, absentes en phase de fin de vie de projet** : seulement 8% des $BIM_{AC}DD_{PA}$ ont des pratiques BIM à cette étape du projet.

[201] Q31 - Dans quelle phase du projet travaillez-vous en BIM ? / Q51 - Dans quelle phase cette démarche durable s'est développée?

D'un point de vue durabilité, **toutes les étapes du projet semblent concernées par les pratiques durables** avec toutefois des pratiques accentuées dès l'avant-projet et un paroxysme atteint lors de l'élaboration du dossier d'exécution. **Les pratiques durables sont mises entre parenthèse au moment de l'élaboration du permis de bâtir** (Figure 59, droite, pour les $BIM_{PA}DD_{AC}$ et $BIM_{NP}DD_{AC}$ Enfin, seul un tiers des répondant·e·s développent des pratiques durables en phase d'exploitation, et ce malgré les maitrises d'ouvrage identifiées au sein de l'échantillon.

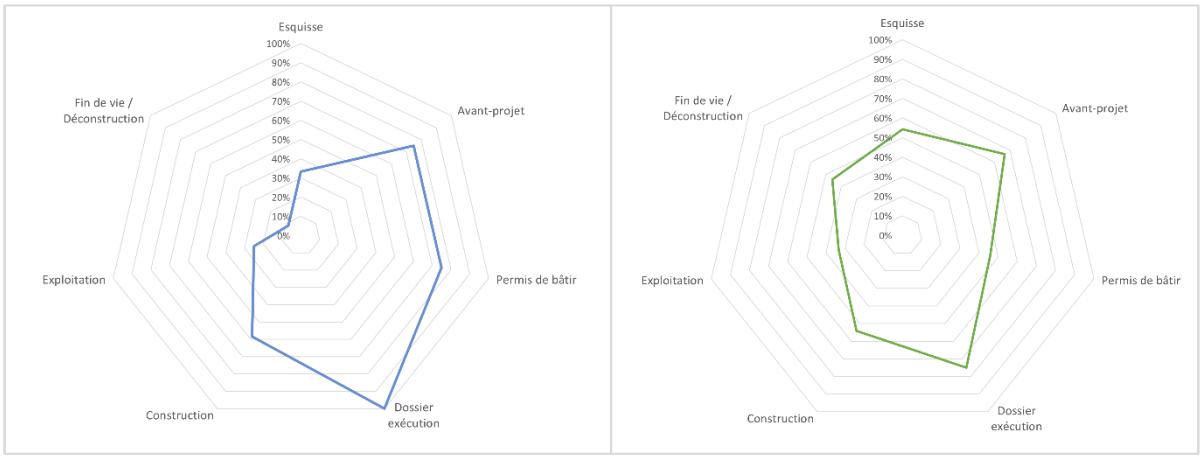


Figure 59 : Répartition des pratiques BIM (à gauche) et des pratiques durables (à droite) selon les phases de projets (%)
Pour les profils $BIM_{AC}DD_{PA}$, $BIM_{PA}DD_{AC}$, $BIM_{NP}DD_{AC}$ (N = 36)

4.1.1.2.5 Les impacts du BIM et des démarches durables sur les pratiques

Notre enquête interroge l'impact de l'implémentation du BIM (pour les $BIM_{AC}DD_{PA}$) et du développement des pratiques durables (pour les $BIM_{PA}DD_{AC}$ et $BIM_{NP}DD_{AC}$) : « *Comment estimez-vous l'impact* [qu'aurait] *de l'adoption du - BIM / d'une démarche durable - sur votre pratique ? (de minime à immense), De quelle manière ? (très négative à très positive)*[202].

Nous étudions ici donc 2 aspects de l'impact : ce que l'on peut appeler son intensité : par exemple, l'adoption des pratiques BIM ont un impact immense sur les pratiques quotidiennes des répondant·e·s. En plus de cette intensité, nous étudions la valeur de l'impact sur les pratiques : par exemple, la démarche durable a un impact très positif sur les pratiques quotidiennes des répondant·e·s.

L'impact du BIM sur les pratiques

Les répondant·e·s qui travaillent activement en BIM évaluent l'impact comme positif voir très positif. A l'opposé, les répondant·e·s qui ne planifient pas d'implémenter des pratiques BIM minimisent son impact, perçu comme sans effet, dit « neutre ». Les constats sont semblables concernant l'intensité de l'impact : pour les $BIM_{AC}DD_{PA}$, l'impact est perçu comme majeur voir immense tandis qu'il est considéré comme mineur voire mimine pour celles et ceux dont les pratiques sont faibles voir absentes. **Ainsi, moins les pratiques BIM sont acquises et développées, plus l'impact est minimisé.** D'un point de vue de l'intensité de l'impact, il n'a pas de

[202] Q24 et 25, Q37 et 38, Q63 et 64 selon le profil étudié

tendance forte : l'impact est tantôt positif tantôt négatif. En résumé, l'échantillon évalue l'impact du BIM comme suit : majeur pour 39%, neutre pour 22%, mineur pour 17%, minime pour 14% et immense pour 8%. Les pratiques BIM ont un impact neutre pour 42%, positif pour 28%, très positif pour 17%, très négatif pour 11% et enfin négatif pour 3%.

A l'issue de l'évaluation de l'impact du BIM, l'enquête proposait aux **répondant·e·s d'expliquer leur évaluation**[203]. Lorsque le BIM est perçu comme ayant un impact négatif sur les pratiques, plusieurs raisons sont évoquées : la nécessité d'avoir des projets de taille plus grande, le surcoût d'investissement perçu, des acteur·rice·s de projet résistants à la numérisation et le manque de connaissances. Les bénéfices du BIM sont remis en question de manière globale par certain·e·s répondant·e·s : « *(…) Questionnement sur la finalité de la chose*», « *Well, I'm sorry, but – thinking about it carefully – BIM is really is a nothingburger* »[204]. Pour d'autres, les pratiques BIM sont remises en question au regard des enjeux durables « *le low tech est pour moi la seule voie viable en terme de développement durable, les technologies poussées, de réalité augmentée, Bim, etc engendrent une course à l'armement tant en terme de hardware qu'en termes de consommation d'énergie et de mémoire (données, backups, redondance) l'ensemble s'apparentant à une exponentielle, j'ai du mal à y voir une solution, vu que l'énergie sera précisément notre sujet de préoccupations principales* ».

L'impact d'une démarche durable sur les pratiques

L'échantillon se répartit en 3 groupes de réponses :

- Un peu plus de 1/3 de l'échantillon évalue l'approche durable sans impact : elle est considérée comme neutre (36%) ;
- 1/3 considère l'impact comme important (33%) : majeur pour 19% et immense pour 14% ;
- Et pour un peu moins de 1/3 de l'échantillon, l'impact des démarches durables sur les pratiques est faible : mineur pour 17% et mimine pour 14%.

La façon dont l'approche durable impacte les pratiques est **soit positive à très positive** (45% de l'échantillon) **soit neutre** (50%). Les démarches durables ont un impact négatif pour une minorité (5%). De façon globale, **moins les pratiques durables sont acquises et développées, plus l'impact est minimisé**. A l'inverse, **plus les pratiques durables sont acquises, plus l'intensité de l'impact est considérée comme élevé : il est majeur voir immense** pour les $BIM_{NP}DD_{AC}$.

Les résultats présentés ci-dessus montrent qu'une **minorité évalue négativement l'impact des démarches durables** sur les pratiques. Les raisons évoquées sont liées à **des freins culturels** tels que des « *mœurs difficiles à faire évoluer* ».

[203] Q25 – 39 – 65 « Expliquez votre choix en quelques mots »
[204] Traduction personnelle : « *Je suis désolé, mais en y réfléchissant bien, la BIM n'est vraiment rien.* »

4.1.1.2.6 Les perceptions du BIM et du développement durable : études des définitions au regard des pratiques

Ces 2 analyses nous amènent à nous pencher davantage sur la dissonance relevée entre perceptions et pratiques : moins les pratiques sont implémentées et acquises, plus les répondant·e·s ont tendance à **sous-estimer leur impact**. Nous étudions ce qu'évoque le BIM et le développement durable en architecture pour les répondant·e·s. Grâce à l'analyse de contenu, les définitions sont découpées en thèmes ou unités de sens, qui par leur récurrence ou absence, nous aide à cartographier les réalités de terrain des répondant·e·s.

Nous étudions ici les réponses aux 2 questions ouvertes : *Q15 -Comment définiriez-vous le BIM ? et Q47 - Comment définiriez-vous le développement durable en architecture ?* Le Tableau 24 met en évidence 45 unités de sens que nous avons analysé parmi les 36 définitions du BIM. Lorsque les pratiques sont acquises ($BIM_{AC}DD_{PA}$), **la définition du BIM s'articule autour d'une « *démarche collaborative* »** (R [205] =5). Le BIM est défini comme « *une façon de travailler avec des autres intervenants* ». Deux autres thèmes sont saillants dans les définitions : **les bases de données (R=3) et la modélisation numérique (R=3)**. Ainsi, la collaboration se matérialise à travers « *(…) la centralisation des données d'un projet dans des maquettes numériques partagées* ». La catégorie *autre* regroupe les unités de sens « inclassables » tels que des opinons ; « Balbutiant » ou des définitions littérales « *BUILDING INFORMATION MODELLING* ».

Les praticien·ne·s qui ont des pratiques BIM « faibles » ($BIM_{PA}DD_{AC}$) ou absentes ($BIM_{NP}DD_{AC}$) rencontrent des difficultés à définir le BIM. Tel qu'illustré au Tableau 24, la catégorie *autre* regroupe le plus d'unités de sens pour les 2 profils $BIM_{PA}DD_{AC}$ et $BIM_{NP}DD_{AC}$ (R=5). Pour les $BIM_{PA}DD_{AC}$, le BIM est « *un concept, une approche* (…) » qui traduit « *(…) l'évolution logique des choses dans le bâtiment au vu des énormes progrès informatiques* ». Certain·e·s le définissent comme *« une plate forme de consolidation en temps réel.. Ou chacun des acteurs doit être actif et non attentiste [SIC]* ». D'autres proposent de décomplexifier le BIM en définissant les parties qu'il implique : *« BIM can only be DESCRIBED as a list of its parts: architecture + engineering + construction + fm + … »* ; « *Mots clés : contenu évolutif, management, : étude, projet, technique, chantier, SAV, maintenance, passeport, interaction, vision globale, résiliation conflits, orientation développement* ».

Les $BIM_{NP}DD_{AC}$ le définissent comme « *complexe* ». Le BIM est une « *intégration de toutes les techniques dans 1 environnement* ». Les raisons de l'impossibilité de répondre sont avancées par plusieurs répondant·e·s : « *As the Nature of our projects is very basic, we do not use BIM in our projects* »[206], « *le BIM ne me paraît actuellement intéressant que pour les grands projets, le surcoût lié au supplément de temps de travail ne le justifie pas pour les petits projets au regard des logiciels existants actuellement* ». Enfin, le BIM est aussi défini comme une « *maquette numérique partagée et centralisée* », une « *modélisation informatique de tous les aspects de la construction* » par les $BIM_{NP}DD_{AC}$ (R=5).

[205] R = récurrence des unités de sens

[206] Traduction personnelle : « *La Nature de nos projets étant très basique, nous n'utilisons pas la BIM dans nos projets.* »

Tableau 24 : Répartition des unités de codes d'objectivation du BIM Pour les profils $BIM_{AC}DD_{PA}$, $BIM_{PA}DD_{AC}$, $BIM_{NP}DD_{AC}$ (N=36)

Profils	Autre	Base de données	Travail collaboratif, collaboration	Processus conception, concevoir	Processus de gestion, management	Métaphores	Méthode	Modélisation numérique	Outil, logiciel
$BIM_{AC}DD_{PA}$	3	3	5	1	2	0	0	3	0
$BIM_{PA}DD_{AC}$	5	1	1	0	2	2	0	1	0
$BIM_{NP}DD_{AC}$	5	2	1	0	0	1	0	5	2

De la même façon, **les définitions concernant le développement durable en architecture** ont été découpées en thèmes. Nous avons utilisé pour cette étude la même grille d'analyse que celle présentée au premier chapitre pour l'analyse des pratiques d'expert·e·s du domaine. Parmi les 36 définitions, 60 unités de sens ont été identifiées (Tableau 25). Nous constatons **une certaine constance dans les thèmes cités quel que soit le profil. La prise en compte du cycle de vie** du projet a été identifiée comme le thème le plus abordé (R=13). Développer une démarche durable vise à **anticiper les étapes futures du projet** *« (…) une connaissance profonde de la manière avec laquelle le projet va évoluer durant sa vie pour en saisir le plus de scénarios possibles »*. Cette thématique regroupe plusieurs concepts tels que le *« (…) réemploi*, [l'] *adaptabilité des éléments*, [la] *flexibilité de l'utilisation du bâtiment,… »*. L'approche durable engage les concepteur·ice·s à penser différemment l'usage du bâtiment *(« in use »)*, plus *« (…) flexible, interchangeable, multi-use, modular, … »*. La fin de vie du bâtiment est également révélée *« (…) avec une vision d'économie circulaire. De la conception à la démolition et recyclage »*, *« (…) as well as a way of designing flexible buildings which can absorb the functional changes in the future »*[207].

Le deuxième thème le plus abordé parmi les définitions données concerne **les systèmes, les procédés et produits liés à la construction durable** (Tableau 25, R=12). Une démarche durable passe par le choix et l'usage de matériaux *« écologiques »*, *« innovants »*, *« bio-sourcés »*, *« durables »*, *« recyclables »*, *« à forte teneur en énergie grises* [SIC] ». Selon l'un·e des répondant·e·s, *« l'utilisation de matériaux les plus adaptés à un recyclage ou les moins polluant* [SIC] *en rapport avec leur pérennité (…) »*. A côté des matériaux, les $BIM_{NP}DD_{AC}$ portent une attention particulière sur les systèmes, privilégiant des systèmes « *bioclimatique*[s] » ou tout du moins nécessitant une *« (…) évaluation entre low tech ou hight tech» :* « les technologies trop poussée [SIC] (préférer un puis canadien à une VMC Double flux par exemple) ». Des choix stratégiques concernant le projet sont également pointés : *« rénovation plutôt que construction neuve quand c'est possible »*.

Tel qu'illustré au Tableau 25, les répondant·e·s qui ont des pratiques durables « faibles » ($BIM_{AC}DD_{PA}$) intègrent davantage de thématiques durables, telles que la gestion de déchets de construction, l'impact environnemental ainsi qu'une attention particulière sur les matériaux et le contexte du projet (environnement direct).

[207] Traduction personnelle : *« (…) ainsi qu'une manière de concevoir des bâtiments flexibles qui peuvent absorber les changements fonctionnels à l'avenir »*.

L'absence d'unités de sens, au même titre que les fréquences, aide notre analyse. Ainsi, **les thématiques liées au bien-être et aux conforts** (acoustique, hygrothermique, visuel) **et les thématiques liées à l'exploitation du bâtiment** telles que la gestion des déchets, de l'eau, de l'énergie, l'entretien, la qualité d'air et de l'eau **n'apparaissent dans aucune définition** (Tableau 25). Nous constatons qu'à l'instar des pratiques d'expert·e·s du domaine analysées au premier chapitre, les profils ici étudiés ne valorisent pas la biodiversité dans leurs pratiques durables (R=0).

Enfin, le découpage du matériau de réponses met en évidence la catégorie *autre*, qui comme pour les réponses concernant le BIM, regroupe les réponses inclassables. Les réponses expriment tantôt les bénéfices perçus *« positive social impact »*[208], *« (...) rich social resilience »*[209], tantôt les limites des démarches durables actuelles : *« s'améliore mais lentement », « vision globale afin d'améliorer le système dans son ensemble (...) ».*

Tableau 25 : Répartition des unités de codes de perception du développement durable
Pour les profils $BIM_{AC}DD_{PA}$, $BIM_{PA}DD_{AC}$, $BIM_{NP}DD_{AC}$ (N = 36)

Profils	Autre	Déf. Rapport de Brundtland	Piliers du DD	Confort acoustique	Bien-être	Confort hygrothermique	Confort visuel	Biodiversité	Chantier faibles nuisances	Cycle de vie, fin de vie, circularité	Déchets de construction	Energie /PEB	Energie grise	Impact carbone	Impact environnemental	Mobilité et transport	Relation à l'environnement	Systèmes, procédés et produits	Déchets	Gestion eau	Gestion énergie	Maintenance, entretien	Qualité de l'air	Qualité de l'eau
$BIM_{AC}DD_{PA}$	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	3	0	1	3	1	2	4	0	0	0	0	0	0
$BIM_{PA}DD_{AC}$	3	1	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
$BIM_{NP}DD_{A}$	5	0	3	0	1	0	0	0	0	6	0	1	1	1	0	1	1	7	0	0	0	0	0	0

[208] Traduction personnelle : *« impact social positif »*
[209] Traduction personnelle : *« (...) une riche résilience sociale »*

Les thèmes relevés parmi les définitions durables diffèrent sensiblement des principes sur lesquels les répondant·e·s disent travailler lorsqu'ils et elles sont questionné·e·s : *Q52 – 73 / Parmi les propositions suivantes, quels sont les critères sur lesquels vous souhaiteriez travailler ?* Comme illustré sur la Figure 60, l'énergie, les chantiers à faible nuisances, la biodiversité ainsi que la gestion de l'eau et de l'énergie représentent des réponses récurrentes alors qu'elles ne sont pas évoquées au sein des définitions. Toutefois, nous constatons une constance dans les réponses aux définitions et critères durables : les répondant·e·s présentent un intérêt accru pour les thématiques liées à la conception / construction. Les thématiques liées au confort, à la santé et à la gestion (entretien / maintenance) sont citées dans une moindre mesure.

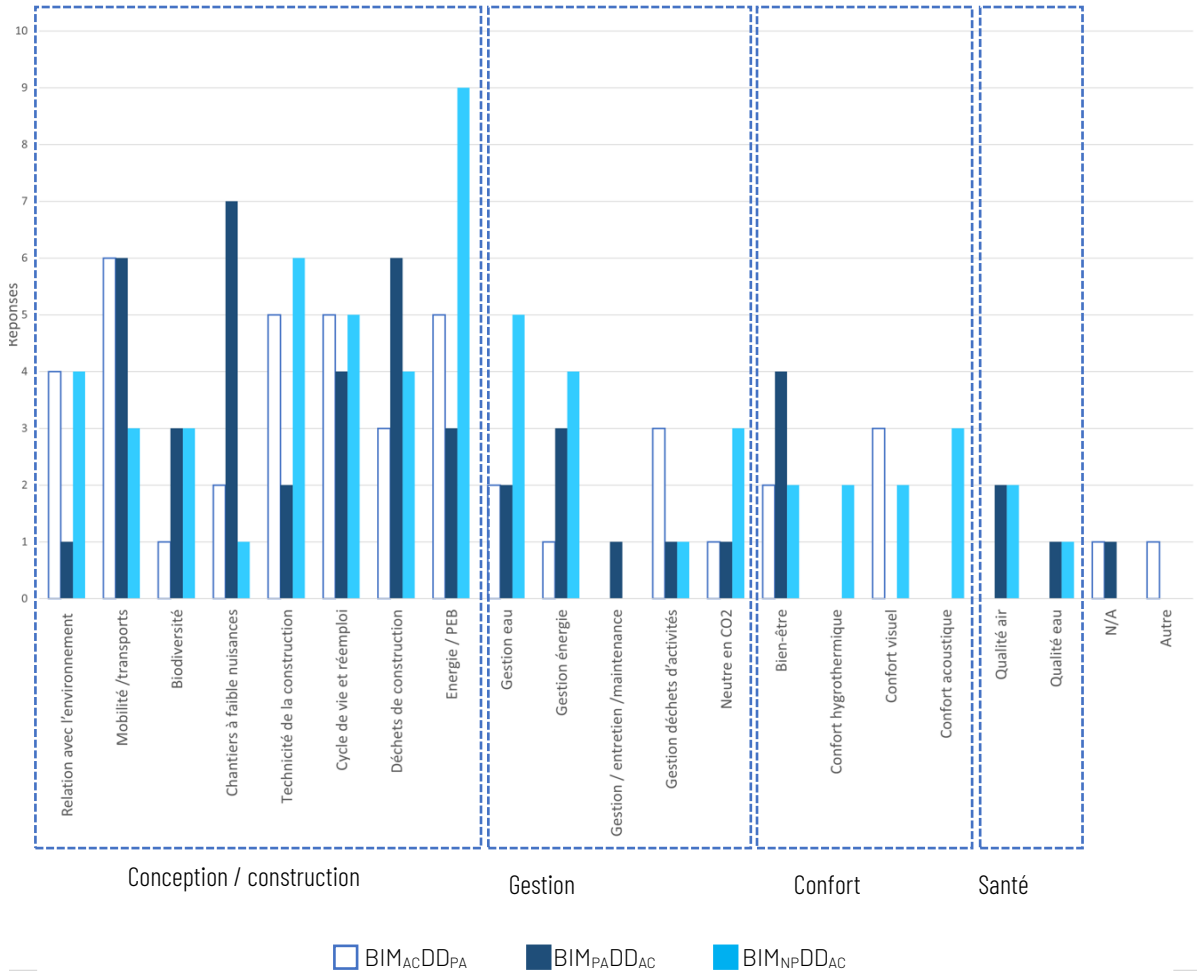


Figure 60 : Répartition des principes durables développés dans les pratiques
Pour les profils $BIM_{AC}DD_{PA}$, $BIM_{PA}DD_{AC}$, $BIM_{NP}DD_{AC}$ (N = 36)

L'analyse met en lumière une compréhension plutôt homogène du BIM et une compréhension davantage hétérogène de la durabilité (multi-facettes). Ces constats sont en résonnance avec la revue de littérature. Afin d'affiner notre état des pratiques, l'enquête interroge les profils sur **la correspondance entre définitions et pratiques** à travers 2 questions ouvertes : *Q34 / 60 - Est-ce que la définition que vous avez donnée du BIM / du développement durable en architecture correspond à votre pratique / votre démarche durable? Expliquez en quelques mots.*

D'un point de vue BIM, la majorité des $BIM_{AC}DD_{PA}$ ont une pratique BIM telle qu'ils et elles la définissent. Pour un quart de ce profil (25%), **le manque de correspondance** entre définition et

pratiques BIM est liée à **des freins culturels tels que les méthodes usuelles de travail ;** *« les vielles habitudes on la vie dur. Il y a des difficulté à utiliser les plateformes. Il y a également des difficulté à rassembler les acteur autour d'une table. Souvent, en réunion habituelle, ce sont des gens qui n'y connaisse rien, qui ne dessine pas. Il est difficile d'obtenir des modifications de la manière de dessiner et je je parle du fait d'utiliser les bons étages tout simplement [SIC] »*, **l'organisation de l'entreprise** *« Non, peu ou pas de protocole interne. Peu ou pas de protocole lors de l'exécution (…) »* **ou des freins économiques dont le manque de demandes** *« (…) MO peu demandeurs »*.

D'un point de vue durable, la majorité des répondant·e·s ont une pratique qui correspond à la définition donnée ($BIM_{PA}DD_{AC}$ 55% et $BIM_{NP}DD_{AC}$ 77%). Lorsque les définitions ne correspondent pas aux pratiques, les explications traduisent des **raisons données sont culturelles** et liées à **un manque de volonté d'un·e des acteur·rice·s du projet** qui est différent·e selon les réponses : *« Non, actuellement les projets où nous participons à la conception ne permettent pas d'inclure des notions de développement durable. En tant qu'entrepreneur ce n'est pas considéré comme notre rôle d'apporter cela. Pour l'instant du moins… », « non. Nous n'arrivons pas à cette définition car nous sommes limités dans la volonté par les choix et valeurs des maitres d'ouvrage pour lesquels nous travailons [SIC] »*.

4.1.1.2.7 Les freins et les attentes vis-à-vis des démarches durables

Plusieurs études récentes s'intéressent aux **freins** de la numérisation des pratiques architecturales et de l'implémentation du BIM (Stals 2019) (Ullah, Lill, et Witt 2019) (NBS 2019) (Mickovski 2019) (Hochscheid 2021). Les études des freins à l'implémentation de pratiques durables se sont davantage concentrées sur une thématique durable spécifique telle que les freins au réemploi de matériaux (Dautremont, Dagnelie, et Jancart 2018)(Charef, Alaka, et Ganjian 2019) (Delvoie et al. 2019) (Futas, Rajput, et Schiano-Phan 2019) (Knoth, Fufa, et Seilskjær 2022) (Knoth, Fufa, et Seilskjær 2022). Sur base de cette littérature, 5 catégories de freins ont été identifiées : **techniques, technologiques, règlementaires, économiques et culturels.** Dans cette section, notre analyse se concentre sur les freins aux pratiques durables. Deux questions fermées[210] sont dédiées aux freins, elles complètent les freins que nous avons identifiés parmi les réponses aux questions ouvertes. Notre objectif dans cette sous-section est de mettre en parallèle les freins issus des réponses aux questions ouvertes avec ceux explicitement identifiés par les répondant·e·s. Notre étude montre des tendances différentes selon les 3 profils étudiés (Tableau 26).

Pour intégrer une DD dans leurs pratiques, les $BIM_{AC}DD_{PA}$ rencontrent d'abord **des difficultés techniques** liées à la taille inadaptée des projets ou aux méthodes de constructions usuelles, inaptes au DD. Le développement durable implique selon ces profils un surcoût de la construction et un coût élevé lié à la main d'œuvre (**freins économiques**). Les freins culturels dont l'absence de conscience écologique, de manque de pratiques et de résistance au changement sont relevés mais dans une moindre mesure.

[210] Parmi les propositions suivantes, classez de 1 à 5 celles qui représentent les freins les plus importants pour adopter au développement durable en architecture ?

Pour les $BIM_{PA}DD_{AC}$, **les freins majeurs sont d'ordre économique** : la construction durable entrainerait un surcoût budgétaire par rapport à la construction « non durable ». Ce surcoût serait accentué par un manque de demandes de projet durable, entrainant des pratiques durables ponctuelles (non généralisées). Le surcoût est également lié à la main d'œuvre qualifiée. Les répondant·e·s de ce profil ne relèvent pas ou peu de freins techniques ou de freins culturels. Cette absence est en dissonance avec nos analyses des réponses aux questions ouvertes précitées, où les freins culturels sont saillants. Le manque de cadre **règlementaire** représente un frein mineur pour celles et ceux qui ont des pratiques BIM.

D'un autre côté, le manque de cadre règlementaire ne représente pas un frein pour les profils $BIM_{NP}DD_{AC}$. Pour ces dernier·e·s, **les freins sont avant tout techniques** : ils concernent l'inadaptabilité des méthodes de construction usuelles et des matériaux durables, la taille des projets tantôt trop petit tantôt trop grand et l'absence de main d'œuvre qualifiée. **Ils sont aussi d'ordre économique** : d'un côté, les demandes et les offres de projets durables font défaut, de l'autre, la construction durable entrainerait un surcoût. Dans une moindre mesure, l'implémentation d'une démarche durable dans les projets est freinée par le manque de pratiques, le manque de connaissances et d'intérêt ainsi qu'une résistance aux changements des acteur·rice·s du secteur de la construction (freins culturels).

Enfin, les $BIM_{NP}DD_{AC}$ sont les seul·e·s répondant·e·s à souligner les freins technologiques : les outils et logiciels seraient inadaptés au DD. Selon notre hypothèse, ce résultat traduit une aisance d'usage des outils technologiques, ou tout du moins une adaptabilité vis-à-vis des outils, pour les répondant·e·s qui ont des pratiques BIM faibles ou fortes ($BIM_{PA}DD_{AC}$ et $BIM_{AC}DD_{PA}$).

Tableau 26 : Répartition des 5 freins les plus importants à une DD, pour les profils $BIM_{AC}DD_{PA}$, $BIM_{PA}DD_{AC}$, $BIM_{NP}DD_{AC}$ (N = 36)

Catégories de freins	Freins	$BIM_{AC}DD_{PA}$	$BIM_{PA}DD_{AC}$	$BIMNPDD_{AC}$
Technique	Taille de projets trop grand	1		4
	Taille de projets trop petit			5
	Habitudes de méthodes de construction inadaptés au DD	1 5		1
	Matériaux durables inadaptés			5
	Absence et/ou insuffisance de main d'œuvre qualifiée			2
Technologique	Absence3 de logiciels et d'outils adaptés aux DD			3
Réglementaire	Absence de cadre assuranciel			
	Manque de définition claire du DD			
	Manque de prescriptions légales / cadre réglementaire		4	
	Procédés de construction non validés	5		
Economique	Absence et/ou insuffisance de demandes		2	2
	Absence et/ou insuffisance d'offres			3
	Coût d'investissement humain important			
	Coût de construction durable important	2 3	1 3	2
	Coût de la main d'œuvre qualifiée important	3	5	
Culturel	Manque de pratiques	5		3
	Résistance au changement	5	5	5
	Incompatibilité esthétique			
	Manque de connaissances			5
	Absence de prise de conscience des partenaires	4		
	Manque d'intérêt perçu			5
	Irréaliste			

En réponse aux freins, l'échantillon est questionné **sur les aides attendues** pour massifier les pratiques durables : *Q67- Qu'est-ce qui pourrait vous aider dans l'évolution de votre démarche durable ?* En analysant les réponses, nous mettons en parallèle les freins et les aides en vue d'identifier une cohérence ou incohérence entre les réponses.

Nous commençons par l'analyse des aides citées par les $BIM_{AC}DD_{PA}$. Bien que les freins réglementaires ont été peu mentionnés par ce profil, **la définition d'un cadre légal et règlementaire** « obligerait *à changer les mentalités* ». En effet, une responsabilisation par règlementation est attendue de la part des répondant·e·s, elle permettrait l'acceptabilité sociale observée pour la PEB[211]. Les répondant·e·s sont d'ailleurs en attente de ce type d'approche concernant le développement durable : *« une obligation, raisonné* [SIC] *des pouvoirs publics. Comme la PEB mais en intelligent ».* Parallèlement aux aides règlementaires attendues, **les aides techniques et culturelles sont attendues.** Elles s'entremêlent et s'articulent autour du développement des connaissances acquises par des formations et permettant aux partenaires du projet une prise de conscience.

Pour les $BIM_{PA}DD_{AC}$, **les changements doivent d'abord être techniques : des formations et un rythme de travail qui laisse place à la réflexion, à la collaboration**, *« less silo thinking »*[212], **et à la communication,** *« communicating out of the boxes! »*[213]. De façon paradoxale, les freins identifiés étaient très clairement économiques pour ce profil de répondant·e·s, cependant, leurs attentes en termes d'aides financières et de cadre légal ne sont pas prioritaires : *« que les instances publiques intègrent ces notions dans leurs projets ».*

Enfin, les $BIM_{NP}DD_{AC}$ se démarquent des 2 premiers profils : **ils et elles attendent un changement culturel paradigmatique ou tout du moins d'un éveil sectoriel** : *« uniquement du durable sur le marché ! » « une prise de conscience réelle et urgente des acteurs », « (…) plus grande synergie entre les différents corps de métiers ».* Les changements culturels entraineraient par extension *« une évolution du secteur de la construction* [en termes de] *qualité de la mise en œuvre »* (aide technique).

Paradoxalement, **nous constatons que plus les pratiques technologiques sont acquises** ($BIM_{AC}DD_{PA}$ et $BIM_{PA}DD_{AC}$), **plus grandes sont les attentes vis-à-vis des développements d'outils et de logiciels (**Figure 61**).** A l'inverse, lorsque les pratiques BIM sont inexistantes, les répondant·e·s ne perçoivent pas les développements technologiques comme une aide dans l'évolution des pratiques durables bien qu'ils et elles aient identifié leur inadaptabilité comme un frein majeur (ci-dessus, Tableau 26).

[211] Cfr. Chapitre 1 – L'architecture durable
[212] Traduction personnelle : « moins de penser en silo »
[213] Traduction personnelle : « communiquer en dehors des cases ! »

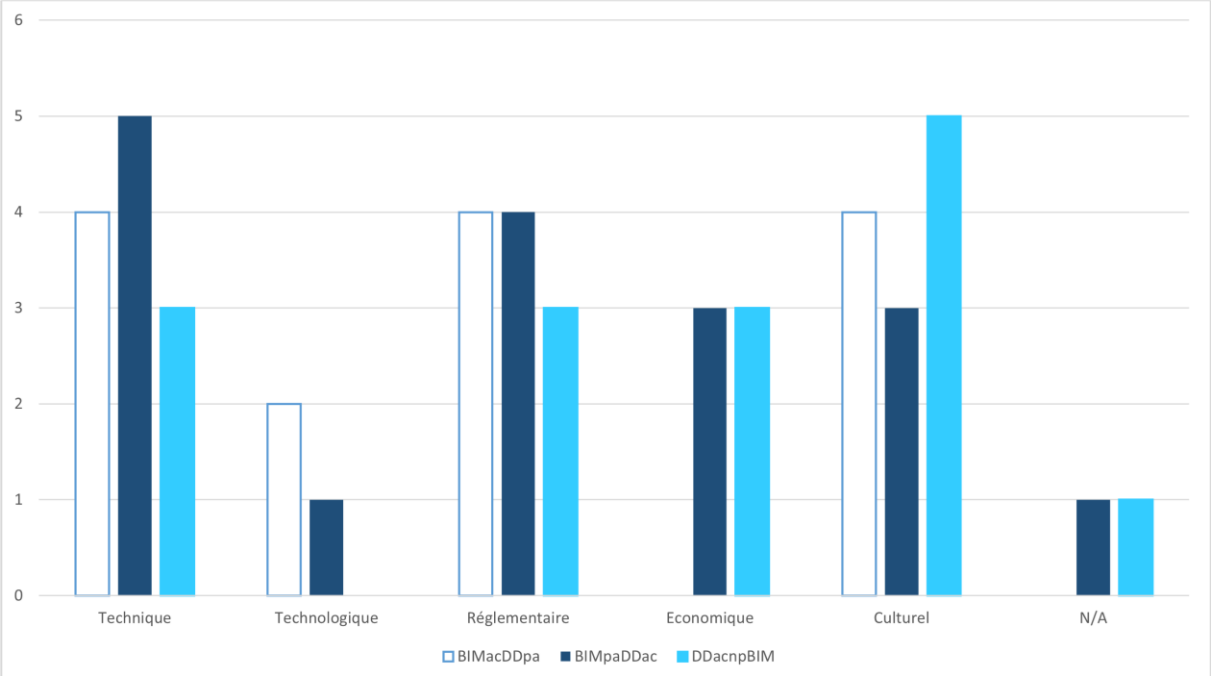


Figure 61 : Catégories d'aides attendues pour massifier les pratiques durables pour les profils $BIM_{AC}DD_{PA}$, $BIM_{PA}DD_{AC}$, $BIMAQUETTE_{P}DD_{AC}$ (N = 36)

4.1.1.2.8 L'étude conjointe des pratiques BIM et les pratiques durables : objectifs d'adoption, usages et perspectives

Nous avons jusqu'à présent mis en évidence l'impact des pratiques BIM sur les secteurs d'activités, le type de marché et le type de projets. Nous avons identifié ce qu'implique les pratiques BIM et les pratiques durables à travers les définitions données par l'échantillon ainsi qu'à travers un relevé de thématiques liées. Enfin, nous venons d'identifier les freins et les attentes pour développer davantage ces pratiques. Jusqu'à présent, les pratiques BIM et durables ont été analysées parallèlement. Nous nous penchons à présent sur les liens entre pratiques BIM et pratiques durables.

Pour commencer, nous étudions **les objectifs d'adoption du BIM** pour celles et ceux qui le pratiquent (activement ou passivement). La question semi-ouverte *« Q41 - Quel(s) est (sont)t le(s) objectif(s) d'adoption du BIM dans votre entreprise ? »* nous permet d'identifier l'ordre de priorité d'adoption du BIM (objectif 1 = le plus important, objectif 3 = le moins important). Par extension, cette question permet de déterminer si les pratiques BIM sont adoptées pour améliorer la qualité environnementale des projets.

Tel qu'illustré sur la Figure 62, pour les 2 profils étudiés, $BIM_{AC}DD_{PA}$ et $BIM_{PA}DD_{AC,}$ **le BIM est en premier lieu adopté pour maitriser les risques** (Figure 62, bleu foncé). Globalement, le BIM est soit implémenté pour optimiser la collaboration entre partenaires du projet (Figure 60, haut, $BIM_{AC}DD_{PA}$) soit pour optimiser la qualité de la conception (Figure 62, bas, $BIM_{PA}DD_{AC}$). **Optimiser la qualité environnementale** ne représente pas un objectif prioritaire d'adoption du BIM : sa

récurrence est nulle pour les $BIM_{PA}DD_{AC}$ et minime pour les $BIM_{AC}DD_{PA}$ (Figure 60, traits tillés bleus). L'étude des usages[214] traduit les mêmes constats pour les $BIM_{AC}DD_{PA}$: le BIM est très peu utilisé pour **simuler l'impact environnemental des bâtiments (**moins de 3% de réponses). Leur premier usage du BIM est la coordination 3D des projets (22%).

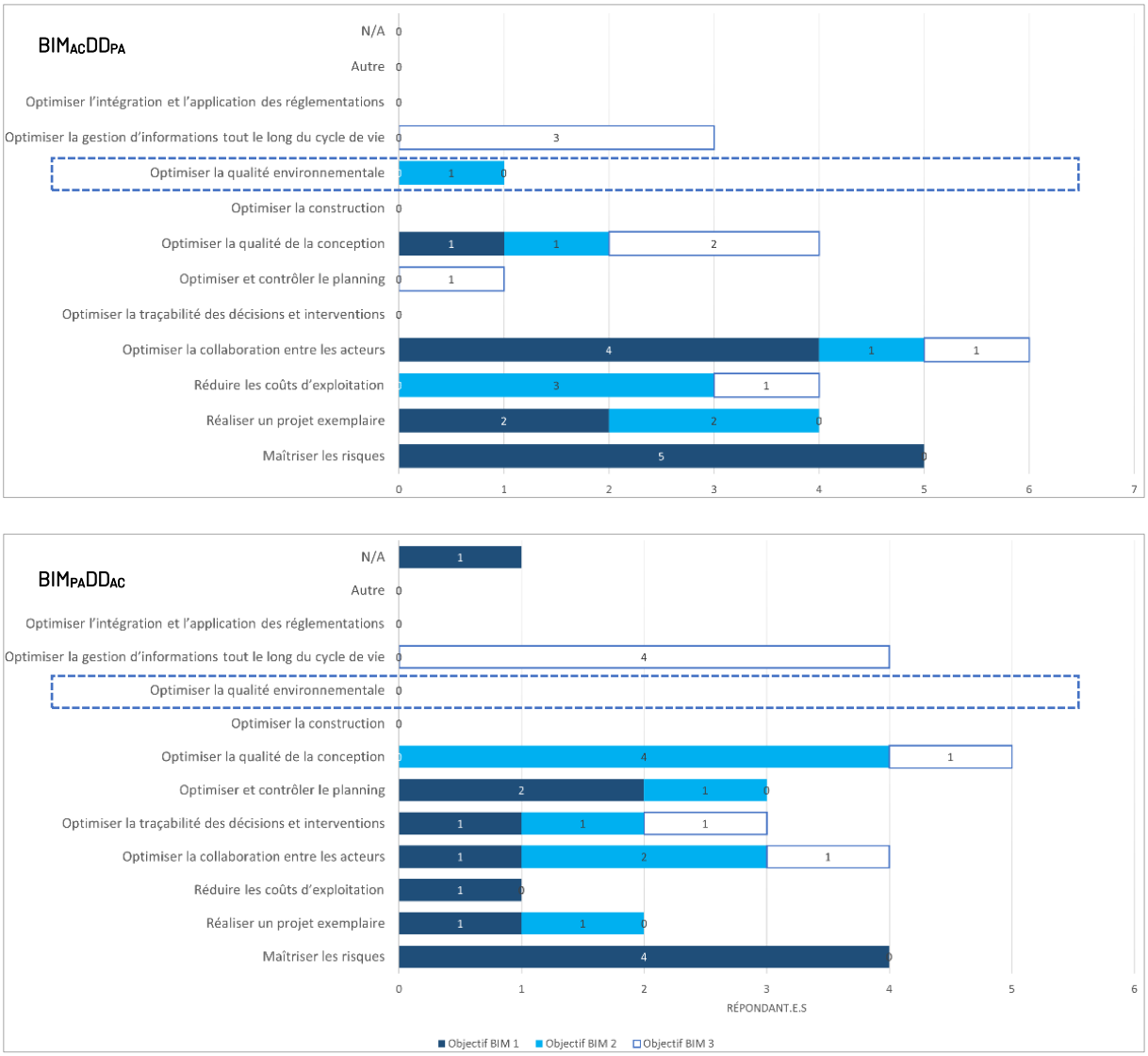


Figure 62 : Objectifs d'adoption du BIM pour les profils $BIM_{AC}DD_{PA}$, (haut) $BIM_{PA}DD_{AC}$ (bas) (N = 23)

[214] A travers la question « Q42 - Dans votre pratique, quels sont les usages du BIM que vous envisagez?

Nous terminons cette analyse par la perception des répondant·e·s concernant le rôle du BIM au sein de l'architecture durable, grâce à la question fermée *« Q80 - Selon vous, est-ce que le BIM peut servir le développement durable dans un projet d'architecture ? »*. A l'issue des réponses, l'enquête offre la possibilité aux répondant·e·s d'expliquer. Parmi les 36 réponses, nous avons identifié 43 unités de sens, classées selon 5 catégories : affirmatives, négatives, inclassables, « sous condition » et « ne sais pas ». Lorsque la réponse est « *Oui le BIM peut servir le développement durable dans un projet d'architecture* », les perspectives et avantages sont donnés. Nous les regroupons au sein de 14 sous-catégories détaillées au Tableau 27.

Pour les $BIM_{AC}DD_{PA}$, le BIM fait l'unanimité au regard de pratiques durables (100% oui). La gestion de données, à travers « *une vision globale* », représente l'atout principal du BIM (R =5). L'un·e des répondant·e·s explique : « *Sustainability=(Complex) data, BIM=data management* »[215]. Grâce à la maquette, les partenaires ont accès aux données du projet : « *Utilisation de la maquette pour mettre en évidence les analyses de manière plus visuelles (BAMB EPEA) les passeports de produits, les banques de données* ». Toutefois, bien que les usages ne soient actuellement pas liés aux simulations environnementales (voir ci-dessus), les maquettes BIM peuvent être utilisées pour « *analyser les impactes de l'energie grise* [SIC] » et « *(...) évaluer l'impact sur le développement durable de différentes options architecturales en phase conception* ». **Les deux autres profils attribuent une relative confiance aux pratiques BIM vis-à-vis des pratiques durables**, respectivement 73% et 77% « *Oui, le BIM peut servir le développement durable en architecture* ». Pour les $BIM_{PA}DD_{AC}$, le BIM rassemble **en son sein les outils liés à la durabilité** tels que « *linking with material passports* »[216] et assure une « *Tracabilité [SIC] sur la vie du bâtiment* ». **Le suivi et le partage de connaissances est assuré** à travers la maquette BIM « *comme pour tout, de l'inventorisation de l'existant, du récupérable / réemployante, jusqu'a bout du monitoring et commissionné [SIC]* ».

En résumé, pour celles et ceux qui travaillent sur des projets BIM ($BIM_{AC}DD_{PA}$, $BIM_{PA}DD_{AC}$), le BIM est perçu comme une aide à la conception. Pour celles et ceux qui travaillent activement aux projets durables ($BIM_{PA}DD_{AC}$ et $BIM_{NP}DD_{AC}$), le BIM est perçu comme une aide à la décision qui « *peut aider à se poser les bonnes questions* », « *un BIM mature pourrait aider à faire des choix judicieux en matière de chauffage, isolation, orientation, éclairage* ».

A l'inverse, lorsque les réponses sont négatives *(« non, le BIM ne peut pas servir les pratiques durables »),* les répondant·e·s expriment soit **des résistances d'ordre culturel**, « *C'est la volonté soit du maitre d'ouvrage ou politique que permettra de faire évoluer les chôses, pas un programme! [SIC]*» **soit un manque de connaissances du BIM** et de ce qu'il peut apporter : « *ce n'est qu'une technique de modélisation* », « *cependant, il est encore difficile d'estimer le rapport coût-bénéfice d'une telle opération* ». Nous identifions aussi **les craintes des dérives liées aux technologies :** « *mais cet outil ne doit pas être une fin en soi et le BIM ne pourra être généralisé à toutes les échelles de bureaux et d'entreprises...j'ai peur qu'il s'en dégage des projets et une architecture 'à deux vitesse' et don* [SIC] *un déséquilibre* ».

---

[215] Traduction personnelle française : « *Durabilité = données (complexes), BIM = gestion des données* »
[216] Traduction personnelle française : « lié avec les passeports matériaux »

Tableau 27 : Répartition des unités de sens issues des explications « le BIM peut-il servir le développement durable dans un projet d'architecture ? » - pour les profils $BIM_{AC}DD_{PA}$, $BIM_{PA}DD_{AC}$, $BIM_{NP}DD_{AC}$ (N = 36)

Q81 – Unités de sens issus des réponses explicatives	$BIM_{AC}DD_{PA}$ N=12	$BIM_{PA}DD_{Ac}$ N = 11	$BIM_{NP}DD_{Ac}$ N=13
Autre	0	1	1
Non	0	1	2
NSP	0	0	2
Oui			
comme aide à la conception	1	1	0
comme aide à la décision	0	1	1
pour comparaison de scénarii	1	0	0
pour accroitre les connaissances du projet, la gestion, la maintenance	1	2	1
pour la coordination, collaboration coordonnée	1	0	1
pour évolution synchrone, mis à jour	0	1	0
pour la gestion de données (banque de données)	5	0	2
en tant que méthode de travail, processus	0	0	0
pour optimiser la construction, limiter les erreurs, contrôler	1	0	2
pour planifier	0	0	0
pour la prévention, l'anticipation, la gestion du cycle de vie	1	1	1
pour les simulations, évaluations, vérifications	2	1	1
pour la traçabilité	0	2	0
pour une vision multicritères, multi thématiques	1	1	0
Sous condition	0	0	3
Total des unités d'enregistrement	14	12	17

4.1.1.2.9 En résumé

Notre analyse met en évidence **une corrélation entre l'implémentation de pratiques BIM au sein d'entreprises de grande taille.** Les bureaux de petite taille ou de taille moyenne développent davantage de démarche durable sur leur projet que de pratiques BIM. **Les pratiques BIM étudiées sont mises en œuvre dans des marchés publics et sur des projets neufs.** Elles semblent aussi favoriser certains secteurs d'activités dont les secteurs résidentiel collectif et industriel, médical et écarter le secteur d'activité de bureaux et le résidentiel unifamilial. D'un autre côté, une certaine relation semble s'installer entre les projets de rénovation / transformation et les pratiques durables. Ces démarches semblent majoritaires dans des marchés privés.

Bien que les pratiques BIM soient par essence des pratiques collaboratives, la moitié des répondant·e·s ayant des pratiques BIM fortes ($BIM_{AC}DD_{PA}$) **travaille de façon coopérative avec des partenaires externes.** Cette façon de travailler est expliquée comme **« transitoire », en attente d'un travail collaboratif**. Les répondant·e·s qui ne travaillent pas activement aux projets BIM ($BIM_{PA}DD_{AC}$) travaillent préférentiellement en silo ou seul·e. Bien que le BIM implique davantage de collaboration, les répondant·e·s qui n'ont aucune pratique BIM, $BIM_{NP}DD_{AC}$, définissent leur travail comme coopératif ou collaboratif. Globalement et quel que soit le profil étudié, nous constatons une corrélation entre un niveau de satisfaction élevé et un travail collaboratif.

D'un point de vue des phases de projet, **les pratiques durables se développent à chaque étape, avec plus ou moins d'intensité : de l'esquisse jusqu'à la fin de vie.** Elles s'intensifient à l'avant-projet et lors du dossier d'exécution, avec **une mise entre parenthèse pour l'élaboration du permis de bâtir. Les pratiques BIM sont concentrées dès l'avant-projet jusqu'au chantier, pour atteindre un paroxysme en phase d'élaboration du dossier d'exécution**. Elles sont faibles au démarrage du projet (esquisse) et presqu'inexistantes en fin de vie (déconstruction / démolition).

D'une manière générale, quel que soit les profils (BIM et/ou durable), plus le sujet est acquis et développé par les répondant·e·s, plus l'impact sur les pratiques est évalué comme important et souvent positif**. A l'inverse, moins les pratiques sont implémentées, plus les répondant·e·s sous-estiment l'impact.** Les répondant·e·s sont davantage critiques concernant les pratiques BIM. Les résultats montrent 2 tendances concernant l'évaluation de l'impact d'une démarche durable sur les pratiques : elle est soit positive soit « neutre », c'est-à-dire sans réel impact. Globalement, peu de répondant·e·s considère que l'impact durable est négatif. Concernant l'intensité de l'impact (minime à immense), les avis se répartissent de manière équivalente entre approche durable mineure, majeure ou sans impact : 1/3 de l'échantillon juge l'approche durable mineure, 1/3 majeure et 1/3 sans impact.

Nous avons étudié les perceptions du BIM et les perceptions du durable à travers les définitions qu'en donnent les praticien·ne·s. Lorsque les pratiques sont acquises ($BIM_{AC}DD_{PA}$), les définitions s'articulent autour du travail collaboratif intrinsèque au BIM, autour de bases de données et de modélisation. En somme, les concepts qui forment le BIM sont compris et acquis. Lorsque les pratiques BIM sont absentes, les répondant·e·s résument le BIM comme une modélisation numérique.

A l'instar des éléments relevés dans la littérature, les définitions concernant le développement durable en architecture sont plurielles et expriment plusieurs « visages de l'architecture ».

Globalement, la prise en compte de l'**ensemble du cycle de vie du projet représente la thématique première d'une approche durable**, quelles que soient les pratiques (faibles ou fortes). Le second thème le plus récurrent dans les définitions concernent les matériaux de construction, impliquant soit une approche circulaire (réemployables, réemployés, démontables, etc.) soit un impact environnemental (biosourcés, écologiques, etc.). **La majorité des répondant.e.s ont des pratiques qui correspondent aux définitions qu'ils et elles donnent du BIM et du développement durable en architecture.**

A travers l'étude des objectifs d'adoption du BIM, nous constatons que **l'optimisation de la qualité environnementale n'est pas un objectif d'adoption du BIM**, ni pour les $BIM_{AC}DD_{PA}$, ni pour les $BIM_{PA}DD_{AC}$. De plus, le BIM n'est que très peu utilisé pour simuler l'impact environnemental des bâtiments.

Les freins à l'implémentation et à la massification des pratiques durables sont principalement techniques. Ces freins sont liés à l'absence d'une main d'œuvre qualifiée ainsi qu'aux méthodes usuelles de construction, aux matériaux, à la taille des projets actuellement inadaptés. Les surcoûts liés à la construction durable, à une main d'œuvre qualifiée représentent également des freins économiques importants. Seul·e·s les répondant·e·s n'ayant pas de pratiques BIM identifient le manque d'outils et de logiciels adaptés comme des freins importants pour développer une démarche durable. Bien que son absence ne soit pas identifiée comme un frein, **le développement d'un cadre réglementaire** sur les pratiques durables est attendu en vue de massifier les pratiques et d'éveiller les acteur·ice·s du secteur. Toutefois, les répondant·e·s attendent quelque chose de différent de ce qu'ils et elles connaissent actuellement (différents des réglementations énergétiques par exemple). Par extension et corrélation, des changements culturels du secteur sont largement attendus : des changements qui permettraient une élaboration de méthodes de travail, plus réflexives et plus lentes.

Enfin, les 3 profils étudiés marquent globalement leur confiance vis-à-vis du BIM au regard des pratiques durables. Les répondant·e·s y perçoivent une meilleur gestion des données liées à la durabilité, parfois identifiées comme complexes. Les pratiques peuvent être mises au profit de simulations, évaluations et comparaisons de scénarii, devenant de cette façon une aide à la décision et à la conception.

4.1.1.3 Expert·e·s en pratiques BIM et pratiques durables ?

Nous entamons la dernière analyse parmi les 5 profils sélectionnés au sein de notre grille (Figure 63). L'analyse concerne les profils qui travaillent activement sur des projets BIM et développent activement une démarche durable dans leurs pratiques. Opérant en BIM et en durabilité, ce profil pourrait présenter une certaine expertise de pratiques. En qualifiant arbitrairement les répondant.e.s d'expert·e·s [BIMDD], notre objectif est de mettre en parallèle les résultats issus de notre enquête avec les résultats de la revue de littérature présentés (cf. chapitre 1). Ce profil représente 12,5% de l'échantillon (soit N=13).

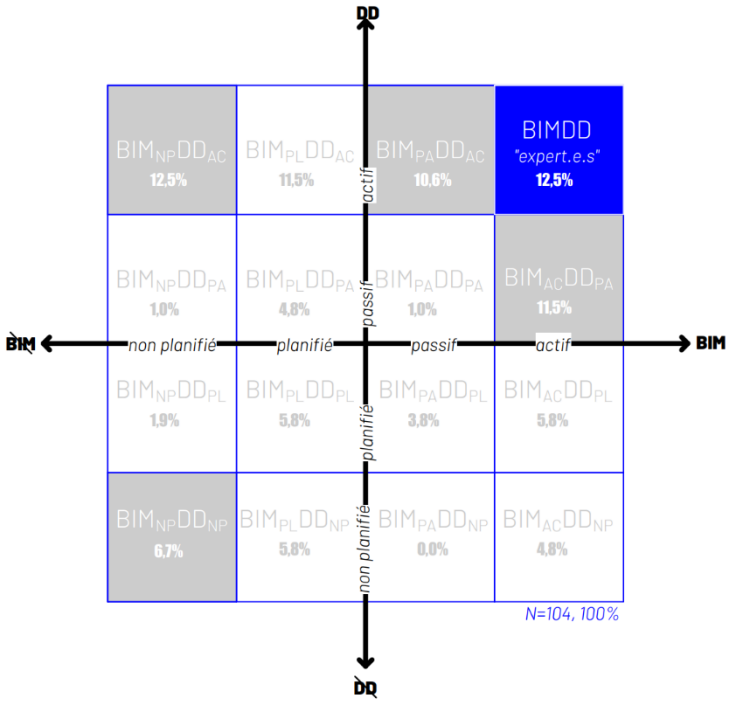


Figure 63 : Identification du profil de répondant·e·s analysé sur la matrice des 16 profils

4.1.1.3.1 Les profils de l'échantillon

La proportion d'architectes au sein de l'échantillon est prédominante (38%). Les autres professions se répartissent comme suit : 15% sont entrepreneur·e·s, 8% ingénieur·e·s en durabilité, 8% maitrise d'ouvrage, 8% ingénieur·e·s en BIM et 8% modeleur·se·s. Nous notons qu'une minorité de répondant.e.s ne se reconnaissent pas dans les professions proposées (15% *autre*). L'échantillon assure une bonne représentativité des professions du secteur (Tableau 28) : la multidisciplinarité des profils apporte un point de vue complémentaire pour chaque étape du projet, avec en amont des maitrises d'ouvrage et en aval, des maitrises d'œuvre pendant l'élaboration du projet.

Nous avons relevé dans les sections précédentes une corrélation entre les profils des répondant·e·s et la taille des entreprises, confirmée également par l'analyse de ce profil et illustrée à la Figure 64. Les architectes travaillent dans des micro ou des petites structures (< 49 p) lorsque les entrepreneur·e·s travaillent dans des structures petites à moyennes (11 < 249p). Les ingénieur·e·s BIM et les modeleur·se·s travaillent davantage dans des grandes entreprises (250p <). Tel que détaillé au Tableau 28, 2/3 de l'échantillon des BIMDD travaille en Belgique (61%). Le 1/3 restant pratique soit, simultanément dans plusieurs pays européens (15%), soit en Espagne (8%), en France (8%) ou en Grande-Bretagne (8%) A l'instar de l'échantillon global, la majorité des répondant·e·s exercent leur profession depuis plus de 11 ans : 15% sont des séniors et 54% sont des expérimenté·e·s. Les praticien·ne·s en début de carrière sont moins nombreux·ses à avoir répondu à l'enquête : 23% de médiors (6 < 10ans) et 8% de juniors (3 < 5ans).

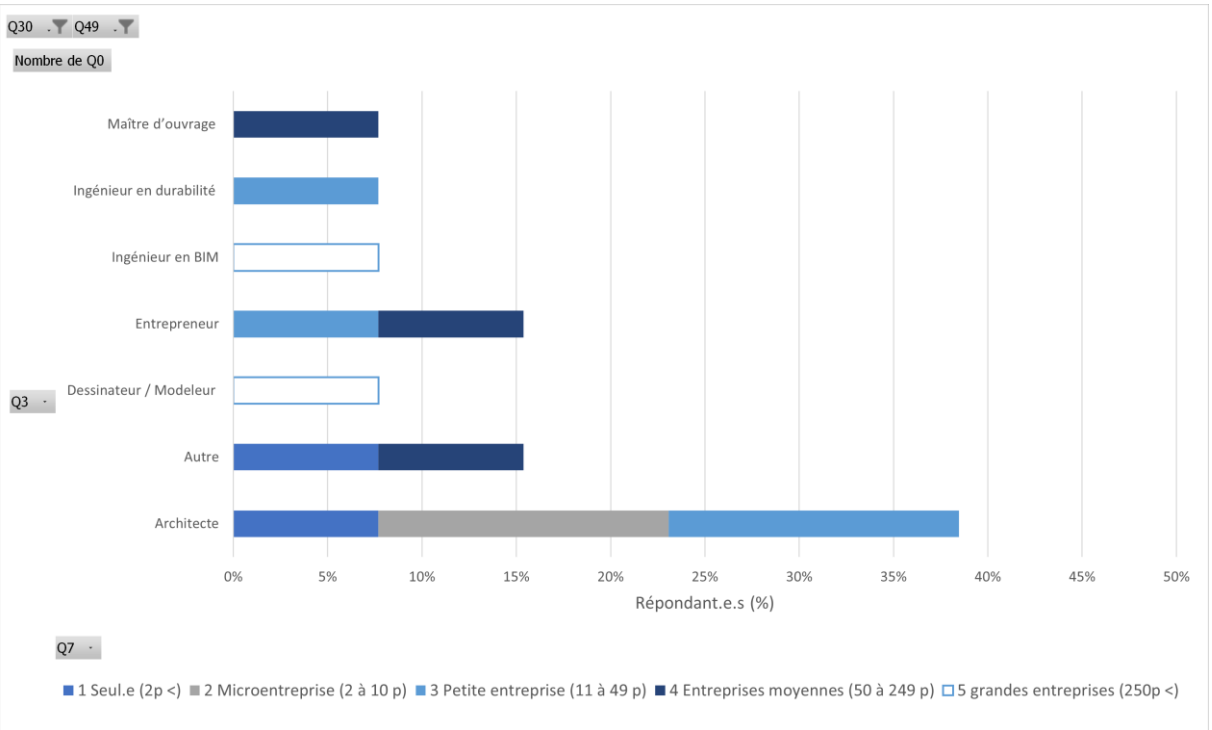


Figure 64 : Répartition des professions du profil BIMDD selon la taille des entreprises (N=13)

Tableau 28 : Détails des données sociodémographiques des répondant·e·s du profil BIMDD (N=13)

#	Pays	Profession	Années profession	Rôle dans entreprise	Années fonction	Taille entreprise	Type entreprise
5	BE	Dessinateur.rice / Modeleur.se	> 16	Autre	> 16	Grande	Entreprise de construction
17	FR	Architecte	> 16	Directeur·rice général·e	> 16	Micro	Bureau d'architecture
25	BE	Architecte	11 < 15	Chargé.e de projets	6 < 10	Petite	Bureau d'architecture
31	BE	Autre	6 < 10	Autre	6 < 10	Indépendant·e	Autre
33	BE	Ingénieur·e en durabilité	> 16	Autre	> 16	Petite	Autre
50	BE	Entrepreneur·e	> 16	Administrateur·rice délégué·e	> 16	Petite	Entreprise de construction
51	BE	Entrepreneur·e	6 < 10	Directeur.rice / Manager	3 < 5	Moyenne	Entreprise de construction
55	EU	Autre	> 16	Directeur.rice / Manager	6 < 10	Moyenne	Autre
56	BE	Maitrise d'ouvrage	3 < 5	Project Manager	3 < 5	Moyenne	Maîtrise d'ouvrage privé
61	EU	Architecte	> 16	PDG	6 < 10	Indépendant·e	Bureau d'architecture
67	SP	Architecte	> 16	Project Manager	> 16	Micro	Bureau d'architecture
91	BE	Architecte	11 < 15	Project Manager	6 < 10	Petite	Bureau d'architecture
102	UK	Ingénieur·e BIM	6 < 10	Chargé.e de projets	3 < 5	Grande	Ingénierie en TS

4.1.1.3.2 Les pratiques d'expert·e·s : cartographie par les projets et les perceptions

L'étude de ce profil a pour objectif de déterminer **les niveaux des pratiques** des répondant·e·s qui opèrent activement au sein d'un processus BIM avec des pratiques durables. Pour ce faire, et à l'instar des pratiques des super-utilisateurs en conception numérique (de Boissieu 2020), nous préférons l'étude des compétences plutôt que l'étude des rôles définis. Nous utilisons conjointement les résultats des questions concernant :

- Le nombre de projets réalisés sur la période 2017-2020,
- Les définitions du BIM et du développement durable en architecture
- Et la correspondance entre pratique et définition donnée.

Il est à noter que **le pourcentage de projets réalisés** sert d'indicateur de compétences mais ne permet pas de déterminer la qualité des démarches mises en œuvre. Il sert tout du moins d'une base pour évaluer le niveau de maturité du sujet chez les répondant·e·s. Deux questions sont utilisées : *Q32/50 – Sur les 3 dernières années, quel est le pourcentage de vos projets réalisés [en BIM] / [avec une démarche durable]?*[217].

Du point de vue du BIM, l'échantillon des BIMDD se répartit selon 3 tendances (Figure 65):

- Pour la majorité du profil (46%), les projets BIM sont minoritaires vis-à-vis de l'ensemble des projets réalisés pour la période 2017-2020.
- Pour près de 1/3 des répondant·e·s (31%), les projets BIM représentent plus de la moitié de leur portfolio ;
- Près de 1/4 des BIMDD (23%) n'est pas en mesure d'évaluer le pourcentage de projets BIM au regard de leur portefolio de projets ;

Du point de vue des démarches durables, les répondant·e·s développent davantage de projets durables : pour 62% des BIMDD, les projets durables représentent au moins la moitié de leur catalogue projets (Figure 65).

[217] Où 100% = l'ensemble des projets réalisés sur les 3 années passées

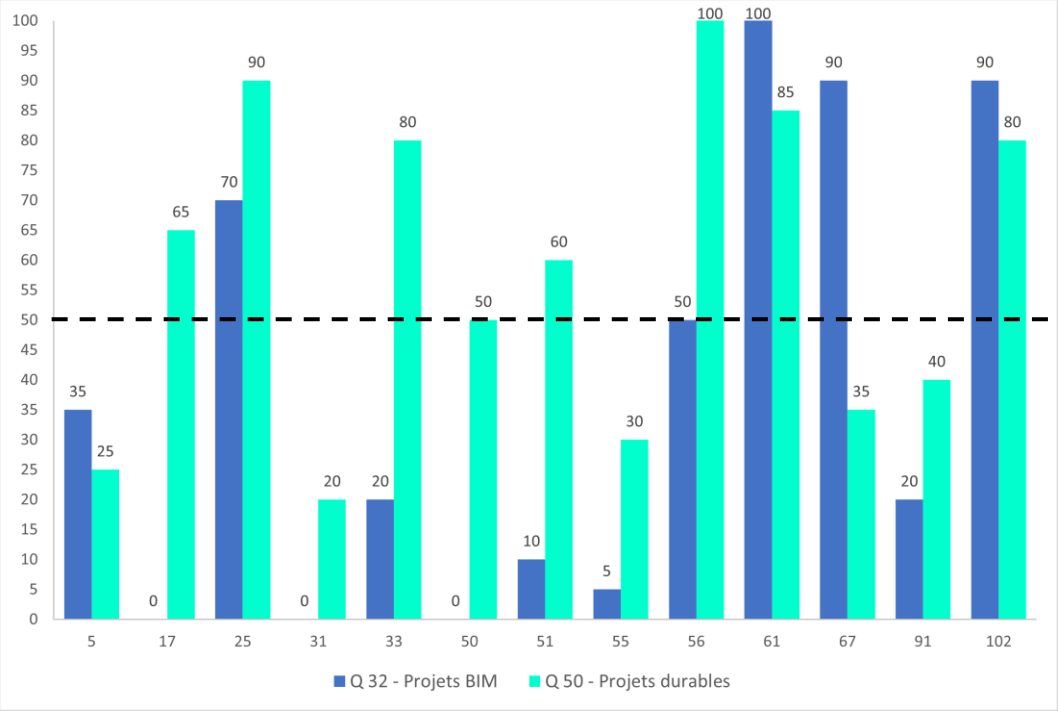


Figure 65 : Répartition du pourcentage de projets BIM et durables
par rapport au portefolio des répondant·e·s – Période 2017-2020 (N=13)

Parmi les 13 réponses à la question ouverte « *Q15* – **Comment définiriez-vous le BIM ?** », nous avons identifié 18 unités de sens répertoriées selon 9 catégories (Tableau 29) : les bases de données et d'informations, la collaboration et le travail collaboratif, la conception, le processus de gestion durant le cycle de vie, la méthode de travail, la modélisation numérique et la maquette 3D, les outils et logiciels et enfin les métaphores et les réponses inclassables (*autre*).

Les BIMDD définissent d'abord le BIM comme **un travail collaboratif,** « *un processus de collaboration* » qui permet au processus de conception, « *de planifier et de construire* » (Tableau 29, Récurrence =6). Le BIM est une « *méthodologie qui met en place un processus de collaboration réelle* [SIC] *tout au long de la vie d'un bâtiment* ». Il existerait pour ce·tte· répondant·e une collaboration « *irréelle* » ou tout du moins illusoire, imparfaite en dehors du BIM. De plus, la méthode collaborative permet des « *itérations courtes* », concept qui renvoie à la durée des temps de retour et aux répétitions des manipulations. Grâce au BIM, le processus d'élaboration du projet visé devient efficient. Ainsi, le BIM est un « *acte collaboratif de projeter et construire mettant en relation l'ensemble des outils privilégiés par chaque membre de l'équipe* » *mais* « *sans aucune suprématie de logiciel* » (R=1). L'ensemble de ces concepts s'articule autour du **modèle numérique**, deuxième catégorie identifiée parmi les réponses (R=4). La maquette numérique est « *(…) l'élément central collaboratif sans toutefois pouvoir représenter à elle seul Le protocole BIM* [SIC] ».

A travers **une métaphore** (R=1), un·e répondant·e décrit les difficultés de mise en œuvre, de compréhension et distinction sur un marché en évolution : « *le BIM, c'est comme le sexe chez les adolescents, Tout le monde en parle, Personne ne sait réellement comment on fait, Tout le monde pense que les autres le font, Alors tout le monde prétend le faire* ». Le **cycle de vie** revient parmi

plusieurs réponses : le BIM, en capabilisant l'information dès la conception (banque de données, R=2), assure la circulation de l'information entre les parties à toutes les étapes de projet, il organise la gestion de l'information, *« digital methodology to organize building information about its life cycle »* (R=1). Les objectifs liés à l'écoconception et à l'architecture durable n'interviennent qu'au sein de 2 réponses et sont liés aux notions de fin de cycle de vie à travers le réemploi ou comme objectif : *« prise en compte du cycle de vie complet d'un ouvrage avec un objectif de durabilité ».*

Bien que nous ayons identifié les catégories citées au sein de l'ISO 19650, telles que le cycle de vie, la gestion de l'information, le modèle d'information, nous constatons qu'aucune personne interrogée, dite experte, ne mentionne la norme ISO 19650 (International Standard Organization 2018).

Tableau 29 : Répartition des unités de sens d'objectivation du BIM pour les répondant.e.s BIMDD (N=13)

Catégories des unités de sens du BIM	Récurrence
Inclassable (autre)	3
Base de données	2
Travail collaboratif, collaboration	6
Processus de conception, concevoir	0
Processus de gestion, manager, gérer	1
Métaphores	1
Modélisation numérique	4
Outils, logiciels	1
Méthode de travail	0
Total	18

Malgré une compréhension générale du BIM, les pratiques ne concordent pas toujours avec les définitions données. En analysant les réponses à la question ouverte *« Q-34 Est-ce que la définition que vous avez donnée du BIM correspond à votre pratique ? Expliquez en quelques mots »*, nous constatons 2 tendances parmi les réponses. Lorsqu'il n'y a pas de **concordance**, les répondant·e·s mettent en évidence les freins rencontrés. A l'inverse, lorsqu'il y a concordance, les bénéfices sont détaillés. **D'un côté, pour 38% des BIMDD, les pratiques ne correspondent pas aux définitions dues à freins culturels** *« Our bigger difficult is collaboration with stakeholders who aren't BIM players » où* la collaboration est considérée comme un obstacle majeur, corrélée au manque de pratiques confirmées des partenaires externes *« la plupart des acteurs ne sont pas encore matures en Belgique pour l'assumer ».* Les freins sont aussi économiques : *« faute de commande (…) »*, ce qui empêche une pleine correspondance *« ma pratique de travail est avant tout collaborative, alors oui je fais du BIM généralement, et non je n'ai pas de projet BIM avéré puisque faute de commande. mais j'ai toutefois obtenu un trophée de la construction 'mention BIM' avec un projet classique mais dont la méthodologie d'étude et réalisation a été reconnue ».* D'un autre côté, **39% des BIMDD définit le BIM tel qu'ils / elles le pratiquent**: *« Nous nous servons du BIM comme d'une base de données sur laquelle nous pouvons réaliser toute une série d'actions en lien avec l'amélioration de notre processus de construire : extraction de quantité, 4D, visualisation des états d'avancement sur la maquette, etc ».* **Le quart restant concernant des réponses inclassables (23%).**

Du point de vue de **la durabilité**, nous relevons 23 unités de sens parmi les 13 réponses (Tableau 30). Le développement durable est défini de 2 façons : soit il induit des concepts généraux tels que la définition issue du rapport de Brundtland (1987) et les piliers du développement durable, soit il implique des principes durables liées à la conception du projet. La structure du Tableau 30 se base sur notre grille d'analyse identifiée au premier chapitre. Les thèmes les plus récurrents concernent la conception et la construction (R=18). **Le cycle de vie** présente une récurrence de 5 et est, de ce fait, la première thématique la plus abordée. L'architecture durable doit tenir compte de son impact présent et futur *« concevoir des ouvrages dont on maîtrise l'impact sur l'environnement durant le cycle de vie complet ». Pour* cela, la qualité des éléments mis en œuvre aujourd'hui est à considérer pour pouvoir être réemployés en fin de vie : *« construire de qualité permettra de réemployer d'excellent matériaux lors de la déconstruction »*. L'architecture durable sera synonyme d'une efficience sur l'ensemble du cycle de vie *« Life cicle effective [SIC]»*. Les définitions reflètent un objectif principal **de minimisation de l'impact environnemental** par des solutions intégrées ; « engineering solutions to reduce the impact on the environment» (R=3). Certain·e·s ne se limitent pas à seulement minimiser l'impact environnement, ils et elles proposent de *« créer un impact positif [du bâti sur la planète] »*. ***« Privilégier la rénovation plutôt que la construction neuve »*** permet de réduire la consommation d'énergie (R=3) et les émissions de carbone (R=2). L'architecture durable respecte son environnement direct (R=2) et favorise *« (…) une interaction positive avec son environnement physique » et son « conteste [SIC] urbanistique (…) »*. Pour minimiser l'impact environnemental et favoriser une relation positive avec l'environnement direct, le choix des matériaux doit être judicieux *(« careful choice of materials »),* préférablement *« local materials » (R=2).* Les **principes durables liés au confort, à la santé et à la gestion du bâtiment n'apparaissent pas** dans les définitions.

Parmi la catégorie autre, deux réponses semblent s'opposer : d'un côté, un des BIMDD exprime un sentiment de manque de bon sens actuel et une certaine nostalgie vis-à-vis du savoir-faire passé et révolu : *« tout ce que l'on ne sait plus faire aujourd'hui à l'exemple de l'Opéra Bastille voisin de l'Opéra Garnier…. le premier s'écroule au bout de 30 ans d'existence… ce n'est pas durable* », de l'autre côté, l'un.e des répondant·e.·s exprime une *« évolution de la construction, de plus en plus complexe (…) »*.

Nous constatons **un parallèle entre la perception du BIM et du développement durable**, qui de part et d'autre, sont perçus comme des évolutions du secteur et des pratiques. A l'instar du BIM avec l'ISO19650, aucune des personnes interrogées n'a fait référence ni à des définitions normées internationales ou nationales, ni aux objectifs du développement durable définis par les Nations Unies (UN Sustainable Development Goals in Practice, s. d.).

Tableau 30 : Répartition des unités de sens de perception du DD pour les répondant.e.s BIMDD (N=13)

Catégories des unités de sens du développement durable en architecture	Récurrence
Inclassable (autre)	3
Déf. du rapport de Brundtland	1
Trois Piliers du développement durable	1
CONFORT	
Acoustique	0
Bien-être	0
Hygrothermique	0
Visuel	0
SANTE	
Qualité de l'air	0
Qualité de l'eau	0
GESTION	
Déchets	0
Eau	1
Energie	0
Maintenance, entretien	0
CONCEPTION / CONSTRUCTION	
Biodiversité	0
Chantier faibles nuisances	0
Cycle de vie, phases, fin de vie, circularité	5
Déchets de construction	0
Energie et PEB	3
Energie grise	0
Impact carbone	2
Impact environnemental	3
Mobilité et transport	0
Relation à l'environnement	2
Systèmes, procédés et produits (matériaux)	2
TOTAL	23

A l'instar du BIM, l'enquête propose aux répondant·e·s d'expliquer la présence ou l'absence de **correspondances entre pratiques et définitions durable** : *« Q60 - Est-ce que la définition que vous avez donnée du développement durable en architecture correspond à votre démarche durable? Expliquez en quelques mots »*. **Plus de la moitié des répondant.e.s ont une pratique durable telle qu'ils et elles la définissent** (54%) et un tiers *« s'y emploie … [même] si ce n'est pas évident »* (31%). Une minorité des BIMDD n'ont pas de pratiques à l'image de la définition qu'ils et elles en donnent (8%). Malgré la volonté de faire correspondre pratiques et définitions, le manque et la faiblesse des cadres réglementaires sont identifiés comme cause à au manque de correspondance entre les 2 : *« We could go further than we are currently going. The regulations are not strict enough »*. Les autres répondant·e·s ne savent pas répondre à la question (7%).

4.1.1.3.3 Le travail collectif et l'étude de projets : typologie, secteurs et cycle de vie

Les résultats présentés jusqu'ici mettent en évidence **l'importance du travail collaboratif et du cycle de vie**, tant dans les pratiques BIM que dans les pratiques durables. Ces éléments retiennent particulièrement notre attention puisque d'une part, ils constituent le cœur de notre recherche, d'autre part, ils ont été identifiés dans la littérature comme éléments clés pour assurer une architecture responsable. Toutefois, ils ne nous permettent pas en l'état de définir un niveau de maturité des pratiques, c'est pourquoi nous nous penchons à présent sur : le travail collaboratif, les types de projets (transformation / neuf) et le cycle de vie (phases de projets).

La revue de littérature a mis en évidence la collaboration comme élément clé du BIM. Les définitions analysées dans le cadre de notre enquête le confirme : **la collaboration** y joue un rôle central[218]. Toutefois, les pratiques BIM n'assurent pas toujours un travail collaboratif avec les partenaires externes du projet, comme le démontre les résultats de la question *« Q12.2 - Comment estimez-vous le travail collectif dans votre activité ? »*. Cinq types de travail collectif sont proposés aux répondant·e·s : (i) vous travaillez seul ; (ii) en silo, c'est-à-dire où chaque acteur du projet rempli une tâche, avec peu ou pas d'interactions avec les autres intervenants du projet ; (iii) coopératif, c'est-à-dire où chaque collaborateur est responsable d'une partie de résolution du projet, distincte de celle des autres intervenants ; (iv) collaboratif, c'est-à-dire où l'ensemble des collaborateurs travaille mutuellement à la résolution du projet et (v) le travail collectif est différent suivant les disciplines avec lesquelles je travaille.

Majoritairement, **les BIMDD travaillent de façon coopérative avec les partenaires externes** (46%), c'est-à-dire où chaque collaborateur·rice est responsable d'une partie de résolution du projet, distincte de celle des autres intervenant·e·s. De façon surprenante, seulement **1 personne sur 4 travaille de manière collaborative** (23%) et **1 personne sur 4 travaille en silo** (23%). Le travail collectif diffère selon les projets et les acteurs pour minorité de BIMDD (8%).

Les BIMDD ont davantage de **projets de type rénovation** (61% du profil). Ils et elles développent leur **activité dans les secteurs de bureaux** (33%) **et résidentiel** (unifamilial 20% et collectif 15%) (Figure 66). Ces résultats correspondent davantage aux pratiques des profils durables étudiés à la section précédente ($BIM_{PA}DD_{AC}$ et $BIM_{NP}DD_{AC}$).

[218] La collaboration et le travail collaboratif représentent la première catégorie d'unités de sens identifiée parmi les définitions du BIM pour les profils BIMDD, à l'instar des autres profils étudiés à la section précédentes.

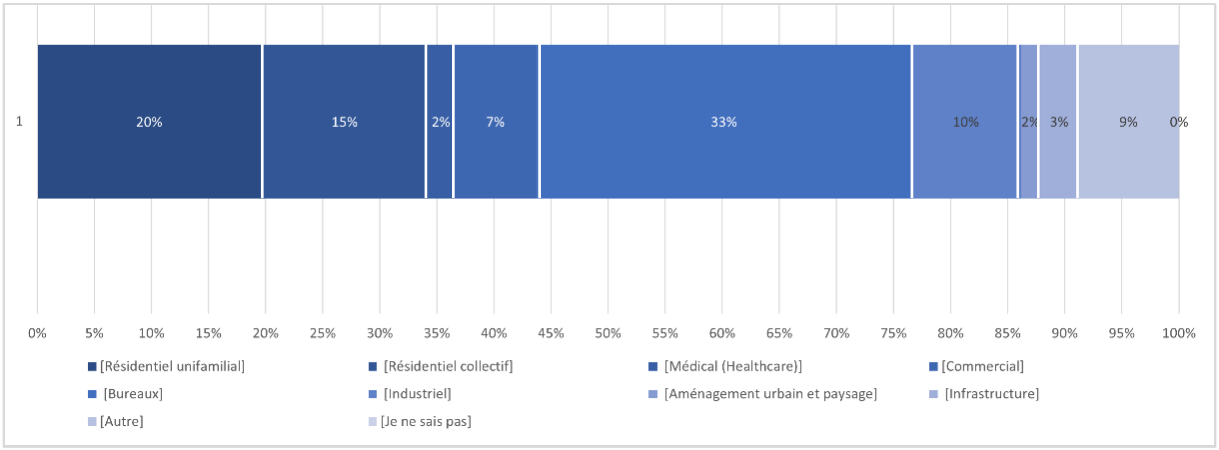


Figure 66 : Moyenne des secteurs d'activités pour le profil BIMDD (N=13)

Enfin, deux questions semi-ouvertes nous permettent d'identifier **les phases au sein desquelles les pratiques BIM et les pratiques durables se développent** : *Q31 / 51 – Dans quelles phases de projet travaillez-vous en BIM ?/ Dans quelle phase cette démarche durable s'est développée*? Les pratiques BIM et DD se déploient de façon similaire comme le montre la Figure 67. À partir de l'avant-projet, les pratiques BIM s'intensifient pour atteindre un paroxysme en exécution et chantier. Intenses en phases d'avant-projet, d'exécution et de chantier, les pratiques durables sont peu déployées lors de l'élaboration du dossier de permis de bâtir. Toutefois, nous constatons qu'elles couvrent davantage l'ensemble du cycle de vie, là où les pratiques BIM sont peu exploitées en phases d'esquisse et d'exploitation, et inexistantes en fin de vie. Les constats sont similaires à la section précédente.

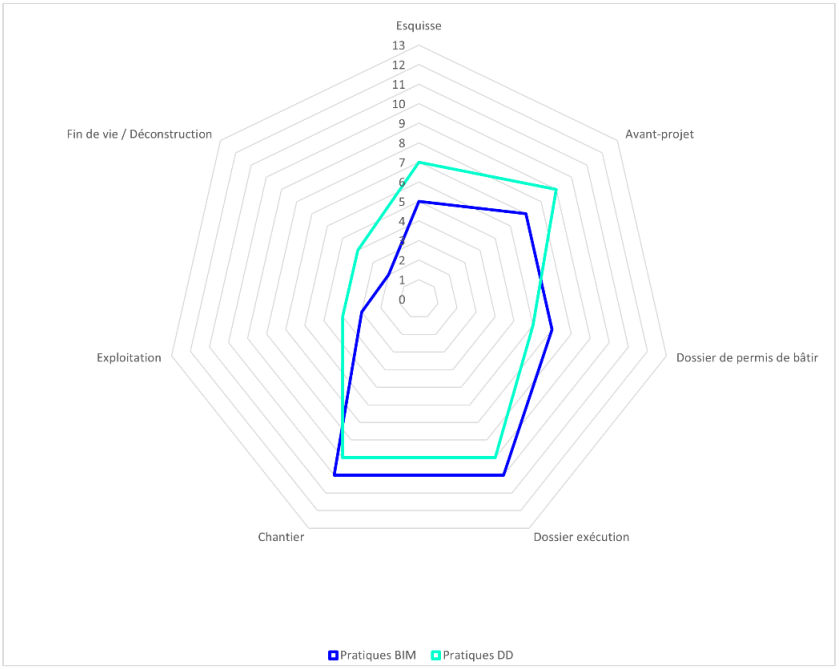


Figure 67: Phases de projets au sein desquelles les pratiques BIM et les durables sont développées par les BIMDD (N=13)

Les résultats présentés jusqu'ici mettent en **évidence une dissonance, plus ou moins forte selon l'objet d'étude, entre perception et mise en pratiques** : les répondant·e·s définissent avec plus ou moins de justesse les champs sur lesquels ils / elles sont questionné·e·s mais rencontrent des difficultés à les mettre en œuvre.

4.1.1.3.4 L'expertise des démarches durables : quel(s) visages ?

La revue de littérature a mis en évidence la pluralité des thématiques durables ainsi que les notions systémique et holistique liées aux pratiques. De ce fait, nous **investiguons la pluralité des thématiques** sur lesquelles les praticien·ne·s travaillent quotidiennement grâce à la question semi-ouverte *« Q52 - Parmi les propositions suivantes, votre entreprise travaille-t-elle sur l'un de ces critères au quotidien ? »*. L'enquête proposait aux répondant·e·s de donner un maximum de 5 principes sur lesquels ils / elles travaillent au quotidien. Les résultats présentés dans la Figure 68 peuvent être lus soit suivant l'ordre de classement des 5 principes durables, soit selon leur récurrence.

Nous constatons que le taux de réponse diminue à partir de 3 principes : 100% de l'échantillon travaille sur au moins 2 principes durables, 92% sur 3 principes, 84% sur 4 principes et 77% sur 5 principes. Seul·e un·e répondant·e s'est exprimé·e sur ce nombre limité des principes, travaillant sur 12 principes au total : *« "Bizarre de limiter à 5 choix. En ce qui nous concerne : qualité de l'eau + santé / qualité de l'air + confort visuel + confort hygrothermique + neutre en CO2 + monitoring et maintenance doivent être rajoutése [SIC] »*. D'un point de vue du classement d'abord, le premier principe durable sur lequel les BIMDD travaillent concerne ***la relation avec l'environnement direct et l'utilisation du sol*** (Figure 68, turquoise). Les répondant·e·s intègrent également dans leurs pratiques les principes liés au ***cycle de vie*** (deuxième principe), à ***la gestion de l'eau*** (troisième principe) et au ***bien-être des occupants*** (quatrième principe). Mentionnée à plusieurs reprises, *la performance énergétique des bâtiments* (PEB) partage la 2ème, 3ème et 5ème avec la *gestion de l'eau*, le *bien-être*, la *maintenance* et *la gestion et la qualité de l'air*. Du point de vue de la récurrence, ***la PEB*** **représente le principe le mentionné par les BIMDD** (R=11), suivi de *la gestion de l'eau* (R=7), du *bien-être* (R=7), du *cycle de vie* (R=6) et de *la relation à l'environnement direct* (R=5).

Que la règle de lecture des résultats soit le classement ou la récurrence, les pratiques des BIMDD autour de principes durables sont similaires. Tel qu'illustré à la Figure 68, les principes les plus développés au sein des pratiques concernent les phases de conception et construction (à gauche de la ligne traits tillés). A l'inverse, les principes liés à la santé (qualité de l'air, émission de CO2, qualité de l'eau) et au confort (acoustique, visuel, hygrothermique) sont très peu développés voir absents des pratiques (à droite de la ligne traits tillés). La biodiversité et la mobilité, bien que corrélées à la relation à l'environnement direct, interviennent très peu dans les pratiques des répondant·e·s. De plus, les principes diffèrent selon la profession des répondant·e·s : nous constatons une corrélation entre thématiques durables et type de profession : les architectes travaillent principalement sur la relation avec l'environnement direct de leur projet et sur les techniques de construction, et les maitrises d'ouvrage et entrepreneur·e·s se concentrent davantage sur la mobilité et le transport.

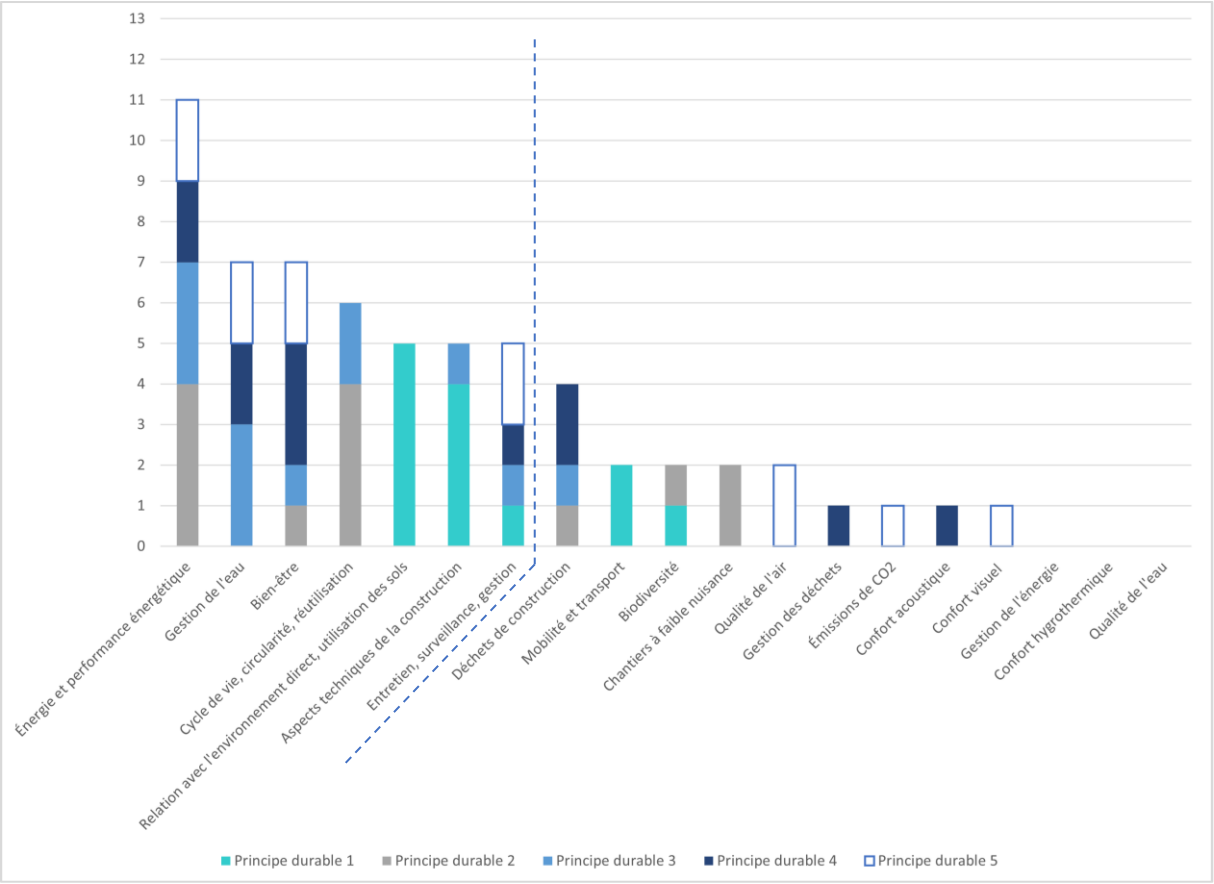


Figure 68 : Classement des principes durables sur lesquels les BIMDD travaillent quotidiennement (N=13)

Nous revenons sur une notion apparue au sein des définitions du DD qui concerne la faiblesse des cadres règlementaires autour des pratiques durables, soulignée par un·e répondant·e : « (…) *The regulations are not strict enough* ». En examinant l'initiative de la démarche durable dans les pratiques, nos résultats montrent que la plupart des répondant·e·s (62 %) considèrent développer des **pratiques durables qui dépassent le cadre législatif en vigueur**. Selon eux / elles, les pratiques ont été impulsées par l'un·e des partenaires du projet (**démarche volontaire**).

Toutefois, lorsque l'enquête demande aux répondant·e·s de « *Q58- Citer la ou les législations* », les réponses portent majoritairement sur **la règlementation énergétique**. Parmi les 19 unités de sens identifiées, la PEB est citée 10 fois et se répartit entre le règlement « *PEB* » (BE), « *RE2012* » (FR) et « *passishaus* » (UE). Nous notons que la PEB est règlementée et découle de directives européennes et nationales, tel que nous l'avons vu au premier chapitre. De ce fait, elle ne peut être considérée comme une démarche volontaire. Il y a donc une dissonance entre la perception qu'ont les BIMDD de leur propre pratique et les pratiques réelles. En conséquence, nous sommes attentives aux réponses concernant la portée de cette démarche durable qui dépasserait le cadre législatif en vigueur. Deux possibilités se présentent ici à nous : soit, le dépassement qui est discuté concerne le niveau minimal attendu par la règlementation, qui concerne une valeur numérique telle que la valeur de conductivité thermique U, soit les répondant·e·s expriment la perception de leurs pratiques.

Cette dissonance entre pratique et ce qui est dit des pratiques peut être liée à la méthode de collecte de données par l'enquête qui ne permet d'approfondir ce type de dissonance. Ce point a été souligné par (Findeli et Coste 2007). Selon ces auteurs, la dissonance est liée aux méthodes de collecte de données traditionnelles tels que les questionnaires : *« Nous disons ce que nous croyons faire quand nous agissons »*[219].

A côté de la PEB, d'autres législations sont mentionnées dont **la responsabilité sociale des entreprises**, « *RSE* », (R=3, règlementation internationale) et « *CIBSE* » (règlementation nationale, UK). Le bien-être avec **le règlement général pour la protection du travail** « *RGPT* » (BE) et les émissions de carbone avec « *COBRACE* » (BE) traitent de **la qualité de l'air, du climat et de l'énergie.** Les obligations légales en matière de **gestion des déchets** sont citées par un·e répondant·e sans toutefois les nommer.

4.1.1.3.5 La mise en pratiques des démarches durables : études des outils et de leurs usages

Les résultats expriment une pratique plurielle, c'est-à-dire articulée autour de plusieurs thématiques durables. Nous nous intéressons ici à **la mise en pratique des thématiques à travers l'usage des outils :** *« Q54 – Pour atteindre ces critères durables, vous utilisez un logiciel pour répondre à un seul/plusieurs critère(s) durable(s) ».* Selon nos résultats, la gamme d'outils pour réaliser les études durables diffère selon la profession: la plupart des architectes (23%) et les ingénieur·e·s BIM (8%) du profil utilisent un logiciel pour réaliser plusieurs études durables. En revanche, les maîtrises d'ouvrage (8%), les ingénieur·e·s en durabilité (8%) et une minorité d'architectes (15%) utilisent plusieurs outils pour plusieurs études durables. Peu de répondant·e·s utilisent un outil unique pour une étude orientée, seul·e·s les entrepreneur·e·s ont cet usage (8%).

Le champ d'application de la majorité des outils concerne l'énergie. Ainsi, à la question semi-ouverte *« Q53 - Quel est le domaine d'application du (des) outil(s) / logiciel(s) que votre entreprise utilise pour la démarche durable ? »*, 26 réponses ont été données par les BIMDD (N=13). **Deux tiers des réponses sont liées aux études énergétiques** ; soit pour l'optimisation énergétique (38%), soit pour assurer le confort thermique (23%). Une faible proportion d'outils est utilisée pour la gestion de bâtiment (facility management, 12%), et pour les études d'éclairage (12%). Bien que le cycle de vie se soit révélé comme fil conducteur des résultats sur le BIM et le développement durable, peu de répondant·e·s réalisent des analyses de cycle de vie avec leurs outils (8%). Enfin, la sécurité représente l'un des champs d'application des outils ajoutée par un·e répondant·e entrepreneur·e. Nous nous interrogeons au regard de ces résultats **: le champ d'application des outils correspond peu aux principes durables identifiés précédemment.** En effet, ni l'étude de l'environnement direct ni les techniques de construction ne sont identifiées comme domaine d'application des outils- logiciels.

[219] Ibid. 21

Au regard des résultats sur l'énergie et la PEB, **nous pouvons en déduire le rôle majeur que joue les réglementations dans les pratiques.** Ces réglementations sont vouées à évoluer et devenir davantage holistique tel que nous l'avons mis en évidence au premier chapitre (cfr. Médias d'assistance à l'écoconception). De ce fait, il est intéressant de questionner **la flexibilité d'usage des outils** *« Q55 – Ces outils permettent-ils de faire évoluer votre démarche durable ? »*. Près d'un·e répondant·e sur 2 estiment que **les outils peuvent s'adapter à l'évolution des démarches durables** (46%) : *« indéniablement »*. Un·e répondant·e sur 4 envisage une possible évolution (23%) pour certains principes durables comme l'énergie ou le bilan carbone *« Only about efficiency energy and CO2 emissions »*[220]. Le manque d'interopérabilité des logiciels est souligné en plus des itérations nécessaires pour valider les études durables (séparées de la conception), dans ce cas, des solutions alternatives sont proposées : *« It is quite limited and doesn't link well with our other modelling software, we had to develop scripts and workflows to overcome this»*[221]. Les outils ne sont pas flexibles pour un quart du profil (23%). L'utilisation forcée d'un logiciel géré par une collectivité locale est une des raisons : *« Non, car logiciel imposé par la Région Wallonne qui en maîtrise l'évolution »*[222].

Les noms des logiciels utilisés ont été recueillis à la question ouverte Q56. Afin de cartographier les pratiques, nous croisons les réponses des BIMDD concernant les outils avec les informations issues des sites internet des développeurs. Le Tableau 31 présente **les domaines d'application des outils** définis par les BIMDD, le nombre et l'usage évolutif des outils au regard de la démarche durable (colonnes 1 à 4). Nous avons complété ce Tableau avec le champ d'application des outils et leur (non-)interopérabilité collectée sur les sites internet des développements de ces outils logiciels, illustrés aux colonnes 5, 6, 7, 8.

Dix-sept outils ont été mentionnés (colonne 4) parmi les 13 réponses : un quart sont des outils de conception et plus de deux tiers sont des outils d'études. Quatre outils se démarquent en étant, en tout ou en partie, outil d'étude et outil de conception : Dialux©, PYsol©, Revit©, Archicad©. Seulement un tiers sont interopérables, c'est-à-dire ayant une capacité d'échanger des formats standards et normés). De plus, **l'utilisation d'un panel d'outils semble nécessaire pour répondre aux démarches durables** : tels que PEB©, PACE©, PHPP© pour l'énergie, DesignBuilder© pour la thermodynamique, Dialux© pour l'éclairage, PVSol© pour le solaire.

Enfin, après analyse des champs d'application définis par les répondant·e·s (Q53, Tableau 31, colonne 1) au regard des logiciels nommés (Q56, Tableau 31, colonne 4), **certaines contradictions** sont mises en lumière (Colonne 1, texte bleu souligné) : d'une part certains champs d'application ne correspondent pas aux outils nommés tel que par exemple le·a répondant·e #17 mentionne l'outil PHPP ayant comme champ d'application la gestion d'actif (FM). D'autre part, certains outils sont mentionnés, tel que TOTEM pour le·a répondat·e #56, sans mentionner l'ACV comme domaine d'application.

[220] Traduction personnelle: *« Uniquement sur l'efficacité énergétique et les émissions de CO2 »*
[221] Traduction personnelle: *« Il est assez limité et ne s'articule pas bien avec nos autres logiciels de modélisation, nous avons dû développer des scripts et des flux de travail pour y remédier ».*
[222] 8% du profil ne savent pas répondre

Tableau 31 : Répartition des outils/ logiciels mentionnés par les BIMDD selon leur champ d'application, la flexibilité d'usage par rapport à l'évolution d'une démarche durable, le domaine d'application et leur interopérabilité selon les développeurs (N=13)

0	1	2	3	4	5	6	7	8
#	Q53 – Champ application logiciels / BIMDD	Q55 – Evolution	Q54 – Nbre outils / nbre de principes	Q56- Noms	Champ d' application / développeurs	Outil de conception	Outil d' études	Interopérabilité BIM
5	OE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
17	CT, OE, FM	Y	+ for +	PHPP	outil de conception et étude technique pour la maison passive	N	Y	N
25	NSP	N	1 for +	REVIT	conception de l'architecture et de l'ingénierie	Y	≈	Y
31	OE	N	1 for +	PACE	certification énergétique	N	Y	N
				PEB	calcul de la performance énergétique	N	Y	N
33	CT, OE, EE, ACV	Y	+ for +	PEB	calcul de la performance énergétique	N	Y	N
				PHPP	outil de conception et étude technique pour la maison passive	N	Y	N
				Design Builder	logiciel d'analyse des performances	N	Y	≈
				Dialux	logiciel de conception d'éclairage	Y	Y	Y
				PYsol	calcul du rendement solaire, dimensionnement des panneaux	Y	Y	N
50	A	Y	NA	REVIT	conception de l'architecture et de l'ingénierie	Y	≈	Y
				WINDEV	atelier de génie logiciel	N	N	N
				CRM	logiciel de gestion des clients	N	N	N
				ERP	planification des ressources de l'entreprise	N	N	N
51	OE	N	1 for 1	Trisco	analyse thermique des éléments de construction	N	Y	≈
55	FM	Y	+ for +	ARCHIBUS	système de gestion intégrée du lieu de travail	N	Y	Y
56	OE, FM	Y	+ for +	TOTEM	évaluation de l'impact environnemental		Y	Y
				telemonitoring	logiciel développé en interne	NA	NA	NA
61	CT, OE	Y	1 for +	ArchiCAD	conception architecturale	Y	≈	Y
67	CT, OE, ACV	≈	1 for +	NA	NA	NA	NA	NA
91	CT, OE, EE	≈	+ for +	PHPP	outil de conception et étude technique pour la maison passive	N	Y	N
102	CT, OE, EE	≈	1 for +	IES	outils d'ingénierie structurelle	N	Y	Y
				TAS	logiciel de logistique et de transport	N	Y	N

Où NA = Pas de réponse, N = Non, Y = Oui, ≈ = Plus ou moins

1 pour 1 = 1 logiciel utilisé pour l'étude d'1 thématique durable.

1 pour + = 1 logiciel utilisé pour l'étude de plusieurs thématiques durables

+ pour + = plusieurs logiciels utilisés pour l'étude de plusieurs thématiques durables

+ pour 1 = plusieurs logiciels utilisés pour l'étude de plusieurs thématiques durables

Outils de conception = outils de dessin ou de modélisation ; Outils d'étude = outils de calcul et d'étude

Outils interopérables BIM = outils acceptant l'importation et l'exportation d'un ou plusieurs formats ouverts

CT = confort thermique, OE = optimisation énergétique, FM = gestion du bâtiment, ACV = analyse du cycle de vie,

EE = étude éclairage, A = autre, NSP = ne sait pas.

4.1.1.3.6 Les pratiques durables comme usages et objectifs d'adoption du BIM ?

Jusqu'à présent, nous avons étudié les pratiques BIM et les pratiques durables parallèlement. Nous les abordons dès maintenant conjointement. Premièrement, les objectifs d'adoption du BIM sont sondés grâce à la question semi-ouverte « *Q41 - Quel(s) est (sont)t le(s) objectif(s) d'adoption du BIM dans votre entreprise ?* » Les résultats présentés à la Figure 6 peuvent être de 2 manières : soit selon les récurrences (globalement), soit selon le classement (1er objectif, 2ème objectif, 3ème objectif). **Les premiers objectifs sont globalement *l'optimisation de la collaboration entre les parties prenantes*** (R=8) et ***l'optimisation de la qualité de la conception*** (R=5) (les plus récurrents). Si la récurrence des autres objectifs est similaire, nous constatons que **l'optimisation environnementale,** l'un des 12 objectifs proposés, est rarement un objectif principal de l'adoption du BIM (R=3). Elle est mentionnée par 3 BIMDD : un·e architecte et un·e ingénieur·e en durabilité comme 3ème objectif et par un·e BIMDD, sans profil distinctif, comme 2ème objectif.

Selon nos résultats, **le type d'objectifs d'adoption du BIM est lié à la profession** des répondant·e·s: les entrepreneur·e·s visent principalement une réduction des coûts d'exploitation, une maîtrise des risques (1erobjectif) et l'optimisation de la collaboration (2ème objectif). Du côté de la maîtrise d'ouvrage, les premiers objectifs sont la réalisation d'un projet exemplaire et l'optimisation de la gestion de l'information tout au long du cycle de vie du projet comme objectif secondaire.

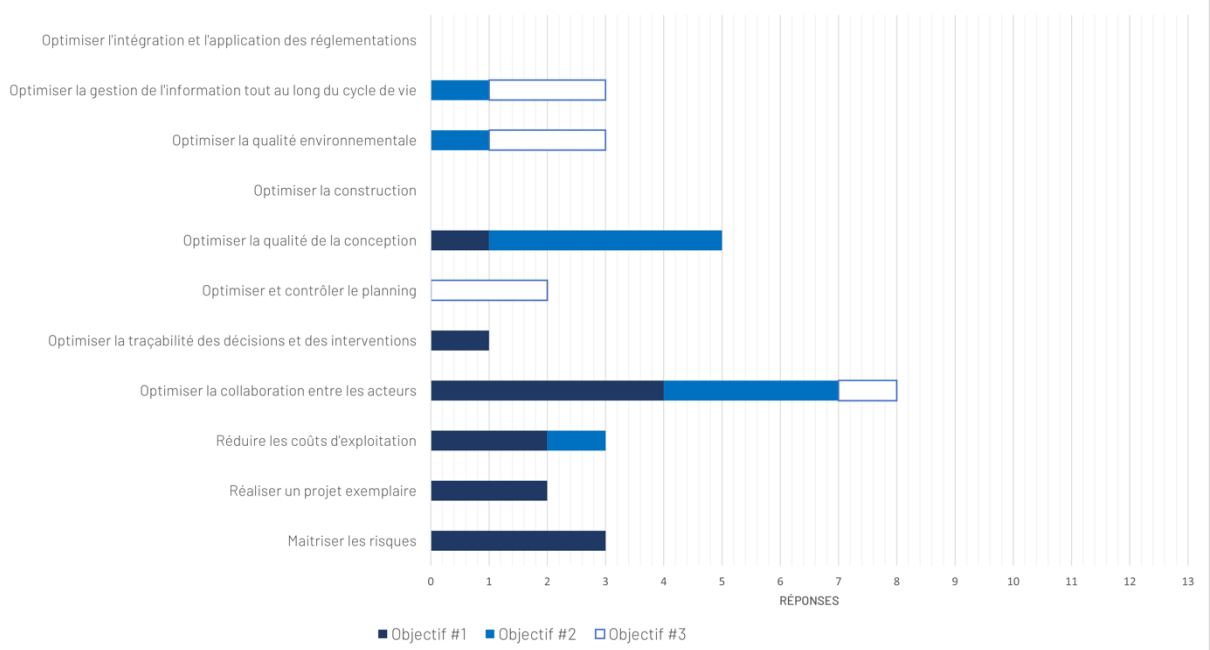


Figure 69 : Classement des objectifs d'adoption du BIM des BIMDD (N=13)

Par extension aux objectifs d'adoption, nous étudions les usages du BIM, « *Q42- Dans votre pratique, quels sont les usages du BIM que vous envisagez ?* ». A l'instar des résultats de la Figure 69, les résultats de la Figure 70 peuvent être lus selon les récurrences ou l'ordre de classement. Parmi les 22 propositions[223], l'usage premier du BIM est **la conception architecturale et la conception des techniques spéciales**, principalement pour les architectes, l'ingénieur·e· de durabilité et l'ingénieur·e BIM. D'un point de vue global, l'usage le plus récurrent du BIM est **la coordination 3D.**

Tel que l'illustre la Figure 68, **les simulations d'impact environnemental des bâtiments** ne sont pas définies comme un usage premier du BIM : elles sont davantage mentionnées comme 2ème ou 3ème usage. Plusieurs usages attirent notre attention par leur absence. Bien que nous ayons relevé l'importance de la phase programmation pour l'écoconception et le développement d'une démarche durable, le BIM n'est pas utilisé pour **la programmation des projets** par les BIMDD. Ce constat rejoint le manque d'usage du BIM en phase d'idéation de projet mis en évidence dans la revue de littérature (l'usage du BIM au regard de l'écoconception architecturale). Enfin, les usages de planification de maintenance, d'élaboration du dossier as-built et de simulations des performances structurelles ne sont pas mentionnées comme usages du BIM par ce profil.

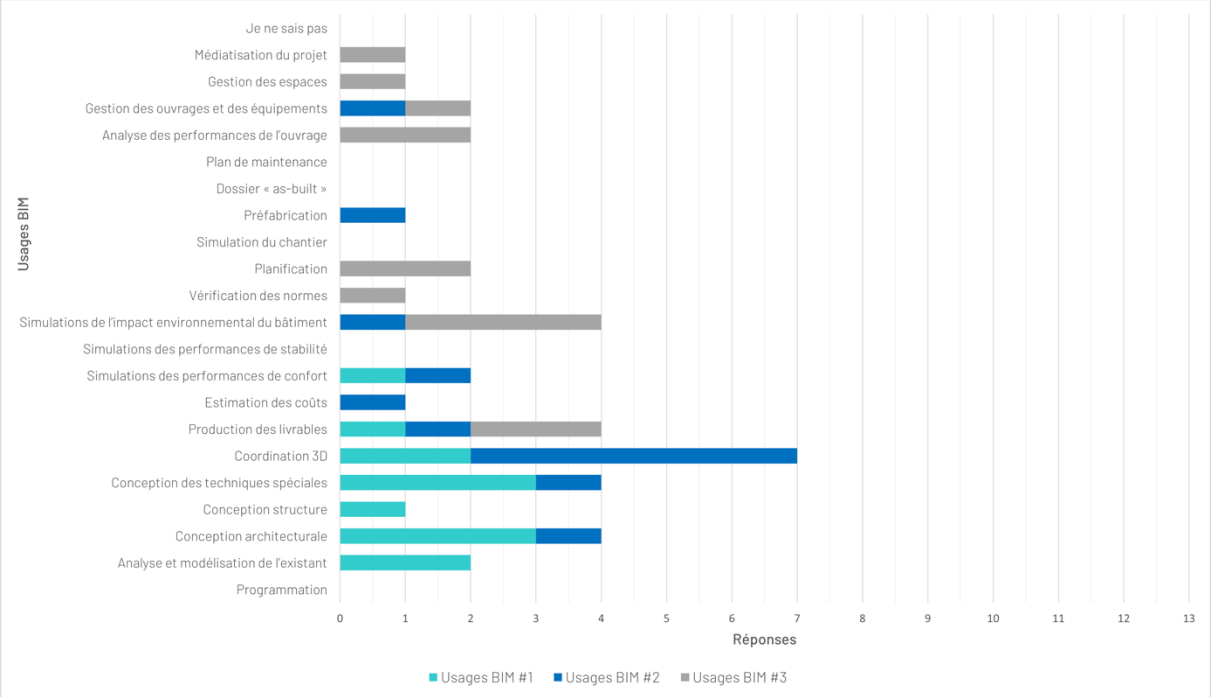


Figure 70 : Classement des usages du BIM des BIMDD (N=13)

[223] La question 42 est semi-ouverte, les répondant·e·s ont la possibilité d'ajouter d'autres usages aux 22 propositions.

Les résultats que nous venons de présenter mettent en évidence **l'influence des facteurs externes** sur les pratiques des entreprises, telles que les réglementations (internationales, nationales ou manquantes) et les partenariats (multidisciplinaires). De ce fait, nos résultats sont cohérents avec d'autres résultats dont ceux de Hochscheid (2021) qui, dans son étude des pratiques BIM en agences d'architecture françaises, a démontré la stimulation du développement et la mise à niveau des pratiques impulsées par les collaborations. Les outils et leurs usages représentent également des facteurs d'influence sur les pratiques collaboratives et numériques (Calixte 2021). Nous avons précédemment étudié la flexibilité d'usage des outils face à l'évolution des objectifs durables (Tableau 32).

A travers le Tableau 32, nous analysons maintenant **les outils en fonction des objectifs d'adoption du BIM et des usages du BIM** et plus spécifiquement, les objectifs et usages durables grâce aux questions *« Q43 Est-ce que vos outils / logiciels vous permettent de répondre à ces objectifs et usages?; Q44 – Expliquez ; Q45 – Nommez-les »*. Il y a deux tendances parmi les réponses : d'un côté, **les outils utilisés ne répondent *pas entièrement* aux objectifs et usages prévus** (Tableau 32 ; colonne i [≈] ; 53%). La mise en place de nouveaux outils ou d'extensions ; plug-in et add-on, est présentée comme une solution : *« We need to mix several software », « Il nous manque encore certains add-on à ajouter aux outils traditionnels (Revit) afin de permettre une réponse end-to-end des objectifs que nous nous sommes fixés »*. D'un autre côté, 47% du profil estime que les outils répondent à leurs objectifs et usages fixés mais nécessitent **l'utilisation d'un panel d'outils** *« utilisation de plusieurs logiciels complémentaire [SIC]»* (Tableau 32, colonne i [oui]). Le domaine d'application principal des outils[224] concerne la conception architecturale pour les architectes, ingénieurs et entrepreneurs avec les logiciels Revit ©, Archicad©, BIMoffice©, BIMcollabzoom©, SimpleBIM©, Dynamo©, Allplan©, Naviswork©, Edificius©, etc. De façon surprenante, les répondant·e·s ne mentionnent pas les mêmes outils pour les objectifs et usages BIM que pour les études durables (Tableau 31). Illustré au Tableau 32 (en vert), **le domaine d'application principal des outils mentionnés ne concerne pas les études environnementales (**répondant·e·s #25, #31, #33, #61) : seul l'outil PACE concerne l'empreinte carbone (31).

En l'état et au regard des résultats présentés concernant les perceptions du BIM et de l'architecture durable, la correspondance avec les pratiques, le portefeuille de projets, le type de travail collectif, les principes durables étudiés, les règlementations mises en œuvre ainsi que les outils / logiciels, **nous ne pouvons qualifier les BIMDD d'expert.e.s en pratiques BIM et pratiques durables.** Certaines réponses expriment des dissonances voire des incohérences entre perceptions et pratiques. Afin de comprendre les dissonances entre définitions et pratiques, nous nous intéressons maintenant **aux freins et aux attentes** vis-à-vis d'une démarche architecturale durable à travers des pratiques BIM.

[224] Recueillis sur les sites web des développeurs de logiciels

Tableau 32 : Répartition des outils/logiciels selon les objectifs et usages BIM pour les BIMDD (N=13)

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k
#	Q3 -Professions	Q41 - Objectif BIM#1	Q41 - Objectif BIM#2	Q41 - Objectif BIM#3	Q42 - Usage BIM #1	Q42 - Usage BIM #2	Q42 - Usage BIM #3	Q43 - Outils & objectifs / usages	Q45 - Noms	Champ d'application des logiciels, basé sur les drescirtptions des développeurs
5	Dessinateur.ice / Modeleurse	Maitriser les risques	Réduction des coûts d'exploitation	Optimisation de la collaboration entre les parties prenantes	Conception structure	Coordination 3D	Production des livrables	Oui	Revit	Logiciel de conception de l'architecture et de l'ingénierie
									Tekla	Logiciel de modélisation de la construction
									Strakon	logiciel de CAO BIM pour la conception structurelle
									Dynamo	Logiciel de programmation visuelle
									Autocad	Logiciel de CAO 2D
									Sketchup	Logiciel de modélisation 3D
									Invator	Logiciel de conception mécanique
17	Architecte	Maitriser les risques	Optimisation de la collaboration entre les parties prenantes	Optimiser et contrôler le planning	Conception architecturale	Coordination 3D	Analyse des performances de l'ouvrage	Oui	Allplan	Logiciel CAO 3D pour l'ingénierie structurelle, civile, préfabrication béton
									Excel	Logiciel tableur bureautique
									Robot bat	Intégrateur BIM et solutions manufacturing
									Cadwork	Logiciel de conception CAO 3D
25	Architecte	Optimisation de la collaboration entre les	Optimiser la qualité de la conception	Optimiser la construction	Conception architecturale	Coordination 3D	Simulations de l'impact environnemental du bâtiment	Oui	REVIT	Conception de l'architecture et de l'ingénierie
31	Autre	Réaliser un projet exemplaire	Optimiser la qualité environnementale	Optimiser la gestion d'informations tout le long du cycle de vie	Analyse et modélisation de l'existant	Simulations de l'impact environnemental du bâtiment	Planification	≈	PACE	Aide à la stratégie régionale en matière de faibles émissions de carbone
33	Ingénieur en développement durable	Optimiser la collaboration entre les parties prenantes	Optimiser la qualité de la conception	Optimiser la qualité de l'environnement	Conception MEP	Simulations des performances de confort	Simulations de l'impact environnemental du bâtiment	≈	NA	NA
50	Entrepreneur	Réduire les coûts d'exploitation	Optimiser la collaboration entre les parties prenantes	Optimiser et contrôler le processus de planification	Production des livrables	Estimation des coûts	Planification	≈	REVIT	Logiciel de conception de l'architecture et de l'ingénierie
51	Entrepreneur	Gestion des risques	Optimiser la collaboration entre les parties prenantes	Optimiser la construction	Coordination 3D	Préfabrication	Gestion des travaux et des équipements	≈	*'maybe internal software'**	NA
55	Autre	Réduire les coûts d'exploitation	X	X	Simulations des performances de confort	Gestion des travaux et des équipements	Gestion des espaces	≈	ARCHIBUS	logiciel de gestion de l'environnement de travail intégré ou gestion des services généraux assistés par ordinateur.
56	Maitre d'ouvrage	Réaliser un projet exceptionnel	Optimiser la gestion de l'information tout au long du cycle de vie	X	Coordination 3D	Production des livrables	Gestion des travaux et des équipements Couverture médiatique du projet	≈	BIM360 docs	Logiciel de gestion de la construction
									BIM Collab	Visualisation des modèles et gestion des problèmes pour le BIM
									Lumion	Logiciel de rendu 3D
61	Architecte	Optimiser la qualité de la conception	Optimiser la construction	Optimiser la qualité environnementale	Analyse et modélisation de l'existant	Conception architecturale	Simulations de l'impact environnemental du bâtiment	Oui	Archicad	BIM par des architectes pour des architectes
									BIMOffice	Solution BIM ouverte pour la gestion des projets de construction
									Revit	Logiciel de modélisation pour les architectes, les ingénieurs et les entrepreneurs
									BIHcollabZoom	Visualisation des modèles et gestion des problèmes pour le BIM
									SimpleBIM	Transformez les données BIM brutes en informations cohérentes et riches.
67	Architecte	Optimiser la traçabilité des décisions et interventions	Optimiser et contrôler le planning	Optimiser la construction	Conception des techniques spéciales	Coordination 3D	Vérification des normes	≈	Archicad	Conception architecturale
									CYPE	Logiciel pour l'architecture et l'ingénierie en construction
									tekla	Logiciel de modélisation de la construction
									Revit	Conception de l'architecture et de l'ingénierie
									Edificius	Logiciel de conception architecturale BIM
									Trello	Outil de gestion de projet
									Slack	Plateforme de communication collaborative
									Nextcloud	logiciel libre de site d'hébergement de fichiers et une plateforme de collaboration.
									Allplan	Logiciel CAO 3D pour l'ingénierie structurelle, civile, préfabrication béton
									Synchro	Logiciel de gestion de la construction d'infrastructures
91	Architecte	Optimisation de la collaboration entre les parties prenantes	Optimiser la qualité de la conception	Optimiser la gestion d'informations tout le long du cycle de vie	Conception architecturale	Conception des techniques spéciales	Analyse des performances de l'ouvrage	≈	REVIT	Conception de l'architecture et de l'ingénierie
									Tekla	Logiciel de modélisation de la construction
									Naviswork	Viewer 3D
102	Ingénieur BIM	Optimisation de la collaboration entre les parties prenantes	Optimiser la qualité de la conception	Optimiser l'intégration et l'application des réglementations	Conception des techniques spéciales	3D coordination	Production of deliverables	Oui	Revit	Conception de l'architecture et de l'ingénierie

4.1.1.3.7 Les efforts, l'impact et les freins sur les pratiques quotidiennes

D'une manière générale, **l'effort à fournir est important** pour adopter un processus de travail BIM (69% des BIMDD) et développer une démarche durable sur les projets (67% des BIMDD)[225]. Toutefois, malgré cet important effort à fournir, **le BIM et les démarches durables ont un impact positif sur les pratiques quotidiennes**. Les résultats des questions « *Q37/63 - Comment estimez-vous l'impact de l'adoption du BIM / de la démarche durable sur votre pratique quotidienne ?* » et « *Q38/64 - De quelle manière cette adoption du BIM / cette démarche durable impacte votre pratique ?* » sont illustrés à la Figure 71. La figure 71 présente d'un côté l'impact[226] du BIM sur les pratiques (Figure 71, gauche, bleu foncé) et l'impact du développement durable sur les pratiques (Figure 71, droite, bleu clair).

Pour une majorité des BIMDD, le BIM impacte de façon importante les pratiques : l'impact du BIM est majeur (46% des réponses) positif (31%) à très positif (15%) voir immense et très positif (23%). Près d'un·e répondant·e sur 4 considère l'impact du BIM comme mineur (23%) et négatif (15%). D'un autre côté, l'impact des démarches durables sur les pratiques est majeur (69%) et positif (46%) voir très positif (15%). Très peu estime que l'impact est minime (8%). Toutefois, pour près d'un·e BIMDD sur 4, les démarches durables n'ont pas d'impact sur les pratiques, elles sont neutres (23%).

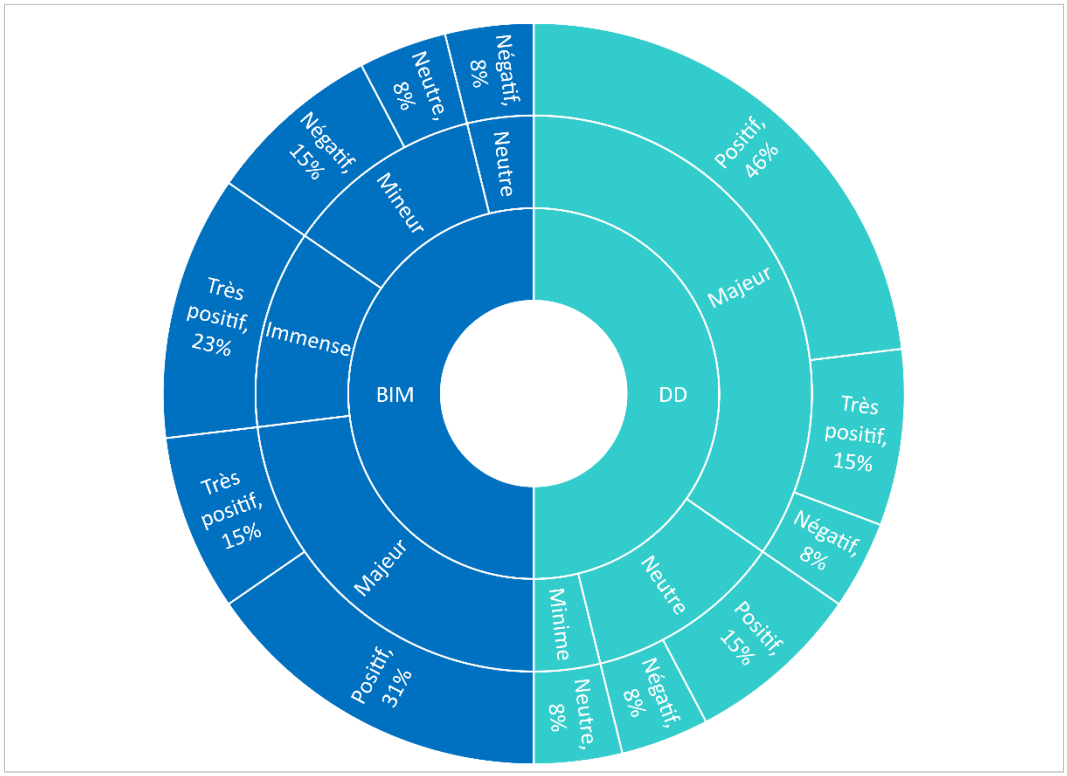


Figure 71 : Evaluation de l'impact du BIM et des démarches durables les pratiques des BIMDD (N=13)

[225] Q-35/61 - Comment estimez-vous l'effort que vous devez fournir pour adopter le BIM / pour atteindre les objectifs de la démarche durable? Où 1 = minime, 2 = mineur, 3 = neutre, 4 = important , 5 = immense

[226] L'intensité de l'impact, c'est-à-dire de minime à immense, et la manière de l'impact, de très négatif à très positif.

En termes d'effort et d'impact sur la pratique, les freins au BIM et à la durabilité sont explorés par les questions fermées Q36/62 - Parmi les propositions suivantes, pouvez-vous classer de 1 à 5 les freins au développement du [BIM] / [approche durable] ? » Les propositions de l'enquête sont basées sur la littérature (Dautremont, Dagnelie, et Jancart 2018) (Charef, Emmitt, et Fouchal 2019) (NBS 2019) (Hochscheid et Halin 2019). En effet, de nombreuses études ont traités **les freins à l'adoption du BIM** et aux démarches durables, nous les avons mentionnées précédemment. Charef et al. (2019) ont identifié des freins d'ordre culturels tels que la résistance au changement par les acteur·rice·s du secteur. Les rapports du NBS (National Building Specification) soulignent le manque d'expertise interne aux entreprises comme principal obstacle (NBS 2018) (NBS 2019).

Les résultats de notre enquête concernant les freins à l'adoption du BIM sont illustrés à la Figure 72 et peuvent être lus soit vis-à-vis de leur récurrence soit vis-à-vis du classement. Ils sont sensiblement différents des études précitées. **Les freins techniques, technologiques et culturels** se partagent la tête du classement à travers : *le manque de main d'œuvre qualifiée, la nécessité d'un changement culturel ainsi que le manque d'interopérabilité parfaite et un BIM immature* (R=2) . Ces 3 catégories de freins regroupent en effet des barrières à l'adoption du BIM de premier ordre (Figure 72, bleu foncé, triangles rouges). Les freins techniques et technologiques se démarquent par leur récurrence à travers : *les nouvelles méthodes collaboratives et le manque d'interopérabilité qui* représentent les freins les plus cités (ordre d'importance confondu) parmi les réponses des BIMDD (R=7). Les règlementations assurancielles, contractuelles, légales, de droits d'auteur·rice·s, ne représentent pas des freins pour ce profil.

D'un point de vue **des freins durables**, la Figure 73 détaille les récurrences et le classement des barrières au développement d'une démarche durable. Globalement, **4 freins se distinguent** (Figure 73, triangles rouges): *l'absence de prise de conscience des acteur·rice.s de projet et la résistance au changement* (freins **culturels**), *l'inadaptabilité des méthodes de construction au DD* (frein **technique**) et *le manque de cadre règlementaire* (frein **règlementaire**). Le classement présente des résultats sensiblement différents. Les 3 freins les plus récurrents au sein du classement sont : la résistance au changement et absence de prise de conscience (culturels), méthodes de construction inadaptées au DD (technique) et le manque de prescription légales (réglementaire). Les répondant.e.s se sont peu confrontés à des logiciels peu efficaces pour le développement des démarches durables (**technologique**). Ce constat rejoint les résultats présentés précédemment : plus les pratiques technologiques sont acquises, moins les logiciels représentent un frein aux développement des pratiques durables.

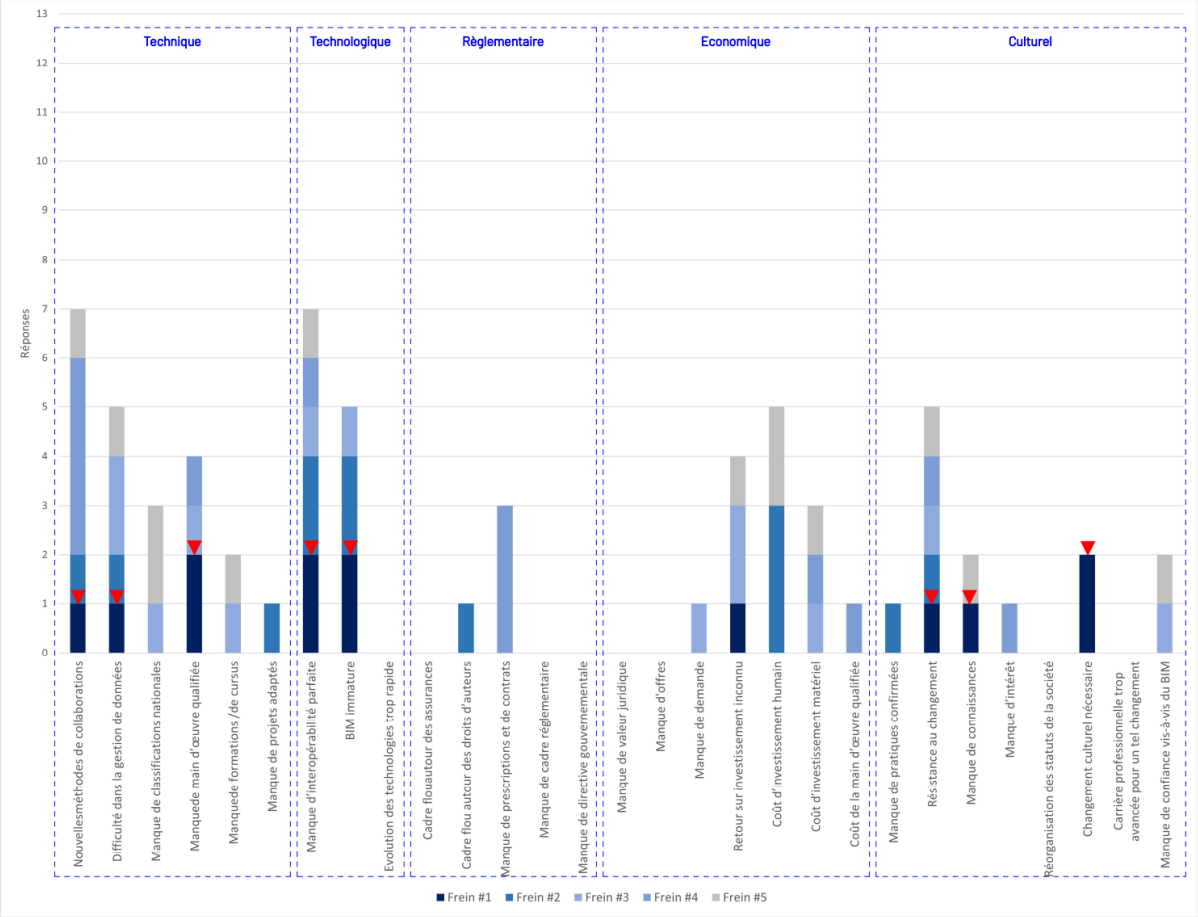


Figure 72 : Classement des 5 freins à l'adoption du BIM pour les BIMDD (N=13)

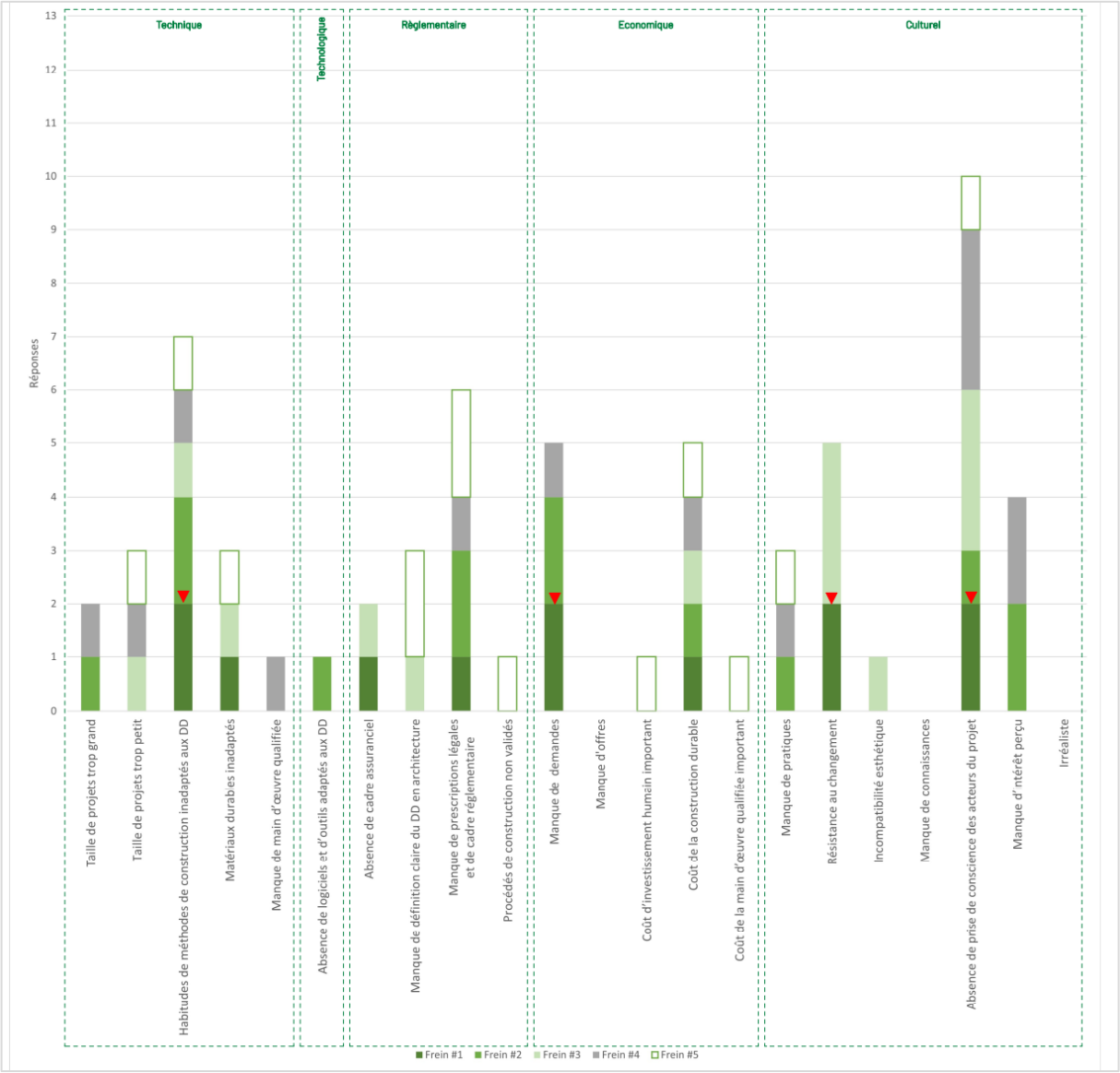


Figure 73 : Classement des 5 freins aux démarches durables dans les pratiques des BIMDD (N=13)

4.1.1.3.8 Les perspectives de développement attendues

Le BIM peut servir le développement durable d'un projet architectural pour l'ensemble des BIMDD [227] (100%, N=13). Détaillées au Tableau 33, les réponses explicatives expriment les avantages perçus d'associer des pratiques BIM avec des pratiques durables. Parmi les 13 réponses à la question ouverte *Q81 – Expliquez votre réponse,* nous avons identifié 15 unités de sens, réparties selon 5 catégories (oui, non, autre, ne sait pas, inclassable). Les catégories affirmatives

[227] Selon les réponses à la question fermée Q80- Selon vous, est-ce que le BIM peut servir le développement durable dans un projet d'architecture ?

regroupent elles-mêmes 14 sous-catégories basées sur la revue de littérature d'une part et sur les réponses elles-mêmes d'autre part (méthodes déductive / inductive).

La catégorie la plus récurrente parmi les réponses des BIMDD concerne **les simulations, les évaluations et les vérifications** [2.12]. Les simulations énergétiques peuvent être réalisées avec le BIM *: « pour simuler plus finement les performances énergétiques, le niveau de confort atteint, la lumière Naturelle, la neutralité carbone… », « (…) to calculate the embodied carbon in a building»* ou encore *« Efficiency energy simulation».* La vérification se concentre sur les « choix de matériaux » en lien avec d'autres outils de calcul dont TOTEM© afin *« d'automatiser des indicateurs quantifiables de durabilité »*. **Le cycle de vie** [2.11], thématique amplement discutée à travers les précédents résultats, est la seconde catégorie la plus citée parmi les explications données : en effet, le BIM permettrait une *« meilleure gestion des bâtiments via les informations contenues dans le* [modèle] *BIM »*, une *« digital pre-construction »*. Le BIM permettrait ainsi d'anticiper la fin de vie du projet *; « Design for deconstruction »*. A plus grande échelle, la prise en compte du cycle de vie s'intègre dans une pensée d' *« urban mining ». Tout* au long de son cycle de vie, **l'évolution du projet est synchronisée** avec le modèle virtuel, *« suivi et mis à jour »* [2.6].

Confirmant les résultats de la littérature, les notions de durabilité, telles que *« la conception passive »* requière un niveau élevé de connaissances *« détaillées »*. Pour y faire face, *« les **protocoles et méthodes** obligatoires »* liées au BIM peuvent supporter ce niveau de connaissances et de détails [2.8]. Une meilleure connaissance aux prémices de la conception impacte positivement le projet. Par exemple, de *« meilleures estimation correcte des quantités » avec le modèle BIM implique «une réduction des chutes* [et la] *prévention des déchets »* [2.4]. Le BIM **accroit la coordination, la collaboration** et de ce fait l'ensemble du processus de travail y compris *« la conception dès l'entame du projet par un outils [SIC] favorisant les échanges ne peut qu'améliorer la pratique »* globale [2.5]. L'un·e des répondant·e·s exprime le changement auquel le secteur fait face actuellement, et « même si ce n'est pas le BIM qui va tout bouleverser, il reste un outil de partage (…) », le levier du changement et du développement durable est extérieur au BIM « c'est l'input qui compte » [3].

Tableau 33 : Répartition des unités de sens des réponses explicatives du BIM au service d'une DD (N=13)

Catégories et sous-catégories des unités de sens aux réponses explicatives « Le BIM peut-il servir le DD dans un projet d'architecture ? »	Récurrences des unités de sens
1 Non	0
2 Oui	12
2.1 Support à la conception	0
2.2 Support à la décision	0
2.3 Comparaison de scenarii	0
2.4 Accroitre les connaissances du projet	1
2.5 Coordination, collaboration	1
2.6 Evolution synchrone, mise à jour, monitoring	1
2.7 Gestion de données, base de données	0
2.8 Procédés et méthodes de travail	1
2.9 Optimisation de la construction, contrôle	1
2.10 Planification	0
2.11 Gestion du cycle de vie	3
2.12 Simulation, évaluation, vérification	4
2.13 Traçabilité	0
2.14 Vision multicritères, multithématiques	0
3 A conditions	1
4 Autre / inclassifiable	1
5 Ne sait pas	1
TOTAL	15

Au regard de ces résultats, nous avons questionné les BIMDD sur « *Q82* - **les développements prioritaires pour faciliter une architecture durable en BIM** ». Parmi 7 propositions[228], 2 évolutions attendues se démarquent : **la nécessité d'un changement culturel** (25%) **et le déploiement d'un cadre réglementaire, normatif et juridique** (21%). Après analyse des réponses explicatives (Q83), les deux développements semblent corrélés : *« Il faut sensibiliser et réglementer pour imposer la pertinence et l'utilité du concept »*. Toutefois, l'un·e des répondant·e·s soulève des incohérence : *« construire passif en France est à contre courant. la page chauffage de la RT 2012 et bientôt 2020 interdit de ne rien mettre. cette réglementation oblige à la consommation »*. Les développements techniques (18%), économiques (14%) et technologiques (7%) sont moins mis en avant en tant que développements prioritaires.

L'analyse des développements attendus démontre quelques nuances de résultats entre les développements donnés à la question fermée Q82 (R=25 parmi 13 réponses) et les développements détaillés à la question ouverte Q83 (R=15). Nous mettons en parallèle la moyenne des résultats présentés à la Figure 74.

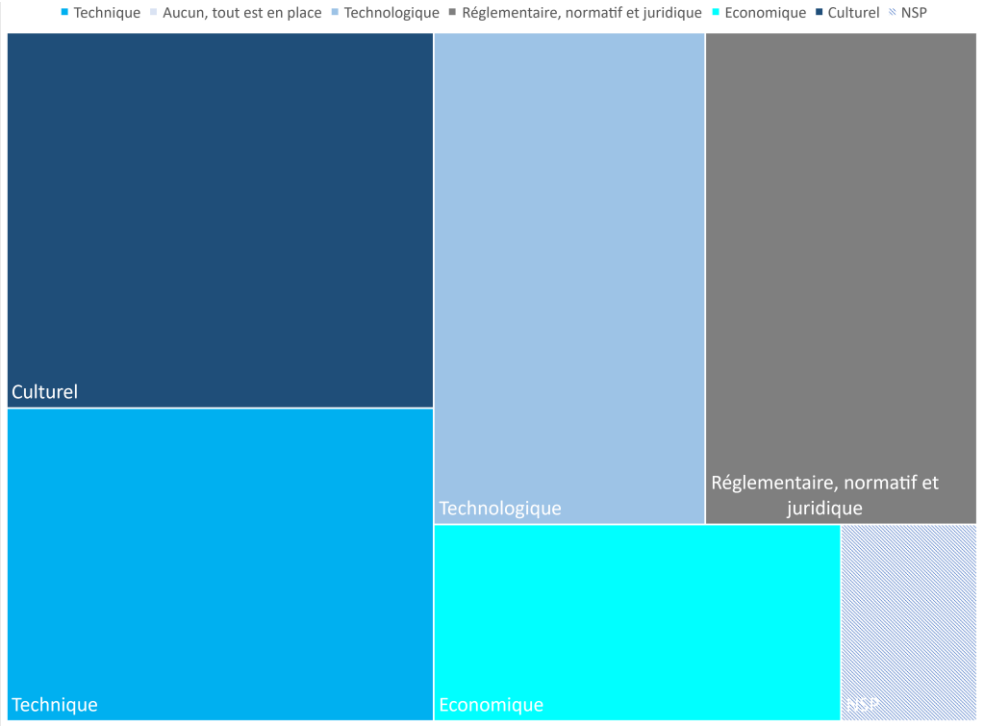
[228] Y compris une réponse ouverte « autre » qui permettait aux répondant·e·s de s'exprimer.

D'un côté, les réponses se répartissent comme suit : **le changement culturel** est prioritaire (24%), les développements règlementaire, technique et technologique ont le taux même de récurrence (20% chacun). Les répondant·e·s attendent peu d'incitants économiques (12%)(Figure 74, haut). D'un autre côté, **le développement technologique** est décrit comme le premier changement nécessaire (33%), suivi des développements règlementaires (27%) et culturel (20%). Les développements technique et économique apparaissent peu dans les explications données par les BIMDD (Figure 74, bas). En effet, les explications s'articulent soit autour du *« changement de mentalité »*, soit autour des outils *: « actuellement, c'est la bibliothèque et la difficulté de générer de nouveaux modèles qui peut être ressenti comme un frein. (...)[SIC]»*; *« Les outils liés aux sujets évoqués à la question 57 ne sont pratiquement pas développés ou totalement absents du paysage »*, ou encore *« Le lien entre BIM et TOTEM n'est pas encore suffisamment efficace pour des grands immeubles »*.

Enfin, une dernière question semi-ouverte nous permet de visualiser les évolutions attendues par les répondant·e·s : *Q84 - Comment voyez-vous l'évolution de votre pratique dans ces deux domaines ?* Un tiers du profil imagine l'évolution de leur pratique à travers **le développement des procédés et méthodologies de travail** (31%) combinant les visions institutionnalisées avec la créativité élaborées par les praticien·ne·s : *« Bottom up convine [SIC] with up down »*[229]. Pour un quart de l'échantillon (23%), l'évolution des pratiques passera par le développement de nouveaux outils tandis que d'autres (23%) prévoient le développement d'une nouvelle stratégie nationale durabilité avec le BIM : *« Développement de projets de construction basés sur une interopérabilité et une vision commune entre les différents acteurs concernés grâce au partage des mêmes modèles, données, langage ... Le BIM pourrait être l'Esperanto des projets de construction durable! »*[203].

[229] Réponses recueillies à la question ouverte Q85 - écrivez votre vision idéale d'une architecture durable en BIM. Traduction personnelle: « " Le bas vers le haut convainc avec le haut vers le bas "

Développements prioritaires attendus pour faciliter une architecture durable par les pratiques BIM
Résultats de la question fermée Q82 (N=13)



Développements prioritaires identifiés dans les réponses à la question ouverte Q83 (N=13)

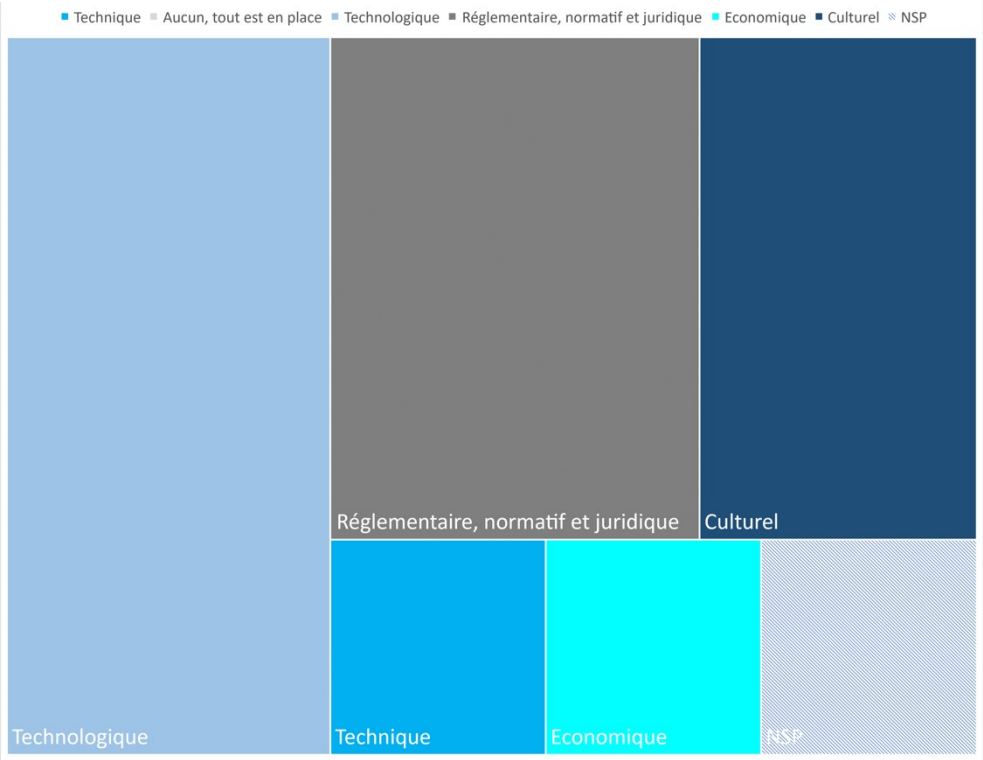


Figure 74: Répartitions des développements prioritaires attendus pour les pratiques BIM durables, résultats Q82 (Gauche) Développements prioritaires identifiés, résultats Q84 (Droite)

4.1.1.3.9 En conclusion

L'analyse qui vient d'être présentée fait écho à la revue de littérature avancée - L'analyse des pratiques d'expert·e·s du domaine en BIM et en durabilité - présentée au 1er chapitre et menée parallèlement à notre enquête. Notre premier objectif à travers cette revue avancée était d'esquisser un premier inventaire des pratiques BIM et durables en Europe. Nous avons constaté que les enquêtes décrites dans cette revue ont été largement menées dans le Nord de l'Europe auprès d'expert·e·s en BIM durables, sans toutefois définir ce qu'inclut l'expertise étudiée et sans consensus établi sur les thématiques durables étudiées : les pratiques durables sont tantôt singulières, tantôt plurielles, souvent différentes.

Au regard de ces constats, nous avons analysé l'un des seize profils de notre échantillon d'enquête, en mettant l'accent sur les pratiques des répondant·e·s qui s'apparentent le plus à des expert·e·s, dénommés BIMDD : 13 praticien·ne·s ont été identifiées parmi les 104 répondant·e·s de l'enquête. Notre enquête complète la cartographie des pratiques multidisciplinaire BIM et durables en Europe centrale et occidentale[230]. A l'instar des super-utilisateurs en conception numérique (de Boissieu 2020), nous nous sommes concentrées sur les pratiques à travers l'analyse des compétences plutôt qu'à travers les rôles définis par les répondant·e·s. Plusieurs concepts ont été attentivement étudiés : les profils et les années d'expérience, les typologies de projets, les étapes de développement dans le cycle de vie, les perceptions et mise en application, le travail collectif, les objectifs et usages du BIM au regard des pratiques durables, les principes durables, les outils, les freins et besoins et enfin les perspectives de développement.

A l'issue de cette analyse et consciente de l'échantillon réduit des BIMDD (N=13), nous observons qu'en l'état, nous ne pouvons définir ces répondant·e·s d'expert·e·s. En effet, plusieurs paradoxes ont été mis en lumières tout au long de l'étude du profil. De ce fait, pour pouvoir massifier les pratiques durables à travers des pratiques BIM, il semble nécessaire d'en définir les contours conjointement, c'est-à-dire à travers un consensus national ou européen. Cette perspective rejoint les conclusions de Olawumi and Chan (2018) sur le rôle des règlementations. Nos résultats d'enquête confirment **l'influence des réglementations** sur le développement des pratiques : certains principes durables sont largement développés tels que l'énergie et le cycle de vie, y compris les principes d'économie circulaire, qui profitent tous deux des directives européennes et d'un coup de projecteur depuis plus d'une décennie. D'autres principes durables comme la biodiversité et la qualité de l'eau sont peu présents voir absents des pratiques étudiées ici.

De plus, **l'absence de stratégie réglementaire** au niveau national entraîne une mauvaise collaboration entre les acteur·rice·s et un essoufflement des « expert·e·s ». Ces dernier·e·s doivent « tirer » leurs partenaires de projets, attentistes d'un cadre réglementaire. Ces attitudes ont largement été soulignées par nos résultats, tant pour les pratiques BIM que pour les pratiques durables, en tant que **freins culturels** et font écho aux résultats de la littérature. Selon les BIMDD,

[230] Comme annoncé au début de cette section de résultats, l'interprétation des résultats qui viennent d'être représentés doivent être nuancés au regard de la sur représentativité de la Belgique par rapport aux autres pays européens.

les pratiques durables à travers le BIM seront facilitées par l'intensification d'un triple **développement équilibré entre le changement culturel** (formations, prise de conscience) et **les développements technologique** (outils / logiciels) **et technique** (procédés et méthodes). Ces trois développements conjoints permettent de déjouer les limites et dérives liées aux règlementations, identifiées au premier chapitre. Ainsi, c'est l'ensemble du secteur, qui profitant de l'émulation qu'entraine les réglementations, évolue à tous les niveaux de façon créative et plurielle. Se distinguant parmi les résultats, proposer **une méthodologie commune de travail de pratiques durables et de pratiques BIM** pourrait être une réponse aux attentes du secteur.

Ces résultats entrent en **résonnance avec les recommandations** d'autres études, mises en lumière au premier chapitre, dont le développement d'une base de données commune et standardisée pour différents pays, l'harmonisation des méthodes et des règles pour les études et les certifications durables, un accord sur la terminologie et sur les étapes du cycle de vie à couvrir, l'élaboration de méthodes et de guides, manuels ou tutoriels pour les échanges de données liées à la durabilité à travers les modèles BIM, et le développement d'une interface conviviale et intuitive.

Enfin, grâce à la multidisciplinarité des profils BIMDD, nous confirmons que la mise en œuvre d'une approche durable n'est pas une compétence supplémentaire ni à l'architecture, ni à l'ingénierie, structurelle ou technique, mais **une compétence transversale à toutes les compétences professionnelles**. Par conséquent, le BIM et les objectifs et usages durables doivent être synchronisés dès la conception et tout au long du cycle de vie du projet. Pour y parvenir, une réelle interopérabilité est nécessaire avec des outils ouverts (OpenBIM) et accessibles à tou·te·s dès la programmation du projet.

4.1.2 L'agence partenaire de la recherche : BSolutions (N=40)

L'agence partenaire s'est prêtée au jeu du diagnostic des pratiques en répondant à l'enquête en ligne. Afin d'assurer l'anonymat des répondant·e·s, nous nous sommes basées sur la période de remplissage de l'enquête pour distinguer les collaborateur·rice·s de l'agence partenaire des autres répondant·e·s. Sur la scène belge, l'agence s'est distinguée par l'adoption précoce de pratiques BIM. Sur base d'entretiens, nous avons retracé l'évolution des pratiques de l'agence d'un point de vue numérique, collaboratif et durables en début de doctorat. Les résultats des entretiens ont fait l'objet d'un papier (Dautremont, Martin, et Jancart 2020). L'objectif de l'enquête est d'identifier les pratiques par disciplines et de comprendre l'influence du BIM et du développement durable comme compétence transversale. Nous utilisons l'acronyme [BSL] pour identifier ce profil de répondant·e·s.

4.1.2.1 Les profils multidisciplinaires et d'expérience multiples

L'agence se compose de deux grandes entités : d'un côté l'architecture, qui représente 40% de l'équipe, de l'autre l'ingénierie qui représente 60% de l'équipe. L'échantillon se structure de façon sensiblement différente (Figure 75): **40% des répondant·e·s sont architectes** et **près d'un·e répondant·e sur 3 est ingénieur·e (31%)**. Parmi ces dernier·e·s, 15% sont ingénieur·e·s en techniques spéciales (TS), 13% ingénieur·e·s en stabilité (Stab), 3% ingénieur·e·s BIM. Les modeleur·se·s et les coodinateur·ice·s sécurité / santé représentent respectivement 13 et 5% de l'échantillon. La fonction la plus représentative de l'échantillon est **le·a chargé·e de projet** (43% de l'échantillon), suivi des coordinateur·rice·s (13%), des dessinateur·rice·s (10%) et project manager (10%). Enfin, à l'instar des autres profils étudiés pour cette enquête, 10% de l'échantillon ne se retrouve pas dans les professions proposées, ils et elles occupent des fonctions de direction, de dessin /modélisation, de gestion de projet et gestion informatique.

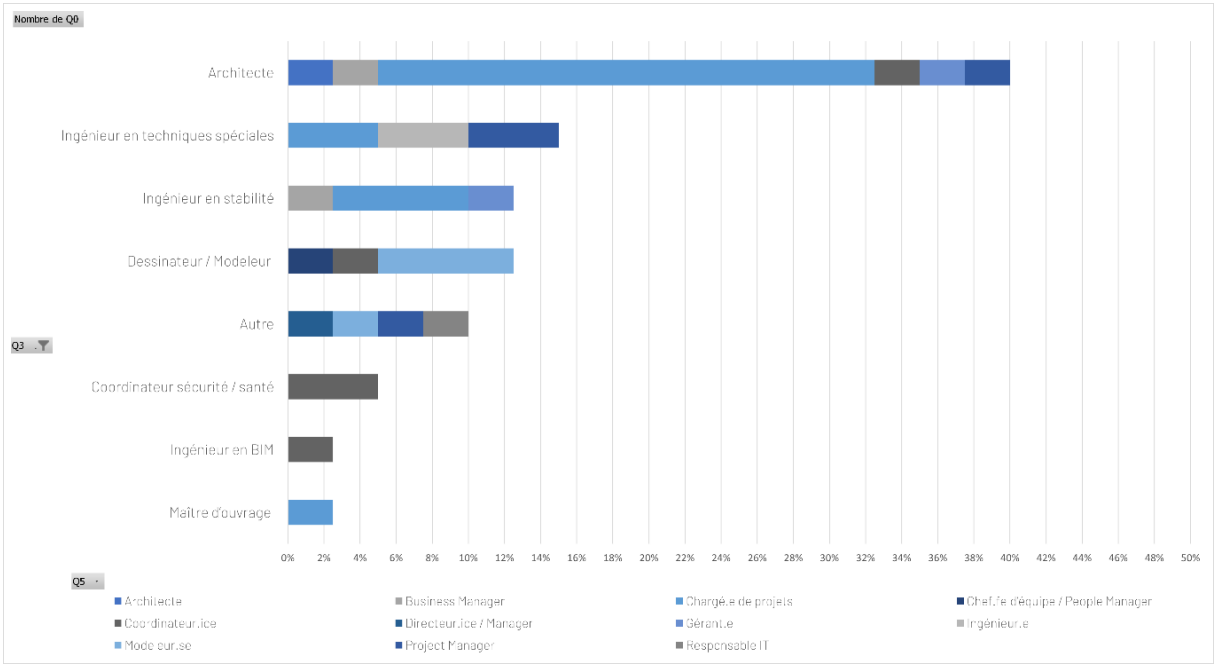


Figure 75 : Répartition des professions et des fonctions de l'échantillon (N=40)

La représentativité **des carrières professionnelles** est équilibrée (Figure 76). Un peu moins de la moitié de l'échantillon exerce depuis plus de 10 années (45%) et se détaille comme suit : 15% entre 11 et 15 ans (séniors) et 30% plus de 16 années d'expérience. Un·e répondant·e sur 4 a une expérience professionnelle entre 6 et 10 ans (médiors, 25%) et près d'un·e répondant·e sur 4 a une expérience de 3 à 5 ans (juniors, 22%). Les stagiaires, au sens où nous l'entendons dans l'analyse des résultats c'est-à-dire des répondant·e·s ayant moins de 2 ans d'expérience, sont les moins représenté·e·s de l'échantillon (8%). En croisant les années d'expérience avec les professions, ce profil concerne un·e ingénieur·e BIM, un·e ingénieur·e TS et une maitrise d'ouvrage.

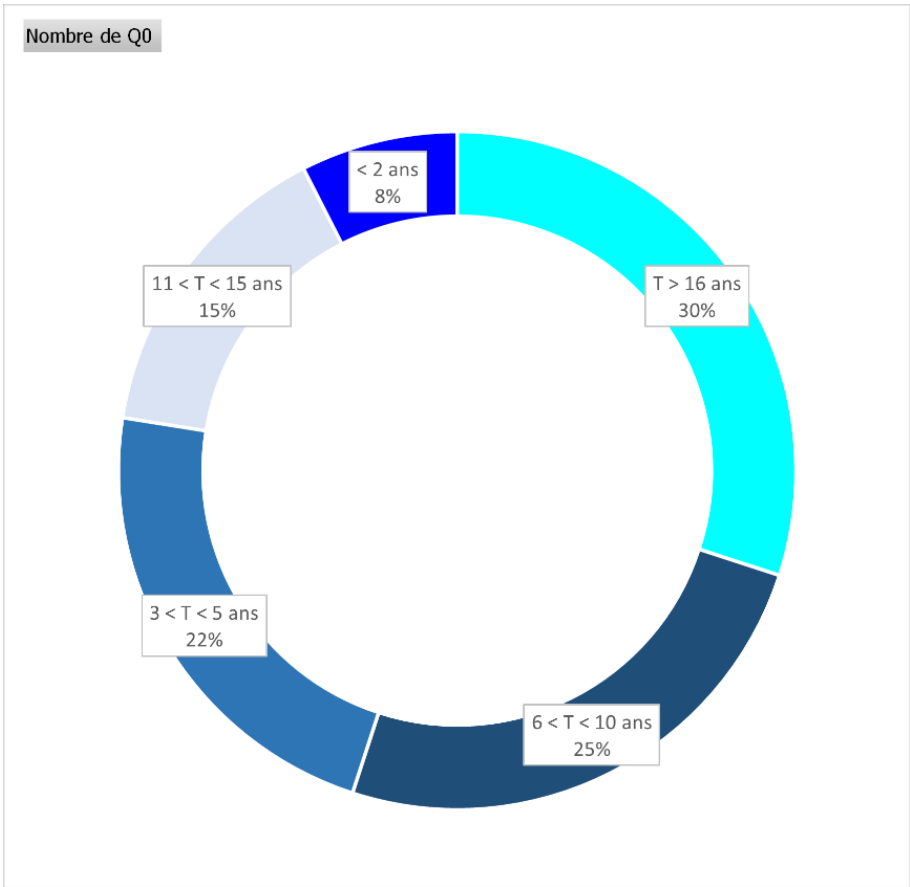


Figure 76 : Répartition des années d'expérience professionnelle (N=40)

4.1.2.2 Le type de travail collectif : conversion selon les partenaires internes ou externes

Plusieurs caractéristiques présentent un intérêt dans l'étude du travail collectif, il s'agit de la multidisciplinarité des compétences métiers, l'adoption des pratiques BIM et de pratiques durables ainsi que la taille de l'entreprise. Grâce à 4 questions fermées, nous étudions le type de travail collectif au regard du niveau de satisfaction lié, tant pour le travail entre collaborateur·trice·s qu'avec les partenaires externes (Q12.1 ; Q12.2 ; Q14.1 ; Q14.2). Au regard des résultats (Figure 77), nous constatons **une conversion de typologie de travail collectif lorsqu'il s'agit de partenaires internes ou externes à l'agence.** Plusieurs répondant·e·s témoignent : *« Au sein de notre entreprise, nous travaillons avec les architectes et ingénieur [SIC] pour coordonner tout le projet. A l'extérieur c'est plus compliqué »*[231].

Avec les partenaires externes, le travail est d'abord coopératif (65%) et à tendance satisfaisante (28% sont satisfait·e·s et 3% très satisfait·e·s). Une minorité de l'échantillon travaille de façon collaborative sur les projets (15%). Certain·e·s adaptent leur façon de travailler selon les disciplines, leur procurant un bon niveau de satisfaction.

Au sein du bureau, près de la moitié des répondant·e·s de l'agence collaborent entre eux/elles (48% des réponses concernent **le travail collaboratif**). Cette façon de travailler leur procure un niveau de satisfaction majoritairement bon : 33% des réponses décrivent un niveau satisfaisant et 5% très satisfaisant. Pour une minorité, le travail collaboratif n'a pas d'impact sur le niveau de satisfaction (10% neutre). Pour un·e collaborateur·rice sur 4, le travail collectif interne est **coopératif** (25%) avec un niveau de satisfaction relativement satisfaisant. Toutefois, l'insatisfaction, bien que faible, est exprimée dans cette typologie de travail (Figure 77, insatisfait, 3%). Une minorité adapte leur façon de travailler selon les disciplines avec lesquelles ils et elles travaillent (13%), toutefois, l'un·e des BSL regrette un choix exclusif : **le travail collectif ne dépendrait pas des disciplines mais du projet en lui-même** : *« Il est domage [SIC] que le choix soit exclusif, en réalité cela dépend des projets. Pour les petis [SIC] projets c'est en silo. Pour les grands projets, en moyenne : 50% coopératif 50% collaboratif »*. D'autres confirment : *« différent pour chaque type de projets ainsi que les ces acteurs», « Pour les petits ou moyens projets, le manque de temps tend à diminuer la communication avec les autres intervenants »*.

De façon surprenante, le reste de l'échantillon travaille seul (13%) ou en silo (3%). Nous avons voulu comprendre ce qui pousse les répondant·e·s à **se « désolidariser » de l'agence.** D'un côté, le travail seul est mené exclusivement par des architectes (13%). Ces résultats peuvent être lié au statut d'indépendant·e imposé par l'Ordre des Architectes. D'un autre côté, ce sont des profils de gestion de projets (project manager) qui mènent un travail en silo : *« mission mono* [discipline] *internes mais avec partenaires externes »*.

D'une manière générale, les façons de travailler n'entrainent que très peu d'insatisfaction : 8% des collaborateur·rice·s sont insatisfait·e·s du travail collectif interne et 10% en externe.

[231] Réponses à la question ouverte Q-13 Vous pouvez expliquer votre réponse.

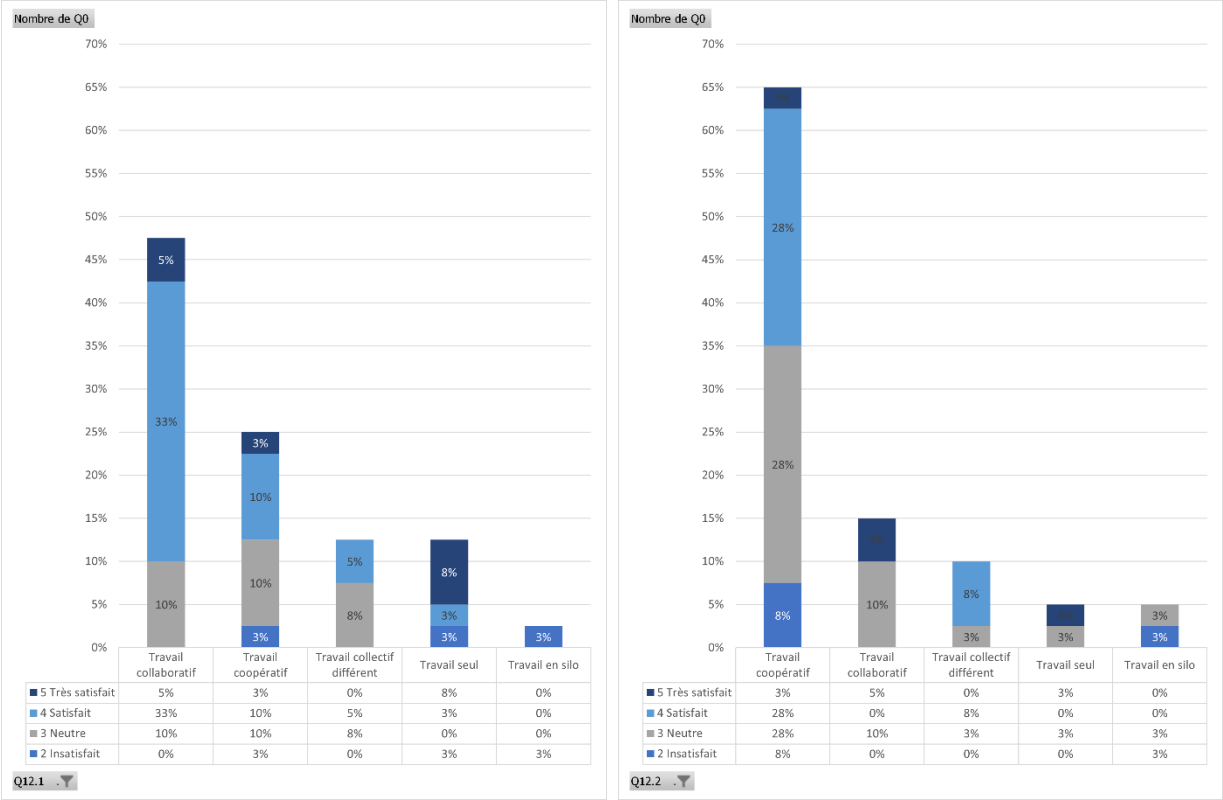


Figure 77 : Niveau de satisfaction lié au type de travail collectif interne à l'agence (gauche) et avec des partenaires externes (droite) - (N=46)

Parmi les réponses apportées, l'un·e des répondant·e·s transfère l'objet de la question (le type de travail collectif) vers le niveau des pratiques BIM, et particulièrement le niveau 2, en parlant de synchronicité de travail autour d'un modèle : *« En tant que bureau intégré, nous travaillons à plusieurs métier sur le même modèle. Par contre pas en temps 'réel' (en tout cas le plus souvent)[SIC]»*. Ceci nous amène à questionner l'échantillon de l'agence vis-à-vis de la matrice des profils. Cette réponse semble démontrer une connaissance du BIM avancée. Nous nous penchons sur les compréhensions dans les sections suivantes.

4.1.2.3 La matrice des 16 profils : une agence aux pratiques BIM et durables ?

La matrice des profils présente les répondant·e·s selon les pratiques BIM et selon les pratiques durables (passives/ actives, planifiées ou non). La majorité des répondant·e·s se situe dans les quadrants supérieurs droits (N=30 soit 75% de l'échantillon), ce qui traduit globalement **une entreprise avec des pratiques BIM et des pratiques durables**. L'analyse croisée des pratiques et des professions pour chacun des 4 quadrants montre quelques tendances entre discipline et pratiques : les architectes ne participent pas activement aux pratiques BIM ni aux pratiques durables ($BIM_{PA}DD_{PA}$). Les ingénieurs en TS sont davantage actif·ve·s en durabilité qu'en BIM ($BIM_{PA}DD_{AC}$), contrairement aux ingénieurs en stabilité ($BIM_{AC}DD_{PA}$).

Parmi l'échantillon, les profils « non-BIM », représentés à gauche de l'ordonnée sur la Figure 78, sont moins nombreux (11%) que les « non-durables » (23%), représentés en dessous de l'abscisse. **Ces résultats esquissent une première tendance de pratiques BIM davantage ancrées**

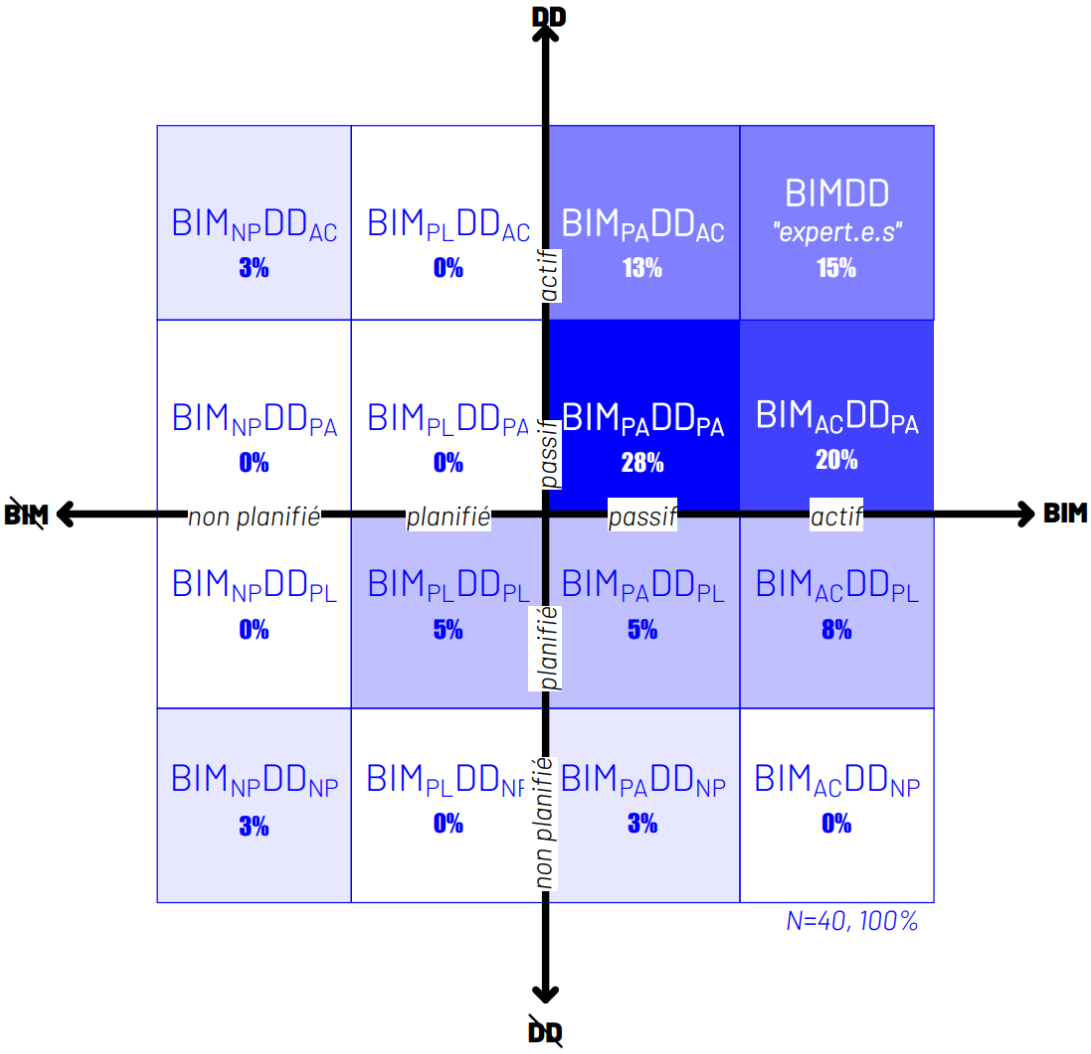


Figure 78: Répartition de l'échantillon BSL selon la matrice des 16 profils (N=40)

que les pratiques durables. Nous vérifierons cette tendance dans les prochaines sections à travers les perceptions et les principes durables développés.

4.1.2.4 Le portfolio de l'agence: corrélation entre typologie de projets et pratiques BIM et durables ?

Pour étudier les pratiques, nous étudions les projets menés au sein de l'agence. Nous nous penchons d'abord sur **les typologies de projets** avant de nous concentrer sur les projets BIM et les projets durables. Les secteurs d'activités de l'agence sont pluriels. Selon la moyenne des 40 réponses à la question fermée « *Q9 - Pouvez-vous répartir en pourcentage les activités de votre entreprise par secteur ?* », **3 secteurs d'activités se démarquent** : le secteur commercial (29,3% des réponses), le secteur industriel (16,3%) et le secteurs des bureaux (15,1%). L'agence a peu de projets *d'aménagement urbain et paysager* (0,5%). Ces résultats font échos aux secteurs d'activités présentés par l'entreprise elle-même. Selon les réponses de l'enquête, le secteur résidentiel unifamilial représenterait un dixième des activités de l'agence (10,0%). En nous penchant sur ces résultats, nous constatons qu'elles proviennent exclusivement des architectes. Selon notre hypothèse, ces résultats pourraient traduire leur propre catalogue de projets en tant qu'indépendant·e·s. Aussi, le portfolio des projets est principalement composé **de projets neufs** (59,5% des réponses), et réalisés majoritairement en **marchés privés** (66,2% des réponses)[232].

Nous questionnons à présent **les projets BIM et les projets durables** grâce à 2 questions fermées « *Q32 / 50 - Sur les 3 dernières années, quel est le pourcentage de vos projets réalisés en BIM/ avec une démarche durable ?* »[233]. Avant de détailler les pourcentages, nous constatons **un taux d'abstention de réponse de 20% pour les projets BIM, taux qui s'accroît considérablement lorsqu'il s'agit des projets durables ; 68%.** Basé sur les réponses données, l'échantillon estime en moyenne que les projets BIM et les projets durables représentent sensiblement la moitié du portfolio projets : respectivement 44% et 48%.

En questionnant uniquement les répondant.e.s travaillant activement sur des projets BIM et des projets durables, les taux d'abstention chute : pour le BIM, le taux d'abstention passe de 44% à 3%, alors que pour les démarches durables, le taux d'abstention disparait, passant de 68% à 0%. Pour ces répondant·e·s, les projets BIM et les projets durables représentent plus de la moitié du portfolio projet, respectivement 62% (au lieu de 44%) et 51% (au lieu de 48%). Ces résultats expriment un manque de connaissances de ces projets pour les autres collaborateur·rice·s, qui ne sont pas BIMDD et qui n'y travaillent pas activement.

[232] Résultats obtenus grâce aux questions fermées
Q10 - La Nature des marchés de projets de votre entreprise est » : 0% correspond à des marchés entièrement privé ; 100% = des marchés entièrement publics.
Q11 - Le type des projets de votre entreprise est : » 0% = uniquement des projets de transformation ; 100% = uniquement des projets neufs
[233] Où 100% = l'ensemble de vos projets sur les 3 ans passés pour la période 2016 – 2019

4.1.2.5 Des pratiques BIM acquises et des pratiques durables telles que définies

Parmi les 40 réponses à la question ouverte « *Q15* – **Comment définiriez-vous le BIM ?** », nous avons identifié 85 unités de sens répertoriées selon les 9 catégories (Tableau 34). Trois catégories d'unités de sens se démarquent parmi les réponses : elles concernent **le travail collaboratif** (R=17), **les informations centralisées** (R=17) **et le modèle numérique** (R=16)**.** La catégorie liée **à la gestion tout au long du cycle** de vie représente la 5ème catégorie la plus récurrente (R=12). Ces catégories font référence, sans les mentionner, aux caractéristiques qui définissent le BIM selon l'ISO19650 (International Standard Organization 2018). Selon nos résultats, ces unités de sens mettent en évidence la compréhension et l'acquisition des caractéristiques du BIM par la majorité des collaborateur·rice·s (62 unités de sens pour 4 catégories précitées, sur un total de 85). Les outils représentent une catégorie peu mentionnée (R=4) : soit les outils accompagnent le travail collaboratif ; *« acteurs avec des outils compatibles entre eux »*, soit le BIM est perçu comme un outil de gestion ou de coordination *« C'est un outil de gestion »*, *« Outil permettant de coordonner les différents secteurs/acteurs d'un projet, (…) »*. Toutefois, nous constatons qu'aucun logiciel n'a été mentionné dans les réponses, de ce fait le terme outil serait davantage à comprendre comme *« élément d'une activité qui n'est qu'un moyen »*[234].

La catégorie liée à la conception se démarque par son absence (R=1). En effet, malgré des profils exclusivement de concepteur·rice·s, peu de répondant·e·s lient le BIM à l'activité de conception. Une seule unité de sens a été identifiée et elle concerne davantage le cycle d'élaboration du projet que l'activité conceptuelle : *« (…) durant toute la durée de la conception, construction et exploitation de cet ouvrage »*.

La **catégorie *autre*** regroupe 14 unités de sens inclassables et représente plus de 1/10 des unités enregistrées. En analysant en détail les réponses, nous constatons que ces réponses sont de 3 types : elles traduisent soit **les bénéfices du BIM** (positives R=8), soit **les contraintes ressenties** (négatives, R=2), soit **un manque de connaissances du sujet** (ne sait pas, NSP, R=4). Les réponses positives sont plus nombreuses : le BIM permet d'atteindre des *« Projets plus aboutis, plus réfléchis. Ne plus modéliser 2-3 fois la même chose. Gain de temps »* ainsi que *« (…) d'améliorer/augmenter les communications et les moyens d'échanges »*. Toutefois, certain·e·s répondant·e·s expriment l'ubiquité du BIM au détriment d'autres thématiques.

[234] Source web consultée le 22.02.2023 : Larousse

Tableau 34 : Répartition des unités de sens d'objectivation du BIM pour les BSL (N=40)

Catégories des unités de sens du BIM	Récurrences
Inclassable (autre)	14
Base de données, informations	17
Collaborer, échanger travail collaboratif	17
Concevoir, processus de conception	1
Gérer, processus de gestion, cycle de vie	12
Métaphores	0
Méthode de travail	4
Modélisation numérique 3D	16
Outil, logiciel	4
TOTAL	85

A l'instar d'autres profils étudiés précédemment, **les pratiques des BSL ne correspondent pas souvent aux définitions du BIM** que les répondant·e·s en donnent (N=40). En effet, les réponses à la question ouverte *« Q34 - Est-ce que la définition que vous avez donnée du BIM correspond à votre pratique ? Expliquez en quelques mots »* nous ont permis d'identifier 44 unités de sens, parmi les 38 réponses (2 réponses n'ayant pas été enregistrées). Les unités ont été classées selon 4 grandes catégories : affirmatives, négatives, « ne sait pas » et les réponses inclassables (autre). Lorsqu'ils et elles estiment que leurs pratiques s'accordent à leur perception du BIM, les bénéfices sont avancés. Dans le cas contraire, les réponses expriment les freins rencontrés, classés selon les 5 sous-catégories précitées : culturelles, techniques, technologiques, économiques et règlementaires. Les 44 unités de sens identifiées sont détaillées comme suit :

- 5 unités de sens parmi 5 réponses traduisent un manque de pratiques et/ou de connaissances pour répondre (NSP, R=5) *: « Je n'utilise pas le BIM pour l'instant », « N'étant pas dans les projets je ne sais répondre si c'est le cas ».*

- 14 unités pour la catégorie affirmative *« Oui mes pratiques correspondent à la définition du BIM donnée »*. Une majorité de BSL ne détaille pas leur réponse (Non spécifié, R=6). Lorsqu'elles sont détaillées, les bénéfices sont présentés. Ainsi, le BIM permet de **partager, échanger et centraliser** (R=3), il assure *« (…) l'export des quantités via un programme externe »*. Il permet une **meilleure collaboration** (R=2) et **d'anticiper les erreurs de conception** (R=2) ; *« Oui, principalement le clash des maquettes réalisé en interne me permettant d'anticiper un maximum les problèmes en amont »*. Il sert aussi à **visualiser le projet** pour ceux / celles qui ont une pratique passive (R=1). Enfin, pour l'un·e des répondant·e, le BIM permet de se démarquer des autres agences et de proposer des projets exemplaires, il est de ce fait, perçu comme un **outil de marketing** (R=1) : *« (…) et si on veut rester compétitifs et rentables dans notre secteur, spécialement pour des grands projets, il faut bien utiliser tous les derniers technologies à notre disposition donc le BIM et je cerce de l'utiliser au maximum [SIC] »*.

- 17 unités de sens ont été enregistrées pour la catégorie négative « *Non mes pratiques ne correspondent pas à la définition du BIM donnée* ». **Les premiers freins** mentionnés sont d'abord **techniques (R=5)** et concernent soit la taille inadaptée des projets pour le BIM « trop petits » (R=1), soit ils sont liés **aux nouvelles méthodes de collaboration (R=4) en amont** « *(…) les caractéristiques techniques consultables [liées à la PEB] peuvent être intégrées à la maquette générale, mais le plus gros du travail de relevé est très difficilement implémentable* » soit **en aval,** « *non, en phase exécution, la maquette numérique n'est plus utilisée…* ».
  Les freins technologiques (R=4)**, les freins culturels** (R=4) et **les freins économiques** (R=4) sont mentionnés avec la même récurrence.
  Dans le premier cas, les répondant·e·s expriment **soit l'immaturité du BIM** (R=1), soit le manque **d'interopérabilité** (R=3) **:** « *Non, elle ne correspond pas. Car il n'y a pas ou très peu de possibilité de modélisation de la PEB en amont du projet (…)* », « *(…) Nous avons rencontré quelques soucis en travaillant sur des programmes différents ne possédant pas d'IFC* ».
  Dans le second cas, **la résistance au changement** (R=2) et **le manque de pratiques confirmées** (R=1) des partenaires en aval de la conception (« *après la soumissions* ») sont cités. Pour l'un·e des BSL**, le BIM n'est pas réaliste** (R=1) et s'éloigne des objectifs premiers des compétences métiers « *Le BIM c'est bien sur papier mais s'éloigne bien trop de la réalité du travail (…)* ».
  Dans le troisième cas, **les investissements humains** (R=2) **et matériel** (R=1) ne permettent pas de convaincre la maitrise d'ouvrage d'investir et de rémunérer (manque de demandes R=1).

- La catégorie autre regroupe 7 unités de sens qui traduisent un manque de projets « *Bien que mon entreprise fasse du BIM, mes projets réalisés n'ont jamais été fait en BIM (parfois un peu de revit mais jamais de protocole etc)* ».

Du point de vue de **la durabilité**, nous relevons 87 unités de sens parmi les 40 réponses (Tableau 35). Deux catégories se distinguent, l'une concerne les thématiques liées à la conception et construction et l'autre se rapporte aux réponses que nous qualifions d'inclassables (R=15).

Parmi **la première catégorie, les systèmes, procédés et matériaux** comprennent la majorité des récurrences (R=13). **Le choix des matériaux** est l'une des préoccupations majeures des répondant·e·s, ils doivent être « *moins énergivores* », « *éco-responsables* », « *sains* », « *Naturels et renouvelables* », réutilisables et « *peu polluants* ». Parallèlement, « *l'intégration de nouvelles techniques (…)* » est perçue comme l'un des aspects d'une démarche durable, il peut s'agir de « *gestion technologique* », de système constructif en bois avec une attention particulière « *(…) aux détails de mise en œuvre* ». *De ce fait, « (…) [les] matériaux et techniques constructives [doivent avoir un] impact positif / neutre sur l'environnement,…* ». En effet, le soin accordé aux matériaux et aux techniques vise à diminuer **l'impact environnemental** (R=11) et à limiter« *au maximum les externalités* » : « *C'est construire ou transformer des bâtiments afin qu'ils aient l'impact le moins néfaste pour l'environnement, en terme d'utilisation de ressources (transport, matériaux et énergie) et en terme de pollution* ». TOTEM©, outil belge d'évaluation de l'impact environnemental, est mentionné par l'un·e des répondant·e·s comme un outil intéressant mais dont l'usage reste peu exploité. **Les concepts énergétiques au moment de la conception (R=10) et lors de l'exploitation du bâtiment (R=2)** sont largement cités. Une démarche durable implique une « *conception moins énergivore* » où les « *dépenses énergétique [SIC] [sont] faibles* », *grâce à « isolation, techniques efficaces* ». C'est « *une perceptive à long terme de l'efficacité énergétique et des performance d'un*

bâtiment [SIC] ». La conception doit intégrer une « *(…) réflexion la gestion des énergies* » afin de « *minimiser les besoins énergétiques d'utilisation et d'entretien* ». La prise en compte de **l'ensemble du cycle de vie** représente la dernière catégorie la plus récurrente (R=8) : elle concerne davantage les étapes de vie d'un bâtiment que des principes d'économie circulaire, « *la première préoccupation de l'Architecte doit être celle de concevoir le projet en fonction des besoins de l'utilisateur, en projetant une évolution probable des besoins d'un futur utilisateur* ».

Tel qu'illustré au Tableau 35, les principes durables liés à la santé (R=0) et au confort (R=2) sont absents des réponses ou peu mentionnés. Bien que les « besoins » des client·e·s et de la maitrise d'ouvrage soient énoncés à plusieurs reprises, ils ne traduisent pas une recherche de bien-être, ni de qualité de santé ou de confort. C'est pourquoi nous avons classés ces réponses dans **la catégorie autre** (R= 15). Les besoins sont davantage liés aux coûts « *Il [le développement durable] permet de respecter l'environnement et de réduire les couts futurs du MO* », « *Il devient nécessaire dans le monde actuel et peut permettre aussi une réduction de coûts/un retour sur investissement qui peut être relativement intéressant* ». Parmi ces réponses, plusieurs relèvent « *l'importance capitale* [du développement durable] *dans les conditions environnementales actuelles* », tandis que d'autres critiquent **l'anarchie du développement durable :** « *une évolution certes indispensable mais trop anarchique et désordonnées [SIC] qui se fait trop souvent en dépit du bon sens car trop 'politisé' et trop peu pragmatique car dans un cadre légal belge incohérent (trop de divergences entre les diverses législations)* ».

Tableau 35 : Répartition des unités de sens de perceptions du DD par les BSL (N=40)

Catégories des unités de sens du DD	Récurrences
Brundtland	2
Piliers du DD	2
Thématiques, principes durables	62
Confort	2
Acoustique	0
Bien-être	2
Hygrothermique	0
Visuel	0
Conception / construction	53
Biodiversité	0
Chantier faibles nuisances	0
Cycle de vie, phases, fin de vie, circularité	8
Déchets de construction	0
Energie (y compris renouvelable) et PEB	10
Energie grise	4
Impact carbone	2
Impact environnemental	11
Mobilité et transport	1
Relation à l'environnement	4
Systèmes, procédés et matériaux (produits)	13
Gestion	7
Déchets	1
Eau	1
Energie	2
Espaces	3
Maintenance, entretien	0
Santé	0
Qualité de l'air	0
Qualité de l'eau	0
NSP	6
Autre / inclassable	15
TOTAL	87

Lorsque les répondant·e·s BSL sont questionné·e·s à propos de la concordance entre pratiques et définitions données, le taux d'abstention est important : **près des 3/4 de l'échantillon n'a pas répondu à la question** (N=28). Parmi le ¼ restant, une majorité développe des démarches durables telles qu'ils et elles les définissent (N=8), principalement liée à « *l'optimisation énergétique du bâtiment* » et aux métiers d'ingénieur·e·s en techniques spéciales.

Les définitions données nous donnent un aperçu des visages de l'architecture durable[235] au sein de l'agence. Afin d'affiner cette mosaïque, nous questionnons les répondant·e·s qui ont des pratiques durables[236] **sur les thématiques durables**[237] (N=30). A l'instar des autres résultats présentés précédemment, la Figure 79 peut être lue de 2 façons : soit suivant les récurrences, soit suivant un classement.

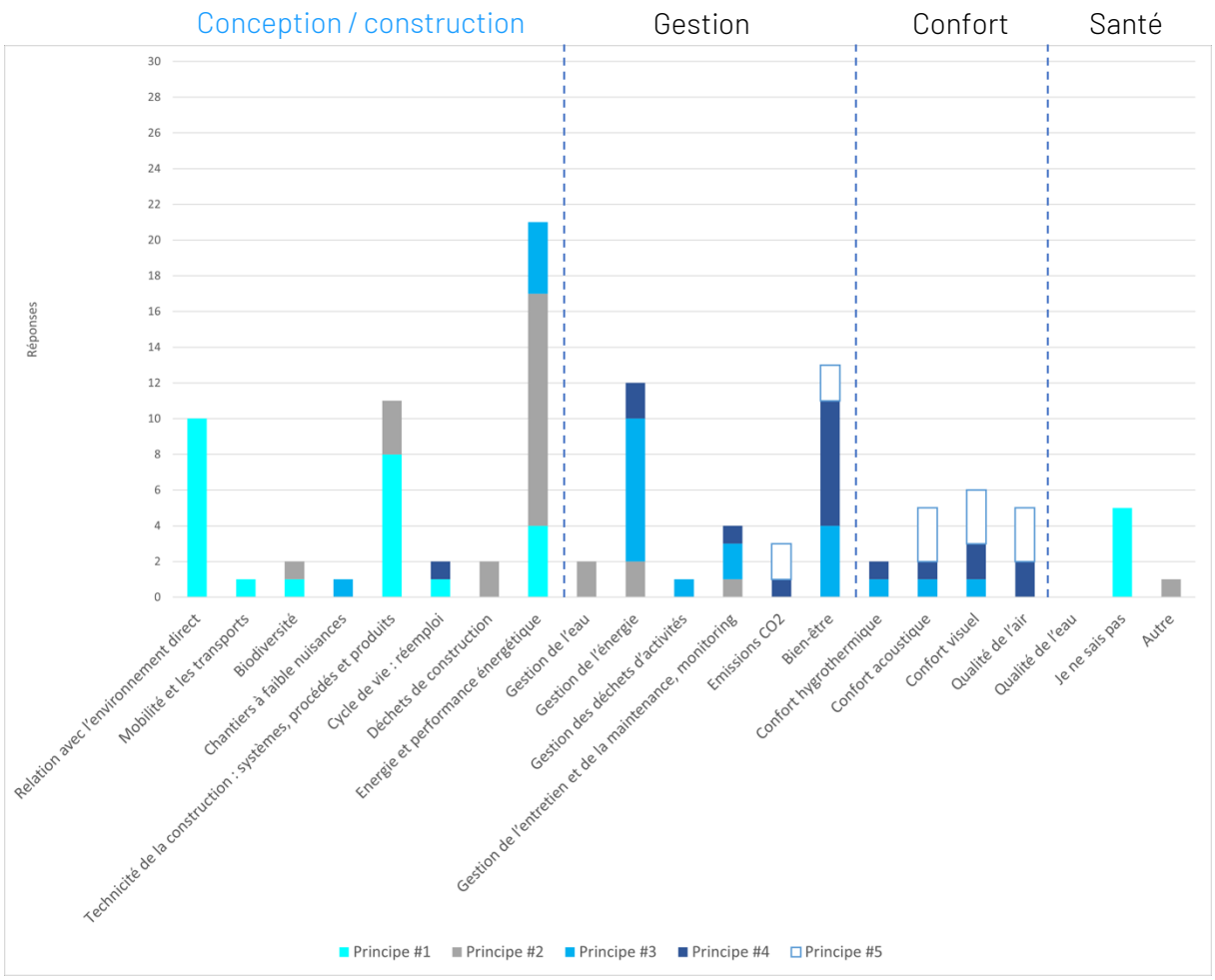


Figure 79 : Classement des principes durables sur lesquels les BSL travaillent quotidiennement (N=30)

[235] Référence au premier chapitre, section 3 : écologisme conceptuel, faire architecture
[236] Voir matrice des profils, quadrants supérieurs droits ; BIMpaDDac, BIMpaDDpa, BIMacDDpa, BIMacDDac
[237] Grâce à la question semi-ouverte Q52 - Parmi les propositions suivantes, votre entreprise travaille-t-elle sur l'un de ces critères au quotidien ? Maximum 5

Les premiers principes sur lesquels les BSL travaillent sont liés à la conception et/ou à la construction (R=50) (Fig. 79, texte bleu). Le contexte du projet **(relation avec l'environnement direct,** R=10) représente le premier point d'attention suivi **des techniques de construction** (R=8). **L'énergie et la performance énergétique** sont moins mentionnées comme 1er principe (classement) mais représentent dans l'ensemble la thématique la plus citée (récurrences = 23). Ces principes concordent avec les thématiques identifiées au sein des définitions. Lors de l'analyse des définitions, **le cycle de vie** a été identifié comme une caractéristique clé aux démarches durables, qui pourtant n'apparait pas comme thématique de travail. En effet, la récurrence du cycle de vie est très faible (R=2). Le bien-être (R=13) et la gestion de l'énergie (R=12) se distinguent comme des principes secondaires sur lesquels les répondant·e·s travaillent.

4.1.2.6 Les objectifs d'adoption du BIM : maitrise, exemplarité et collaboration

L'analyse des résultats de la question semi-ouverte « *Q41- Quel(s) est (sont)t le(s) objectif(s) d'adoption du BIM dans votre entreprise ?* [238] met en lumière 3 objectifs principaux qui ont encouragé l'adoption du BIM au sein de l'agence (Figure 80) : **maitriser les risques** (objectif premier, R=12), **se démarquer en réalisant des projets exemplaires** (objectif premier, R=10) et **optimiser la collaboration entre les acteur·rice·s** (objectif premier, R=10).

L'optimisation de la collaboration représente l'objectif le plus récurrent parmi l'ensemble des réponses (R=23). L'optimisation de la conception est, par extension, un objectif secondaire d'adoption du BIM (R=18). Tel que nous pouvons le constater sur la Figure 80 **les pratiques BIM n'ont pas été implémentées au sein de l'agence pour optimiser la qualité environnementale** des projets (R=0).

[238] Grâce à la question semi-ouverte « Q41- Quel(s) est (sont)t le(s) objectif(s) d'adoption du BIM dans votre entreprise ? Choix multiple possible, maximum 3 »

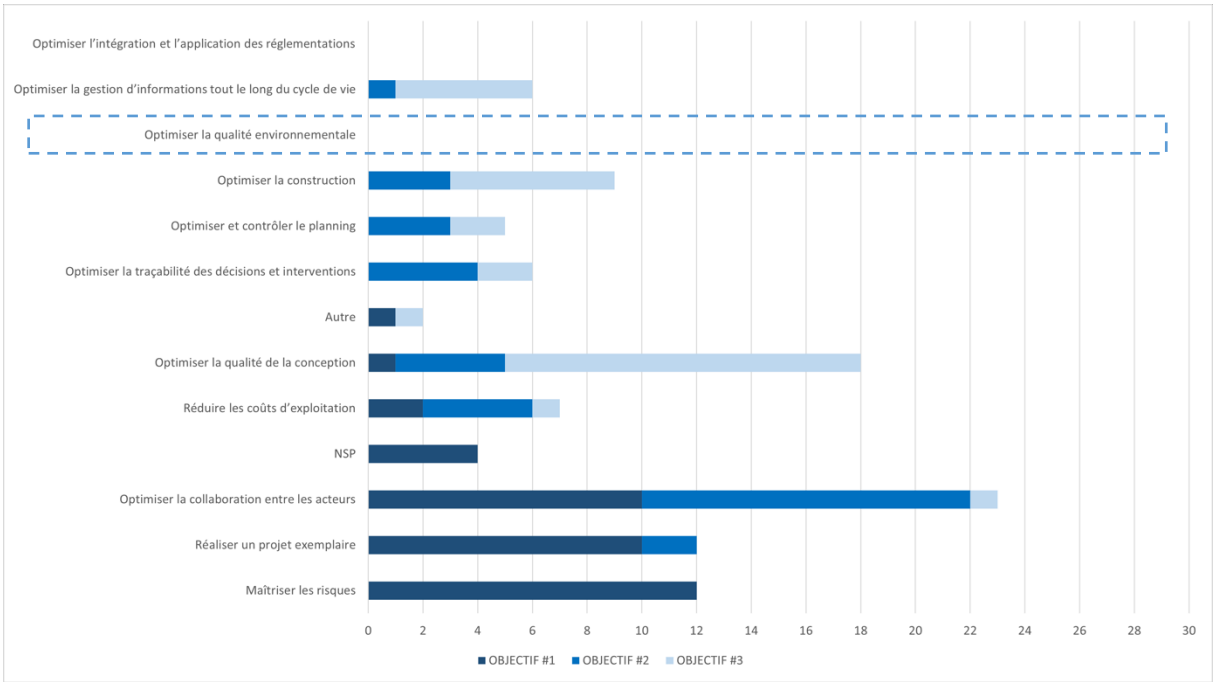


Figure 80 : Objectifs d'adoption du BIM par les BSL (N=40)

4.1.2.7 Le réseau d'outils pour répondre aux objectifs BIM et aux pratiques durables

Lors de l'analyse des correspondances entre pratiques et perceptions du BIM, nous avons relevé **les freins technologiques** comme l'une des causes de non-concordance entre ce que les répondant·e·s voudraient implémenter et la réalité du terrain. Nous nous intéressons de ce fait **au réseau d'outils et logiciels utilisés au sein de l'agence**. À la question fermée *Q43 - Est-ce que vos outils / logiciels vous permettent de répondre à ces objectifs et usages ?* nous constatons un taux d'absence de réponse particulièrement élevé (Figure 81) : 58% des répondant·e·s se sont abstenu·e·s. Pour 30% de l'échantillon, **les outils BIM** utilisés permettent d'atteindre les objectifs BIM fixés et en donnent les bénéfices : *« Permet de gagner du temps en métré, CSC, mieux comprendre les plans, projets aboutis »*. Plusieurs outils sont mentionnés parmi les explications : *« Revit, Arch Management et Bim Collab* [qui] *semblent - pour l'instant – suffisants »*. Parallèlement, **une minorité dénonce le manque d'interopérabilité** comme entrave aux objectifs BIM : *« A priori certaine partie sont clairement plus difficile à faire (mais pas impossible). Et il existe des logiciels qui font le 'travail' plus facilement. Problème: interopérabilité »*. D'autres dénoncent une multidisciplinarité partielle : *« il y a des secteur pas encore bien intégrés (ex. durabilité) »*. Pour celles et ceux qui ne rencontrent pas leurs objectifs par les outils (3%), **les freins technologiques** sont à nouveau soulignés : *« PC trop faible. Lent. Maquettes trop lourdes »*.

Nous avons relevé les noms de 14 logiciels BIM utilisés parmi les réponses[239] , classés selon leur champ d'application en 5 familles types : les logiciels de conception métiers (Co) ; les plateformes collaborative (PI) ; les logiciels de détection de clash (DC) ; les logiciels de suivi de chantier (CH) et les logiciels de gestion de cahier de charges (CCD). Détaillés au Tableau 36, nous constatons une **cohérence entre les logiciels mentionnés et les objectifs BIM** majeurs précités : optimiser la collaboration, maitriser les risques, optimiser la qualité de la conception. Corrélé au manque d'objectif concernant la durabilité, aucun logiciel mentionné n'est destiné aux pratiques durables.

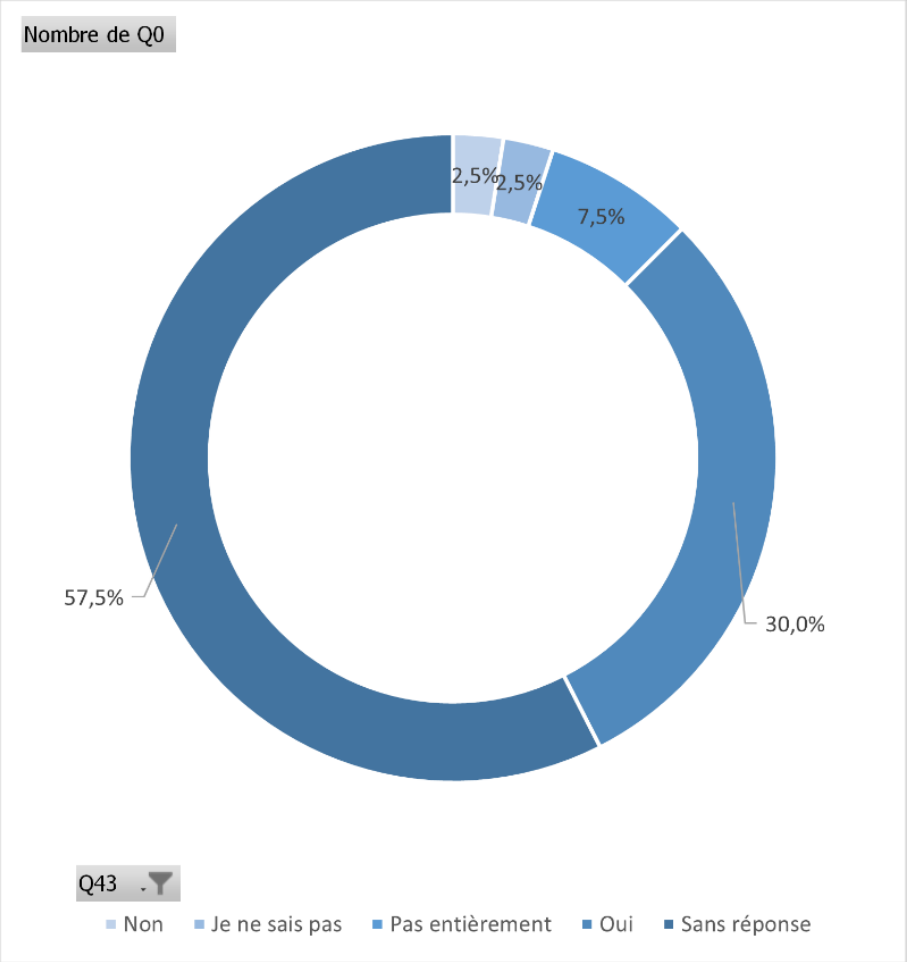


Figure 81 : Répartition des réponses sur l'usage des outils BIM au regard des objectifs BIM fixés (N=40)

[239] Le taux d'abstention est de 70%, soit 28 répondant·e·s n'ont pas répondu à la question ouverte *Q45 - Nommez ce(s) outil(s) / logiciel(s) »*.

Tableau 36 : Listes des logiciels BIM identifiés (N=40, taux d'abstention 70%)

Logiciels BIM identifiés	Champ d'application selon société de développement	Famille	Architecte	Autre	Coord. sécurité / santé	Dessinateur / Modeleur	Ingénieur.e en BIM	Ingénieur.e en stabilité	Ingénieur.e en TS	MO
Idea statica	Logiciel d'analyse et de conception de tous les éléments et détails en béton.	Co						1		
Advance steel	Logiciel de modélisation 3D pour la création de plans de détail, la fabrication et la construction de structures en acier.	Co						1		
Graitec	Suite de logiciels Autodesk pour les secteurs du génie civil et de la construction.	Co						1		
AxeoBIM	Plateforme collaborative BIM de gestion documentaire et CDE	PI					1			
REVIT	Conception de l'architecture et de l'ingénierie	Co	3	2		1	1	2	2	
BIMCollab	Plateforme collaborative BIM de gestion documentaire et CDE	PI	1	1		1	1	1		
BIMcollabZOOM	Visionneuse de fichiers IFC	DC					1			
BIM360	Plateforme collaborative BIM de gestion documentaire et CDE	PI					1			
Aproplan	Application de suivi de chantier en ligne	CH		1						
Arch Management	Programme de gestion et de cahier des charges pour architectes	CCD		1				1		
Archicad	Logiciel de conception architecturale	Co	1							
AutoCAD	Logiciel CAD	Co				1				
Navisworks	Logiciel de révision de modèle 3D	DC					1			
Solibri	Logiciel de coordination BIM	DC					1			

Où Co = logiciels de conception métiers ;
PI = plateformes collaborative ;
DC = logiciels de détection de clash ;
CH = logiciels de suivi de chantier ;
CCD = logiciels de gestion de cahier de charges.

Au vu des résultats concernant les outils BIM, nous questionnons les logiciels au regard des démarches durables grâce à la question semi-ouverte *Q53 - Quel est le domaine d'application du (des) outil(s) / logiciel(s) que votre entreprise utilise pour la démarche durable ?* En plus des réponses spontanées, l'enquête proposait 6 champs d'application d'outils les plus couramment utilisés dans le secteur : *le confort thermique, l'optimisation énergétique, le facility management (gestion de bâtiments), l'étude de l'éclairage et l'analyse du cycle de vie*.

Le taux d'abstention pour cette question s'élève à 88% des réponses (Figure 82). Les 12 % restants se présentent comme suit : **le confort thermique et l'optimisation énergétique** représente respectivement 4% chacun des réponses. Ces résultats sont en parfaite **cohérence avec les résultats concernant les principes durables**, détaillés à la Figure 82. Les logiciels d'étude d'éclairage sont également mentionnés comme faisant partie du panel des outils dédiés aux pratiques durables du projet (4%). Enfin, l'agence utilise **très peu d'outils liés à l'analyse du cycle des projets (1%) bien que le cycle de vie ait été identifié comme le 4ème principe durable.**

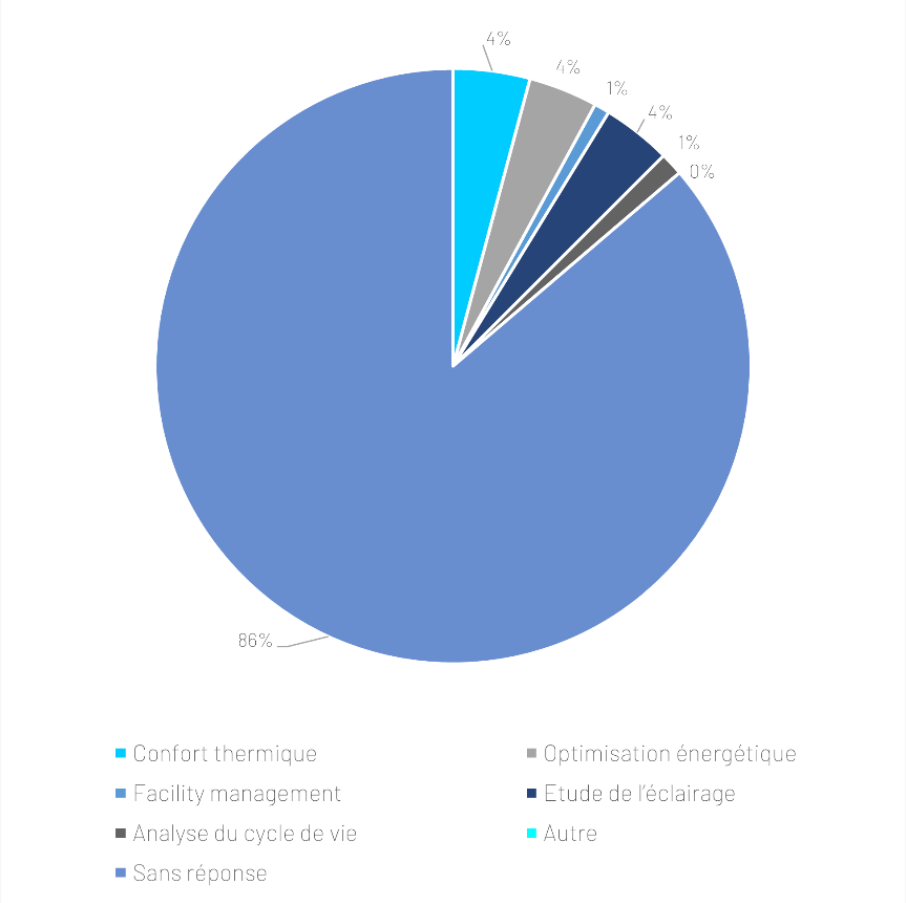


Figure 82 : Répartition des typologies de logiciels / outils selon leur champ d'application pour les pratiques durables (N=40)

Le taux d'abstention est aussi élevé lorsque l'enquête questionne **les outils utilisés pour les démarches durables : 78% des BSL n'ont pas répondu** à la question ouverte *Q56 - Pouvez-vous nommer ce(s) outil(s) ?* Ces résultats que nous présentons ici sont à nuancer au regard du taux d'abstention de réponse important. Les outils utilisés pour les pratiques durables sont moitié moins nombreux que les outils BIM : 7 logiciels et méthodes ont été mentionnés. Nous les avons regroupé selon 3 familles : les logiciels de conception (Co), les certifications (Cert) et les logiciels d'analyse de performance (Ana). Le peu de réponse nous interroge sur l'implication concrète des répondant·e·s dans les démarches durables décrites.

Tableau 37 : Listes des logiciels utilisés pour les pratiques durables – (N=9/40, taux d'abstention 78%)

Logiciels BIM identifiés	Champ d'application selon société de développement	Famille outils	Architecte	Autre	Coordinateur sécurité / santé	Dessinateur / Modeleur	Ingénieur en BIM	Ingénieur en stabilité	Ingénieur en techniques spéciales	Maître d' ouvrage
Autre	-			1						
BREEAM	méthode d'évaluation du comportement environnemental des bâtiments	Cert.						1		
Design Builder	logiciel d'analyse des performances	Ana		1					3	
Dialux	logiciel de conception d'éclairage	Co							2	
HAD Carrier	logiciel de conception de systèmes de climatisation, chauffage et traitement d'air	Co							1	
Logiciel PEB	calcul de la performance énergétique	Ana	1							
PHPP	outil de conception et étude technique pour la maison passive	Ana	1							
TOTEM	évaluation de l'impact environnemental	Ana							1	

Où Co = logiciels de conception
Cert = certifications
Ana = logiciels d'analyse de performance

Au premier chapitre, nous avons réalisé une analyse détaillée de 5 médias d'assistance à l'écoconception dont 2 d'entre eux sont mentionnés par les répondant·e·s, dont le logiciel PEB et le logiciel TOTEM. La certification BREEAM s'apparente en certains points à l'outil GRO sur lequel notre analyse a porté. Les limites identifiées pour ce dernier peuvent se transférer au BREEAM. Nous avons également étudié l'interopérabilité de ces outils, qui pour la plupart, présentent des manquements et limites.

Au regard des réponses et de notre analyse détaillée, **les pratiques durables de l'agence semblent connexes des pratiques de conception et des pratiques BIM. De plus, elles semblent s'articuler majoritairement autour des questions énergétiques** (performances, consommations, gestion, etc.). De ce fait, il nous semble pertinent d'investiguer les perspectives de développement attendues par les répondant·e·s concernant la combinaison des pratiques BIM et des pratiques durables.

4.1.2.8 Les perspectives de développements attendus et vision idéale d'une architecture durable réalisées selon des pratiques BIM

La majorité (85%) des collaborateur·rice·s de l'agence considèrent que le BIM peut servir le développement durable dans un projet d'architecture. A l'issue de cette question fermée, les répondant·e·s sont invités à s'exprimer sur leur réponse. Parmi les 40 réponses que nous avons analysées, 60 unités de sens enregistrées ont été classées selon 5 catégories (oui, non, autre, ne sait pas, autre / inclassable). Les catégories affirmatives regroupent elles-mêmes 14 sous-catégories basées sur la revue de littérature et les réponses elles-mêmes (méthodes déductive / inductive). Détaillées au Tableau 38, 3 sous-catégories se démarquent parmi les réponses : **les simulations – évaluations – vérifications ; l'extension des connaissances du projet et l'optimisation de la construction.**

En effet, **les simulations** représentent le premier moyen d'atteindre des objectifs durables : « *le bon bim (…) permet de simuler différent résultat et donc de prendre des choix de durabilité en connaissance de cause* ». En réalité, ce sont les informations concernant les caractéristiques des matériaux telles que les performances énergétiques ou l'impact environnemental, qui sont utilisées à travers des simulations : « *Des simulations peuvent être faites avec les maquettes selon l'information qui y est incluse, ce qui peut mettre en évidence des points d'amélioration* ». **L'interopérabilité** joue un rôle majeur dans l' « *échange facilité des informations grâce à l'import d'un maquette numérique pour réaliser [ces] simulations [SIC]* ». La maquette est l'élément central à travers lequel les études de simulations de « *thermodynamique* » par exemple prennent formes : « *l'impacte* [SIC] *de l'orientation et les apports externes (dim des baies, …) peuvent être appréhendés* ». L'un·e des répondant·e·s relie cette capacité à optimiser l'étude avec **une connaissances accrue du projet et par extension, une optimisation de la conception** : « *mesurer = savoir = capacité à optimiser la conception* ». Cette réponse nous amène à la seconde catégorie d'unité de sens, une meilleure connaissance du projet pour une meilleure gestion : « *le BIM est, pour ma part, le passe-muraille nécessaire vers une construction plus juste et réfléchie* ». Ce savoir acquis influence positivement **la gestion du bâtiment** durant son exploitation mais également la gestion des « *ressources* » et des budgets : « *Maîtrise des coûts des quantités et des procédés pour arriver à une juste adéquation des moyens aux besoins* ». En conséquence, les BSL voient à travers le BIM **un moyen d'optimiser la construction,** « *d'améliorer* », de « *limiter (ou supprimer) les imprévus chantier* » et par conséquence « *(…) de réduire la quantité de matériaux et donc d'énergie grise, de réduire les déchets* ». Le BIM « *peut nous aider à détecter les erreurs de conception, à améliorer les performances du projet de tout point de vue [SIC]* **»**. Enfin, le BIM est un bon support à la conception et «*peu ouvrir des perspectives neuves dans la façon de concevoir, (…)* ».

Pour une minorité de BSL (15%), le BIM ne peut être un moyen au service de pratiques architecturales durables puisqu'il s'agit d'un outil : « *Un projet mal réfléchi ne le sera pas moins avec le BIM* », « *Pas besoin d'outil particulier pour améliorer cette pensée* ».

Tableau 38 : Répartition des unités de sens des réponses explicatives du BIM au service d'une DD (N=40)

Catégories et sous-catégories des unités de sens aux réponses explicatives Q80 - Le BIM peut-il servir le DD dans un projet d'architecture ?	Récurrences des unités de sens
Non	4
Oui	46
Support à la conception	5
Support à la décision	0
Comparaison de scenarii	2
Accroitre les connaissances du projet	10
Coordination, collaboration	4
Evolution synchrone, mise à jour, monitoring	1
Gestion de données, base de données	1
Procédés et méthodes de travail	2
Optimisation de la construction, contrôle	8
Planification	0
Gestion du cycle de vie	2
Simulation, évaluation, vérification	11
Traçabilité	0
Vision multicritère, multithématiques	0
A conditions	0
Autre / inclassable	4
Ne sait pas	6
TOTAL	60

Les résultats de la question semi-ouverte « *Q82 - Quels sont les développements prioritaires pour faciliter une architecture durable en BIM?* » montrent une attente de développement pluriels (Figure 83). En effet, les différents développements se répartissent presque équitablement. Les BSL attendent des développements économiques (24% des réponses), techniques (23%), réglementaires et normatifs (19%), technologiques (17%) et enfin culturels (15%). **S'il est difficile d'identifier une tendance, l'ensemble de l'échantillon s'accorde que des développements sont nécessaires pour élaborer des pratiques durables BIM** : la réponse « aucun tout est place » ne représente que 1% des réponses reçues.

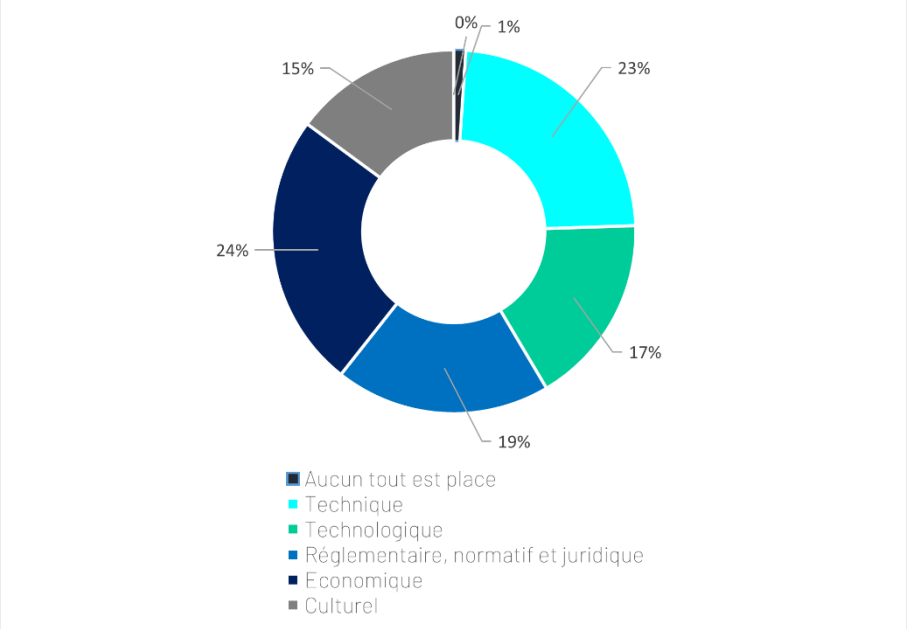


Figure 83 : Répartition des développements attendus vis-à-vis du BIMDD (N=40)

L'enquête se termine en questionnant l'échantillon sur sa vision idéale : *Q85 - Décrivez votre vision idéale d'une architecture durable en BIM*. Parmi les 40 réponses, 51 unités de sens ont été identifiées (Tableau 39). Un tiers des répondant·e·s ne savent pas répondre à la question (NSP, R=14). Pour beaucoup, **de meilleurs outils (optimisation technologiques)** permettraient de répondre à leurs pratiques BIM et durables pour les projets. Les outils devraient permettre de répondre aux études durables qu'ils et elles envisagent et ce, en cohérence avec les règlementations : « *La législation est en constante évolution (code de l'eau, décret sol, ...) et les outils mis à disposition par l'exécutif ne sont pas aboutis* ».

Une meilleure connaissance des outils, du BIM et du développement durable représente un idéal à atteindre « *Des outils mieux connus, plus accessible et conçus de manière à inciter et faciliter la conception durable (intégration de données, outils spécifiques,...)* ». Les connaissances et les savoirs devraient s'acquérir par **des formations** et ce, pour tou·te·s les acteur·trice·s du projet : « *avoir des entreprises formées et qui fonctionnent en BIM, et capables de répondre à la demande d'architecture durable,...* ».

Les savoirs acquis ont le pouvoir de **conscientiser les parties prenantes du projet** : *« Que l'ensemble des acteurs aient une connaissance minimum du BIM afin que tout le monde se comprenne », « Avant tout, avoir des architectes conscients de l'impact qu'ils peuvent avoir sur le développement durable. Le développement durable, ce n'est pas uniquement de l'optimisation énergétique… »*. Par conséquence, la prise de conscience entraine **une implication réelle dans les pratiques (R=5):** *« il faudrait que les différents acteurs (maîtres d'ouvrages, concepteurs, constructeurs, maintenances et autorités publiques : administrations de l'urbanismes, etc.) aient un vrai désir de s'inscrire dans une démarche durable et soient conscients de l'intérêt de la mise en place d'un réel processus collaboratif pour atteindre cet objectif ».*

Moins mentionné, **l'étude de l'environnement direct et l'ancrage au contexte** (R=4) représente pour plusieurs répondant·e·s une vision idéale rendue possible grâce au BIM : *« Concevoir avec une intégration parfait [SIC] dans son environnement en impliquant tous les acteurs de la construction », « Une nouvelle vision architecturale pour des bâtiments plus sobres, plus performants et intégrés au mieux dans leur milieu (impact minimum ou positif) »*. Cette attente fait écho à notre analyse concernant les limites du BIM : les pratiques BIM sont peu utilisées pour accroitre la connaissance du contexte dans lequel le projet s'inscrit.

Tableau 39 : Répartition des unités de sens concernant la vision idéale d'une architecture durable en BIM (N=40)

Catégories et sous-catégories des unités de sens aux réponses explicatives Q85 - Votre vision idéale d'une architecture durable en BIM ?	Récurrences des unités de sens
Ancrage au contexte, prise en compte de l'environnement direct	4
Bâtiments plus performants	2
Changement culturel	3
Collaboration optimisée	1
Implication des parties	5
Intégrer DD aux prémices du projet	2
Optimisation de la conception	3
Optimisation de la construction	1
Optimisation technologique et technique	7
Plus de budget	1
Plus de savoirs, de connaissances, meilleures formations	6
Réglementations plus strictes	2
NSP	14
Total	**51**

.

4.1.2.9 En résumé

L'analyse d'un bureau multidisciplinaire permet d'étudier les pratiques internes de l'agence (entre collaborateur·rice·s) et les pratiques avec des partenaires externes. Ainsi, notre enquête révèle **une conversion de typologie de travail collectif lorsqu'il s'agit de partenaires internes ou externes à l'agence.** En interne, le travail est collaboratif et apporte un niveau de satisfaction élevé pour les collaborateur·rice·s. Avec les partenaires externes, maitrises d'ouvrages et entrepreneur·e·s par exemple, le travail est coopératif et moins satisfaisant. De façon surprenante, une minorité, principalement des architectes et des project manager, qualifie leur travail comme « seul » ou « en silo ».

A travers la répartition de l'échantillon sur la matrice des 16 profils, **la majorité des répondant·e·s ont des pratiques BIM et durables** (actives ou passives), ce qui traduit globalement une entreprise avec des pratiques BIM plutôt forte et des pratiques durables plutôt faible, ou tout du moins, moins ancrées.

La compréhension du BIM est, selon l'enquête, **acquise par la majorité.** Les collaborateur·rice·s définissent le BIM comme un travail collaboratif autour d'une maquette numérique informée disponible tout au long du cycle de vie. Toutefois, et de façon surprenante, le BIM est peu défini comme une aide à la conception malgré des profils exclusivement de concepteur·rice·s. Bien que comprises, **les pratiques des BSL ne correspondent pas souvent aux définitions du BIM.** Différents freins sont énumérés tels que les tailles de projets inadaptées au BIM ou l'acquisition de nouvelles méthodes de travail (freins techniques).

Les perceptions et définitions du développement durable en architecture révèlent une attention particulière sur les matériaux et les systèmes constructifs avec pour objectif une réduction de l'impact environnemental du projet. **Les concepts énergétiques** au moment de la conception (PEB) ou lors de l'exploitation du bâtiment (gestion de l'énergie) sont largement cités dans les définitions. L'énergie est d'ailleurs la thématique la plus récurrente lors de l'étude des principes durables. Aussi, la prise en compte de la fin de vie du projet est définie comme une partie intégrante d'une démarche durable en architecture. Toutefois, **le cycle de vie** ne représente pas un principe durable sur lequel les BSL travaillent quotidiennement. Nous avons également constaté que **les thématiques liées à la santé et au confort sont peu mentionnées dans les définitions et peu étudiées dans les principes durables.**

Une majorité de l'échantillon n'a pas répondu aux questions liées à la correspondance entre perception de la durabilité et pratiques mises en œuvre.

Le BIM a pour premiers objectifs de maitriser les risques, de se démarquer en réalisant des projets exemplaires et d'optimiser la collaboration. Globalement, les outils utilisés au sein de l'agence permettent d'atteindre ces objectifs, tout du moins partiellement. Enfin, les résultats montrent que **les pratiques BIM n'ont pas été implémentées au sein de l'agence pour optimiser la qualité environnementale** des projets. Ce constat est en parfaite cohérence avec l'identification que nous avons faite des outils BIM et des outils durables. Aucun logiciel BIM mentionné n'est destiné aux pratiques durables. D'un autre côté, le taux d'abstention très élevé concernant les outils durables révèle une méconnaissance et/ou une absence des outils.

Au regard des réponses et de notre analyse détaillée, **les pratiques durables de l'agence semblent connexes des pratiques de conception et des pratiques BIM, majoritairement articulées autour des questions énergétiques** (performances, consommations, gestion, etc.).

La majorité des collaborateur·rice·s de l'agence considèrent que le BIM peut servir le développement durable dans un projet d'architecture principalement pour réaliser des simulations, évaluations et vérifications de projet, accroitre les connaissances du projet et optimiser de la construction. **S'il est difficile d'identifier une tendance, l'ensemble de l'échantillon s'accorde sur la nécessité de développer de nouvelles pratiques durables et BIM.** La vision idéale d'un projet durable réalisé en BIM tend vers l'accroissement des connaissances, tant en BIM qu'en écoconception, acquises à travers des formations. Par une meilleure connaissance, tou·te·s les acteur·rice.s de projet s'impliqueraient davantage dans le développement de projets durables. Enfin, **l'étude approfondie de l'environnement direct et de l'ancrage au contexte** représente pour plusieurs répondant·e·s une vision idéale rendue possible grâce au BIM, qui actuellement, n'est pas acquise.

4.1.3 L'apport de l'enquête : conclusions et perspectives

Notre objectif premier était d'esquisser un état des lieux des pratiques BIM et des pratiques durables à l'échelle européenne et auprès de praticien·ne·s multidisciplinaires. Nous nous sommes confrontée à **une première limite de réception de l'enquête** : en effet, nous ne pouvons affirmer avoir réaliser cet état des lieux puisque notre enquête a été reçue majoritairement en Belgique francophone. Toutefois, les résultats que nous présentons apportent un éclairage sur les pratiques en Europe centrale , identifiées comme absentes de la revue de littérature.

Les résultats de l'enquête confirment les tendances relevées dans la littérature concernant **le BIM, favorisant une typologie de projets, de marchés et de secteurs d'activités**. D'une manière générale, les contours du concept BIM sont compris, ce qui résultent selon notre hypothèse d'un foisonnement de communications et de savoirs partagés, croissant au cours de cette dernière décennie.

A l'inverse, **la compréhension du référentiel global du développement durable projette une perspective temporelle dirigée vers le futur** : le cycle de vie est à prendre en compte tel que le demande le rapport de Brundtland vis-à-vis des générations futures (United Nations 1987). **Les perceptions du référentiel sectoriel des démarches durables en architecture**, étudiées grâce aux définitions données et aux principes durables sur lesquels les répondant·e·s travaillent, oscillent entre 2 pôles : le cycle de vie (concept macro) et les matériaux (caractéristique micro). En effet, les praticien·ne·s multidisciplinaires qui ont répondu à notre enquête donnent une **importance majeure au cycle de vie**, mise en lumière à travers nos analyses des perceptions et définitions. Le cycle de vie représente une thématique récurrente quels que soient les profils étudiés. Toutefois, l'analyse des pratiques à travers les thématiques étudiées et les outils utilisés dévoilent un manque de mise en projet du cycle de vie : ni les études d'analyse de cycle de vie (ACV), ni les principes de flexibilité d'usage, de démontabilité ou de réemploi ne font partie des pratiques de terrain des répondant·e·s de notre enquête. Ce constat exprime une dissonance entre les perceptions et les pratiques de l'échantillon. D'un autre côté, l'attention des démarches durables résident dans **le choix des matériaux**, qui correspond au plus petit élément d'un projet (échelle micro). Cette tendance est vraie pour les 6 profils étudiés. Selon notre hypothèse, le matériau représente l'élément le plus concret, le plus appréhendable, dans une démarche durable.

Notre enquête a mis en évidence le manque de considération pour le confort, la santé, le bien-être, la mobilité et la biodiversité. Enfin, l'énergie est la thématique transversale de tous les profils et disciplines étudiées. Sa récurrence et sa constance dans les réponses démontrent son ancrage dans les pratiques et par extension, l'influence et l'impact des réglementations, qui depuis plusieurs décennies, travaillent le secteur sur la performance énergétique. Nos résultats font écho aux pratiques des expert·e·s du domaine, identifiées au premier chapitre, et à **l'attention particulière posée sur certaines thématiques durables**.

Bien qu'elles se déploient tout au long des phases du projet, les pratiques durables, sont mises entre parenthèses lors de l'élaboration des dossiers de permis de bâtir, traduisant en quelque sorte une dissonance entre règlementations et démarches créatives de la part des concepteur·rice·s. **Les phases de développements des pratiques BIM mettent en lumière l'absence d'implémentation aux prémices du projet** (programmation et idéation) **et en exploitation et fin de vie pour le BIM,** confirmant les limites identifiées dans la littérature au premier chapitre.

L'enquête a mis en lumière plusieurs dissonances entre la façon dont les praticien.ne.s qualifient leur pratique et leur mise en pratique concrète. D'un point de vue du BIM, certain·e·s répondant·e·s confrment avoir des pratiques BIM. Toutefois, leurs réponses sont en dissonance avec leur façon de travailler ou leurs projets : ils et elles travaillent tantôt en silos tantôt seul·e. De plus, lorsqu'ils et elles sont questionné·e·s sur leur portfolio de projets, les projets BIM sont inexistants. D'un point de vue des pratiques durables, lorsque les répondant·e·s sont questionné·e·s sur l'impulsion des démarches durables et leurs étendues, beaucoup estiment outrepasser les cadres légaux mais notre enquête révèle un travail limité à la PEB.

Le développement et le partage de savoirs entre les acteur·rice·s du secteur servirait à un meilleur travail collectif d'une plus grande fluidité de collaboration. Par extension, la circulation des savoirs permettrait une conscientisation de l'importance des pratiques durables. Pour cela, les attentes sont diverses : règlementaires, technologiques, techniques ou culturelles. Ces résultats traduisent **la nécessité d'un développement protéiforme et pluriel.**

Globalement, notre échantillon dévoile **une pratique durable distincte des pratiques BIM, c'est ce que nous avons pu constater à travers l'étude des objectifs d'adoption du BIM, des usages du BIM, des outils BIM et des outils d'approches durables.** De ce fait, et comme nous l'avons vu lors de l'analyse des pratiques des expert·e·s du domaine au premier chapitre, il n'existe pas encore de pratiques corrélant la durabilité et le BIM. Le secteur serait selon notre hypothèse dans un état de transition des pratiques, d'adaptation avec des habitudes des méthodes conceptuelles et constructives héritées et maintenues du passé. Dans la prochaine section, nous investiguons la façon dont sont vécues ces transitions.

4.2 Une exploration par des entretiens d'architectes wallon·ne·s

> *La capacité à s'adapter et la résilience sont des enjeux majeurs de notre monde actuel. Mais après quarante ans d'évolution des outils numériques, force est de constater que les agences d'architecture peinent à suivre. Le changement perpétuel est une violence au travail que l'on ne doit pas sous-estimer, tout comme peut être violent un environnement de résistance et de frustration. Une connaissance fine de ces phénomènes est cruciale en vue d'amener les architectes et futurs architectes à être acteurs et non victimes de ces changements (de Boissieu 2020, p.16)*

Si l'enquête en ligne visait un diagnostic, c'est-à-dire un état des lieux des pratiques à grande échelle, les entretiens présentés dans cette section ont eu pour objectif l'exploration des pratiques. Il s'agit bien d'entretiens exploratoires. Comme présenté au chapitre Stratégie de recherche, les résultats présentés dans cette section résultent en partie d'un travail réalisé en groupe avec deux doctorant·e·s ; Elodie Bebrone de l'Université de Liège (HEC) et Rafaël Ritondo de l'Université Catholique de Louvain (IWEPS) . Je tiens d'ores et déjà à les remercier de me permettre de présenter nos résultats communs dans le cadre de cette thèse. Ce travail a été présenté et validé par les Professeurs Christophe Lejeune (ULiège) et Laetitia Pozniak (UMons) dans le cadre du cours doctoral « *Découvrir la recherche qualitative par la pratique* ». La seconde partie est une continuité de ce travail commun, mené personnellement par la chercheuse. En tout, 4 entretiens auprès de 4 architectes wallon·ne·s ont été réalisés de façon itérative et basés sur 4 articles scientifiques (Figure 84).

Avant de présenter ces résultats, nous souhaitons apporter **deux points de clarification aux lecteur.ice.s de cette présente section**. Premièrement, **le style rédactionnel** (non inclusif) qui suit diffère du style du reste de la thèse. Ceci résulte de la méthode par théorisation ancrée (MTA) utilisée. A travers les codages, la MTA privilégie l'usage de verbes, ce qui apporte « *des étiquettes dynamiques, contrairement à un nom, plus statique* » (Lejeune 2019). Nous avons pris le parti de les mettre en évidence : les mots en gras représentent donc les codages (étiquettes, propriétés et catégories) utilisés pour créer cette théorisation ancrée.

Deuxièmement, **les résultats que nous présentons au sein de cette section peuvent sembler éloignés du sujet de la thèse** qui concerne les pratiques éco-conceptuelles multidisciplinaires. Toutefois, les entretiens entrent en résonnance avec plusieurs éléments en lien avec notre recherche :

- Les entretiens mettent en évidence la façon dont sont reçues les impositions dans les pratiques architecturales (énergétiques, numériques, durables, etc.). Les architectes interrogé·e·s ont relevé les certifications de la PEB, de CertiBEau et du BIM, 3 sujets centraux de notre recherche. Nous avons abordé ce sujet à travers l'imposition de la PEB au regard de la « durabilisation » de l'architecture (cfr. premier chapitre). De plus, l'imposition d'un cadre réglementaire a été souligné comme une attente de la part des répondant·e·s de notre enquête en ligne, présentée à la section précédente.
- La « création » et « la volonté de changer le monde » ont été révélés dans les entretiens comme moteur des pratiques architecturales et entrent en résonnance avec l'état de l'art présenté en début de thèse. En effet, nous avons d'un part discuté de l'influence de la

collaboration et de la multidisciplinarité sur le processus de création qui se transforme de plus en plus en coconception. D'autre part, le regard critique que nous avons posé sur l'architecture avait pour objectif d'esquisser une « autre » façon d'envisager l'architecture, en résonnance avec « la volonté de changer le monde ».

- Enfin, l'accompagnement présenté comme résultat du quatrième entretien entre en résonnance avec les résultats de la recherche-action, présentés à la section suivante. Le partage des savoirs a été identifié comme une facteur clé des développements au sein des résultats d'enquête : dans cette section, nous verrons l'importance et l'influence de faire circulation les savoirs assure l'accompagnement des acteur·rice·s face aux transitions.

Troisièmement, **l'échelle de l'échantillon est très différente de la précédente méthode de recherche** : 144 répondant·e·s pour l'enquête par questionnaire et 4 architectes intérrogé·e·s pour les entretiens. Ce postulat est assumé par la MTA, en témoigne le nom du manuel de Lejeune (2019) : *« Manuel d'analyse qualitative, Analyser sans compter ni classer »*. Cette méthode vise à étudier *« l'intime », le ressenti, l'expérience personnelle et le vécu.* La MTA ne vise pas à créer des tendances, qui sont davantage réservées aux enquêtes, par exemple.

De ce fait, cette méthode exploratrice, bien que secondaire, apporte nuance et détails à notre question de recherche.

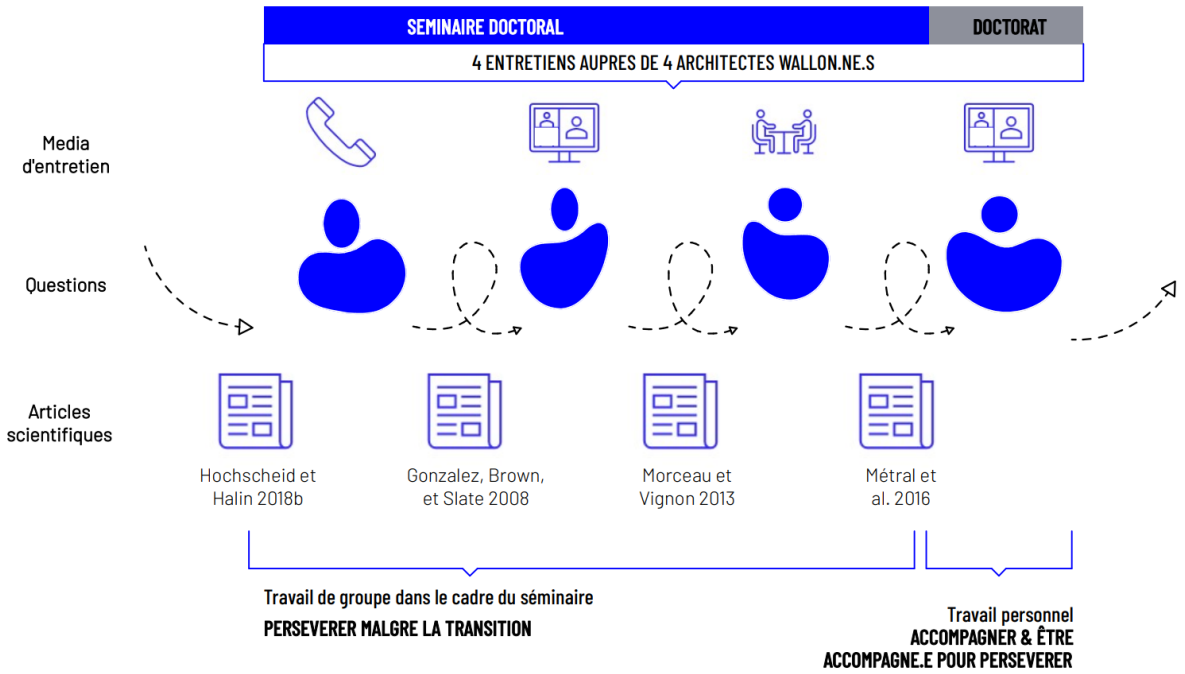


Figure 84 : Positionnement du travail de groupe vis-à-vis des autres résultats

4.2.1 Résultats d'un travail de groupe : Persévérer malgré la transition

4.2.1.1 Déroulement de la recherche

Cette étude s'intitule : « **Architectes : persévérer malgré la transition »**. La recherche porte en effet sur le vécu des architectes wallons en temps de transitions. Elle vise ainsi à comprendre leur persévérance durant des transitions. Celles-ci sont plurielles, et s'entendent notamment sous les qualificatifs de *numérique, énergétique, ou encore organisationnelle.*

Aux prémices de la démarche de recherche, le thème d'intérêt était la transition énergétique. Ceci se traduisait en interrogations sur **la façon dont les architectes wallons vivent cette transition énergétique, son rôle dans l'évolution de la demande des clients, de la pratique des architectes et de leurs compétences.** L'accent était également mis sur la sensibilité des architectes à la durabilité. Les chercheurs ont commencé par éclairer ce questionnement via un article scientifique portant sur une autre transition vécue par les architectes : la transition numérique, source de résistances (Hochscheid et Halin 2018b). Plusieurs aspects importants dans le vécu de l'architecte ont ensuite été soulevés par le premier contact avec le terrain. Ainsi, les notions de persévérance dans la profession – et son pendant, l'usure – ainsi que le poids des contraintes, semblent intimement liées à la transition. Par ailleurs, cette transition semble perçue comme multiple. Il est donc naturellement apparu cohérent de considérer la transition de manière holistique. Le rapport des architectes à leur créativité est également une piste soulevée, suscitant l'intérêt. Un second article scientifique, portant sur les facteurs justifiant le départ de la profession d'enseignant, a accompagné le second entretien (Gonzalez, Brown, et Slate 2008). Celui-ci a permis de préciser l'analyse, en soulevant la notion d'adaptation à la transition. En outre, plusieurs aspects du vécu des architectes nécessitaient d'être attestés, dans le cadre de la dernière rencontre. Finalement, ce dernier entretien a été le lieu d'approfondissement des aspects suivants : **les contraintes et leur impact, la responsabilité des actes posés et leurs conséquences.** Enfin, une dernière piste d'analyse recouvre les liens entre le fait de perdurer dans la profession et, d'une part la dépendance à la pratique et, d'autre part le (non)-renouvellement des pratiques. Un dernier article a mis en lumière le changement de profession, la rupture et la réappropriation du désir de travailler (Morceau et Vignon 2013).

En résumé, si initialement l'attention des chercheurs portait sur la transition énergétique en particulier, **la réflexion s'est progressivement orientée, au contact du terrain, vers la capacité à durer dans la profession malgré la transition.** Elle s'est également élargie à la notion de transition au sens large.

4.2.1.2 Les résultats des 3 premiers entretiens

S'adapter selon sa posture

Faire de l'architecture sa profession, c'est, au quotidien, concevoir des plans qui traduisent une réflexion sur les formes, les volumes, l'espace et conduisent à la construction ou la rénovation de bâtiments. Cependant, les conditions dans lesquelles ce travail de conception se réalise changent sous l'effet des transitions que connaissent nos sociétés. Ces transitions questionnent donc le travail de l'architecte et sa motivation à concevoir de nouveaux bâtiments. **Persévérer dans le métier** en temps de transition prend des formes différentes selon ce qui motive l'architecte. **La création architecturale** (créer pour créer) peut être addictive lorsqu'elle permet de **matérialiser les idées** et fantasmes de l'architecte. Cette création ne reflète pas complétement la vision de l'architecte, **créer** incite donc à aller plus loin et à recommencer, à **persévérer** dans le métier. Mais créer n'est pas le seul moteur de l'architecte. Il cherche également à **satisfaire les clients** pour qui il travaille et avec qui il tisse une relation de confiance et à **aligner sa pratique architecturale sur sa vision du monde**. Qu'ils soient d'ordre architectural (choix conceptuels), environnemental (choix politiques) ou encore commercial, ces trois moteurs sont autant de postures de l'architecte face à la transition.

La transition, qu'elle soit énergétique ou numérique, se caractérise par l'imposition d'une série de nouvelles contraintes auxquelles l'architecte doit s'**adapter**. Ces contraintes peuvent être soit de Nature environnementale (choix des matériaux, respect des normes de PEB) soit liées à des nouvelles normes de santé/sécurité (pompiers, accès PMR), soit encore liées à la nécessité de concilier ces normes avec le budget de leurs clients. Pour l'architecte, s'adapter à ces contraintes **stimule** ou **bride sa créativité**, en fonction de la posture adoptée. La nécessaire adaptation aux contraintes de la transition stimule la créativité lorsqu'elle permet d'innover, de se démarquer des productions standards du domaine. **Satisfaire le client** malgré les contraintes oblige à trouver des réponses à des problèmes nouveaux : comment construire un bâtiment qui réponde à la fois aux envies de mes clients et aux nécessités de la législation ? S'adapter aux contraintes incite donc, dans cette situation, à persévérer : les obstacles que peuvent représenter les obligations à respecter en matière environnementale ou technique sont autant d'occasions pour l'architecte de se **renouveler** et de continuer à faire son métier autrement. Dans ce contexte, se renouveler signifie repenser ses outils et ses protocoles afin de pratiquer l'architecture différemment.

Mais lorsque la posture créatrice prend le dessus, les contraintes peuvent rapidement **brider** la créativité, voir "castrer" l'architecte. S'adapter aux contraintes ne conduit alors plus à apporter de nouvelles solutions, mais à **s'empêcher d'innover** au motif que ces innovations sont rendues impossibles par les nouvelles règles imposées par la transition. Lorsque s'adapter aux contraintes bride la créativité, une certaine usure s'installe. L'architecte baisse les bras, se fatigue, jusqu'à finalement envisager de ne pas persévérer et de **quitter la profession**. Satisfaire le client ne compense plus les restrictions imposées à la créativité, l'architecte **ne trouve plus assez de sens** dans son travail.

L'architecture ne concerne pas que l'architecte et les parties-prenantes d'un projet. En construisant des bâtiments qui vont modifier le paysage, l'architecture change le monde au sens le plus matériel du terme : le paysage change, l'espace est occupé différemment et toute personne qui passe devant ces constructions voit concrètement comment elles transforment

leur environnement. Vouloir changer le monde permet de persévérer dans la profession car cette volonté donne du sens à l'activité d'architecte. Celui-ci peut alors observer concrètement son impact. Par exemple, en rénovant des bâtiments afin de les rendre plus responsables sur le plan environnemental, il peut mesurer concrètement comment cette nouvelle construction change le monde, même de façon modeste. Cependant, lorsque le changement met du temps à se manifester, ce qui est courant dans les projets architecturaux à la temporalité longue, le risque est de s'impatienter de voir changer le monde. Les attentes sont fortes, mais difficiles à concrétiser. Il n'est alors plus possible de mesurer l'impact de son activité avant plusieurs années, parfois plus de dix ans. L'architecte vieillit et se demande s'il veut attendre autant de temps pour réaliser son projet. S'impatienter de voir changer le monde peut donc décourager et conduire à ne pas persévérer dans la profession.

Quelle que soit la posture, la transition suppose donc un ajustement des pratiques architecturales. Différentes stratégies peuvent être mises en place pour réaliser ces adaptations. S'adapter aux contraintes oblige à « bricoler » lorsque la créativité n'est pas stimulée. L'architecte bricole pour respecter les contraintes : il utilise des matériaux ou ajoute des éléments (comme des panneaux solaires) qui ne lui semblent pas forcément utiles ou opportuns pour le bâtiment qu'il est en train de concevoir, mais qui permettront de se conformer aux normes en vigueur (par exemple la PEB). Mais lorsque les contraintes sont en phase avec le désir de vouloir changer le monde ou stimulent la créativité, alors s'adapter aux contraintes pousse à transformer ses pratiques, c'est-à-dire à modifier ses outils et ses protocoles pour explorer de nouvelles manières de faire de l'architecture.

Persévérer : une question de responsabilité

Que ce soit en bricolant lorsque l'on veut créer pour créer, ou en transformant ses pratiques lorsqu'on veut les aligner sur sa vision du monde, matérialiser ses idées architecturales pousse à renouveler ses pratiques, et ce, quels que soient les objectifs qu'elles visent. Ces conceptions architecturales, comme l'utilisation des structures bois, la transformation de bâtiments patrimoniaux ou le réemploi des matériaux, sont portées par l'architecte qui a le devoir d'en assumer les conséquences. Dès la conception, l'architecte doit les assumer vis-à-vis des autres acteurs du projet et pendant longtemps, parfois plusieurs années. Porter la responsabilité des contraintes de plus en plus nombreuses et devoir les assumer entraine une fatigue et une usure chez les architectes.

Etablir un dialogue permet de créer un rapport de confiance avec les parties prenantes telles que les clients, les entrepreneurs, ou les autorités administratives. C'est le cas, par exemple, lorsque l'architecte explique concrètement à un ouvrier ce qu'il attend de lui. Travailler en confiance en établissant le dialogue permet d'assumer ses idées architecturales. En effet, la réalisation d'un bardage bois alors que les règles urbanistiques ne le permettent pas ou la défense d'un projet patrimonial qui sort des règles standards oblige à négocier avec les parties prenantes, argumenter et défendre ses idées.

Dû au nombre grandissant de normes (PEB, sécurité santé, environnementales, sécurité incendie, énergétiques, accessibilités PMR, etc.) et d'intervenants, le métier d'architecte se complexifie : certaines expertises, telle que la PEB ou la coordination de sécurité et santé des chantiers, autrefois endossées par l'architecte sont aujourd'hui supportées par de nouveaux intervenants. Autrefois, le rôle de l'architecte comme chef d'orchestre du projet était plus central

et moins contesté. Aujourd'hui, l'architecte perçoit sa place comme décentralisée. Il est devenu « l'un des maillons » d'un processus complexe où s'ajoutent de plus en plus d'intervenants au fil des expertises demandées (parfois jusqu'à 20 personnes). Experts dans un domaine précis, ces intervenants apportent leurs connaissances et compétences spécifiques, entrainant un questionnement sur le rôle et les compétences de l'architecte.

Être remis en question sur son rôle, de ses choix et de ses compétences entraine un sentiment de perte de confiance du client et des autres acteurs. L'architecte, qui fut autrefois le seul décideur du projet, aujourd'hui n'est plus le seul à décider. Pourtant, il est responsable de l'ensemble du projet : ainsi, il endosse plus de responsabilités qui sont de l'ordre des autres intervenants, tout en étant garant du projet dans sa totalité. Être remis en question sur son rôle et ses compétences complique le fait de devoir assumer les conséquences de ses créations et de ses choix architecturaux. Le devoir d'assumer les conséquences de ses créations peut user. Pourtant, en maintenant la relation de confiance avec les acteurs, l'architecte peut proposer une architecture riche qui stimule sa créativité et satisfait le client.

Il matérialise de cette manière ses idées architecturales et compose avec les contraintes qui ne sont plus perçues comme écrasantes mais plutôt comme étant stimulantes. S'adapter aux contraintes (urbanistiques, environnementales, performancielles, de sécurité, d'accessibilité) et s'affranchir du cadre réglementaire (grâce à des dérogations par exemple) évite de créer une architecture « pauvre », qui serait pourtant en règles. Le métier d'architecte est perçu alors comme une plus-value pour le projet.

Créer une architecture riche, c'est-à-dire en adéquation avec un lieu, qui satisfasse le client ou en lien avec ses idées écologiques, même si elle s'affranchit du cadre réglementaire, permet à l'architecte de supporter ses responsabilités.

Conclusions

La transition pose une question majeure à l'architecte : **va-t-il persévérer dans sa profession, en s'adaptant aux diverses contraintes, ou va-t-il se décourager et quitter sa profession ?** La réponse à cette question varie en fonction de la posture adoptée. Si la recherche esthétique prime (créer pour créer), les nouvelles contraintes brident plus qu'elles ne stimulent : elles sont un frein à la réalisation des idées architecturales et incitent à ne pas persévérer dans la profession. Mais si la recherche de la satisfaction du client ou de la réalisation d'une vision du monde domine, les contraintes sont alors une occasion de se réinventer et elles encouragent à continuer à pratiquer le métier, autrement.

Être garant du projet et en porter les responsabilités usent l'architecte. Dans le cadre limite de cette recherche, il serait intéressant à l'avenir d'explorer les situations où les responsabilités permettent de persévérer dans la profession. Nous questionnons dans ce cas l'adaptation du rôle de l'architecte face aux différentes transitions, actuelles ou à venir. La conception architecturale semble devenir un travail plus collaboratif, dû aux nouvelles contraintes et exigences du secteur de la construction. Nous questionnons **la création d'un nouveau modèle pour pratiquer l'architecture, où les responsabilités seraient supportées par toutes les parties prenantes du projet.**

Apporter une réponse adéquate aux contraintes, environnementales ou conceptuelles (programme, budget, esthétique du client), **représente une plus-value du rôle de l'architecte.** En lui reconnaissant cette plus-value, **l'architecte participe à améliorer le monde, il contribue au changement. Pour cela, il doit parfois bricoler des méthodes, assumer, négocier, réflexionner, réinventer ses pratiques. Nous questionnons l'écart (divergence) entre sa profession vécue et celle perçue par les autres acteurs (client, parties prenantes du projets, autorités). La profession de l'architecte doit-elle être enseignée autrement ?**

4.2.2 Résultats d'un travail personnel : accompagner et être accompagné·e pour persévérer

4.2.2.1 Déroulement de la recherche

Lors du séminaire doctoral « *Découvrir la recherche qualitative par la pratique* », 4 demandes d'entretiens ont été lancées auprès d'architectes wallon·nes. Dans le cadre du cours, 3 de ces entretiens ont été utilisés. Le 4ème entretien s'inscrit dans la lignée du 1er travail de groupe. Nous sommes consciente que dans le cadre de cette thèse des entretiens de profils multidisciplinaires auraient été davantage en lien avec notre sujet de recherche. Comme cela a été mentionné au chapitre stratégie de recherche, nous rappelons que cette collecte de données est secondaire et que ce travail résulte d'un apprentissage, qui nous a semblé pertinent d'intégrer à notre thèse bien qu'il ne s'intéresse à une seule discipline : les architectes. Toutefois, en nous basant sur les questions formulées à l'issue du travail de groupe, à savoir « *La profession de l'architecte doit-elle être enseignée autrement ?* », le 4ème entretien a révélé un intérêt pour le travail collectif au sein d'équipes multidisciplinaires (Figure 84).

Ainsi, nous nous sommes penchée sur les nouvelles façons d'enseigner, les nouveaux modèles d'enseignement et les perceptions sociétales de la profession.Nous appuyant sur le déroulé de la MTA , un 4ème article nous a accompagné pour ce travail individuel portant sur la réception (rupture ou ajustement) des changements des pratiques agricoles impulsées par des normes institutionnelles liées l'arrêt de l'usage des produits phytosanitaires (pesticides). Les auteur.rice.s de l'article questionnent : « *comment faire face aux nouvelles normes ? Comment changer les pratiques ? Comment changer l'enseignement pour accompagner le changement ?* » *(Métral et al. 2016).* Cet article a accompagné notre réflexion vis-à-vis des transitions vécues par les architectes, particulièrement les nouvelles façons d'enseigner les transitions, liées aux règlementations imposées, leurs réceptions et leurs impacts sur les pratiques.

A côté des transitions énergétique, numérique et organisationnelle, le 4ème entretien a mis en lumière 3 autres typologies de transitions auxquelles font face les architectes. **La première transition concerne le changement de statut de l'architecte tout au long de sa carrière** : de celui d'étudiant·e, de stagiaire, de professionnel·le et se résumant parfois à « détenteur·ice du diplôme en architecture ». **La deuxième transition s'intéresse à la variation de perception de la société et des acteur·rice·s d'un projet sur le rôle de l'architecte**, qui créé, coordonne, accompagne, transmet et assume des co-responsabilités. Enfin, **la troisième transition se penche sur les alternances d'activités et d'inactivités des architectes au cours de leurs carrières**, liées aux évènements de vie (maladie, burn-out, congés de parentalité, etc.).

4.2.2.2 Les résultats du 4ème entretien

<u>Accompagner et être accompagné·e face aux changements de statuts de l'architecte</u>

Persévérer dans le métier dépend également de la posture que prend l'architecte vis-à-vis des autres intervenant·e·s. Devenir stagiaire représente une 1ère transition dans la carrière de l'architecte. **Se sentir bien accompagné·e** par un·e maitre de stage durant cette période aide à assumer cette période obligatoire de transition (2ans). La qualité de cet accompagnement influence la perception que le·a stagiaire a sur le métier d'architecte. Vécu comme la suite de l'apprentissage initié à l'Université, la période de stage est nécessaire pour se former au métier et être correctement outillé·e pour assumer les missions qui seront demandées. Être mal épaulé·e durant cette période formatrice et transitoire peut compliquer l'entrée dans la profession et être **vécue comme une désillusion**. Le·a jeune architecte ne peut assumer les nouvelles missions qui lui sont imposées telles que la gestion administrative des dossiers qui demande des compétences techniques ou la gestion d'équipes lors du chantier. Devoir **coordonner des équipes** et *« rassembler les troupes »* représente une mission centrale de l'architecte qui, si elle n'est pas enseignée par les pairs, accentue l'impuissance et la désillusion. Cette désillusion entraine **un sentiment d'abandon** de ces pairs qui peut amener à l'issue du stage à **ne pas perdurer** en tant qu'architecte.

Lorsqu'il ou elle ne perdure pas dans la profession, le statut diffère : **détenir le diplôme d'architecte** ne garantit pas d'être architecte. La perception des consœurs et confrères change : le·a détenteur·ice **du diplôme d'architecte** n'appartient plus à la même équipe d'acteur·rice·s puisque pour être reconnu·e architecte, plusieurs contraintes doivent être assumées : *« avoir son diplôme, être inscrit·e à l'Ordre des Architectes et être en ordre de cotisations »*. Cette variation de perception est réservée aux architectes. De son côté, la société continue d'appeler ces détenteur·ice·s de diplôme « architectes » sans distinction de statut tel que c'est le cas chez les avocats et juristes. Manquant de reconnaissances de leur statut, les architectes peuvent **subir une certaine rivalité** avec ces diplômés qui n'assument plus les responsabilités imposées à la profession.

<u>Accompagner et être accompagné·e face aux variations de perception du rôle de l'architecte</u>

Être remis·e en question et **devoir se justifier** sur ses compétences ou son rôle est ressenti par l'architecte comme **un manque de reconnaissances** de son métier. Depuis le libre accès à l'information sur internet, l'architecte se sent de plus en plus remis·e en question par ses client·e·s, **repenser ses pratiques**, plus en lien avec les acteur·rice·s de projet, semble inévitable pour regagner le respect des parties prenantes. L'architecte quitte son rôle de chef d'orchestre d'antan : sa pratique ne consiste plus uniquement à **créer** mais à **devenir médiateur·rice** et coordonninateur·rice des équipes. En accompagnant les client·e·s au cœur du processus de conception, l'architecte **visibilise son travail** de création, de gestion et de coordination. Cette nouvelle façon de travailler conduit à transformer les rivalités entre disciplines (*« se regarder en chien de faïence sur le chantier »*)en un sentiment **d'appartenir à une équipe de projet.** Au contact

des équipes pluridisciplinaires et sur base d'un respect partagé, l'architecte continue de se former.

Pour ne pas perdre des client·e·s et donc pouvoir perdurer dans son métier, l'architecte se voit parfois contraint·e d'accepter des projets qui nécessitent un accompagnement plus intense tels que des projets en auto-construction. Dans ce cas, la mission d'accompagnement dépasse la mission légale de l'architecte qui doit assurer un (presque) compagnonnage et implique d'**assumer une surcharge de travail.** Accompagner les client·e·s varie donc selon le type de mission d'architecture. Animé·e par la volonté de voir son projet réalisé, l'architecte assume de nombreuses responsabilités, imposées ou non.

Toutefois, **accompagner et coordonner les parties** n'empêche pas de **voir s'échapper le contrôle de son projet** particulièrement concernant les délais et le budget, deux contraintes majeures du projet qui lui échappent puisqu'elles dépendent d'autres acteur·.rice·s (missions et agenda des ingénieur·e·s, entreprises de construction) et facteurs externes (évènements socio-géo-politiques tels que la météo, les crises sanitaires du COVID, la hausse des prix des matières premières, les retards de livraison, etc.). De ce fait, **être co-responsabilisé·e** de tout acte posé par d'autres intervernant·e·s renforce **le sentiment d'impuissance des architectes**. **Ne pas être entendu·e sur ces contraint·e·s** par le législateur use et conduit à une **désillusion et une usure du métier.** De fait, plus les contraintes normatives s'intensifient, plus l'architecte se voit contraint·e d'assumer des responsabilités pour lesquelles il et elle n'est pas formé·e. A titre d'exemple, l'imposition de la PEB a eu pour conséquence de transformer et de spécialiser les corps de métiers : l'ancien·ne chauffagiste – sanitariste est aujourd'hui accompagné d'un frigoriste et d'un ventiliste. L'architecte se voit de **coordonner des équipes** de plus nombreuses et spécialisées avec une connaissance de généraliste inchangée. Coordonner ces équipes augmente le sentiment de ne pas être entendu, d'être mal outillé·e et impuissant·e face à des co-responsabilités imposées par le législateur.

Ne pas pouvoir assumer ou garantir des facteurs incontrôlables, tels que la météo et les facteurs socio-géo-politiques précités, force l'architecte à **se résoudre à perdre des client·e·s** qui sont en attente de garanties sur les délais et les budgets et qui se dirigent vers des entreprises de clés sur portes. Dans ce cas, les client·e·s ne reconnaissent pas la plus-value de l'architecte et l'unicité de son travail. Pour faire face à ces constats et persévérer dans le métier malgré tout, **repenser le travail d'équipe** conduit à privilégier d'autres formes de collaboration, avec des entreprises générales par exemple. Ainsi, **se confronter à moins d'intervenant·e·s** a l'avantage de **redistribuer les responsabilités** propres à chacun·e et de **soulager l'architecte des responsabilités** qu'il ou elle ne peut assumer. Le·a soulager (légalement) des responsabilités concerne bien une nouvelle façon de travailler, de collaborer et d'appartenir à une même équipe avec une reconnaissance et du respect mutuel et sans rivalité et mépris. Actuellement, les nouvelles méthodes collaboratives de travail dont le BIM favorise une meilleure communication mais ne permettent pas de redistribuer les responsabilités : l'architecte reste co-responsable de tout acte de chantier.

Accompagner et être accompagné.e face aux alternances d'activité et d'inactivité

Par conséquent, **accompagner les acteur·ice·s de projets** lui apporte de la reconnaissance **sur son travail**. Les accompagnements diffèrent selon les acteur·rice·s : accompagner les client·e·s dans l'élaboration de leur projet se traduit davantage comme une intégration de ces dernier·e·s dans le processus, par exemple en les mettant en copie des échanges avec les entreprises et en les informant des suivis administratifs. Les client·e·s participent à leur projet et ne se sentent pas délaissé·e·s ou mis·es de côté. De plus, l'architecte **visibilise son travail** de gestion et de coordination, qui à l'inverse du travail d'entreprise sur chantier peut sembler abstrait (invisible) et de ce fait, incompris. Visibiliser son travail réduit les tensions entre les parties prenantes du projet et participe à **déconstruire le mépris ressenti** par les architectes sur leur rôle (trop cher pour la mission, pas de plus-value-perçue d'un travail unique, accessibilité à son savoir, etc.).

Vis-à-vis des entrepreneur·e·s, l'accompagnement est formatif au sein de centres techniques via des cours en alternance[240]. Accompagner des jeunes apprenti·e·s à comprendre le métier d'architecte permet de persévérer dans le métier. L'architecte accompagne les apprenti·e·s à déconstruire les préjugés et rivalités subies. Préparer et accompagner les futur·e·s entrepreneur·e·s participe aussi à construire une autre vision des acteur·rice·s de la construction, plus solidaire, respectueuse avec un sentiment d'appartenir à une même équipe. Enfin, mieux formé·e·s, les apprenti·e·s assument leurs responsabilités et obligations propres à leurs métiers (attestations), déchargeant les architectes du rôle de contrôle qui leur est imposé par le législateur.

L'usure du métier liée à l'accumulation de nombreuses contraintes et responsabilités peut empêcher de continuer à professer de façon momentanée ou définitive. Usé·e·s du manque de reconnaissances (culturelle et financière) et des co-responsabilités grandissantes, de plus en plus d'architectes quittent la profession. Face à ce constat, des mécanismes de solidarité, tels que des services téléphoniques rendus disponibles par l'Ordre des Architectes sont mis en place dont l'objectif est d'**épauler des confrères et consœurs** à traverser des « *accidents de vie* » (surmenage, burn-out, dépression, etc.). **Se sentir épaulé·e** augmente le sentiment **d'appartenir à une même équipe,** au sein de laquelle chacun·e est susceptible de se sentir épuisé·e au cours de sa carrière. **Être accompagné·e** durant ces épreuves permet aussi de ne pas se sentir « *largué·e* » et de rester informé·e des nouvelles transitions du métier (impositions légales, nouvelles normes, méthodes, etc.), car, en effet, les constantes transitions peuvent enrayer le retour au travail.

Devoir adapter constamment sa pratique aux nouvelles impositions accentue le sentiment d'abandon (« *être largué·e* »), de **ne pas être entendu·e** et installe **une perte de confiance envers le législateur** et une usure. Des mécanismes d'accompagnement plus informels se mettent en place tel qu'épauler une consœur au retour d'un congé de maternité. Si d'un côté, les mécanismes d'entraide entre confrères et consœurs créée l'appartenance à une même équipe (solidarité), de l'autre côté, ces responsabilités endossées entre pairs, et non de manière sociétale, accentue le

[240] Tels que l'IFAPME ; Institut wallon de Formation en Alternance et des indépendants et Petites et Moyennes Entreprises.

sentiment de ne pas être entendu·e sur les difficultés du métier. Ces sentiments se renforcent lorsque l'objet des nouvelles législations est lui-même sans cesse modifié. Repenser ses pratiques pour **assumer les nouvelles législations** c'est par exemple concevoir d'autres types de bâtiments, plus techniques qui répondent aux exigences de la PEB ou plus récemment à CertiBEAU. Mais lorsque ces exigences sont renforcées et donc mouvantes, par l'application du QZEN par exemple, l'objectif présenté initialement semble inatteignable entrainant une fatigue et un sentiment de manque de considération de la part du législateur.

Les transitions continuelles laissent **peu de temps** aux architectes **pour réfléchir et questionner leurs pratiques** : *sont-elles pertinentes ? en phase avec la réalité de terrain ? sont-elles rentables ?* Ce manque de temps les oblige à assumer des législations parfois en incohérence avec la réalité de l'habiter. En effet, **ne pas être entendu·e par le législateur** conduit à des situations cocasses voir paradoxales que l'architecte a du mal à assumer. Par exemple, l'imposition de système de ventilation type VMC double flux a pour conséquence un surcoût de la construction initiale (systèmes, finitions, etc.), qui écarte certain·e·s client·e·s. D'autre part, après avoir été installés, ces systèmes ne sont pas toujours reçus auprès des client·e·s qui, soit les mettent hors service très rapidement, soit ne les entretiennent pas conduisant à des problèmes sanitaires (moisissures). Dans ce cas, informer et accompagner les client·e·s sur le bon usage du bâtiment ne garantit pas le respect des normes.

Conclusions

Lors des 3 premiers entretiens, le terrain a mis en lumière les postures qu'adoptent les architectes face aux multiples transitions : persévérer ou abandonner la profession. Le 4ème entretien a apporté une nouvelle compréhension des transitions que subissent les architectes. Elles concernent le changement de statut de l'architecte tout au long de sa carrière, la variation de perception de la société et des acteur·rice·s d'un projet sur le rôle de l'architecte et les alternances d'activités et d'inactivités des architectes au cours de leurs carrières.

Comme pour d'autres professions soumises aux transitions, celles du monde agricole par exemple, des ajustements d'enseignement, de passation des savoirs et de pratiques sont nécessaires pour éviter les ruptures (Métral et al. 2016). Dans le cas de l'architecture, les transitions vécues par les architectes appellent à adopter de nouvelles postures pour persévérer.

Se sentir bien accompagné·e et épaulé·e tout au long de la carrière permet de persévérer faces aux contraintes, aux responsabilités et aux accidents de la vie. Dès le stage, l'accompagnement est primordial et influencera l'entrée dans la profession. L'accompagnement entre confrères et consœurs donne le sentiment d'appartenir à une équipe et de se sentir moins abandonné·e, moins largué·e. Être respecté·e et entendu·e contribue à faire face aux transitions : la rencontre avec les autres accompagnent l'architecte dans sa formation continue. A l'opposé, ne pas être reconnu·e ou entendu·e épuise quel que soit l'acteur·ice vis-à-vis duquel / de laquelle l'architecte ressent ce manque de reconnaissance ; confrères, consœurs, concepteur·ice·s, entrepreneur·e·s, client·e·s ou législateur. Il peut s'agir de personne diplômée en architecte qui quittent la profession mais utilise le diplôme déloyalement (comme faire valoir). Le manque de reconnaissance est parfois interne à un projet. Avoir accès à l'information entraine une remise en question du rôle (et du coût) de l'architecte de la part des client·e·s. Sur le chantier, devoir assumer une co-responsabilité imposée entraine des tensions entre les parties (ingénieur·e·s et

entrepreneur·e·s). Mais si les partenaires se sentent appartenir à une équipe projet, le respect mutuel s'installe et la satisfaction de voir sa création réalisée prend le dessus. Pour arriver à ce sentiment, accompagner les futur.e.s entrepreneur·e·s à déconstruire les préjugés sur les architectes permet de persévérer. Ces missions d'accompagnement peuvent entrainer un surmenage chez les architectes si elles ne sont pas valorisées et reconnues par les parties prenantes du projet, maitrises d'ouvrages, concepteur·ice·s ou entrepreneur·e·s.

Pour éviter toute rupture (entre acteur·ice ou au sein de la profession) et désillusion (transition entre l'enseignement et la pratique), les architectes demandent à être entendu·e.s, reconnu·e.s et accompagné·e.s de la part des organismes professionnels du secteur de la construction, des organismes d'enseignement, académique ou non, et de la part des organismes législatifs et ministériels. Il s'agit davantage de cocréer un modèle qui n'abandonne personne.

4.2.3 L'apport des entretiens : échos et perspectives

Bien que peu nombreux, les entretiens exploratoires entrent en résonnance avec l'état de l'art et confirment les résultats issus des autres méthodes de recherche. De plus, les entretiens apportent un autre regard, davantage sociologique, sur la question de recherche. Nous les présentons succinctement ci-après.

L'un des résultats majeurs de notre travail personnel est **la notion d'accompagnement** ; accompagner et être accompagné·e. Cette notion est multidisciplinaire et polysémique : d'un côté, elle a été énoncée pour plusieurs acteur·rice·s du projet architectural : guider la M.O., mener le projet, informer les entreprises, etc. D'un autre côté, plusieurs sens sont énoncés pour l'accompagnement : accompagner les architectes face aux transitions du métier sous-tend comprendre leurs réalités et construire un espace de dialogue. Nous discuterons de cet aspect au chapitre Propositions. De plus, accompagner la M.O. dans le projet sous-tend la rendre active dans le processus d'écoconception. Accompagner les entreprises, c'est informer et partager savoirs, responsabilités et contraintes. Être accompagné·e, c'est modifier profondément le processus de conception architecturale, dissiper l'effet silos pour faire partie d'une même équipe (entre pairs ou au sein d'un projet). Ces aspects de l'accompagnement représentent l'une de nos propositions, présentée au prochain chapitre : visibiliser le processus d'écoconception, favoriser l'interaction et la collaboration et partager les savoirs. Ce résultat, mis en évidence dans les entretiens, fait également écho aux résultats de la recherche-action présentés à la prochaine section (faire partie d'une équipe, rendre la M.O. active, partager les savoirs). Selon notre hypothèse, l'accompagnement tel que décrit par les architectes interrogés modifie leur rôle, passant de créateur·rice (1er chapitre) à un·e « *médiateur·rice bienveillant·e* », terme emprunté à Fiori, Ghoche, et Maniaque (2023).

L'acte de création a été souligné comme un facteur d'influence majeur dans la profession des architectes. Cet aspect fait écho à la transition des processus de création singulière aux processus de conception multidisciplinaire que nous avons présenté au premier chapitre : nous y avons relevé **la corrélation entre accroissement des contraintes et l'inadaptabilité des méthodes de travail « bricolées ».** Si l'enquête a révélé les attentes du secteur sur des développements pluriels (règlementaire, technologique, technique et culturel), les entretiens mettent en lumière **le développement d'une méthode qui soit à la fois, flexible pour s'adapter à l'unicité des projets, créative, multidisciplinaire et collaborative**.

Au sein des entretiens, **la notion de *bricoler* a également été soulignée comme moyen de contourner les règlementations qui, selon les architectes entendu·e·s, sont inadaptées aux réalités du terrain.** Ces résultats font échos au cas français : l'élaboration de lois dérogatoires et de « permis d'innover » vu au premier chapitre, qui permettent de contourner les cadres réglementaires entravant l'intégration des démarches écoresponsables. Cette notion rappelle la posture des auteurs du *Manifeste pour une frugalité heureuse et créative qui* cessent d'attendre l'autorisation politique pour faire autrement ; « *agir et penser, de mille manières, avec la Nature, même en se mettant hors la loi si nécessaire pour faire avancer la loi* » (Madec 2021, p.103). Au des entretiens que nous avons menés, les 2 exemples mentionnés par les architectes wallon·ne·s nous intéressent particulièrement dans notre recherche.

Dans le 1er exemple, des systèmes sont ajoutés au projet pour atteindre les performances imposées par les règlementations (panneaux solaires pour atteindre le niveau PEB requis). Dans ce cas, les pratiques d'écoconception se résument à la compréhension littérale de l'écoconception : intégrer des critères environnementaux dans la conception d'un produit. Or, nous l'avons vu au premier chapitre, l'écoconception ne peut se résumer à cette définition. De plus, ce résultat questionne les systèmes de pondérations des règlementations : un score peut-il assure la qualité des pratiques écoconceptuelles ? Lajus (2009) questionnait à juste titre ces pratiques : « *Suffirait-il de quelques mètres carrés de cellules photovoltaïques, d'une toiture végétalisée ou d'une façade en polycarbonate pour qu'une architecture se proclame «généreuse» et 'durable'* » ?

Le 2ème exemple concerne la dissonance entre la prescription des systèmes (VMC) et leur usage (VMC éteinte endéans la 1ère année d'usage). Or, nous l'avons vu au premier chapitre, les systèmes et techniques contenues dans les bâtiments durables participent à la construction de *référentiels*, sollicitant des expériences de vie et engeant des pratiques culturelles. Enfin, contourner les réglementations interroge la façon dont le cadre règlementaire est établi. Si l'élaboration d'un cadre règlementaire représente un des développements attendus par les répondant·e·s de l'enquête, nous proposerons dans les prochains chapitres une voie alternative pour leur élaboration.

4.3 Une expérimentation par la recherche-action au sein du bureau d'études intégré partenaire

Nous l'avons vu au 1er chapitre, pour passer **d'une conception à une écoconception architecturale**, les concepteur·rice·s font face à plusieurs freins dont le manque d'éveil à l'écologie des professionel·le·s du bâtiment, le manque d'expérience et de connaissans et le poids de l'héritage de l'industrialisation technocentrée. Quatre actions ont été identifiées pour permettre une transition écologique du secteur :

- la compréhension de l'écologie et son applicabilité à l'environnement bâti par les professionel·le·s et parties prenantes du projet,
- la définition commune d'un modèle architectural ;
- la capacité à faire face au système de production industriel ;
- et faire face à la pensée *conventionnelle*, l'abandon de la conception machiniste et l'engagement dans un travail collaboratif dès les premières phases de projet (Kibert 2016).

L'enquête a permis de se pencher sur la compréhension de l'écologie et de son applicabilité au bâti grâce à l'analyse des définitions et perceptions des répondant·e·s. Les entretiens ont, quant à eux, permis de mettre en lumière le poids des changements supportés par les architectes wallon·ne·s face à l'abandon d'anciens modèles et à l'intégration de nouveaux modèles architecturaux.

Présentée au chapitre Stratégie de recherche, la présente section décrit la recherche-action (RA). Cette 3ème méthode de recherche apporte un regard complémentaire à l'état des lieux de l'enquête et à l'exploration des entretiens. L'usage de cette méthode vise à modifier les pratiques conceptuelles de l'agence vers une écoconception collaborative et multidisciplinaire. A travers plusieurs actions conduites, l'objectif est de **coconstruire un modèle collaboratif hydride** à mi-chemin entre le développement durable et l'écologie politique, pour transformer le rapport d'injonction du développement durable, en une collaboration créative, adaptée et accessible.

Aussi, nous rappelons que cette recherche de terrain a été entrecoupée par plusieurs confinements liés à la crise sanitaire mondiale du COVID-19. L'hybridation des rencontres est illustrée à la Figure 85. Le choix et l'usage des outils ont fortement été influencés par **le contexte particulier de la pandémie,** tantôt entièrement virtualisé (confiné), tantôt hybride (partiellement déconfiné). L'hybridation du réseau d'outils utilisés dans cette RA a fait l'objet d'une communication lors de la journée d'étude *« Le doctorat : une opportunité de développer la recherche par le projet au sein des agences d'architecture »* et publié comme actes de conférences (Dautremont 2022). Les outils utilisés pour chaque tâche sont détaillés en préambule de chaque épisode.

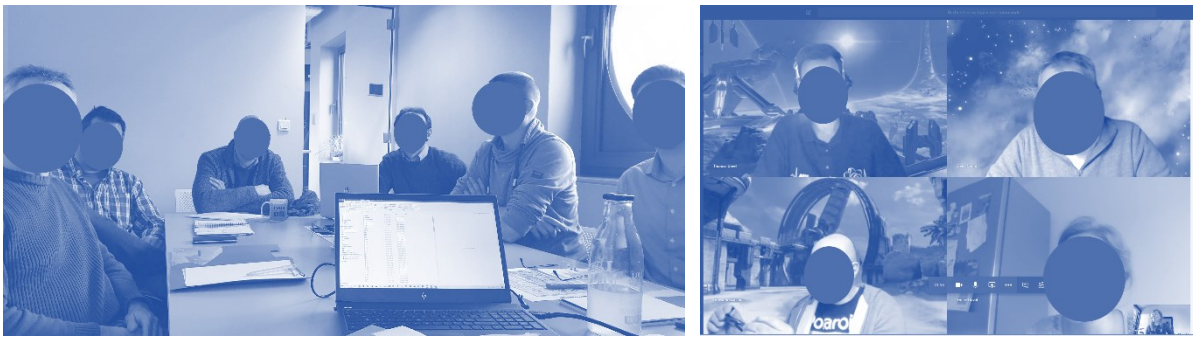


Figure 85 : Hybridation des rencontres ateliers, du présentiel au viturel - Février 2020 (Gauche) – Avril 2020 (Droite)

Enfin, nous rappelons le rôle de la chercheuse pour cette RA : en tant que facilitatrice de la démarche, nous avons coordonné la recherche, apportant ponctuellement des éléments issus de notre savoir et servant à alimenter les réflexions et le processus de recherche. Enfin, pour mener à bien cette RA, nous avons utilisé différents dispositifs méthodologiques dont des logiciels, des outils physiques, des canaux de communication, des maquettes, des mises en scènes, des tableurs. En tant que chercheuse, nous avons « bricolé » une méthode de recherche ancrée dans la pratique et faisant face aux confinements répétés. Teams© et Miro©, 2 outils logiciels, nous ont particulièrement aidées dans cette tâche. Teams© étant déjà bien implanté au sein du bureau avant la pandémie, nous y avons créé une nouvelle équipe « GENESIS ambassadeur·rice·s » permettant d'échanger, de planifier les réunions, de collecter des informations et de travailler. Nous avons implémenté Miro© dès mars 2020.

Aussi, tel que nous l'avons vu au 1er chapitre, **l'usage des outils** joue un rôle clé dans les processus de conception architecturale. Pour chacune des tâches de la RA, nous avons analysé l'usage des outils : les figures en préambule des épisodes illustrent qu'un même outil peut servir différents desseins. A titre d'exemple, Miro© a été utilisé pour communiquer informellement, pour produire des solutions intermédiaires, pour synchroniser dans le temps et pour conserver de façon provisoire et permanente.

Aussi rappelons que la RA s'est déroulée entre février 2020 et novembre 2022 avec une équipe de 10 cochercheur·se·s, appelé·e·s *ambassadeur·rice·s*. Présenter une recherche itérative et de longue durée (34 mois) n'est pas une tâche aisée. Pour décomplexifier l'exercice, nous avons pris le parti de **présenter la RA de manière chronologique** à travers 10 épisodes clés, présentés au Tableau 40 ci-dessous. De cette façon, nous accompagnons le·a lecteur·rice au cœur du raisonnement et des choix qui ont été fait durant ces mois d'immersion en agence.

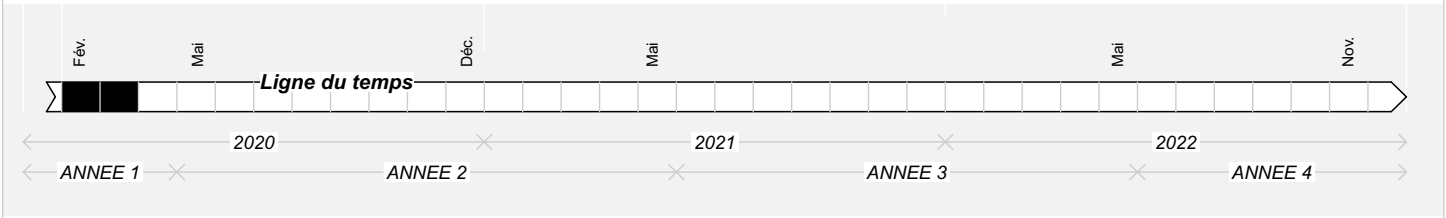
Il est à noter pour le·a lecteur·rice que dans la plupart des cas, les étapes[241] se chevauchent temporellement, ni leur début ni leur fin ne se fait de façon franche. Les articulations entre les étapes sont ainsi perméables. Pour présenter chacune des étapes du processus, nous utilisons la figure de l'organisation du travail collectif, présenté au chapitre *Stratégie de recherche*, sous forme de vignette. Chaque description d'épisode est accompagnée d'un descriptif détaillé des tâches effectives qui ont été réalisées. L'ensemble aide à comprendre la temporalité de la RA.

Tableau 40 : Les 10 épisodes de la RA en agence

Numéro de l'épisode	Nom de l'épisode
Episode 1	La démarche durable existante de l'agence : co-analyse pour entrer en recherche
Episode 2	Une démarche d'écoconception : 1ère esquisse d'un co-développement
Episode 3	Une première mise en projet de la démarche durable : se confronter au terrain
Episode 4	Des moments de reconsidération de la démarche esquissée et des pratiques ancrées
Episode 5	Une boîte à outils et une dynamique de recherche : développement et partage créatifs
Episode 6	Une nouvelle forme d'expérimentation : des jeux de rôles
Episode 7	Une accélération des itérations de la RA
Episode 8	Le jeu de la ficelle : visualiser les liens d'influence entre les principes durables
Episode 9	La conduite simultanée des activités : appropriation et partage des savoirs
Episode 10	La consolidation : actionnabilité des savoirs et ancrage des changements de pratiques

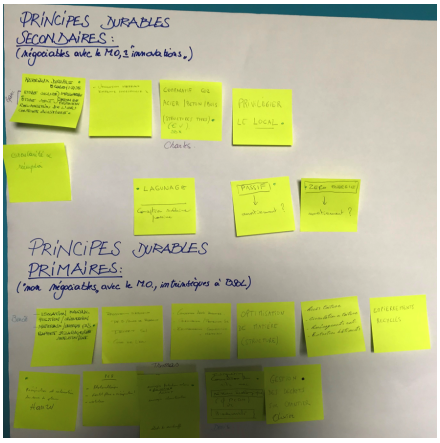
[241] Nous utilisons ici le terme « étape » comme action du travail collectif.

Etape 1 - La démarche durable existante de l'agence : co-analyse pour entrer en recherche



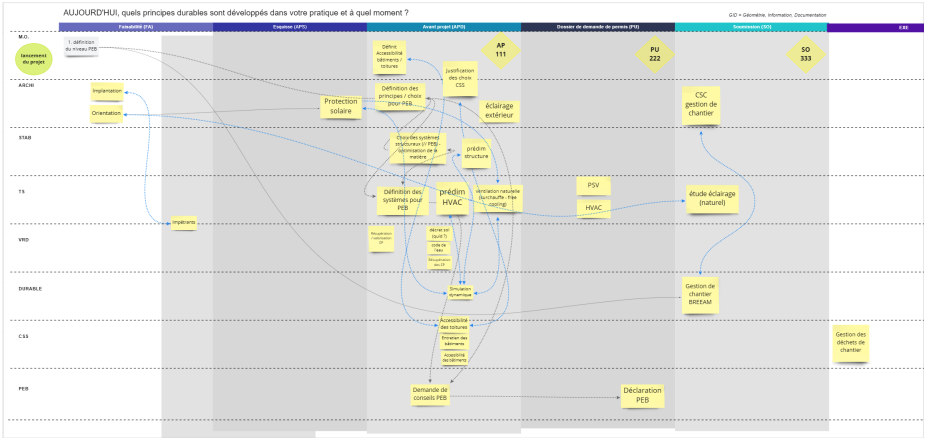


Résultats de la tâche 1



Source : photo prise lors de l'exercice

Résultats de la tâche 2



Source : capture du journal de bord collaboratif de l'équipe - Miro(c)

Figure 86 : Etape 1 de la RA / Co-analyser la démarche durable existante : tâches effectives et résultats

4.3.1 Épisode 1 : La démarche durable existante de l'agence : co-analyse pour entrer en recherche

Dès Février 2020, la première étape menée avait pour objectif de libérer la parole et d'ouvrir le débat (Figure 86, haut). Cette étape est une action d'analyse au sein de l'activité de recherche (Figure 86 centre). Elle a été appréhendée à travers plusieurs tâches, décomposées en question simple, permettant de **confronter les perceptions selon les métiers et les rôles de chacun·e** :

- *« Quoi ? » :* Quelle démarche durable est existante au sein de l'agence ? Quelles thématiques durables sont étudiées ? Existe-t-il des thématiques immuables, récurrentes ou exceptionnelles ?
- *« Comment ? » :* A quels besoins ces thématiques durables répondent-elles ? Par quels moyens sont-elles mises en œuvre ? Existe-t-il des contraintes à leur mise en œuvre ?
- *« Qui ? » : Quel·le·s acteur.trice.s sont impliqué·e·s / impacté·e·s par la thématique ?*
- *« Quand ? » :* A quelle étape de projet la thématique est-elle discutée ? A quelle étape est-elle étudiée ?

Sous forme de remue-méninges avec post-it (Figure 86, bas), l'équipe des ambassadeur·rice·s s'est attelé à **identifier les thèmes durables** sur lesquelles l'équipe travaille ou aimerait travailler **(Figure 86, Tâche 1).** L'exercice a mis en évidence une distinction entre des thématiques durables négociables et des thématiques non négociables avec les maitrises d'ouvrages : les premières sont considérées comme innovantes, les secondes sont intrinsèques aux pratiques de l'agence, et ce fait, non négociables (Figure 87).

Modéliser la démarche de conception permet aux concepteur·ice·s de confronter les réalités vécues avec celles imaginées, et de ce fait, d'identifier les problématiques au regard de l'écoconception **(Figure 86, Tâche 2).** La modélisation offre également la construction d'une vision multidisciplinaire commune. Elle n'est pas imposée par une tierce personne et évite, de ce fait, d'être rejetée. D'autres recherches ont réalisé le même constat (Zanni, Soetanto and Ruikar, 2014). **Trois problématiques ressortent de cet exercice** : les études dites durables (i) s'articulent principalement autour de l'énergie, (ii) elles interviennent tardivement dans le processus de conception et (iii) sont indépendantes, connexes, de la conception (en coopération ou en silo). Ces constats appellent à développer une nouvelle démarche de pratiques durables.

Au terme des premiers échanges concernant les pratiques durables existantes (*« quoi ? »*), la question du *« comment ? »* s'est rapidement imposée. Lorsqu'il s'agit de décrire les pratiques existantes, **l'équipe évoque les outils métiers** pour y parvenir ainsi que les étapes et moments clés de projet et la façon dont s'articulent les échanges entre métiers **(Figure 86, Tâche 3).** Représenter le processus de conception s'est rapidement imposé à l'équipe comme seconde tâche. En tant que chercheuse-facilitatrice, nous avons proposé[242] de **modéliser la démarche**

[242] Préalablement à notre recherche de doctorat, nous avons utilisé cette méthode en laboratoire dans le cadre du projet européen BIMGAME présenté dans l'article (Dautremont et Jancart 2020)

durable existante sur base de la méthode normée[243] du « Business Process Model and Notation » (BPMN). Nous avions utilisé cette méthode préalablement à la thèse de doctorat pour le projet européen BIMGAME (Dautremont et Jancart 2020). L'objectif de cette méthode de modélisation est de fournir un système de notation accessible et compréhensible par tou·te·s les utilisateur·trice·s sur les processus d'entreprise, de leur conception à leur mise en œuvre.

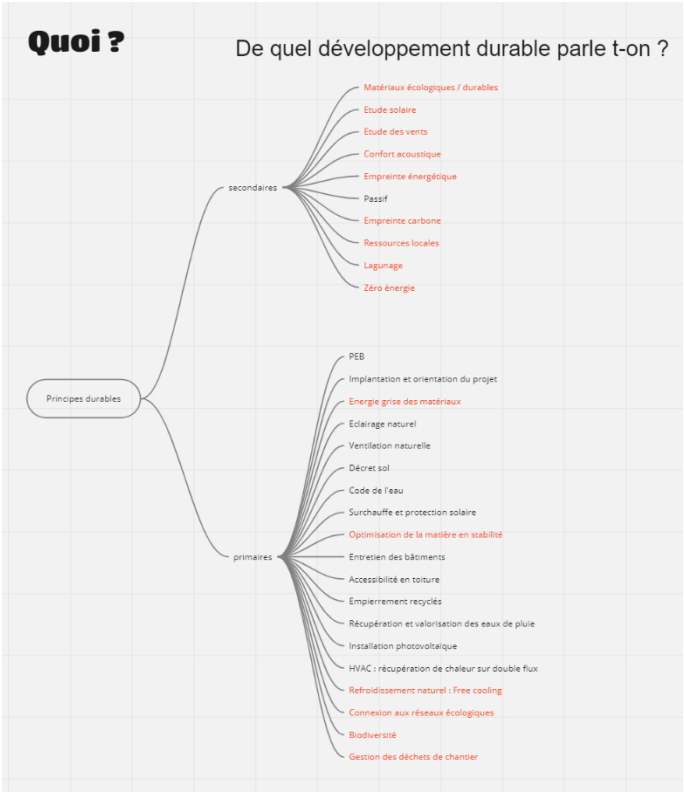


Figure 87 : Principes durables dits primaires et secondaires identifiés par les ambassadeur·rice·s à l'issue des 1ères analyses
Source : journal de bord collaboratif – Miro©

Dû à la crise sanitaire, **le choix des outils** a été réorienté pour reproduire le schème d'usage amorcé en présentiel (papier / crayon / post-it) (Figure 84, bas, Tâche 1). Ce choix a permis de maintenir la concentration des ambassadeur·rice·s sur les tâches à réaliser et non pas sur leurs appropriations (Calixte 2021). C'est pour cette raison que l'outil normé Bizagi© [244], bien que préalablement testé et utilisé en laboratoire, a été écarté au profit de l'outil Miro©[245].

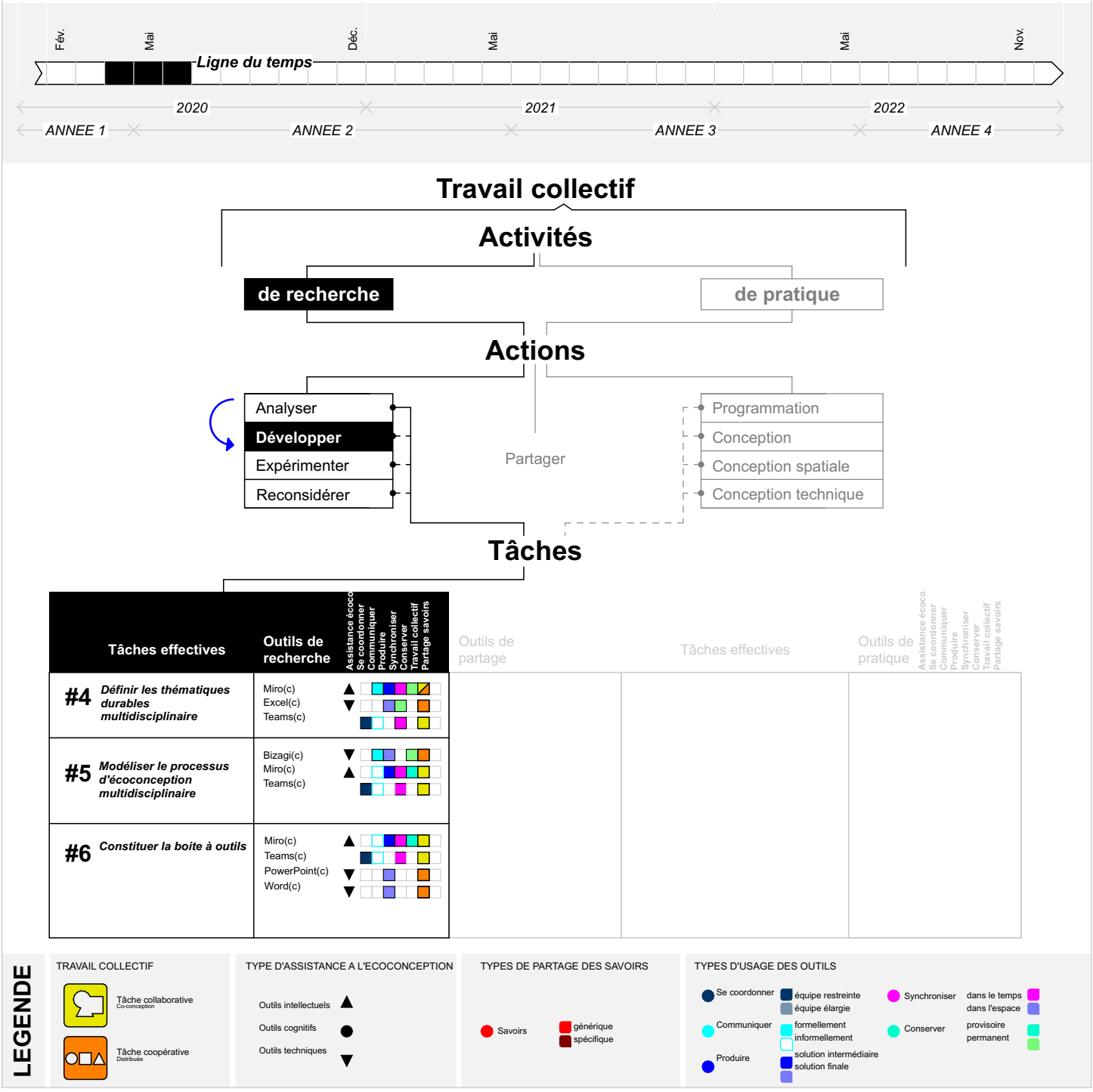
Modéliser la conception architecturale en tant que système complexe permet d'assurer la représentation, la communication, le suivi et l'évaluation des projets. Les informations peuvent être partagées entre des acteur·rice·s, issu·e·s de disciplines différentes. Pour Terrin (2009), les méthodes de modélisation « *permettraient de mieux gérer des situations urbaines et architecturales qui doivent notamment leur complexité au fait qu'elles sont difficiles à décrire, à*

[243] Norme ISO/IEC 19510:2013, Les technologies de l'information – Modèle de procédé d'affaire et notation de l'OMG, disponible via https://www.iso.org/fr/standard/62652.html, source web, consulté le 04.10.2022.
[244] Bizagi Modeler est un logiciel de modélisation de processus. Source web du développeur, consultée le 13.03.2023 : https://www.bizagi.com/en/platform/modeler
[245] Miro est une plateforme de collaboration visuelle en ligne, Source web du développeur, consultée le 13.03.2023 : https://miro.com/fr/

représenter et à appréhender »[246]. Deux résultats ont permis d'être partagés au sein de l'équipe grâce à cet exercice d'analyse : la multidisciplinarité imbriquée des thématiques et la concentration des études au sein de l'avant-projet (Figure 86, bas, résultats tâche 2). Une fois l'analyse réalisée, la RA a amorcé **la seconde action de l'activité de recherche**, détaillée à l'épisode 2. Tel qu'illustré à la Figure 86, chacune des 3 tâches effectuées pour l'analyse de la démarche durable existante a été réalisée en collaboration avec l'équipe (Figure 86, travail collectif).

[246] Ibid. p.63

Etape 2 - Une démarche d'écoconception : 1ère esquisse d'un co-développement



Résultats de la tâche 4

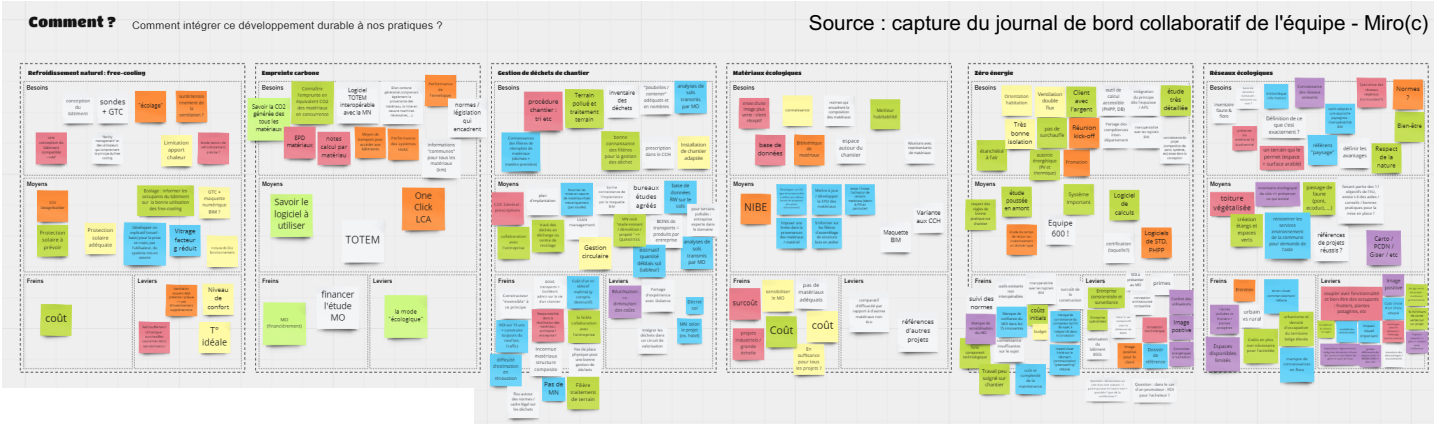


Figure 88 : Etape 2 de la RA / Co-développement d'une démarche durable multidisciplinaire : tâches effectives et résultats

4.3.2 Épisode 2 : Une démarche d'écoconception : 1ère esquisse d'un co-développement

Sur base des résultats de l'analyse, la seconde action traite du co-développement d'une démarche durable multidisciplinaire. Cette étape de la RA s'est déroulée entre mars et septembre 2020, soit 6 mois durant lesquels la RA a été interrompue par une période de congés estivale. Dans la continuité de l'analyse du processus, l'équipe a esquissé 1ère ébauche d'un processus idéal d'écoconception. La **modélisation** a cristallisé les attentes des cochercheur·se·s vis-à-vis des moments de partage (réunions internes et externes) et vis-à-vis des thématiques durables (Figure 88, Tâches 4 et 5).

L'ébauche du processus d'écoconception est illustrée à la Figure 88 (bas). Modélisées dans la même plateforme visuelle (Miro©), les démarches d'écoconception existante et projetée sont mises en parallèle, mettant en lumière le déplacement de l'effort des études durables depuis l'avant-projet (démarche existante) vers l'étude de faisabilité (démarche projetée). En effet, les ambassadeur·rice·s ont identifié plusieurs thématiques nécessitant de faire des choix éclairés aux prémices du projet. Par exemple, l'intention de réaliser un projet avec des éléments de réemploi doit être discutée préalablement à l'esquisse architecturale, l'expression architecturale étant influencée par ce choix. Il en va de même pour l'étude du contexte environnant qui impacte l'implantation du projet sur la parcelle (captage et stockage des eaux de pluies, orientation des volumétries et protections solaires). En réalisant ces études de façon anticipée, l'étape de l'avant-projet sert à ancrer les intentions durables dans le projet (réalisation des études d'analyse de cycle de vie par exemple) et à valider les hypothèses *(« les grandes options du projet »)* posées lors de l'étape de faisabilité. Aussi, **modéliser le processus d'écoconception a l'avantage d'appréhender les moments de rencontre et d'échange des parties prenantes du projet. Par extension, le contenu et le support de ces échanges sont discutés,** tels que les documents contractuels : *Quels niveaux de durabilité visons-nous ? , Comment engager les parties ?, Quel format pour les bases de données / bibliothèques de connaissances ?, Avec quels outils ?*

Une fois le processus idéal modélisé (Figure 88, bas), chaque ambassadeur·rice s'est approprié **une thématique à développer**, choisie des affinités en lien avec sa profession,son rôle au sein de l'agence ou liée à ses propres sensibilités (Figure 88, Tâche 4). En tant que facilitatrice de la RA, la chercheuse a guidé le débat, qui à l'instar de l'analyse, s'est vite orienté vers le *comment* ? Afin d'outrepasser les discussions limitées aux outils et aux freins, nous avons alterné le processus de recherche entre travail individuel et collaboratif. Le travail individuel s'est d'abord articulé autour de questions ancrées dans les pratiques qui ont permis de désamorcer la tâche : *Quels sont vos besoins pour intégrer ces thématiques dans vos pratiques ? Par quel(s) moyens les intégrer ?, Quels sont les freins qui vous en empêchent ?, Quels sont les leviers qui peuvent vous aider ?*. Après un travail individuel, l'équipe se réunit pour discuter et alimenter les thématiques de chacun·e. Chaque ambassadeur·ice profite d'un riche échange multidisciplinaire sur sa thématique. Ces échanges ont été collectés et conservés au sein du journal de bord collaboratif (Figure 88, bas, résultats tâche 4).

Amener la maitrise d'ouvrage (M.O.) d'un projet à s'engager dans une démarche durable s'est révélé être le premier frein identifié par l'équipe. Pour y faire face, la mise en commun des savoirs produits individuellement a pris la forme d'une bibliothèque de savoirs, nommée « **boîte à outils** » (Figure 86, Tâche 6). Le nom donné traduit la volonté de rendre cet outil accessible à tou·te·s, quel que soit la discipline, une aide à la décision qui vise à éveiller la M.O. aux enjeux climatiques et à la convaincre de s'engager vers une écoconception. A ce stade de la RA, la BàO ressemble davantage à une liste de principes durables.

Etape 3 - La mise en projet des premières ébauches de la démarche : se confronter au terrain

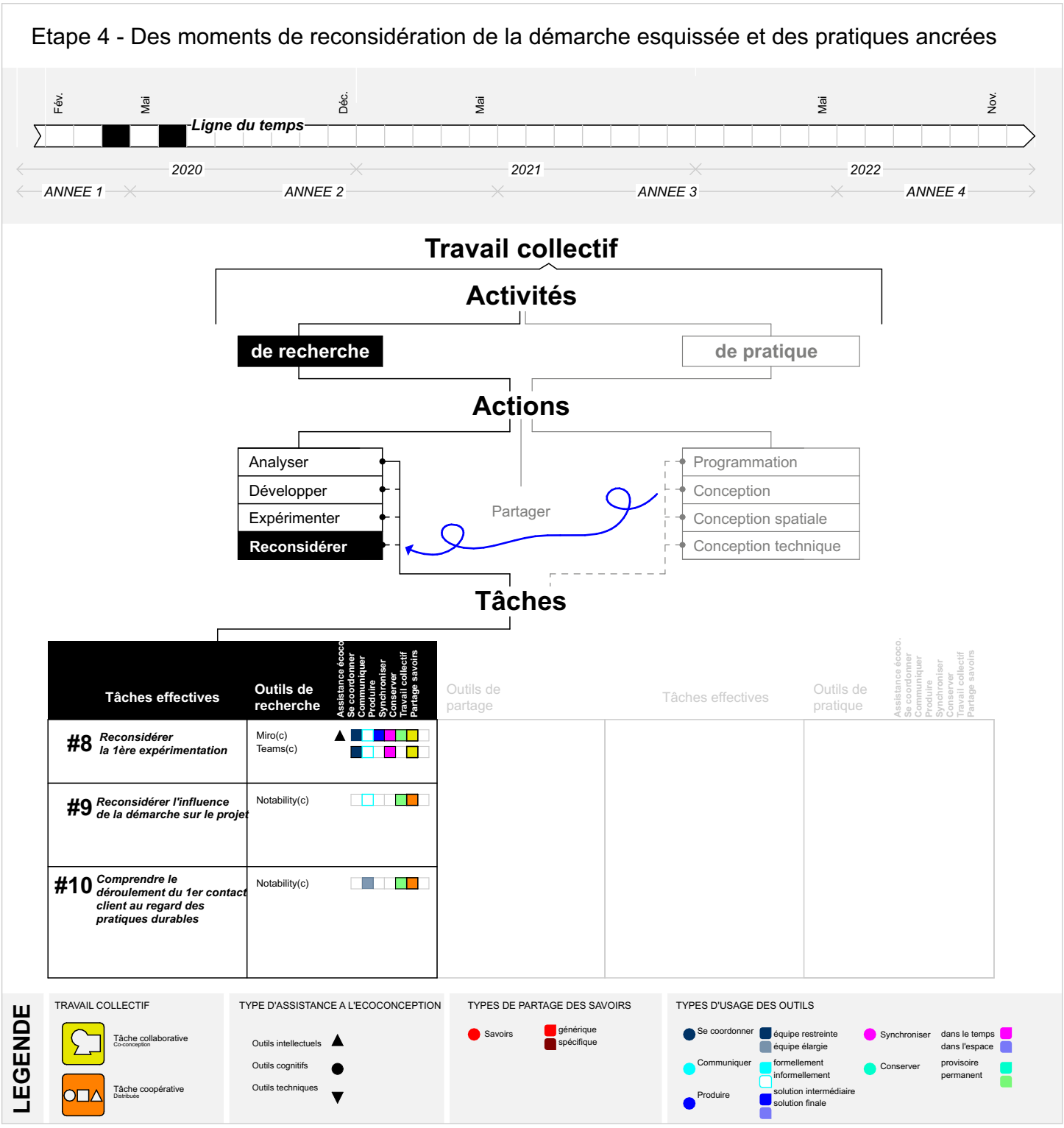


Figure 89 : Etape 3 de la RA / Premières expérimentation sur projets : tâches effectives et résultats

4.3.3 Épisode 3 : Une première mise en projet de la démarche durable : se confronter au terrain

Toute du long, la RA a été rythmée par des moments d'expérimentation sur projets résultant d'une opportunité pour l'équipe ou d'une volonté de l'agence. Le lancement d'un projet industriel mené par un architecte ambassadeur a permis de confronter les développements de l'équipe avec la pratique de terrain. Cette première mise en projet vise à définir avec la maitrise d'ouvrage (M.O.) son *curseur d'intentions durables*, et par extension *l'intensité de la démarche durable* du projet (Figure 89, Tâche 7). L'expérimentation s'est déroulée en vidéo conférence réunissant la M.O. et 5 collaborateur·rice·s de l'agence représentant les disciplines architecture et techniques spéciales. La BàO s'est formalisée comme une présentation PowerPoint© listant les principes durables primaires et secondaires vers lesquels le projet pouvait tendre.

L'expérimentation a produit davantage de résultats pour les activités de recherche que pour les pratiques conceptuelles : la BàO, à l'état embryonnaire à ce stade, devait être étoffée. D'un autre côté, l'expérimentation a provoqué 3 riches moments de reconsidération sur lesquels l'équipe de cochercheur·se·s s'est appuyé pour le développement de nouvelles pratiques écoconceptuelles et que nous présentons à l'épisode 4.



Résultats de la tâche 8

Source : capture du journal de bord collaboratif de l'équipe - Miro(c)

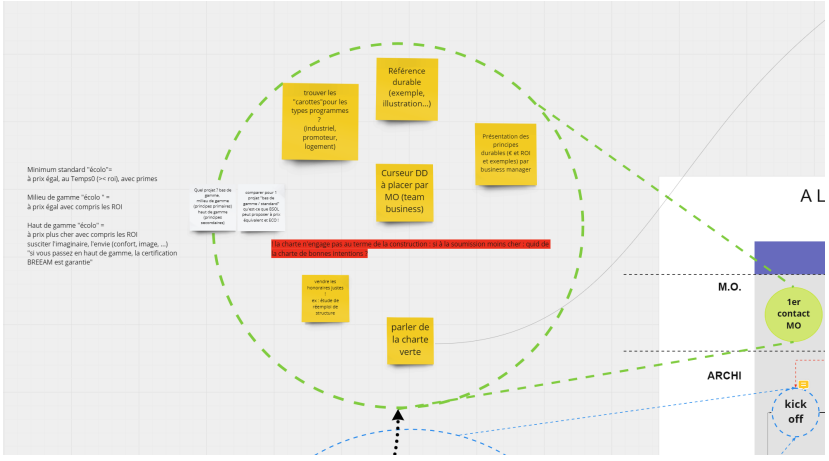


Figure 90 : Etape 4 de la RA / Premières reconsidérations

4.3.4 Épisode 4 : Des moments de reconsidération de la démarche esquissée et des pratiques ancrées

A l'issue de cette 1ère expérimentation, 3 moments de reconsidération ont été mis en place : un 1er échange au sein de l'équipe des cochercheur·se·s, un 2ème échange avec l'architecte ambassadeur ayant mené la mise en projet, et enfin un 3ème échange avec des collaborateur·ice·s de l'agence (externes à l'équipe ambassadeur·ice·s).

- **Le 1er échange (Figure 90, Tâche 8) avec l'équipe des ambassadeur·rice.s** s'est déroulée en 2 temps : d'abord sous forme de partage de l'expérimentation par l'architecte chargé du projet et ensuite sous forme d'une discussion pour améliorer le processus esquissé. Cette première expérimentation a eu pour impact de déplacer les réflexions concernant les pratiques durables depuis l'avant-projet vers le lancement de projet. Ce déplacement correspond aux réflexions engagées lors de la modélisation du processus idéal. Le processus est affiné par l'ajout d'une réunion « *le 1er contact client* » (Figure 90, bas).
  La reconsidération a été collectée sur Miro© (journal de bord collaboratif).
- **Le 2ème échange (Figure 90, Tâche 9) s'est déroulé entre l'architecte ambassadeur et la chercheuse.** L'objectif de cet échange visait à comprendre l'impact de l'expérimentation sur la suite du projet. La chercheuse avait préparé cet échange sous forme d'un entretien semi dirigé, articulé autour de 3 questions : *Où en est le projet ?, Quel est-ton sentiment sur le projet au regard de l'expérimentation ?, A refaire, que changerais-tu ?*
  L'échange a été collecté dans le journal de bord personnel de la chercheuse sous forme de prise de notes et d'enregistrement audio.
  Au moment de l'entretien, soit 2 mois après l'expérimentation, l'équipe de projet finalisait les documents pour introduire le permis de bâtir. Plusieurs éléments ressortent de cet échange. D'abord, **le sentiment de frustration** exprimé par l'architecte vis-à-vis de l'expérimentation : la M.O. a modifié en cours d'esquisse le programme du projet avec un agrandissement et ce fait ; « *la marche de manœuvre qu'on avait a été perdue puisqu'il* [la M.O.] *a revu son programme. Il agrandit son programme de plus de 400m2* ».
  Ensuite, **l'intervention tardive dans le processus de conception d'une démarche durable**. En effet, les estimatifs des études de conception et du coût des travaux du projet, réalisés lors de la phase de faisabilité, n'avaient pas suffisamment intégrer de démarche durable pour ce projet, ce qui à terme, a écarté tout « rattrapage » d'une démarche durable.

> « … *Avoir une boite à outils avec quelques, je ne vais pas dire des solutions clés, mais des pistes de solutions qui peuvent être d'application dans la plupart des projets, ça pourrait attirer l'attention des architectes lors de la première phase de conception. Et puis lors de la remise de prix et de l'estimatif, intégrer tout de suite des éléments qui vont dans le bon sens … parce que tu vois on réagit toujours sur base d'un premier estimatif qu'on a fait. Si tu prévois un premier estimatif ou une première approche budgétaire, si dans la première approche tu intègres déjà toute une série d'éléments durables […] … c'est plus facile de faire passer que de dire au final, on a des pistes développement durable à vous valoir avec un supplément de 100.000 euros* » *Ambassadeur* architecte, chargé du projet, lors d'un moment de reconsidération, le 17.06.2020, présentiel.

Le moment de l'usage de la BàO est ainsi reconsidéré et doit se faire dès le 1er contact avec la M.O. Le second élément concerne la pluralité de l'équipe « client », composée de développeur·se·s financiers dont l'objectif est de diminuer les coûts. Cette organisation de projet laissait peu de place pour modifier les solutions rentables annoncées lors de la programmation. Cette façon de travailler ne permet pas de revenir sur les coûts estimés. Le sentiment de frustration s'amplifie lorsque les solutions guidées uniquement par le budget sont en dissonance avec les études durables de simulations (étude d'ensoleillement).

- **Le 3ème échange (Figure 90, Tâche 10)** résulte d'une initiative de la chercheuse, dont l'objectif visait à **comprendre le déroulement du 1er contact client au regard des pratiques durables** sous forme d'une question générale : « *Comment se déroule la phase de 1er contact avec le·a client·e vis-à-vis de la durabilité ?* » et de 5 sous-questions ; « *Abordez-vous toujours la question de durabilité lors du 1er contact client ?* », « *Définissez-vous ce terme ?* », « *Comment, quand et avec quel support l'abordez-vous ?* », « *A quel moment et avec quel support ?* », et enfin « *Liez-vous la question des pratiques durables avec celle des pratiques BIM ?* ». Lors de ce focus group, 1 responsable d'équipe, 2 gérants, 1 directeur d'équipe et 1 directeur commercial ont participé à l'échange, collecté dans le journal de bord personnel de la chercheuse sous forme de prise de notes et d'enregistrement audio.
  Pour la plupart des répondant·e·s, les questions de durabilité sont toujours abordées lors du 1er contact. Toutefois, tou·te·s sont d'accord qu'elles sont rarement entendues et reçues par les M.O.. D'une part, les pratiques durables auraient un surcoût sur la construction selon **le référentiel sectoriel commun,** ce qui pour des secteurs d'activités tel que l'industrie ou les commerces, empêcheraient leur développement. Ces résultats coïncident avec les résultats relevés dans l'enquête[247]. Le coût budgétaire serait, pour les participant·e·s, le moteur premier de ces secteurs. Ces secteurs répondent à des marchés financiers particuliers qui excluent l'appréhension du cycle de vie du projet : dans le cas des industries, les retours sur investissements sont calculés sur 7 ans (contre 20 dans le résidentiel) et dans le cas des commerces, les M.O. sont majoritairement des promoteurs (ventes des actifs au bout d'une année).
  D'autre part, ces mêmes secteurs seraient par essence opposés aux pratiques durables, appuyés par l'imaginaire commun : les pratiques industrielles sont celles du béton et les pratiques durables celles de la construction en paille. Pour les participant·e·s, **les pratiques durables sont distinctes des pratiques du projet** : c'est-à-dire positives mais non essentielles au projet. De ce fait, l'intention d'écoconcevoir un projet est écartée dès la première contrainte rencontrée, liée au planning ou au budget[248].
  Les démarches et les pratiques durables ne sont pas souvent définies de façon précise lors des lancements de projets. Pour certain·e·s participant·e·s à ce focus group, une meilleure

[247] D'autres recherches appuient ce constat : (Nasereddin et Price 2021)). Il serait opportun d'approfondir cette étude et de la transférer en 2023, selon les conditions socio-économiques actuelles en Europe.
[248] Ces constats expriment une approche par la M.O. à court terme, *« une optique à court terme : répondre, à un besoin présent dans les plus brefs délais en respectant le budget »* (Gobbo, 2015, p.24)

connaissance du sujet permettrait une meilleure définition. Pour d'autres c'est un manque d'intérêt (« accroches ») du sujet qui empêche d'établir un dialogue.

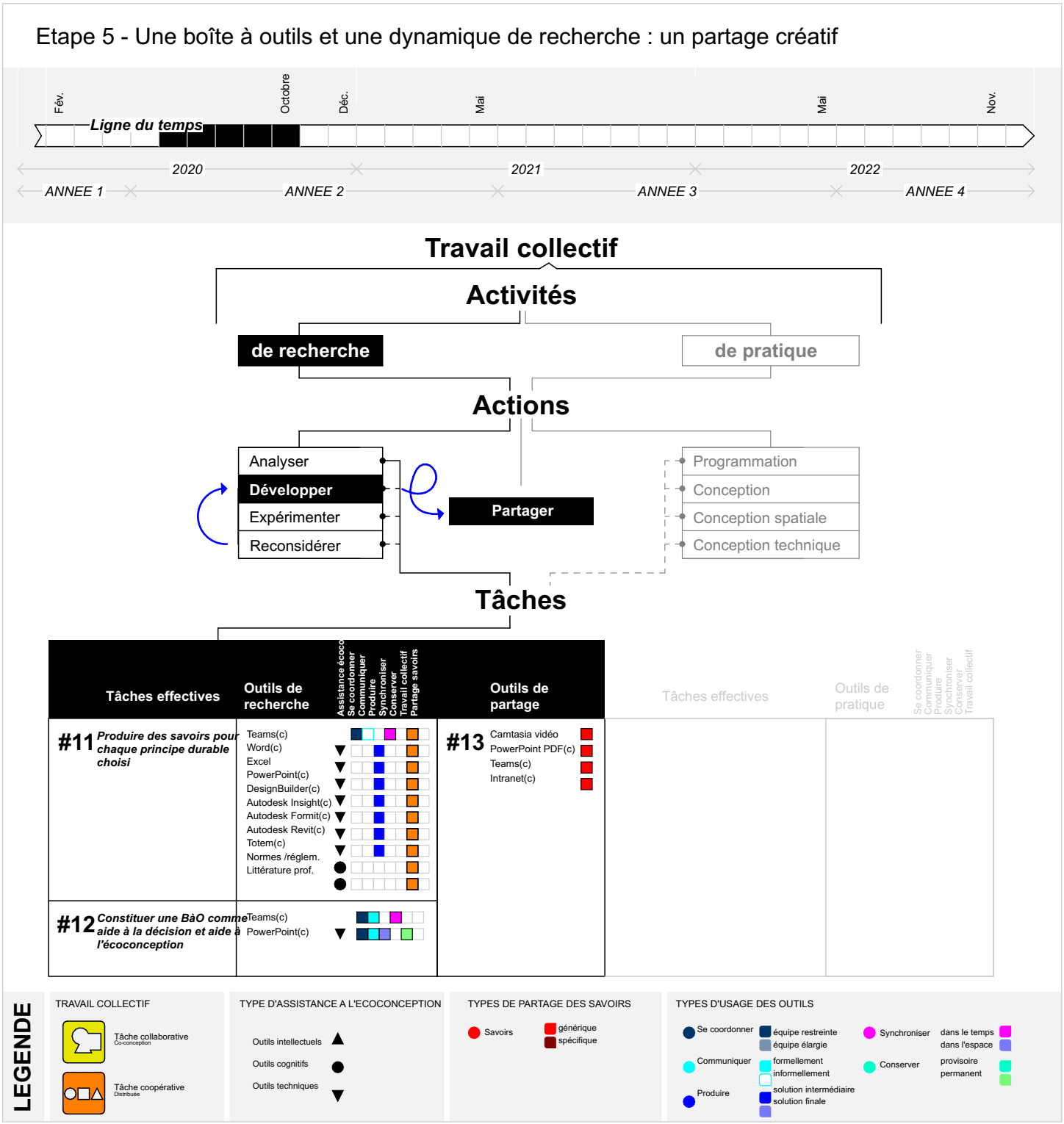
> *« s'ils posent la question oui, s'ils ne la posent pas et que ça a l'air d'être acquis, non. »*
>
> *« Le durable on en parle mais c'est tellement vaste d'une manière générale (…) »*

Pour les participant·e·s, une minorité d'équipe client·e·s sont « expert·e·s » d'un domaine spécifique et face à ces équipes, un sentiment de manque de crédibilité peut gagner les équipes de concepteur·ice·s : ce sont par exemple les secteurs pharmaceutique ou médical, experts en techniques de froid. Pour y faire face, les équipes de conception ont besoin de temps pour étudier les questions et proposer de nouvelles solutions. Mais ce type de projet est tiraillé par des impératifs de productivité (temps et argent). D'un autre côté, la majorité des parties prenantes des projets, directeur·rice·s commercial, chargé·e de projet et M.O., **manquent de connaissances et d'intérêts pour développer des démarches durables** mais aussi de temps et d'outils pour réaliser des études durables. En soulignant les enjeux des outils, l'échange se dirige vers **les questions d'aides ou de « supports »** humains, matériels, financiers, etc. **Plusieurs formats** sont discutés lors de l'échange tels que des brochures, des schémas, des projets références, des tableurs, des maquettes numériques BIM. Tous ont pour objectif commun de partager les connaissances, d'ouvrir le champ des possibles, sans toutefois acculer la M.O. d'informations et de choix.

Ainsi le **partage de connaissances et de savoirs permettrait d'assurer le suivi depuis les intentions durables lors de la programmation avec la M.O. jusqu'aux équipes techniques d'installation lors du chantier.** Maintenir les intentions durables demande « d'aller un peu en zone d'inconfort », « d'aller au front », « *un projet qualitatif il faut pouvoir le défendre bec et ongles* ». Mais pour cela, les solutions proposées doivent être parfaitement maîtrisées pour éviter toute malfaçon de mise en œuvre, de problèmes lors de l'exploitation, et par extension d'engagement de responsabilité et de la garantie décennale des architectes.

> *« moi je ne veux pas de problèmes, et de dossier SAV et de trucs qui pètent dans les mains parce que l'on joue aux apprentis sorciers ».*

Maitriser les solutions passe par des simulations sur le jumeau numérique du projet : la maquette aide à « *tester des solutions innovantes (…) et non pas sur la réalité* ».



Résultats de la tâche 12



Source : construction d'une boite à outils articulée autour de 10 principes durables - PowerPoint(c)

Figure 91 : Etape 5 de la RA / Développement d'une boite à outils

4.3.5 Épisode 5 : Une boîte à outils et une dynamique de recherche : développement et partage créatifs

A l'issue des moments de reconsidération, l'équipe de cocheurcheur·se·s a reconsidéré son approche. Ainsi, entre juin et octobre 2020, **la RA a été balancée entre travail collaboratif, travail coopératif et individuel** : d'un côté, des moments d'échanges, de présentation et d'entre-aide, de l'autre une veille et recherche sur le principe durable choisi. Nous avons proposé un canevas pour la collecte des savoirs, suffisamment flexible pour être adapté à la thématique mais qui, une fois regroupé au sein de la BàO, participe à un tronc commun de connaissances. Ce canevas vise à définir le principe, à identifier les avantages que son implémentation aurait sur un projet (santé, environnement, financiers, etc.), à identifier les outils à disposition, à identifier les sources de connaissances et enfin, à définir 3 niveaux de durabilité. Car en effet, pour faire face à la difficulté de convaincre la M.O. de s'engager dans une démarche durable, les cocheurcheur·se·s se sont inspiré·e·s de 2 certifications « par paliers », la PEB et le BREEAM[249], toutes 2 utilisées dans l'agence. Une démarche durable en niveaux offre la possibilité à la M.O. de s'engager plus ou moins intensément selon ses contraintes et objectifs. Laissant de côté la distinction entre principe primaire (pratiques usuelles) et secondaire (innovations), chaque principe durable a été repensé selon 3 niveaux (Figure 92) :



Figure 92 : Niveaux durables GENESIS issus de la Boite à Outils

[249] Les paliers (ou niveaux) des 2 certifications se basent sur un niveau de performance à atteindre.
Dans le cas de la PEB, le niveau QZEN (Quasi Zéro Energie) traduit une exigence de performance énergétique globale dont le niveau K≤ 35 (niveau d'isolation thermique), niveau Ew ≤ 45 (niveau de consommation d'énergie primaire), niveau Espec ≤ 85KwH/m2.an (niveau de consommation spécifique annuelle d'énergie primaire)et une surchauffe < 6500 Kh.
Source web : https://energie.wallonie.be/fr/q-zen.html?IDC=8729
Ces valeurs de performance sont plus exigeantes pour le niveau passif (pour du résidentiel neuf avant 2020) avec un besoin net en énergie pour le chauffage ≤ 15kWh/m2.an, un temps de surchauffe < 5% temps et un critère d'étanchéité.
Source web : https://www.maisonpassive.be/le-passif-en-belgique/les-criteres-du-passif/
Dans le cas du BREEAM, le classement traduit un pourcentage selon des points attribués à des critères : le niveau Good ≥ 45%, Very good ≥ 55%, Excellent ≥ 70% et Outstanding ≥ 85%.
Source web : https://bregroup.com/products/breeam/how-breeam-works/

- **Niveau 1 feuille**, sans surcoût d'investissement par rapport à une solution classique (budget estimé avec les primes) ;
- **Niveau 2 feuilles**, avec surcoût d'investissement par rapport à une solution classique, amortissable sur le cycle de vie du projet (Retour sur investissement ROI) ;
- **Niveau 3 feuilles**, avec surcoût d'investissement par rapport à une solution classique. L'approche proposée sort des critères uniquement quantitatifs pour proposer des critères qualitatifs tels que le confort, le bien-être des occupant, l'impact environnemental positif, etc.

Plusieurs outils ont été utilisés par les ambassadeur·rice·s pour produire différents types de savoirs, des tableurs, notes explicatives, schémas, détails techniques, simulations 3D, images, etc. (Figure 91, Tâche 11). Ainsi, pour constituer la BàO, l'équipe a eu recours tantôt à des outils intellectuels, principalement lors de sa 1ère version (Figure 91, Tâche 6) et des outils cognitifs et techniques (Figure 93). Cette **pluralité des savoirs** a été la 1ère difficulté pour créer une BàO multidisciplinaire et cohérente**. Pensée comme une aide à la décision et comme une aide à l'écoconception**, nous avons formalisé en septembre 2020 l'ensemble des savoirs produits par l'équipe sous forme d'une présentation PowerPoint© (Figure 91, Tâche 12). A ce stade de la RA, l'usage d'un PowerPoint© répondait à l'objectif fixé de partager, présenter et de s'informer sur une ou plusieurs thématiques durables.

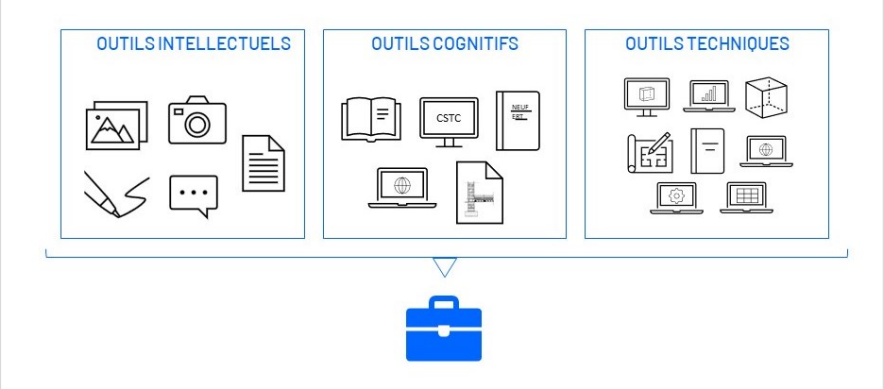


Figure 93 : Usage d'outils intellectuels, cognitifs et technique pour constituer une boite à outils

> *De façon équilibrée, trois logiques interagissent sur les écosystèmes ; (i) la logique qui formule les exigences (attentes, besoins, etc.) c'est-à-dire le savoir, (ii) la logique qui autorise l'accomplissement de ces exigences c'est-à-dire le pouvoir et enfin (iii) la logique qui propose des modèles pour répondre aux 2 autres, concevoir. Chaque logique possède sa propre vision du monde et développe ses propres compétences pour le changer, des savoir-faire spécifiques. Bien que l'exercice soit tentant d'attribuer un rôle à chacune de ces logiques (maitrise d'œuvre avec le concevoir, l'entreprise avec le pouvoir, et la maitrise d'ouvrage avec le savoir), les savoir-faire ne sont pas nettement cloisonnés. Toutefois, chacune développe un savoir-faire de communication destinés à ses partenaires* (Terrin 2009, p.60)

En octobre 2020, l'équipe s'est tournée vers les autres collaborateur·rice·s pour **communiquer sur leurs savoirs produits**. Les 8 mois d'analyse, de développement, d'expérimentation et de reconsidération n'ont permis qu'une communication informelle et insuffisante, au sein de l'agence pour faire percoler les nouvelles pratiques. Les conditions imposées par la pandémie n'ont pas réellement permis d'inviter d'autres collaborateur·rice·s à se joindre aux échanges. En effet, amorcer un changement d'ordre sociétal au sein de l'agence par un travail à distance (début du second confinement) représente un défi majeur et nécessite une certaine part de créativité.

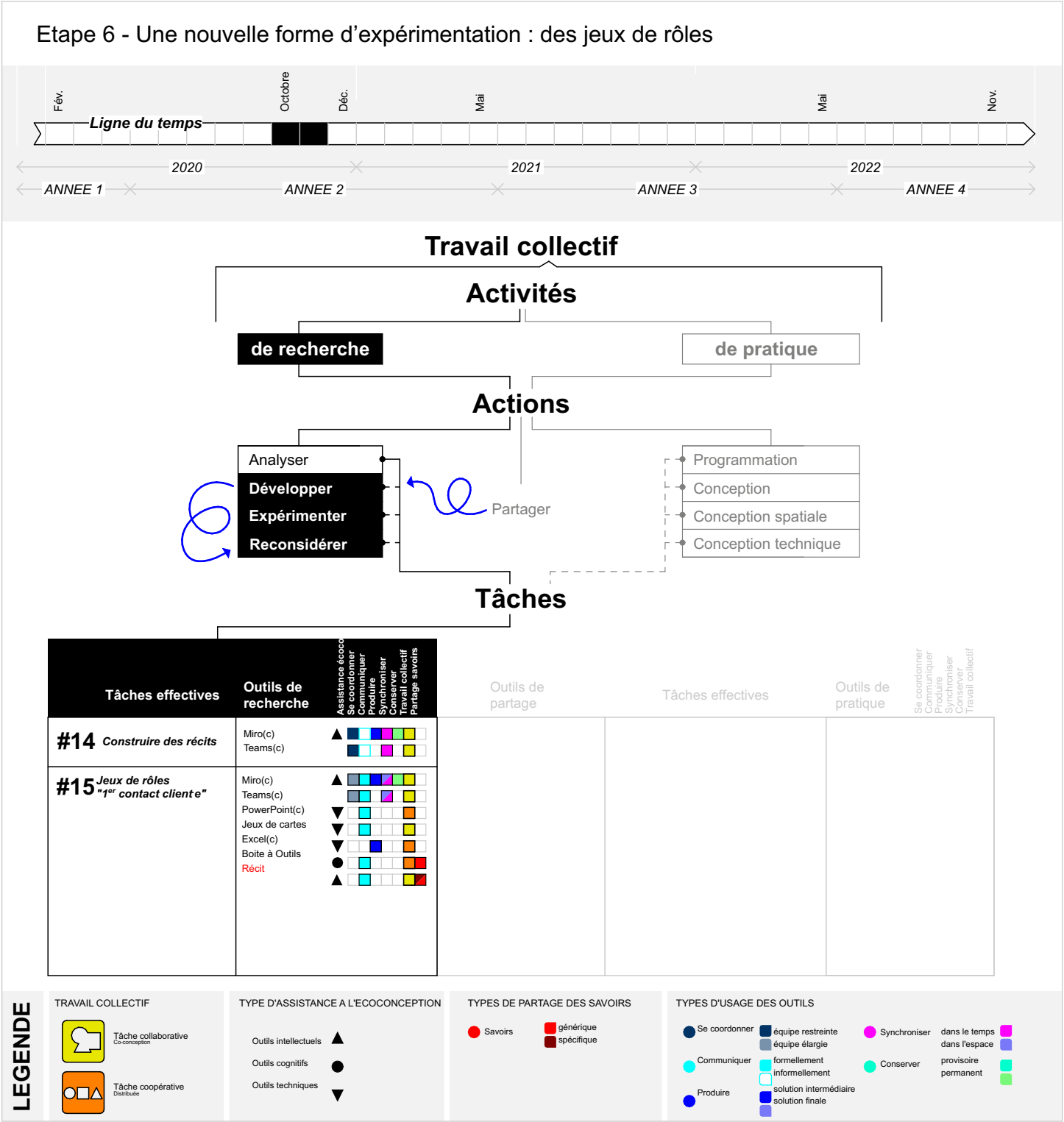
> Cette partie de la recherche-action a aussi pour objectif de créer les conditions de l'échange sur le processus même de la recherche 'en train de se faire' et de l'intégration de nouvelles propositions. Elle répond donc aux nécessités d'information et de conscientisation, puis de présentation et de validation des résultats qui serviront d'appui à une amorce de changement. (Luxembourg and Messaoudi 2016, p.131).

Le partage des savoirs alimentent le changement de pratiques sur le terrain et inversement. Pour se faire, nous avons proposé de réaliser une communication qui soit à la fois :

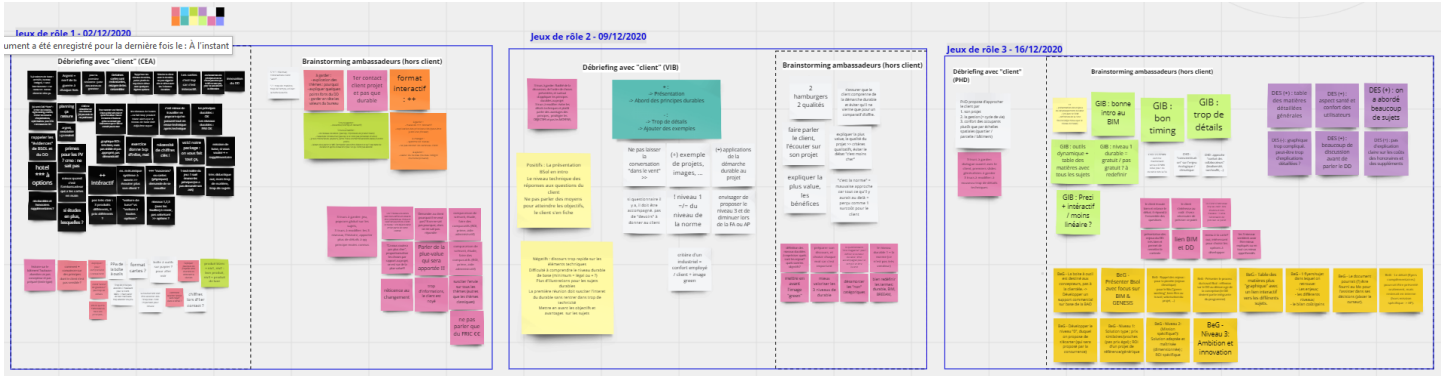
- Dynamique, c'est-à-dire courte, avec support visuel, accessible à tou·te·s collaborateur·rice·s de l'agence même si le principe durable ne correspond pas à leur discipline ;
- Personnelle, c'est-à-dire qui implique chacun·e et ouvre le débat à l'issue du partage ;
- Et asynchrone, c'est-à-dire évite d'immobiliser l'agence et valorise le partage au moment le plus opportun pour chacun·e.

Pour répondre à ces objectifs, des **capsules vidéo** ont été réalisées par chaque cochercheur·se en présentant son travail de recherche et les savoirs produits. Ainsi, ce sont 9 capsules qui ont été réalisées y compris une capsule de présentation générale réalisée par la chercheuse. D'abord annoncées via l'intranet de l'agence, les 9 capsules sont disponibles sur le serveur de l'agence. L'usage d'outils virtuels permet de partager, aujourd'hui encore, le processus de la RA aux nouveaux·elles collaborateur·rice·s. A l'issue des visionnages par le plus grand nombre de collaborateur·rice·s, des échanges et débats ont été initiés par les chef·fe·s d'équipe disciplines (**moment de reconsidération**). Ces échanges ont été collectés soit à l'aide de formulaires synchrones avec l'outil Wooclap©[250] soit par prise de notes via Teams Notes©.

[250] Wooclap *« est un système de vote interactif qui permet de créer des questionnaires »*. Source web : https://www.wooclap.com/



Résultats de la tâche 15



Source : capture du journal de bord collaboratif de l'équipe : 6 moments de reconsidérations des 3 JdR collectés dans Miro(c) en équipe restreinte et élargie

Figure 94 : Etape 6 de la RA / Nouvelle expérimentation par le jeu de rôles

4.3.6 Épisode 6 : Une nouvelle forme d'expérimentation : des jeux de rôles

Durant le dernier trimestre 2020, les actions d'analyse et de développement se sont articulées autour du récit, des « *histoires à raconter* »[251], pour amener les client·e·s vers une démarche durable du projet. Nous avons mené **3 ateliers de construction de récits entre octobre et novembre** (Figure 94, Tâche 14).

Pour construire ces récits lors du 1er atelier, nous avons d'abord choisi de transférer les questions liées aux démarches durables en architecture à d'autres contextes du quotidien tels que *réserver un voyage*, *souscrire un abonnement de sport ou acheter une maison*. L'objectif de cette « décontextualisation » visait à libérer la parole et à sortir les cochercheur·se·s de leur rôle au sein de l'agence (être à la place de la M.O. et des client·e·s). Les réponses ont été collectées par post-it virtuels dans Miro© selon 2 catégories : les éléments qui dissuadent et ceux qui encouragent à s'engager à *réserver un voyage*, *souscrire un abonnement de sport ou acheter une maison*. Malgré une décontextualisation provoquée par la chercheuse, l'exercice revient vers l'objet de la RA : les démarches et pratiques durables en architecture.

L'analyse des réponses met en lumière 5 catégories de freins et 4 catégories de leviers (Figure 95) : d'un côté, *ne pas être (correctement) accompagné.e, être culpabilisé.e, ne pas y croire, ne pas se sentir écouté.e / entendu.e, se sentir « arnaqué.e »*, de l'autre, *être accompagné.e, participer à changer le monde, se sentir écouté.e / entendu.e, transmettre / communiquer / partager un message*. Parmi les éléments qui encouragent les ambassadeur·rice·s à s'engager, nous retrouvons 2 des catégories, aussi révélées dans les entretiens auprès des architectes wallon·ne·s : changer le monde : « *qui me donne de l'espoir (changer le monde, c'est possible à mon niveau !)* » , et être accompagné·e : « *accompagnement particulier* », « *quelqu'un à l'écoute* ». En trouvant écho dans une autre méthode de recherche, ces résultats nous confirme leur portée face à la transition écologique. **Ces facteurs d'engagement ou de désengagement soulignent la place du référentiel (global et sectoriel), abordé au premier chapitre, et la place de l'accompagnement vers une transition écologique.**

[251] Verbatim issue de la réunion ambassadeur·ice·s du 28.10.2020

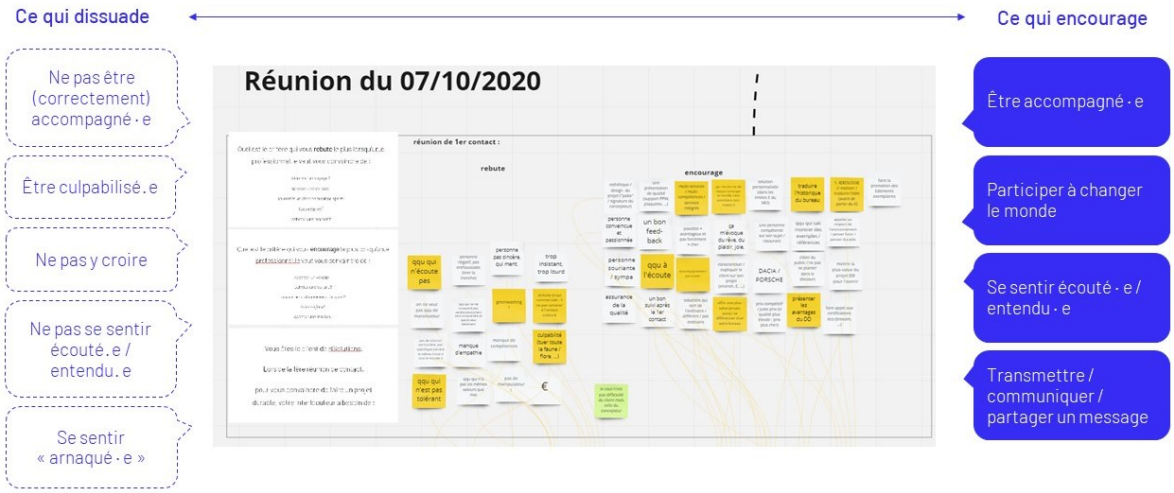


Figure 95 : Catégories de freins et de leviers pour s'engager – Résultats obtenu lors d'un atelier RA en Octobre 2020
Source : journal de bord collaboratif Miro©

Lors du 2ème atelier, plusieurs « supports » au récit ont été discutés tels qu'une brochure papier, une présentation orale au format « Ma thèse en 180 secondes », des projets références sous format plans ou photos, une vidéo de présentation, un questionnaire et une « check-list ».

Le 3ème atelier s'est articulé autour de la structuration de 3 étapes clés d'une réunion « 1er contact client » : l'histoire à partager, la présentation des savoirs grâce à la BàO et définir *le curseur durable* du projet, c'est-à-dire le niveau d'engagement de la M.O. dans une écoconception.

Ces 3 ateliers autour des récits ont préparé une nouvelle forme d'expérimentation dès décembre 2020. En plus **d'expérimenter le récit et le contenu de la BàO, le dispositif méthodologique imaginé devait permettre de partager les savoirs produits et de faire participer d'autres collaborateur·rice·s, principalement celles et ceux qui sont au 1er contacts client·e·s.** La fiction, comme méthode de recherche, permet selon Luxembourg (2020) de sortir de son rôle et d'intégrer d'autres réalités : des réalités fictives ou des réalités d'autrui. La fiction permet également de ne pas remettre en question l'interprétation d'autrui (les difficultés vécues par exemple). Sortir de son rôle pour en endosser un rôle permet de le vivre et donc de le raconter. Pour répondre à ces contraintes, nous avons proposé **des jeux de rôles (JdR) comme dispositif méthodologique**[252] (Figure 94, Tâche 15). Le JdR simule une réunion de 1er contact menée par 2 protagonistes : un·e cochercheur·se endossant le rôle de concepteur·ice et un·e collaborateur·rice externe à l'équipe endossant le rôle de M.O. Volontaires, ces dernièr·e·s ont un rôle de direction, de gestion d'équipe et de chargé·e d'affaires au sein de l'agence. Les 3 projets utilisés pour les JdR sont des projets réels de l'agence, permettant d'apporter des informations détaillées et des contraintes rencontrées.

Notons qu'en participant à l'exercice, la direction apporte son soutien dans le processus de RA et permet un échange ouvert sur les difficultés rencontrées lors des lancements de projets.

[252] Préalablement à la thèse, nous avions expérimenté, en tant que chercheuse, les jeux de rôles lors du projet européen du BIMGAME dont le laboratoire LNA était partenaire.

Consciente que l'exercice peut déstabiliser, le processus des JdR a d'abord été soumis aux protagonistes et aux cochercheur·se·s. Peu d'ajustements ont été réalisés.

L'expérimentation a été conduite à 3 reprises avec, à chaque fois, des protagonistes différent·e·s. La répétition résulte de contraintes temporelle et humaine : d'un côté, 3 semaines durant le mois de décembre 2020 étaient dédiées à cet exercice. D'autre part, cette itération a permis à chaque ambassadeur·rice d'assister à un JdR. Nous avons communiqué auprès des participant·e·s sur les JdR grâce à des vignettes schématisées, préalablement distribuées (Figure 96) : elles indiquent le lieu, l'heure, les parties participantes et leurs rôles. **Les 3 JdR représentent un même exercice itératif** (Figure 97) : en d'autres termes, le 2ème JdR se base sur les reconsidérations du 1er, le 3ème s'inspire des 2 premiers. **L'objectif et le déroulement restent toutefois identiques.** Tel qu'illustré sur ces vignettes, 3 cochercheur·se·s avaient pour mission à distance (Teams©) de relever les freins et leviers à l'engagement durable, les principes durables abordés, les échelles spatiales (bâtiment, parcelle, quartier) impactées par ces derniers et les niveaux d'intention visés (1, 2,3 Feuilles). Ces observations ont été réalisées grâce à des grilles d'analyse préalablement préparées. Enfin, les JdR ont été enregistrés grâce à Teams© et stockés sur le serveur de l'agence permettant de conserver une trace de l'expérimentation et d'y revenir au besoin.

En début de jeux, la chercheuse en tant que facilitatrice de la RA s'assure de la bonne organisation (réunion hybride, enregistrement, etc.). Durant les jeux, seul·e·s les 2 protagonistes participent activement à l'expérimentation. Les cochercheur·se·s et la chercheuse sont passif·ve·s ; caméra éteinte d'un côté, et assise en retrait de l'autre. Ce n'est qu'une fois le jeu terminé que l'ensemble des parties prenantes participent activement aux échanges. Selon l'activité menée, expérimentation ou reconsidération, la posture adoptée par les participant·e·s se modifie au fil de l'expérience (Calixte 2021) :

- observateur·ice complet : c'est le cas des cochercheur·se·s et la chercheuse pendant le JdR
- participant·e observateur·ice : c'est le cas des 3 ambassadeur·rice·s protagonistes
- observateur·ice participant·e : c'est le cas des participant·e·s du jeu, protagonistes ou observateur·rice·s, durant la reconsidération
- il n'y a pas de participant·e complet puisque l'activité du protagoniste n'est pas dissimulée aux autres, elle est annoncée et connue.

Rétrospectivement, nous comprenons l'appréhension des 3 cochercheur·se·s « meneur·se·s », tenu·e·s de « performer » sous l'observation du groupe. Bien que la RA visait une participation bienveillante et transversale, nous constatons que le format a sans doute accentué ce sentiment de « performer ».

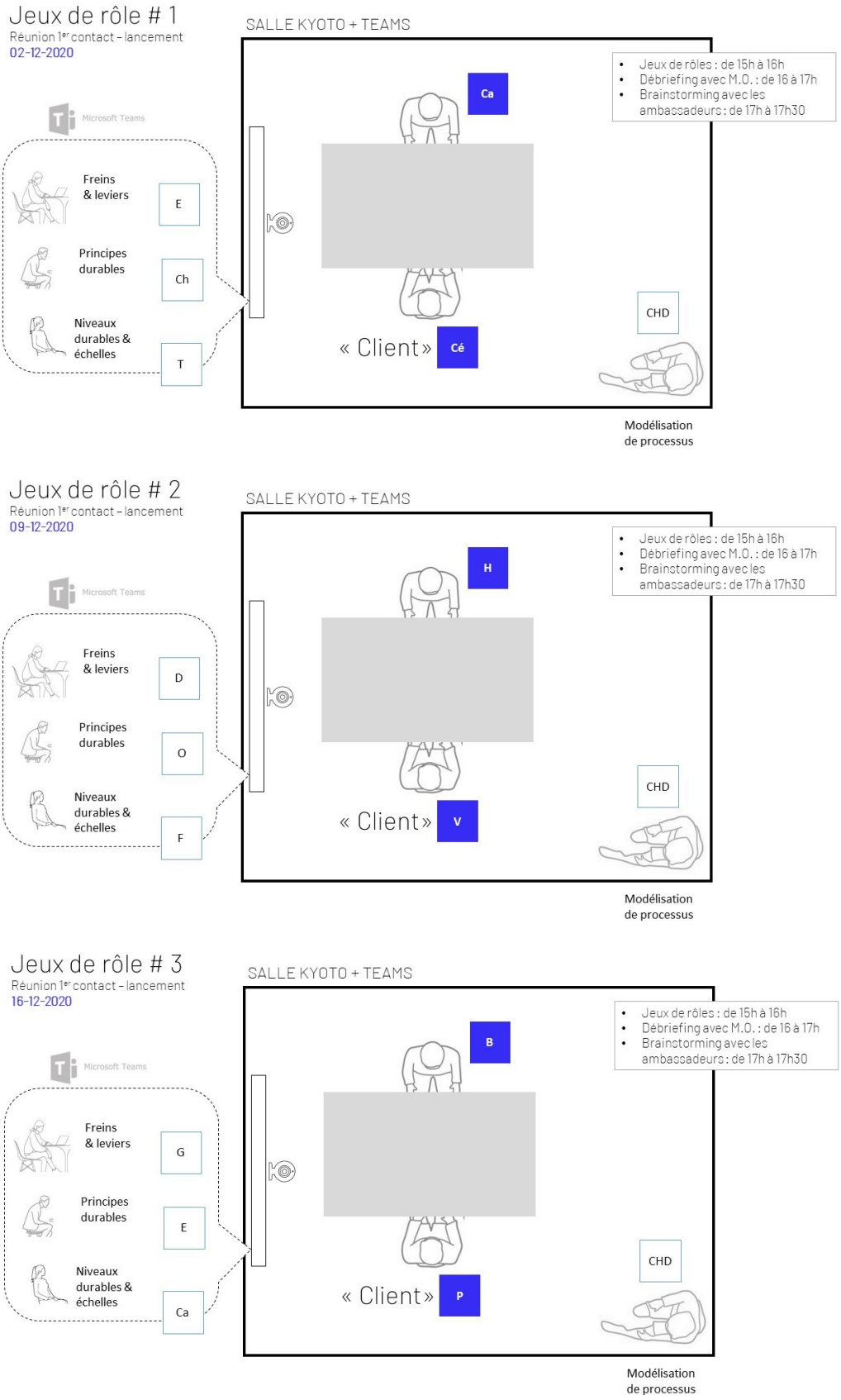


Figure 96 : Organisation des jeux de rôles – cartes communiquées préalablement aux participant·e·s

A l'issue de chaque JdR, **2 moments de reconsidération sont conduits et collectés avec MIRO©:**

- Le 1er échange a regroupé l'équipe du JdR, c'est-à-dire 6 personnes. Le débriefing est mené sur le contenu de la réunion – les principes durables, et sur la forme. Le débriefing vise à répondre à une question : « *en l'état, la BàO permet-elle au protagoniste d'être outillé·e pour engager la M.O. dans une démarche durable ? Si non, pourquoi ?* »
- Le 2ème échange a rassemblé toute l'équipe des ambassadeur·rice·s et s'est déroulée juste après le 1er échange. *A chaud*, l'équipe exprime ses impressions et liste les éléments à conserver, à améliorer et à ajouter. A ce stade, le fond et la forme sont intiment et intrinsèquement liés.

Pour chacun des JdR, nous avons récolté **2 types de résultats :** les grilles d'analyse complétées par les ambassadeur·rice·s en ligne et les retours de l'expérience en équipe restreinte (débriefing) et élargie (reconsidération), sous format post-it dans Miro© (Figure 97). Nous présentons ces résultats ci-après.

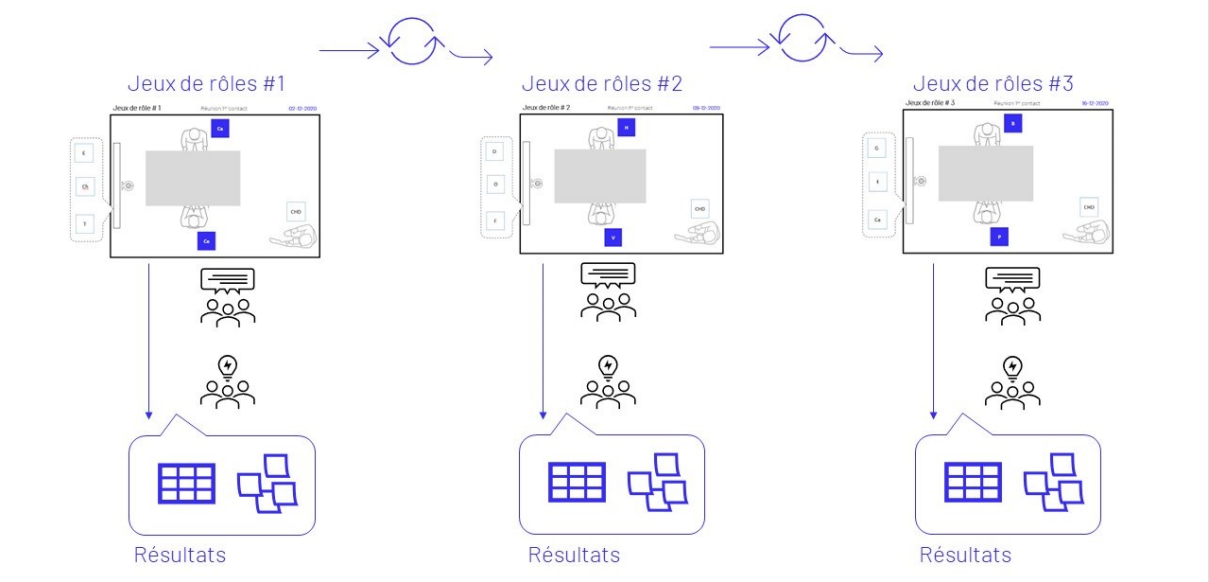


Figure 97 : Schématisation de l'itération des 3 JdR alternés par 6 moments de reconsidération en équipe restreinte ou élargie et leurs résultats

Résultats des grilles d'analyse

Sur base des grilles d'analyse complétées par les ambassadeur·rice·s, nous constatons que **d'un point de vue des principes durables,** le 1er JdR est celui qui a permis de balayer le plus grand nombre de thématiques. Pour les 3 JdR, 4 principes ont systématiquement été abordés : l'implantation et l'orientation, les études solaires, la biodiversité sur le site et l'efficacité énergétique du bâtiment. Nous constatons également que les principes liés à la santé des occupants n'ont été abordés dans aucun des 3 JdR.

D'un point des freins et des leviers à l'engagement, nous constatons que les grilles d'analyses ont été moins remplies que les autres. Trois freins sont mis en évidence : l'inadaptabilité des méthodes et des matériaux durables (biosources, recyclés, réemployés, etc.) pour des programmes industriels. Le coût des études (« coût honoraires ») est un second frein soulevé. Enfin, les freins culturels sont les plus nombreux : les client·e·s fictif·ve·s ont exprimé

des résistances au changement « *bâtiment classique demande des matériaux classiques* », un manque de connaissances sur les sujets techniques (réutilisation et valorisation des copeaux de bois produits par l'activité) et un manque d'intérêt perçu sur certaines thématiques tels que la mobilité douce pour une entreprise qui détient un parc automobile important. Ces freins sont en résonnance avec les freins identifiés dans les résultats de l'enquête.

D'un point de vue des **échelles spatiales du projet, l'échelle de quartier n'est apparue dans aucun des 3 JdR. L'attention a été portée sur les échelles de parcelle et du bâtiment.** A l'échelle de la parcelle, les thématiques abordées sont l'implantation et orientation du projet, l'assainissement des eaux de pluie (lagunage), les parkings, la biodiversité (les haies et l'intérêt paysager). Au niveau du bâtiment, les études d'ensoleillement et la surchauffe, les analyses du cycle de vie (ACV), les matériaux durables (biosources et locaux), les techniques renouvelables (valorisation des déchets), l'énergie et la PEB.

Résultats des reconsidérations

L'analyse des reconsidérations collectées sur Miro© révèle l'usage des 3 types d'outils d'aide à l'écoconception que nous avons identifié dans la littérature : les outils intellectuels, les outils techniques et les outils cognitifs (Figure 98). Les JdR ont mis en évidence une corrélation dans l'usage de ces 3 types d'outils. En d'autres termes, les outils ne sont pas utilisés de façon indépendante, ils s'entremêlent et portent l'échange, le jeu qui se joue. Basés sur les post-it des débriefings et des brainstormings, nous avons relevé des propriétés pour chaque type d'outils : nous les mettons en évidence ci-après (police d'écriture gras).

Les outils intellectuels expriment une philosophie architecturale, le concept du projet, le parti architectural, ils concernent le récit, l'histoire à raconter, **pour accompagner** la M.O. dans la démarche : l'accompagnement est balancé entre **expliquer et rassurer** la M.O. face à un savoir riche, ce qui demande **d'être succinct·e** dans les explications et de **ne pas acculer la M.O.** de détails techniques, de principes, etc. Le récit est un partage qui permet de **coconstruire un imaginaire commun** (référentiel), un bâtiment futur dans lequel la M.O. peut se projeter. Pour se projeter, le récit doit **être ancré** : il est de ce fait important de **contextualiser** le récit en **se présentant**, en présentant ses valeurs et sa vision de la durabilité. Toutefois, le récit ne peut être insistant, il doit **servir à éveiller (conscientiser)**, à **permettre le dialogue**. Pour cela, les 2 parties doivent **être à l'écoute** l'une de l'autre.

Pour la 1ère fois dans la RA, le récit est saillant, il est considéré comme un outil à part entière. Nous soulignons cette mise en évidence à la Figure 94 (Tâche 15).

Les outils cognitifs forment l'ensemble des outils et artefacts des connaissances, un état de l'art concernant la conception architecturale. Ils concernent ici les savoirs et les connaissances co-produites par les ambassadeur·rice·s. Les critiques constructives qui ont été énoncées concernent majoritairement **les niveaux durables proposés** : les 3 M.O. fictives ne comprennent pas la gradation proposée : tantôt le 1er niveau est compris comme un produit bas de gamme, un produit blanc sans valeur ajoutée, tantôt il est compris comme équivalent à la norme imposée et tout ce qui est au-delà est vu comme superflu, comme un surcoût. Par extension**, l'aspect financier** a été largement discuté : la BàO devrait davantage aborder les aides et les primes ainsi que le budget d'investissement travaux, les coûts des études (selon les niveaux) et les retours sur investissements. Pour les participant·e·s, une attention particulière doit être apportée sur la

différentiation objectifs (résultats visés) et études durables (moyens). Enfin, articuler les savoirs autour **du bien-être des futurs occupant·e·s** permet d'accompagner et d'engager la M.O. dans une DD.

Les outils techniques font référence à la pratique de l'activité. Ils regroupent l'ensemble des outils physiques et numériques de production d'artefacts. Nous rappelons que les supports (outils techniques) utilisés durant les 3 JdR se basent sur la BàO tout en étant personnalisé par chaque protagoniste : 1 jeux de cartes images et 2 présentations PowerPoint© ont été utilisées. Les outils techniques sont reconsidérés selon ce qui est « à garder » et ce qui est « à améliorer ». **Interagir et être actif·ve·s** a été unanimement apprécié par les participant·e·s du 1er JdR : la M.O. visualise l'ensemble des thématiques abordées en un coup d'œil, cette approche a également été saluée par une table des matières des principes présentée durant lors du 3ème JdR. Toutefois, il est important de ne pas acculer la M.O. d'un panel trop varié de thématiques à aborder : **réduire la palette des principes durables** renforce la compréhension. Lorsque l'outil permet **un usage spontané, flexible**, en « pop-corn », la M.O. se sent plus écoutée : l'échange n'est pas linéaire ni imposé, la M.O. est active dans cet échange, elle décide et choisit (menu à la carte). Pour ce faire, le·a concepteur·rice accompagne en présentant des scénarii, des variantes de solutions. **Partager une copie du support** (outil technique) aide à ne pas laisser cet échange sous une forme abstraite, ponctuelle : ce partage marque d'un pierre blanche le début d'un processus.

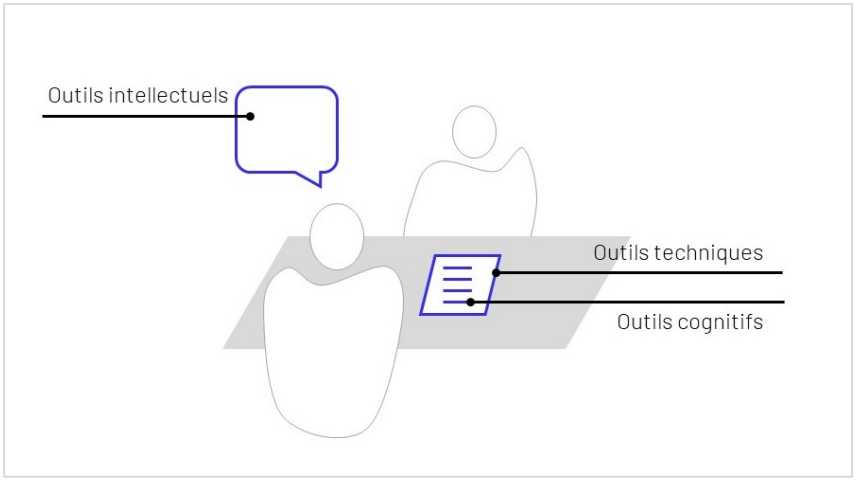
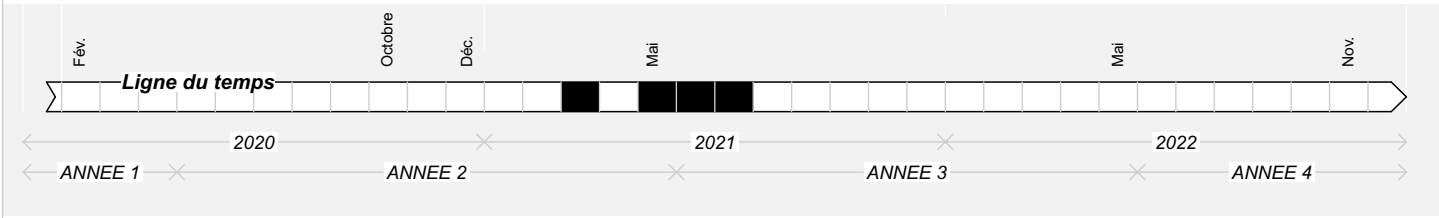


Figure 98 : Usages corrélé lors des JdR des 3 types d'outils d'aide à l'écoconception : outils cognitifs, techniques et intellectuels

Etape 7 - Une accélération des itérations de la RA



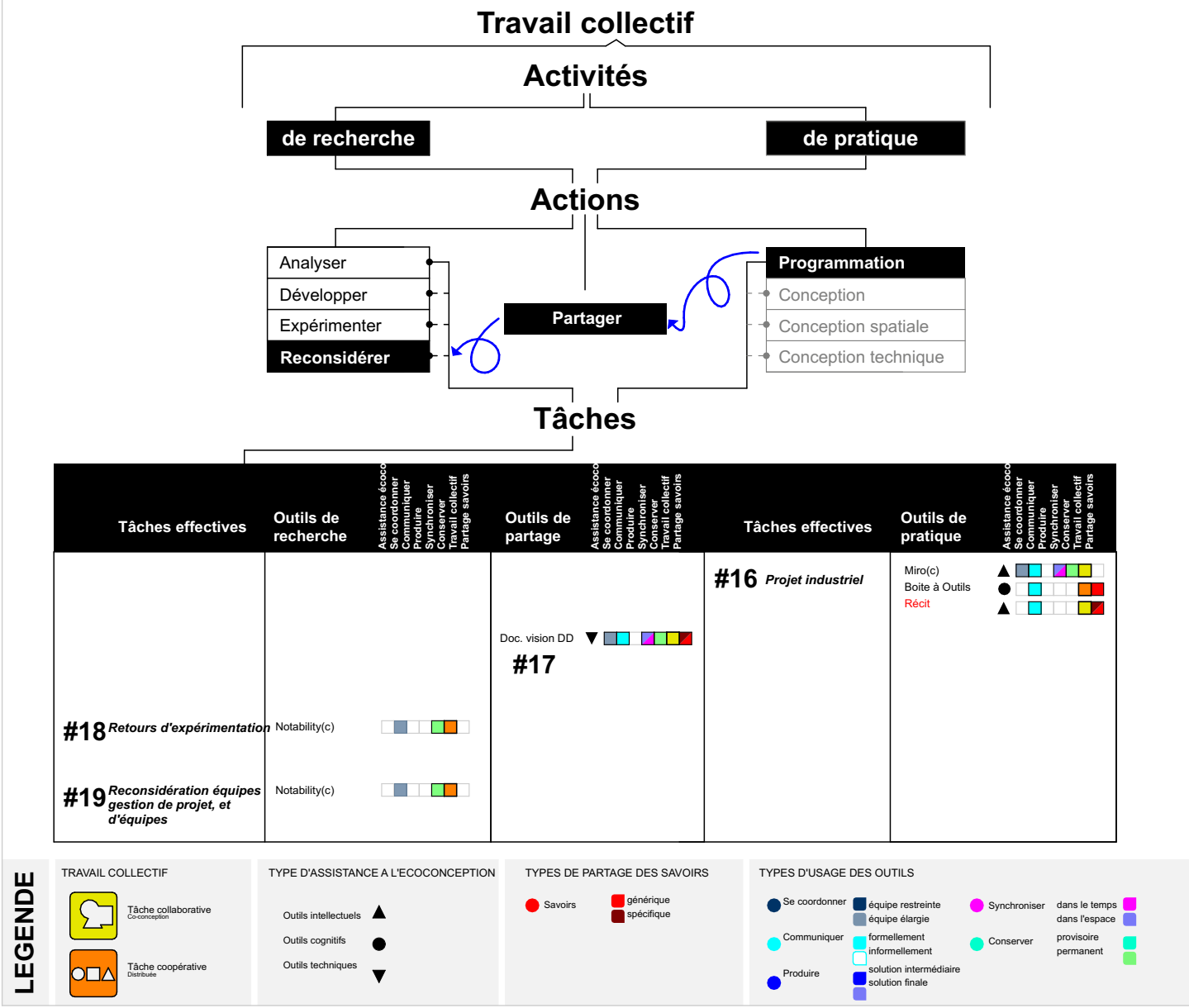


Figure 99 : Etape 7 de la RA / Accélération des itérations

4.3.7 Épisode 7 : Une accélération des itérations de la RA

Cette période marque la fin d'une 1ère année de RA en agence. Les contraintes rencontrées durant cette 1ère année étaient principalement organisationnelles, liées à la pandémie, appelant une certaine créativité d'adaption. De nouvelles contraintes ont jalonné la 2ème année de RA, davantage d'ordre culturel.

Une nouvelle mise en projet s'est formalisée en mars 2021 pour un projet industriel neuf de bureaux et de hall de production (Figure 99, Tâche 16). Pour ce projet, le 1er contact avec la M.O. s'est basé sur les expériences des JdR, mêlant à la fois le récit utilisé de façon didactique et interactive avec Miro©. A l'issue du 1er contact, un *document de vision durable* a été transmis à la M.O. au format PDF (Figure 99, Tâche 17). Ce document a été codéveloppé avec les ambassadeur·rice·s, s'inspirant du document de vision BIM de l'agence. Le document se structure comme suit :

- Une **présentation succincte du contexte** : ce qu'est le développement durable, ses impacts à l'échelle de la Belgique, les réglementations liées et l'influence sur le projet.
- Une **présentation succincte du travail des ambassadeur·rice·s, articulé autour de 18 principes** durables (Figure 100), schématisés selon des pictogrammes et modélisés un processus (Figure 101, bas). Partager **le processus modélisé** (schématiquement) permet de conscientiser les parties prenantes à propos de l'influence de la démarche durable sur le projet. A l'inverse d'une modélisation BPMN tel que nous l'avons faite (Figure 101, haut), cette représentation schématisée assure la compréhension e toutes les parties du processus. Elle met en lumière la temporalité de la démarche. Une présentation succincte des niveaux durables, à choisir selon les besoins du projet et des attentes de la M.O.
- Une description des **objectifs durables** appliqués au projet et travaillés lors du 1er échange
- **Une description des étapes** ultérieures.

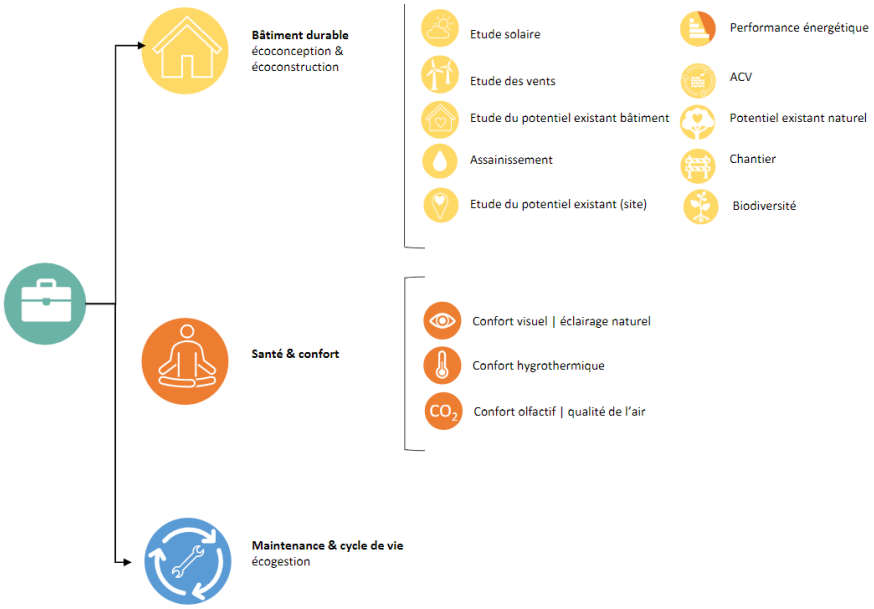
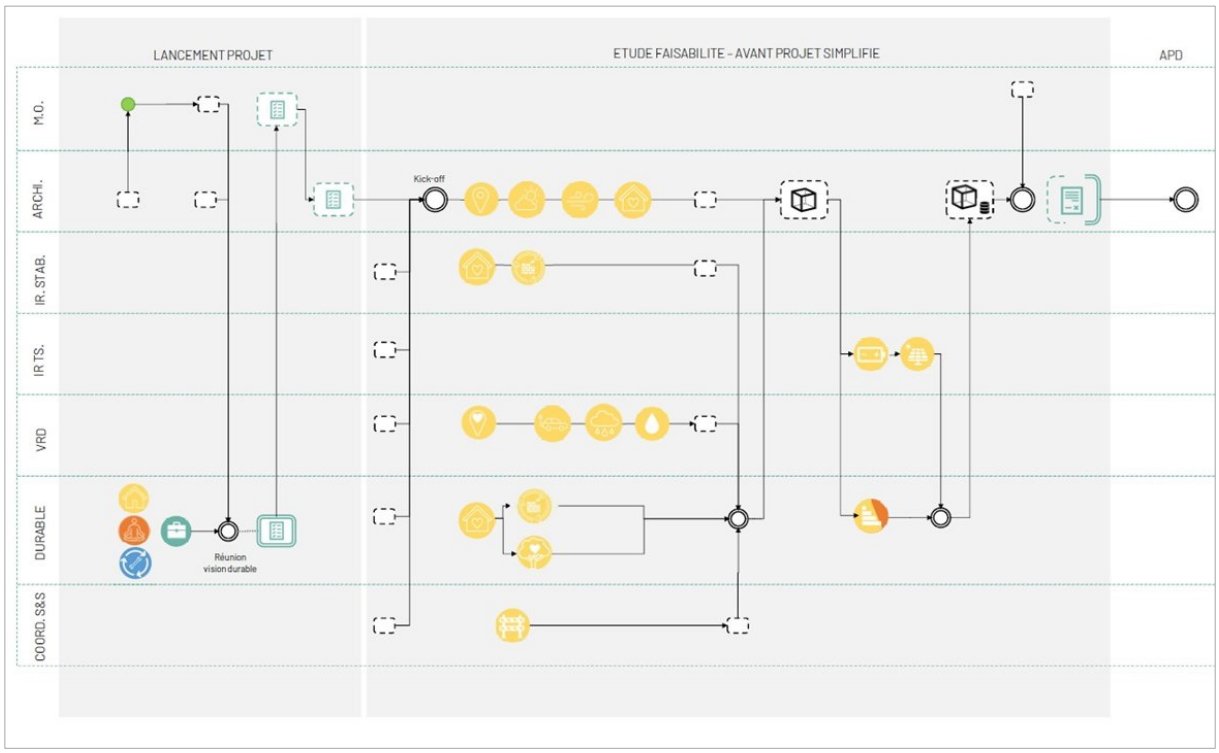


Figure 100 : Les principes durables issu de la boite à outils et articulés autour du bâtiment, de la santé et confort et de la gestion



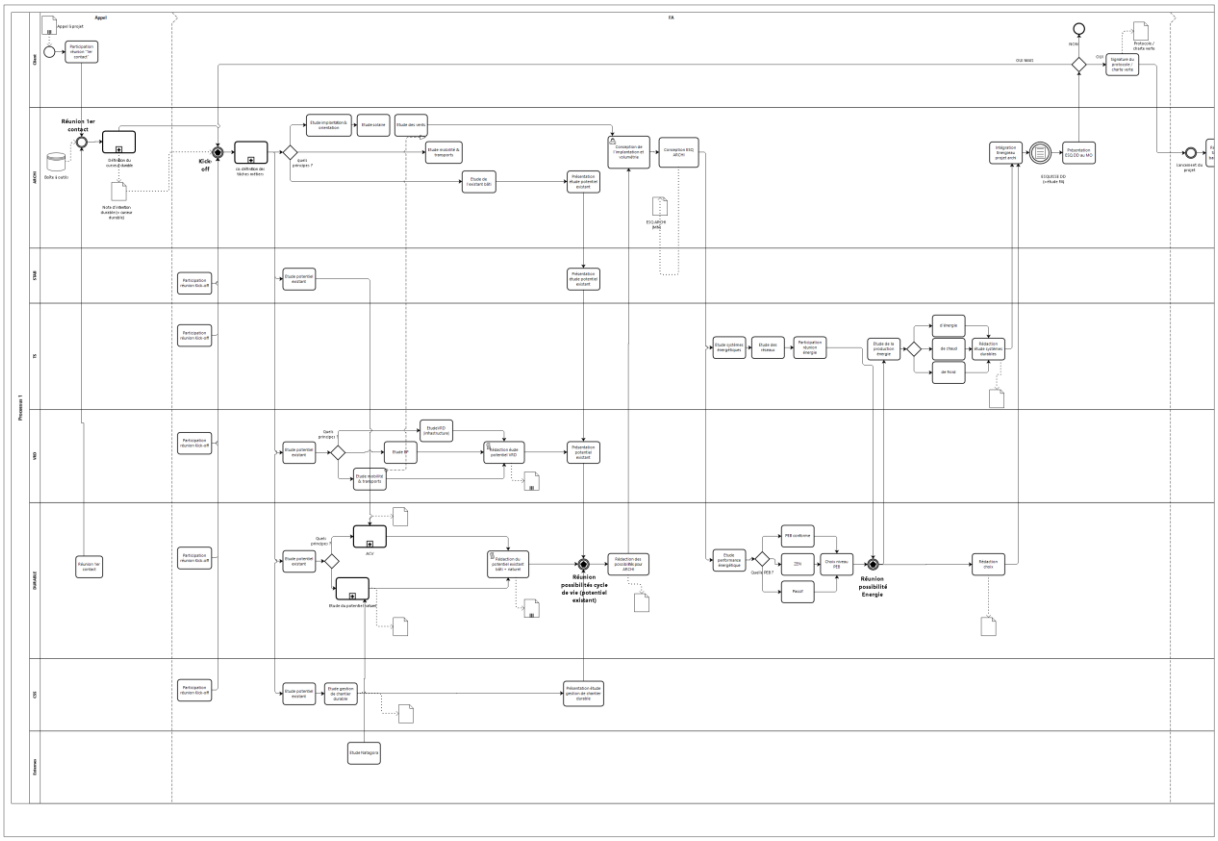


Figure 101 : (Haut) Processus modélisé de la démarche durable intégrée partagé à la M.O. - Mars 2021
(Bas) Processus modélisé de la démarche durable intégrée selon le langage de modélisation BPMN, réalisé par la chercheuse, non partagé

Quelques mois après cette expérimentation, en juin 2021, **nous avons recueilli le retour d'expérience des 2 architectes chargé·e·s du projet** (Figure 99, Tâche 18). Ce moment de reconsidération visait à comprendre l'influence de cet exercice sur le projet : *« est-ce que la démarche durable a modifié vos habitudes de travail ? »*. Les résultats décrits ci-après sont issus des prises de notes du journal de bord de la chercheuse. L'expérimentation menée par l'une des ambassadrices a été appréciée par les 2 architectes *« c'est bien, ça bouscule »*[253]. Toutefois, 2 contraintes teintent l'entretien : **la temporalité et le budget.** D'une part, le lien tissé avec la M.O., grâce au récit, aux interactions et au partage, doit être maintenu au-delà de la réunion, par un suivi, téléphonique par exemple, afin de s'assurer de la compréhension du document transmis. D'autre part, la présentation du budget n'a pas été influencée par la démarche durable : l'estimatif budgétaire du projet a été réalisé de façon usuelle avec 2 variantes durables d'ossature bois et de toiture shed. Les éléments durables qualifiés de moindre importance par les architectes n'ont pas été détaillés et n'apparaissaient pas dans l'estimatif. Aussi, l'approche par retour d'investissement (ROI) n'a pas été favorablement appréhendée par la M.O., préférant une approche court terme. Notons que la notion de surcoût de la construction durable a été relevé comme frein majeur parmi les résultats de l'enquête, et ce, pour plusieurs profils étudiés. De plus, les développements économiques représentaient la 1ère attende de l'agence vis-à-vis d'une architecture durable en BIM.

Durant ce 1er semestre 2021, nous constatons à ce moment un essoufflement de l'investissement de la RA par les ambassadeur·ice·s. Cette période coïncide avec la fin d'une 1ère année de pandémie, ponctuée de multiples confinements et une reprise du travail intense. Nous avons réservé **un moment d'échange informel en avril 2021 dédié à l'humeur de l'équipe**, collecté sur Miro©. Tel que schématisé à la Figure 102, l'état de l'équipe est partagé entre un besoin d'aide (drapeaux blancs), des tourmentes (tornades) et des appréciations mitigées (nuages, pluie, soleil). Le rôle d'ambassadeur·rice·s est apprécié (visages souriants) : ils et elles restent motivé·e·s *« par la finalité* [l'objectif de la RA] *mais avec une appréhension sur son application »*. L'investissement

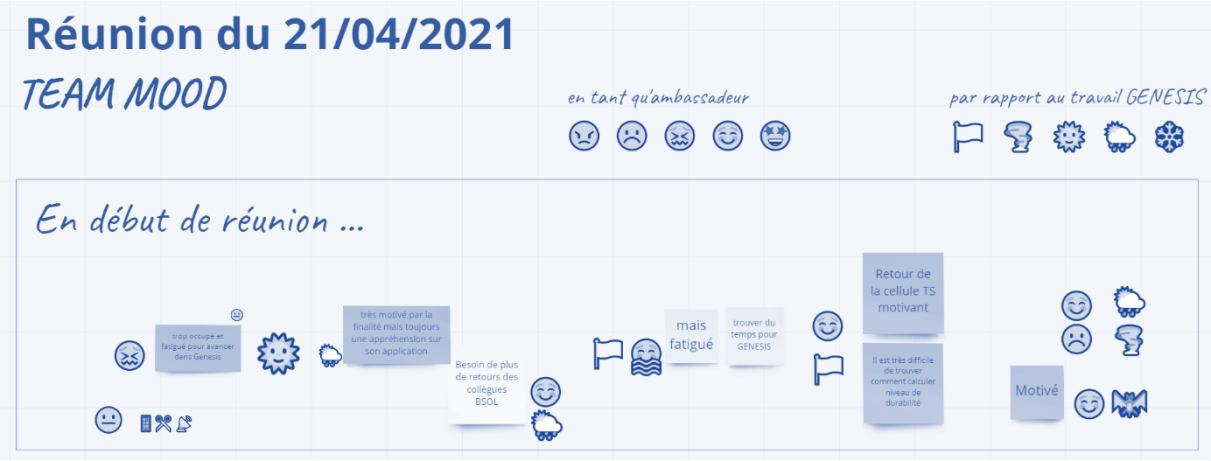


Figure 102 : Retour sur le bien-être de l'équipe en Avril 2021 - Journal de bord collaboratif - Miro(c)

[253] Verbatim d'un·e des 2 architectes

dans la RA fatigue : *« trouver du temps pour GENESIS » , « Besoin de plus de retours des collègues BSOL »*.

Face aux contraintes économiques (budget) et culturelles (habitudes de travail), nous avons sollicités 2 réunions d'échange (Figure 99, Tâche 19): l'une avec l'équipe chargée de la gestion des projets, l'autre avec les responsables des équipes métiers. Trois pistes ont émergé de ces échanges (Figure 103) :

- La 1ère piste propose de **modifier les référentiels**, tels que les métrés estimatifs, les cahiers de charges, etc., pour y inclure les pratiques durables, non pas comme des variantes, mais des pratiques traditionnelles de l'agence et suivant un nouveau référentiel budgétaire également.
- La 2ème piste propose **d'adapter la gestion de projets** pour y intégrer davantage les pratiques durables, notamment à travers les outils de gestion et de communication de l'agence ; Teams©.
- Enfin, la 3ème piste propose de **lier et corréler les pratiques et principes durables**. L'expérimentation présentée ci-dessus sert de support à l'échange : sans faire abstraction du coût à l'investissement, les toitures de type *shed* représentent une plus-value sur le bien-être des occupant·e·s grâce à l'éclairage Naturel du Nord réduisant le coût pour l'éclairage artificiel.
  La démarche devient alors positive et non plus punitive, elle permet également de sortir du débat omniprésent et omnipotent de la contrainte budgétaire. Cette 3ème proposition conduit la RA vers une nouvelle forme de rencontre avec les ambassadeur·rice·s que nous présentons à l'épisode suivant.

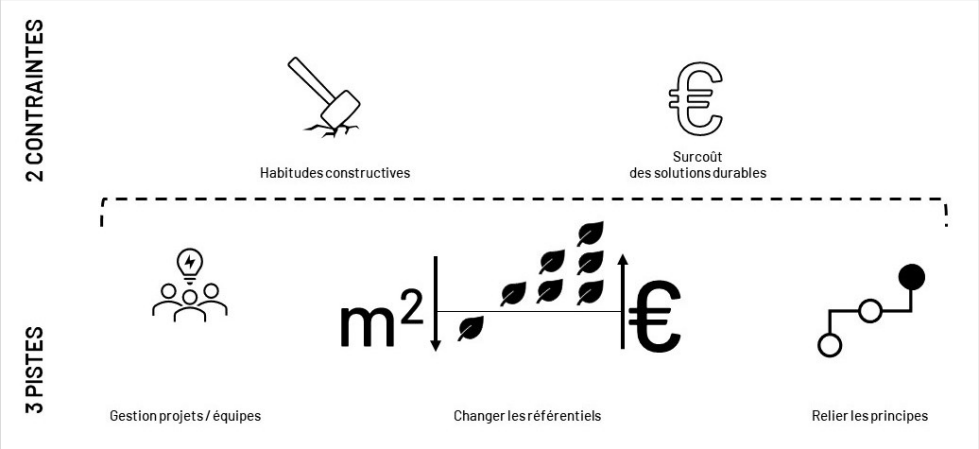
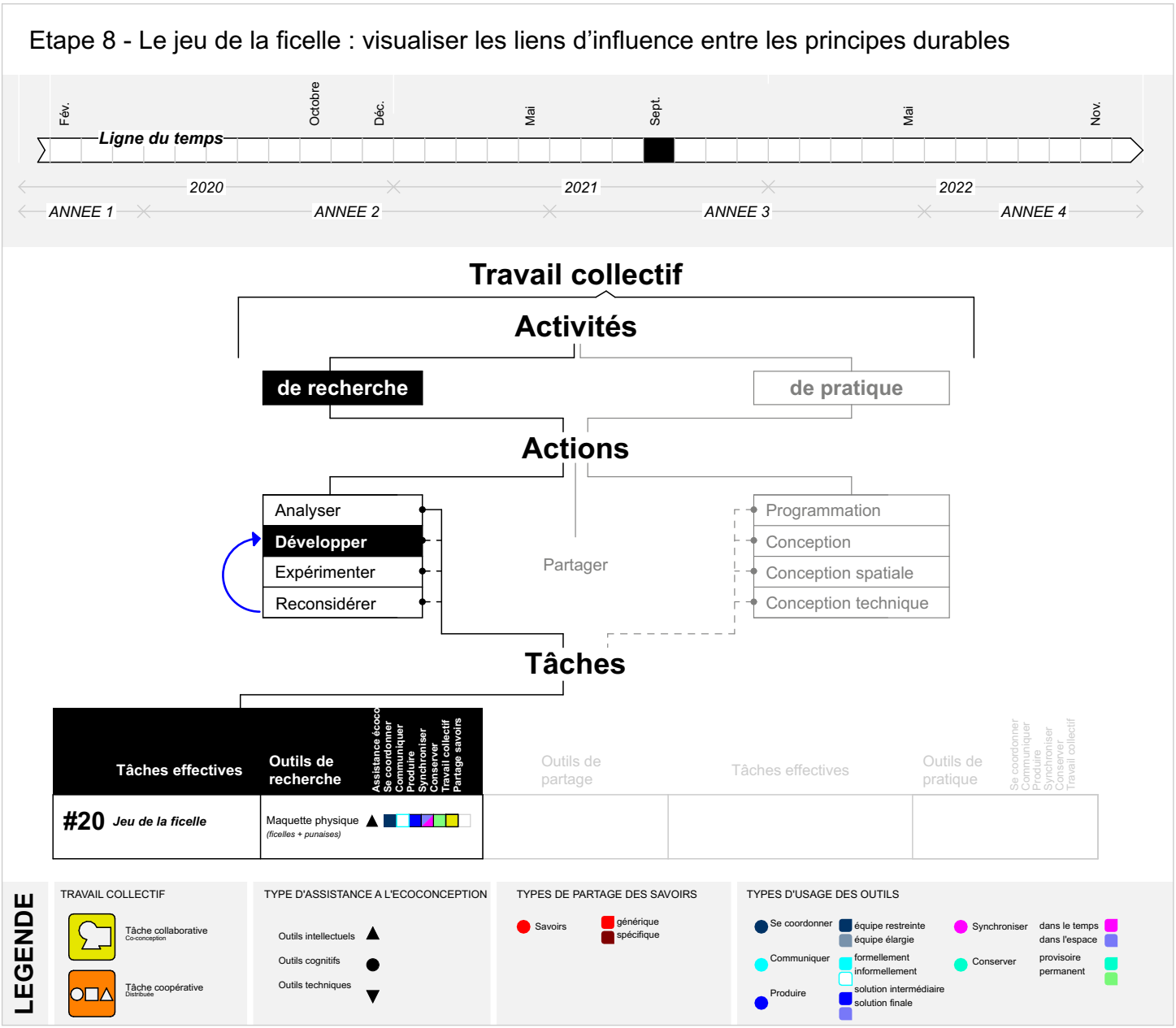
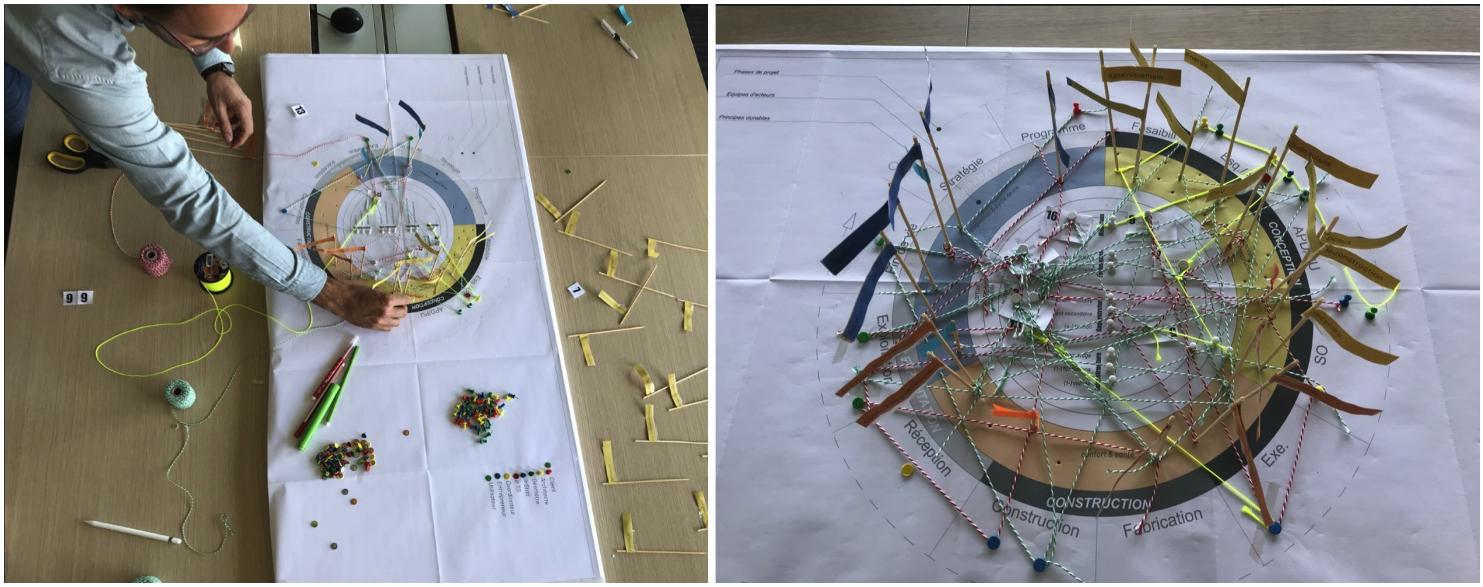


Figure 103 : Contraintes relevées durant les différentes actions de la RA et pistes proposées à l'issue de 2 réunions de reconsidérations – Juillet et Août 2021



Résultats de la tâche 20



Source : capture du journal de bord collaboratif de l'équipe : 6 moments de reconsidérations des 3 JdR collectés dans Miro(c) en équipe restreinte et élargie

Figure 104 : Episode 8 de la RA / Visualiser les liens d'influence pour déverrouiller les contraintes budgétaire

4.3.8 Épisode 8 : Le jeu de la ficelle : visualiser les liens d'influence entre les principes durables

Sur base des pistes proposées pour faire face aux 2 contraintes précitées (habitudes constructives et contrainte budgétaires), nous avons proposé en tant que facilitatrice de la RA un atelier créatif autour des liens. Basé sur une maquette physique, l'atelier est imaginé pour être réalisé en présentiel afin de (re)créer du lien entre les ambassadeur·rice·s après une période entrecoupée de confinements[254].

Nous nous sommes inspirée du **Jeu de la ficelle**[255], inventé par Daniel Cauchy, systématicien et formateur. Cet outil pédagogique se base sur l'approche systémique, résultat d'une association multidisciplinaire de « *la biologie, la théorie de l'information, la cybernétique et la théorie des systèmes* » (Cauchy, Rencontre des Continents and Quinoa, 2014, p.4). Il a été mis à jour par une dizaine d'organisations coopératives, académiques, éducatives et militantes. **Le jeu de la ficelle a pour objectif le décloisonnement des disciplines et la collaboration transdisciplinaire** autour d'une thématique. Le jeu original concerne l'alimentation et s'articule autour d'une assiette moyenne d'un belge. Concrètement, il permet **une conscientisation des impacts environnementaux et socio-économiques du modèle actuel, de connecter les thématiques locales et globales, de construire une idée globale, complexe et critique et enfin, de favoriser les alternatives au modèle. La ficelle symbolise les liens, qui semblent invisible au premier abord.** Le jeu est pensé pour être réinventé et approprié.Positionnés selon 3 cercles concentriques, les participant·e·s du jeu original représentent soit un élément de l'assiette (1er cercle), soit un·e organisateur·rice (2ème cercle) ou un impact (3ème cercle) (Figure 105). L'animateur·rice débute le jeu en invitant une identité de l'assiette à se présenter puis questionne les autres participant·e·s du 2ème cercle s'ils ou elles estiment être en lien avec cette identité et d'en donner les raisons. L'animateur·rice modélise le lien par une ficelle. Une fois tous les participant·e·s relié·e·s, un moment d'expression de reconsidération est mis à disposition suivi d'une analyse de décodage politique et éthique. Des alternatives du modèle, individuelles ou collectives, sont ensuite coconstruites.

Nous nous sommes appropriée ce jeu : nous avons transféré le modèle à notre recherche, de l'assiette au bâtiment (Figure 105). Nous utilisons les résultats et les savoirs produits depuis le début de la RA pour construire un jeu de la ficelle adapté à notre objectif et répondre aux questions : *Quels liens entre les principes durables et les éléments du bâtiment ? Quels liens avec les acteurt·rice·s du projet ?, Quels liens avec les échelles spatiales ?, De quels types de liens s'agit-il ?, Positif (servant), négatif (impactant) ou neutre ?*

[254] A l'exception de cet atelier, l'hybridation des réunions est devenue une norme dès fin 2021 : les réunions sont menées simultanément en présentiel et en distanciel. Cette hybridation est rendue possible grâce aux équipements de vidéo conférences des salles de réunions au sein l'agence.

[255] La chercheuse a expérimenté cet outil pédagogique en 2017 lors de sa formation d'éco-conseillère en 2017.

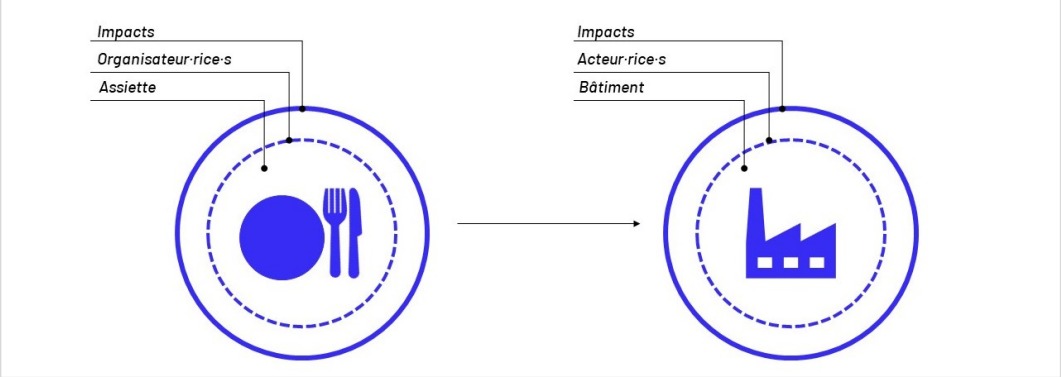


Figure 105 : Transfert du jeu de la ficelle depuis l'assiette vers le bâtiment

Pour cet atelier mené exclusivement en présentiel, nous avons proposé une maquette que nous avons personnellement conservé (Figure 104, résultat tâche 20). Un fond concentrique est imprimé sur papier blanc contenant, de l'extérieur vers le centre du cercle, les éléments suivants (Figure 106) :

- **les 12 étapes de projet** : stratégie, programme, faisabilité, esquisse, avant-projet détaillé, soumission, exécution, fabrication, construction, réception, exploitation, fin de vie ;
- **les 4 phases de projet** : préparation, conception, construction, exploitation ;
- **les 3 catégories de principes durables** identifiés lors des JdR : le bâtiment (conception et construction), confort / santé et la gestion.
- **les 3 échelles spatiales** : quartier, parcelle et bâtiment ;
- **les 4 familles de composants du bâtiment** : l'infrastructure, la superstructure, les systèmes et les matériaux.

La structuration des phases, des étapes, des échelles de projet et des principes durables sont issus des savoirs partagés et/ou produits durant la RA. La structuration des composants du bâtiment se base sur la classification du BBSfB, classification belge discutée au 1er chapitre, des éléments dans les maquettes numériques BIM sur lesquelles les cochercheur·se·s ont l'habitude de travailler dans leurs pratiques quotidiennes. Les parties prenantes du projet sont symbolisées par des punaises colorées (physiques). Les liens négatifs et positifs sont respectivement représentés par des ficelles rouges et des ficelles vertes.

Pour **les identités du bâtiment,** nous nous sommes inspirée des savoirs issus de la RA. Nous avons proposé 17 identités qui interviennent couramment dans le pratique des cochercheur·se·s telles que les toitures végétalisées, les matériaux de blocs de chanvre, l'assainissement par bassins d'orages, les arbres fruitiers, les structures en portiques métalliques, les façades en mur-rideau, etc. En début de jeu, les participant·e·s piochent au hasard 3 cartes d'identités chacun·e. Le temps imparti pour cet atelier n'a permis de développer que 6 des 17 identités : bassin d'orage, blocs de chanvre, toiture végétalisée, haie de charme, auvent, membrane d'étanchéité de toiture.

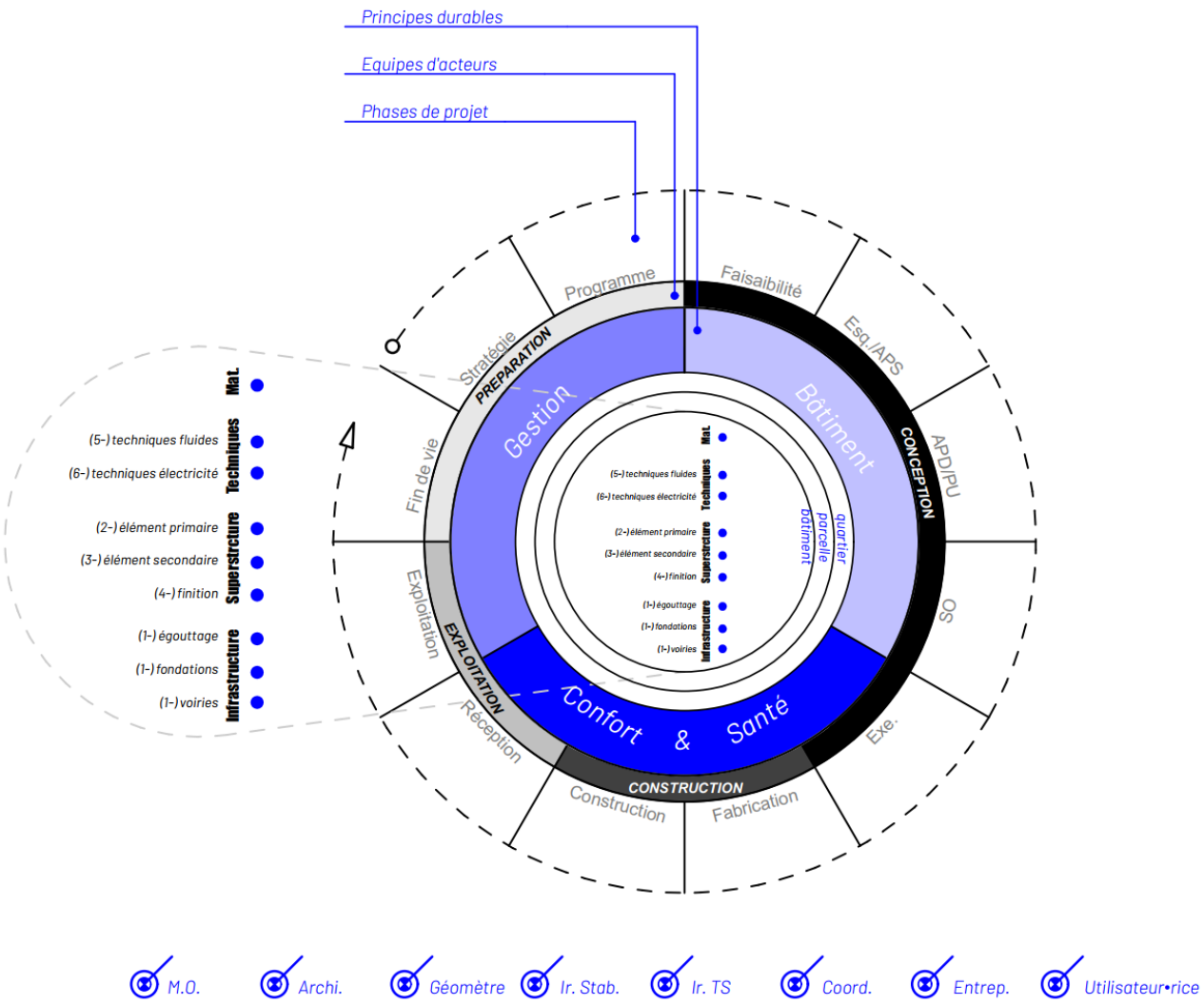
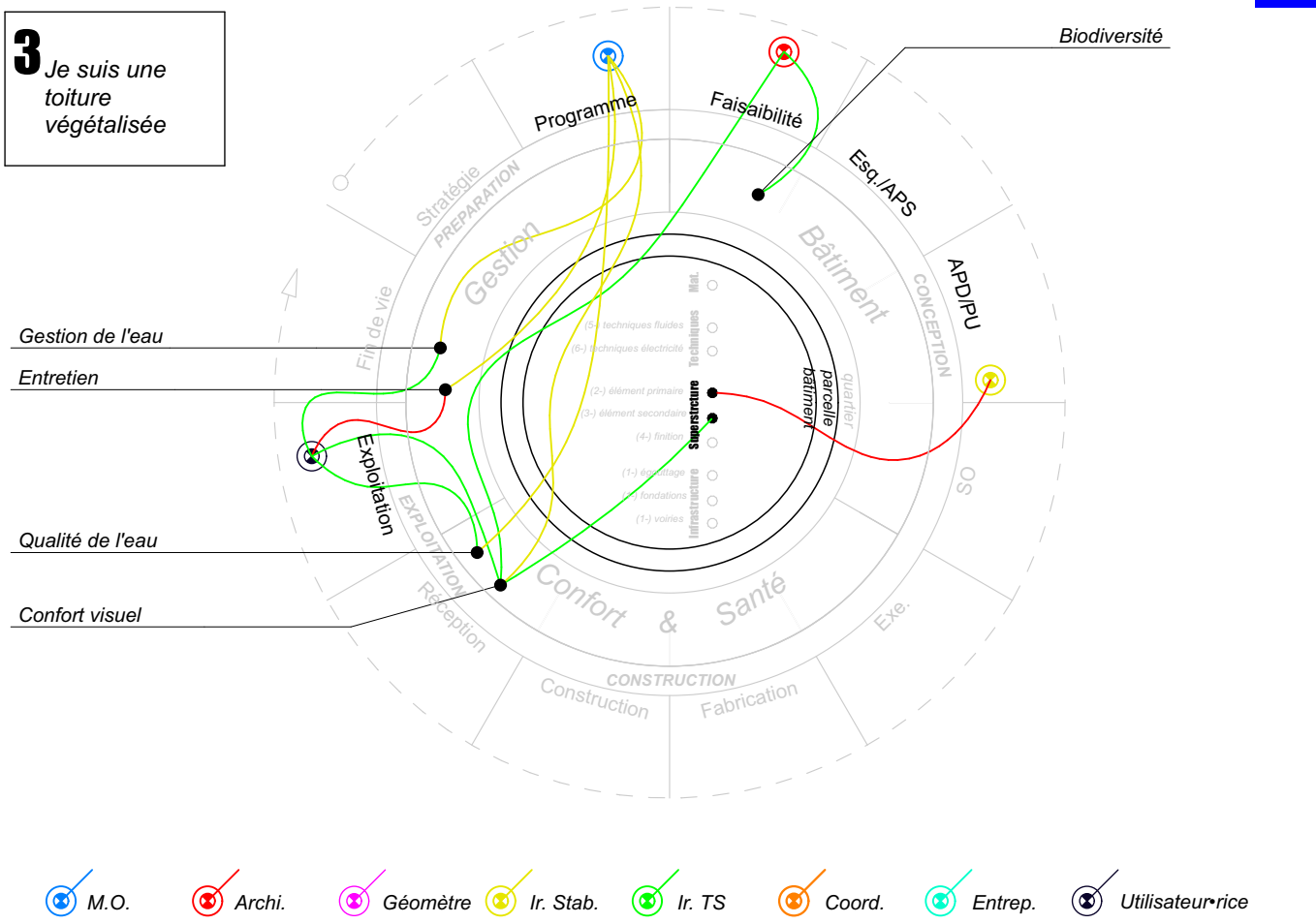


Figure 106 : Construction d'une maquette de travail pour la RA :
le jeu de la ficelle adapté à l'écoconception architecturale

En visualisant les liens et les corrélations entre les principes durables, nous avons engagé une conscientisation sur l'approche systémique des enjeux de durabilité. La durabilité ne peut être ni segmentée, ni être étudiée sous l'unique notion budgétaire : un investissement à un temps T peut conduire à des bénéfices à terme. La chercheuse a remodélisé les résultats de chaque cas d'identité étudié lors de cet atelier. Les modélisations sont illustrées aux Figures 107, 108, 109 : les liens « servants » sont schématisés par des courbes vertes, les liens « impactants » par des courbes rouges et les liens à déterminer selon le projet sont représentés par des courbes jaunes. Nous nous appuyons sur ces résultats au chapitre Propositions.

A titre d'exemple, les résultats concernant les toitures végétalisées (Figure 107, haut) influencent positivement la gestion de l'eau, la qualité de l'eau et améliorent le confort visuel du projet (modélisés comme éléments secondaires ; couverture de toiture). Elles rendent service à la biodiversité du projet. Toutefois, elles impactent négativement l'entretien. Les acteur·trice·s qui en bénéficient le plus sont les usagers. Les ingénieur·e·s en stabilité sont impacté·e·s dans leurs calculs de reprises de charges (éléments primaires du projet ; toiture).



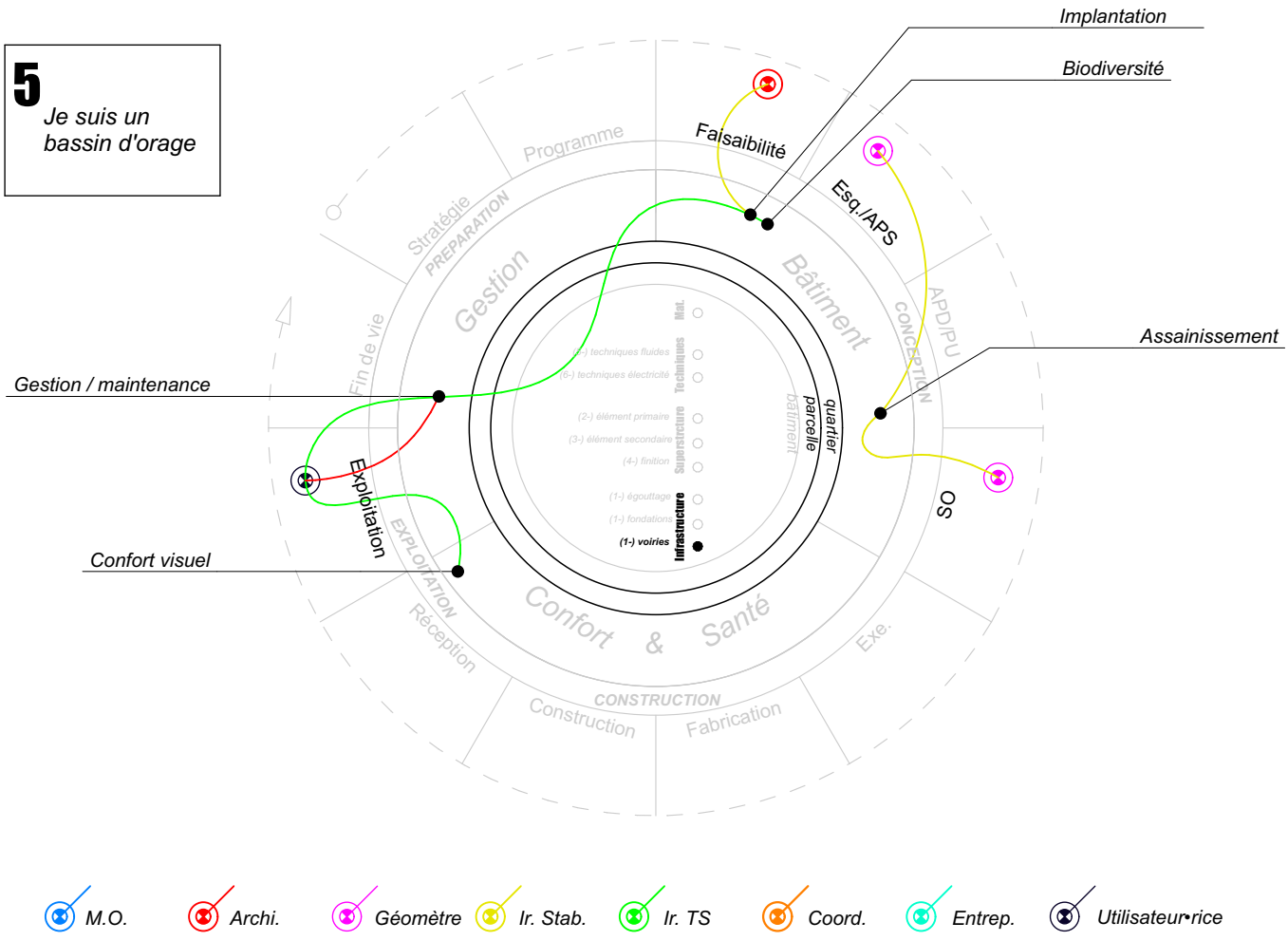
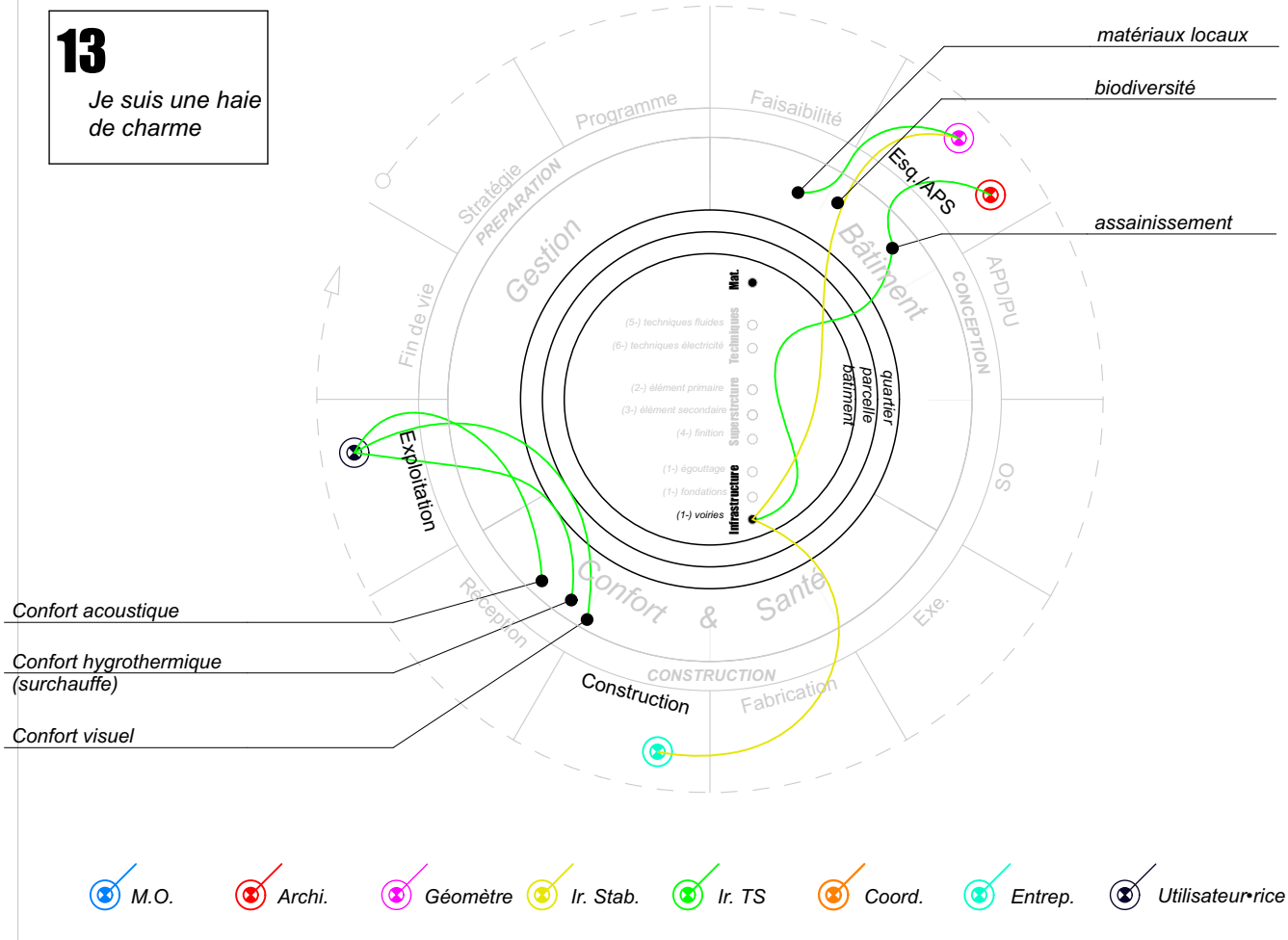


Figure 107 : Résultats du jeu de la ficelle : 3 identités



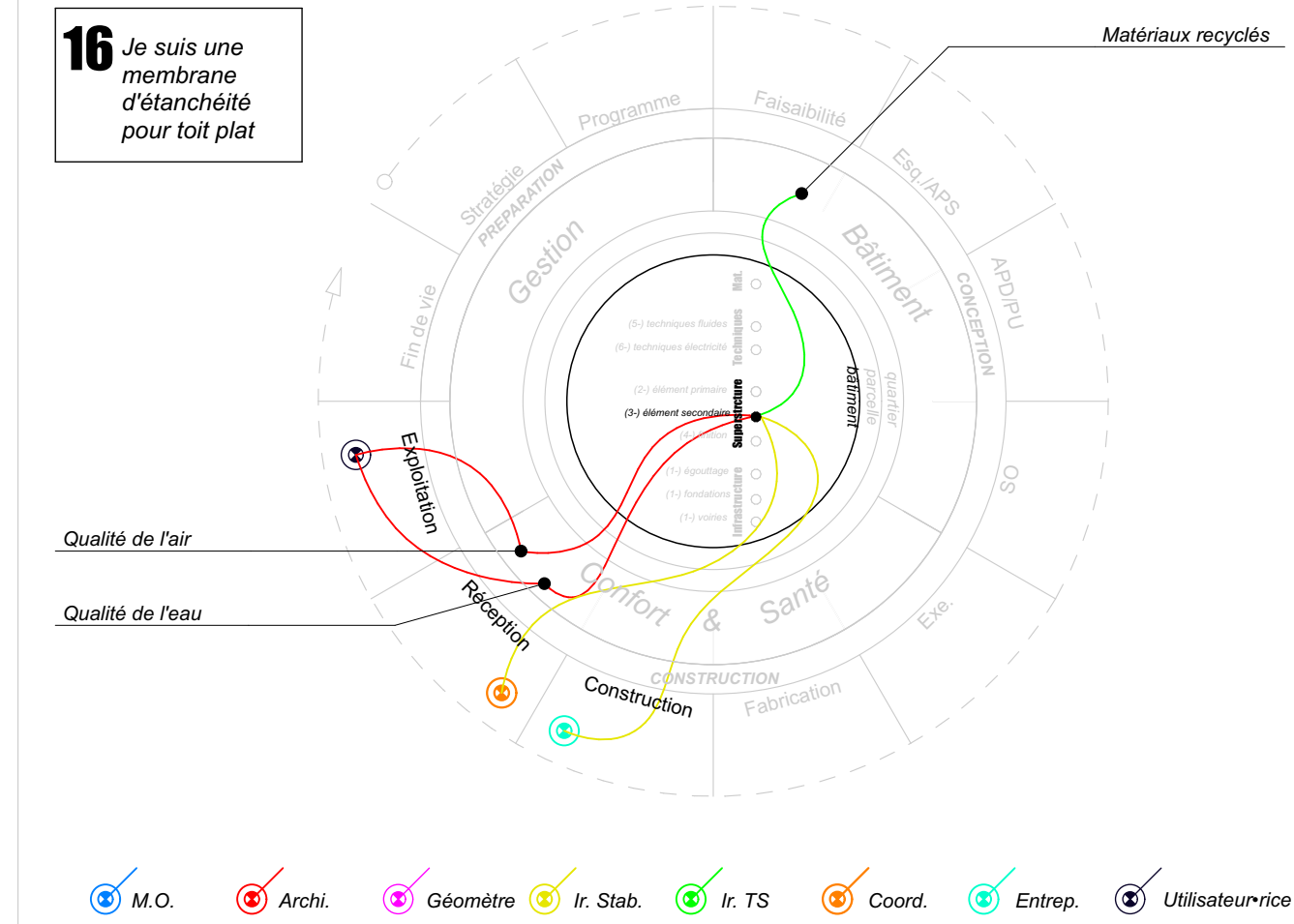
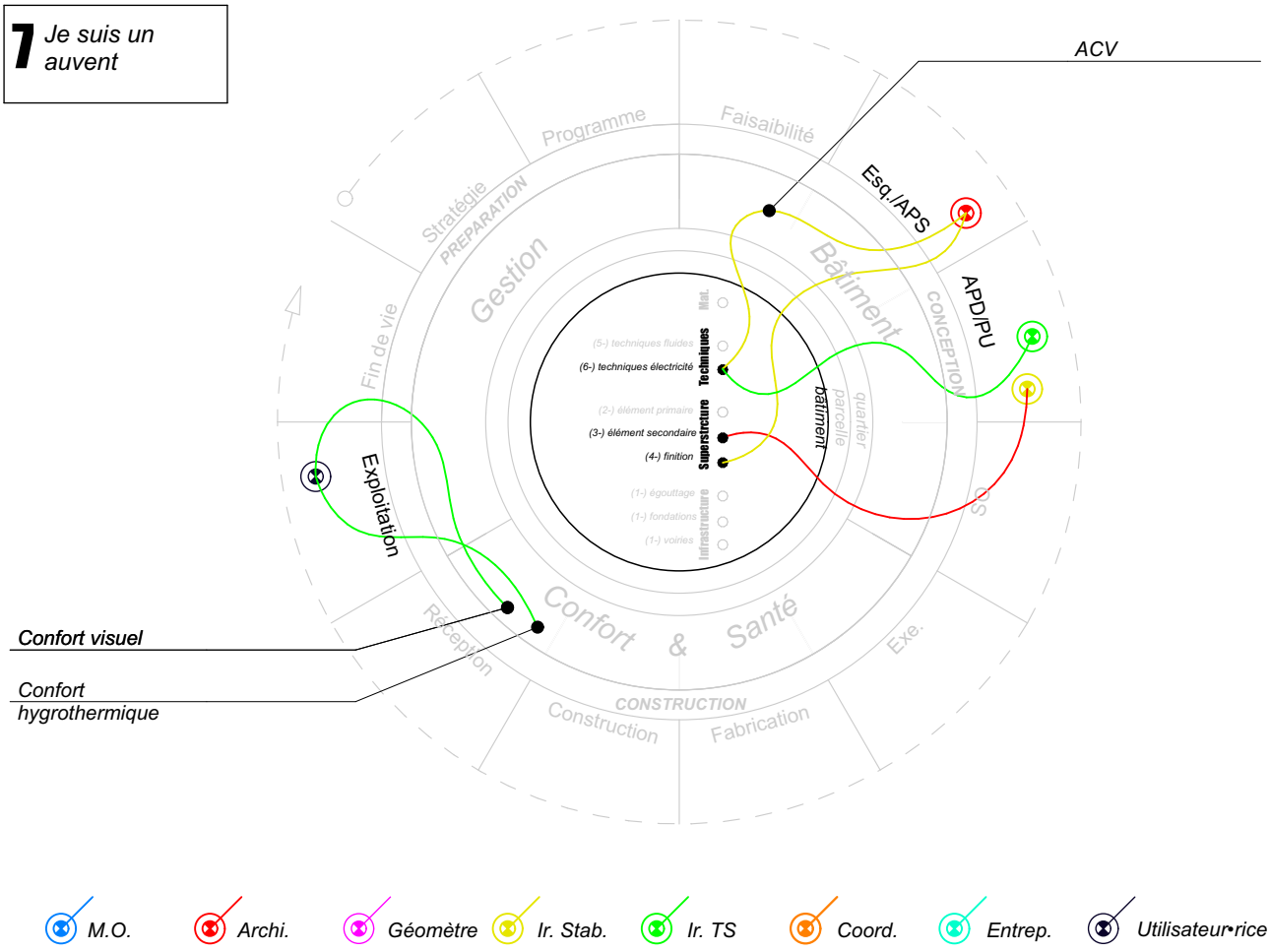


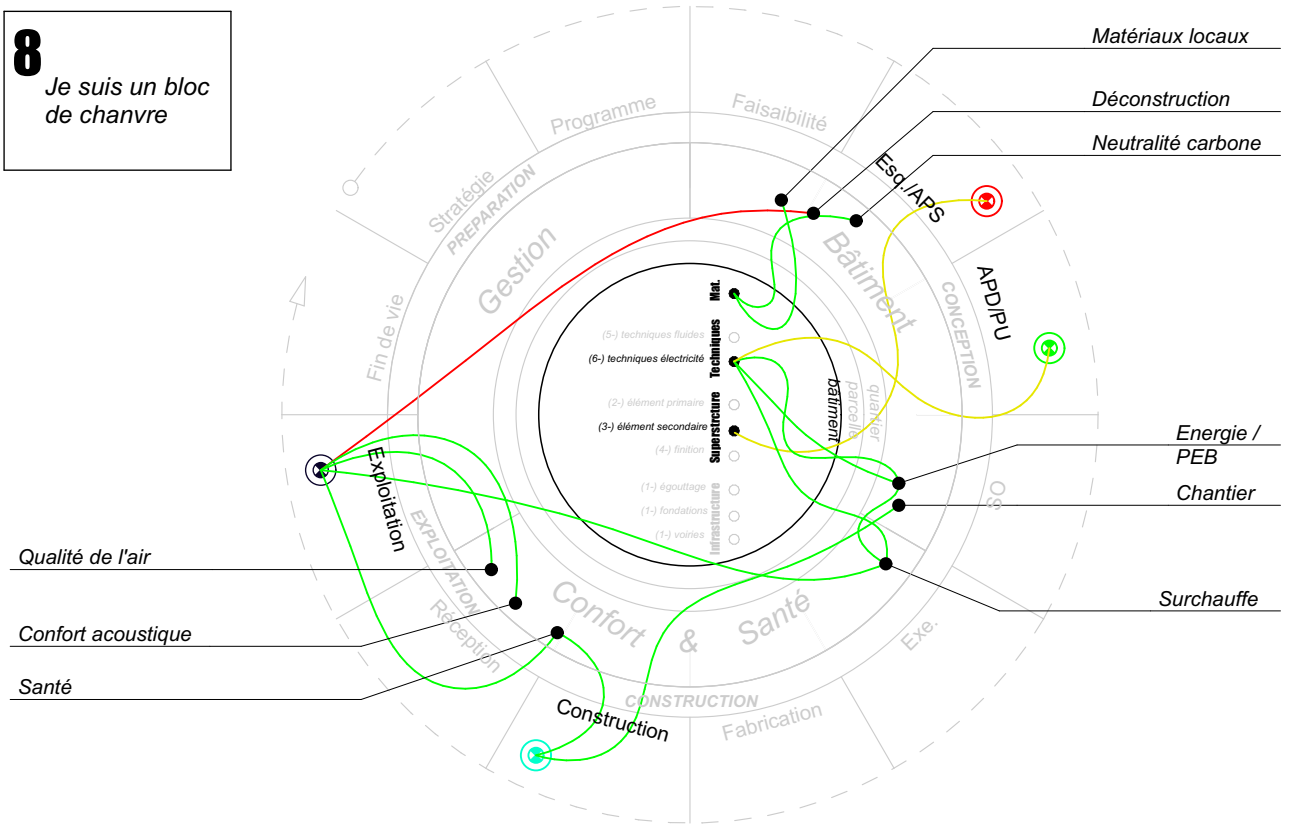
Figure 108 : Résultats du jeu de la ficelle : 3 identités

7 *Je suis un auvent*



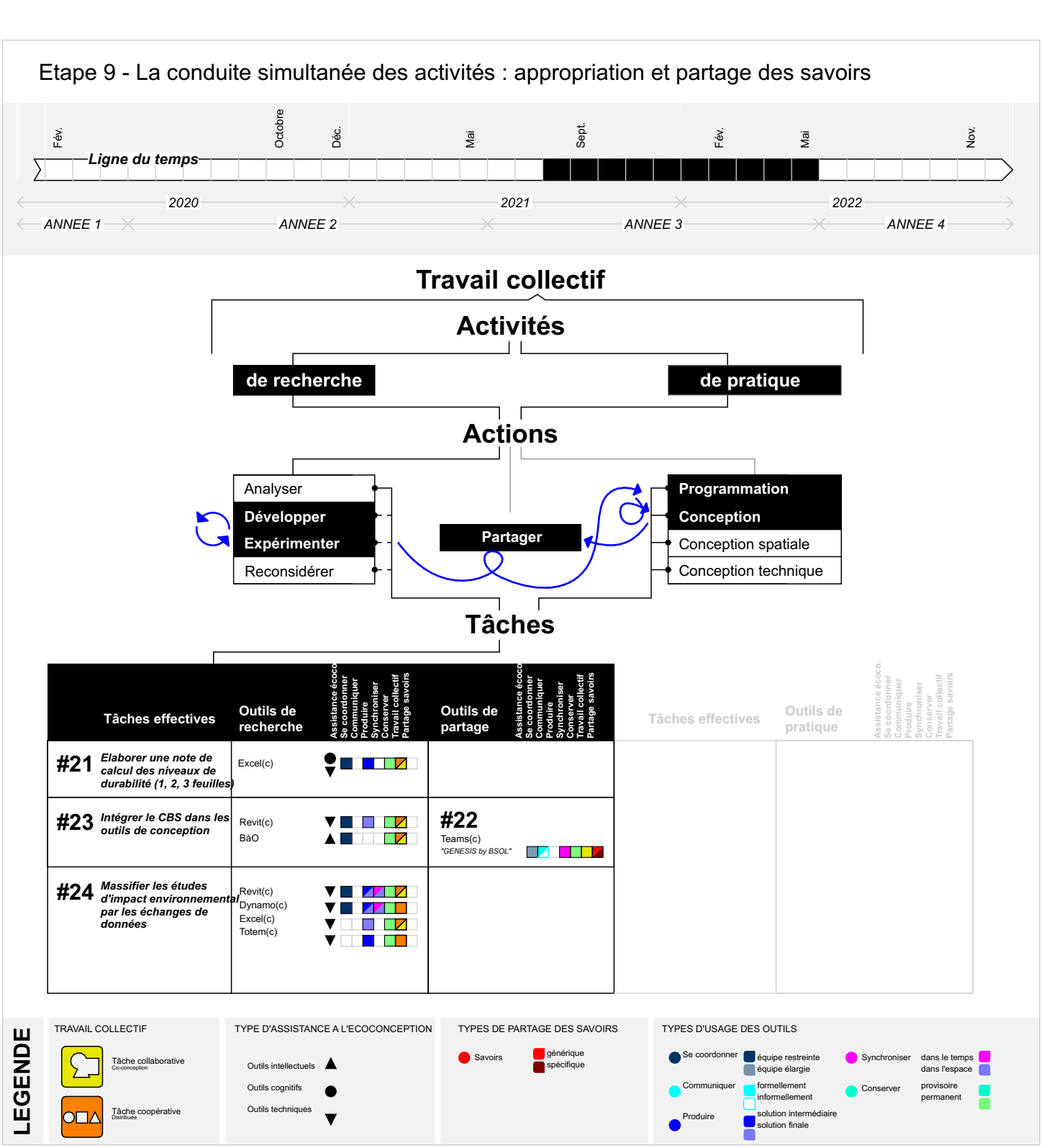
M.O. Archi. Géomètre Ir. Stab. Ir. TS Coord. Entrep. Utilisateur•rice

8 *Je suis un bloc de chanvre*



M.O. Archi. Géomètre Ir. Stab. Ir. TS Coord. Entrep. Utilisateur•rice

Figure 109 : Résultats du jeu de la ficelle : 3 identités



Résultats de la tâche 23 Source : partage des savoirs produits au sein de la BàO (gauche) - application sur projet (centre) et calcul de la valeur ajoutée du CBS d'un projet (droite)

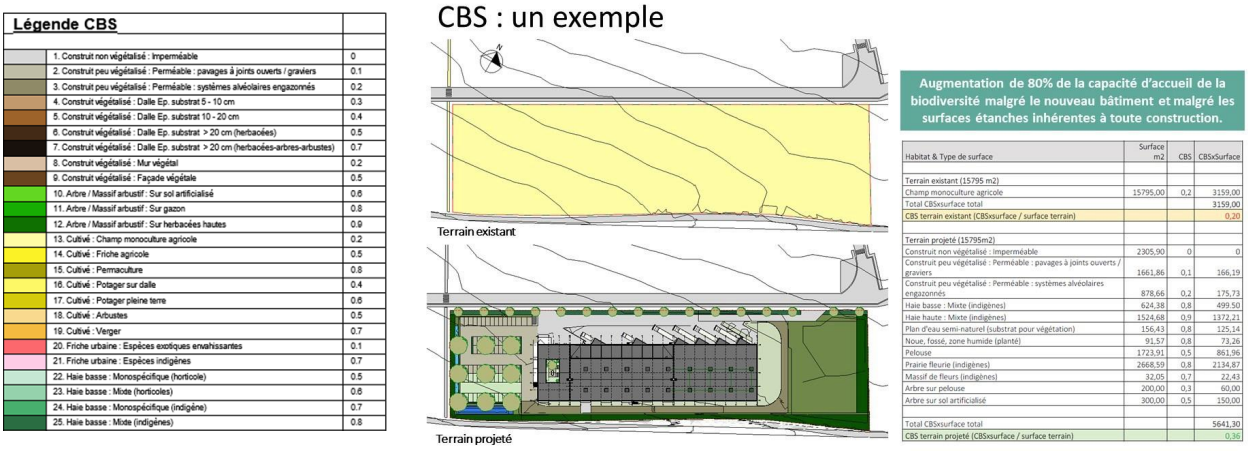


Figure 110 : Episode 9 de la RA / S'approprier et partager les savoirs coproduits

4.3.9 Épisode 9 : La conduite simultanée des activités : appropriation et partage des savoirs

A partir de la 2ème moitié de l'année 2021, les activités de recherche et de pratiques, ont été menées parallèlement avec des itérations plus courtes. De façon chronologique, nous partageons dans cette section **5 activités clés issues de cette période qui marquent la 2ème année de RA au sein de l'agence**. Une veille continue des savoirs n'a cessé d'alimenter les autres activités de recherche et de pratique. Ces activités ont été menées collaborativement et de façon itérative entre travail individuel, en équipe au sein de l'agence et avec des personnes ressources externes à l'agence, liées à des formations ou auprès d'organismes compétents (Natagora[256]©, Totem©). L'investissement dans le travail individuel est hétérogène selon les ambassadeur·rice·s, dépendant de **la motivation des cochercheur.se.s.** Certain·e·s ont pris à bras le corps leur thématique engageant des changements de pratiques, des développements d'outils, ont sollicités des réunions de partage avec leur équipe métier. D'autres ont été l'élément déclencheur pour une expérimentation sur projet. D'autres encore se sont rendu·e·s disponibles pour des développements technique et technologique. Les moments d'échange se sont ainsi hybridés, devenant tantôt des échanges à 2 (avec la chercheuse) ou en équipe restreinte (plusieurs ambassadeur·rice·s sur des thématiques connexes). Nous détaillons ces 5 activités ci-dessous.

Elaborer une note de calcul des niveaux durables : 1,2,3 feuilles (Tâche 21)

La 1ère activité d'influence concerne la participation de plusieurs ambassadeur·rice·s à un concours d'un projet public de grande envergure (Figure 110, Tâche 21). L'une des contraintes de ce projet est d'être certifié « BREEAM very good ». La méthode de pondération du BREEAM a influencé la pondération des niveaux durables sur laquelle les cochercheur·se·s travaillaient depuis plusieurs mois. Définir une méthode commune de calcul selon les 3 niveaux de durabilité (1 feuille, 2 feuilles, 3 feuilles) et pour chaque principe durable représentait une tâche complexe pour les cochercheur·se·s. Les méthodes de calcul d'empreinte carbone, d'énergie grise et de dédommagements financiers, inspirées de la pondération de l'outil d'impact environnemental TOTEM, ont été investiguées. Toutefois, ces méthodes nécessitent des compétences qui dépassent celles de coconcepteur·rice·s, tant d'un point de vue de la compréhension que de l'acquisition (manipulation / appropriation) de la méthode.

Avec l'aide d'un·e cochercheu·r·se certificateur·rice BREEAM, l'équipe a d'abord relevé les qualités et défauts de cette méthode pour ensuite coconstruire une note de calcul des niveaux pour chaque principe. Nous schématisons la 1ère ébauche de structure de la note de calcul au Tableau 41 : les principes durables et les études liées sont le résultat du travail de la RA ainsi que l'appellation des niveaux durables (1,2,3 feuilles), capitalisés dans la BàO. La codification, les crédits (disponibles et atteints) et le score sont inspirés de la certification BREEAM. Enfin, l'équipe de cochercheur·se·s propose une 1ère ébauche de pondération : elle vise à équilibrer les 3 catégories de principes durables entre elles (bâtiment, gestion et santé / confort). Ainsi la

256

catégorie bâtiment ne prime pas sur la catégorie santé/confort bien qu'elle comporte un plus grand nombre de principes durables.

L'élaboration d'une note de calcul des niveaux durables représente une tâche collaborative d'envergure pour l'équipe des ambassadeur·rice·s : cette tâche s'est développée du début de l'année 2021 jusqu'à la fin 2022. Nous détaillons ce travail à la section suivante (Episode 10).

Tableau 41 : Structure de la 1ère ébauche de la note de calcul des niveaux durables

Principes	Etudes détaillées	Code	Crédits disponibles	Crédits atteints	%	Pondération	Score	Niveau durable
Basé sur la BàO de la RA						RA		RA
		Basé sur le BREEAM					BREEAM	

Partage des savoirs coproduits avec l'équipe élargie (Tâche 22)

La 2ème activité concerne le partage des savoirs coproduits depuis le début de la RA. En novembre 2021, nous avons créé un nouveau canal de communication pour tou·te·s les collaborateur·rice·s de l'agence. Ce canal est dédié au partage des savoirs produits (Figure 110, Tâche 22). De plus, chacun·e peut s'exprimer et échanger à propos d'évènements, de formations, de projets, de bonnes pratiques et tous autres sujets liés à l'écoconception et aux pratiques durables. Ce canal cristallise une dynamique collaborative (Fgiure 111).

Notons que le partage des savoirs en vue de coconstruire un référentiel commun a été relevé au sein de l'enquête et des entretiens d'architectes wallon·ne·s (formations, accompagnement, etc.).

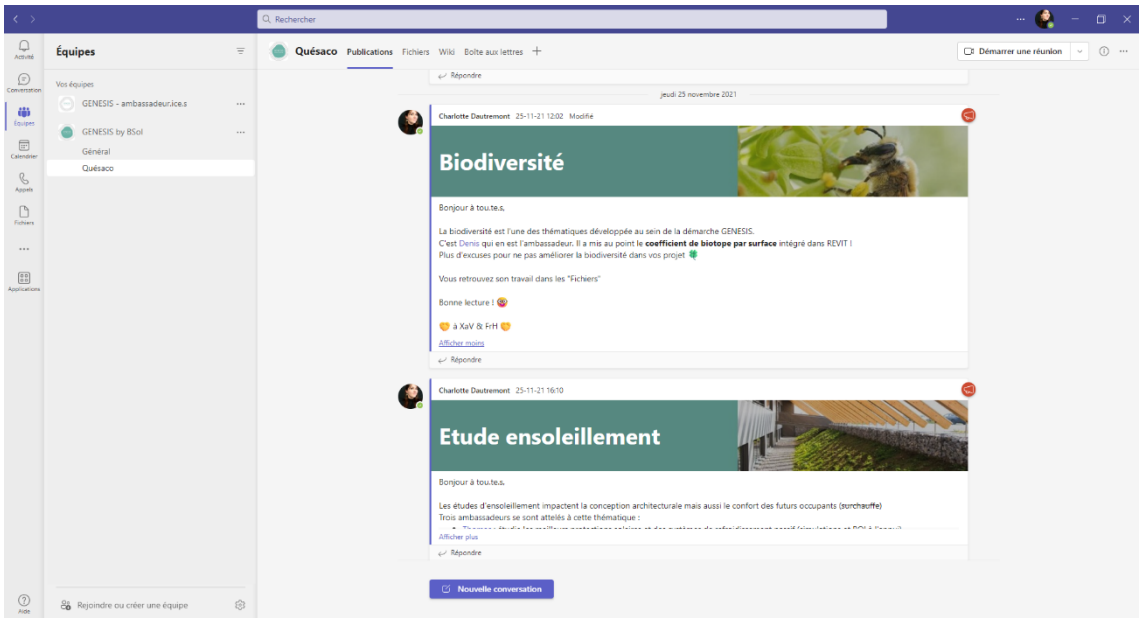


Figure 111 : Partager les savoirs à l'équipe élargie : nouveau canal de communication

Les 3ème et 4ème activités concernent **le développement de nouvelles pratiques et de médias d'aide à l'écoconception** liés à 2 principes durables : la biodiversité et l'impact environnemental. Les savoirs produits ont nécessité l'intervention de 4 ambassadeur·rice·s : 2 chargé·e·s de la thématique et 2 en support technique et cognitif.

Intégrer les coefficients de biotope par surface dans les outils de conception (Tâche 23)

D'abord, **les savoirs liés à la biodiversité**. L'émergence de cette thématique au sein de l'agence résulte de la RA et du travail d'un ambassadeur passionné par le sujet. Après avoir produit une bibliothèque de savoirs multiples collectée dans la BàO, le travail de développement s'est articulé dès octobre 2021 autour de l'applicabilité des intentions durables dans le projet. L'objectif premier visait à augmenter la valeur écologique des parcelles de projet. Se basant sur les savoirs cognitifs de Bruxelles Environnement[257], **la bibliothèque de Coefficient Biotope par Surface (CBS[258]) a été intégrée aux objets numériques BIM dans les maquettes REVIT©** (Figure 110, Tâche 23).

L'implémentation du CBS dans les outils de conception permet de calculer rapidement l'impact des projets sur l'environnement direct grâce aux nomenclatures produites (Figure 110, résultats 23). L'élaboration de ces nouvelles pratiques ont nécessité le concours de personnes ressources de l'agence, externes à l'équipe de cochercheur·se·s, et de partage de savoirs aux architectes concepteur·rice·s, notamment via le canal de communication présenté ci-dessus (Figure 110, Tâche 22).

Massifier les études d'impact environnemental par les échanges de données (Tâche 24)

Parallèlement, l'ambassadeur chargé de l'impact environnemental, aidé par la chercheuse et de 2 autres ambassadeur·rice·s, se sont attelés à **massifier les études d'impact environnemental aux prémices des projets** dès novembre 2021. Nous avons mené de façon collaborative, itérative et empirique un travail de recherche et développement sur l'interopérabilité entre l'outil de modélisation REVIT© et l'outil de calcul d'impact environnemental TOTEM©. L'usage de TOTEM© se concentre dans un 1er temps sur la comparaison de scenarii aux prémices des projets. **Une routine Dynamo©,** interface de programmation visuelle, a été développée par l'ambassadeur BIM pour exporter les données de projet depuis les modèles REVIT© vers TOTEM© au format Excel© (Figure 110, Tâche 24). La routine structure les données nécessaires à TOTEM© selon la classification des éléments du BBSfB et selon la nomenclature des composants de l'agence (Figure 112).

---

[257] Bruxelles Environnement : Administration de l'Environnement et de l'Énergie de la Région de Bruxelles-Capitale. Source : https://environnement.brussels/citoyen/a-propos-bruxelles-environnement

[258] CBS = Le **C**oefficient de **B**iotope par **S**urface est un indicateur de valeur simple permettant d'évaluer le potentiel écologique d'une parcelle. Chaque type d'aménagement de sol (asphalte, haie, prairie fleurie, etc.) a un potentiel de développement pour la biodiversité. Le CBS est calculé en divisant la somme des différentes surfaces (multipliée chacune par leur facteur de pondération spécifique) par la superficie totale de la parcelle.

Durant cette exploration, nous avons relevé de nouvelles contraintes et limites en plus de celles que nous avons identifié au 1er chapitre pour l'outil TOTEM. Elles concernent la limite des tailles de fichiers au format IFC, excluant ainsi les grands projets. De plus, TOTEM© est développé selon le concept de système de paroi, défavorisant les typologies de projets industrielle (en portiques). Enfin, les bibliothèques des éléments structurels, tels que les colonnes, poutres et dalles, sont limitées (« *peu précis pour matériaux structuraux : ferraillages, fondations, profils acier, etc.* »)[259]. En l'état, TOTEM© présente encore trop de limites pour que son usage devienne usuel en interne.

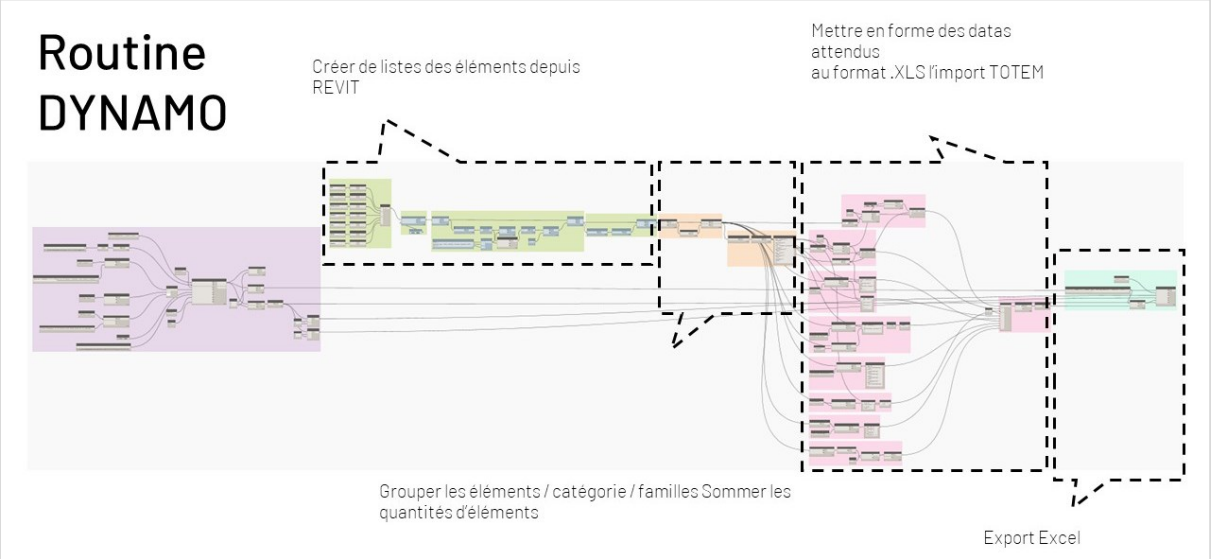


Figure 112 : Massifier les études d'impact environnemental en optimisant les échanges de données aux prémices des projets : travail collaboratif de développement en RA

[259] Témoignage de l'ambassadeur chargé des études de stabilité après expérimentation sur TOTEM© fin 2021.

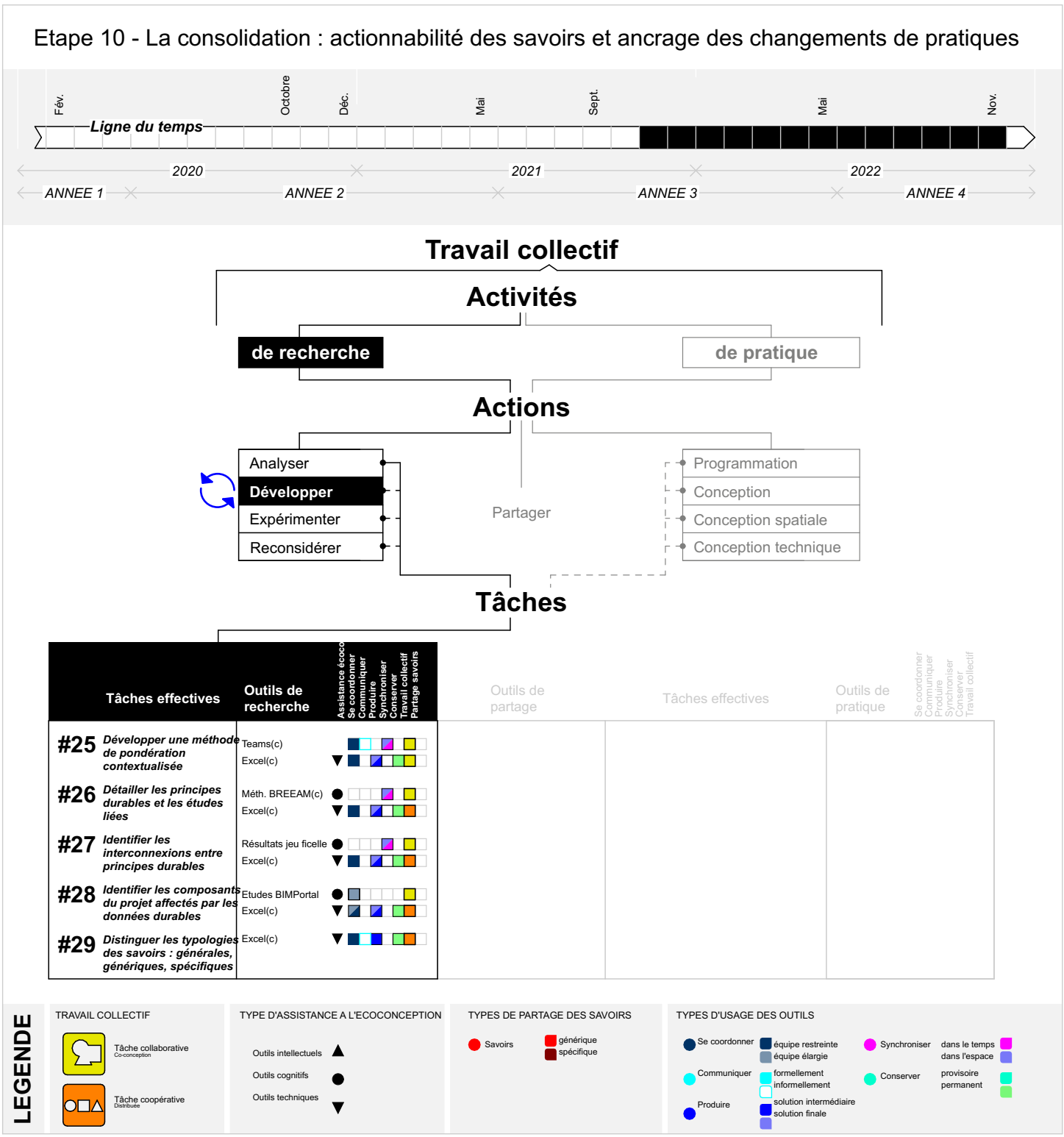


Figure 113 : Episode 10 de la RA / Consolidation, actionnabilité des savoirs et ancrage des changements

4.3.10 Épisode 10 : La consolidation : actionnabilité des savoirs et ancrage des changements de pratiques

Nous entamons le dernier épisode de la RA qui s'est déroulée de février 2020 à novembre 2022, soit presque 3 ans (34 mois). Présenter une recherche de terrain est une tâche complexe qui demande de résumer et de faire des choix qui permettent d'apporter suffisamment d'informations sans inonder les lecteur·rice·s. Tel que nous l'avons présenté dans la stratégie de recherche, rappelons aussi que l'impact et les résultats des RA ne se résument ni à la production de connaissances ni au changement induit par l'action menée : les RA impliquent parfois des changements « souterrains », c'est-à-dire difficilement traçables par le·a chercheur·se et qui peuvent néanmoins être plus durables (de Robertis et al. 2015). Nous consacrons ce dernier épisode à **la consolidation des savoirs** et aux nouvelles pratiques.

Selon les principes durables étudiés, les savoirs produits par les cochercheur·se·s et recueillis dans la BàO sont protéiformes. Ils requièrent tantôt des données quantitatives, telles que les puissances thermiques et électriques, les consommations en énergie primaire, les heures d'ensoleillement et le coût, tantôt des données qualitatives telles que la conception de maillages écologiques, les interconnexions et les notions de bien-être liées à la qualité architecturale. Ces savoirs ont été produits en faisant appel à de multiples outils intellectuels (investigation technique high-tech et low-tech, investigation fonctionnelle), cognitifs (normatifs, issus d'organisme professionnels, etc.) et techniques (Revit©, Totem©, Dynamo©, BREEAM©, Insight©, PEB©, etc.). Les 2 premières années se sont construites sur l'itération des actions d'analyse, de développement, d'expérimentation, de reconsidération et de partage des savoirs. Durant la 3ème année (2022), la RA s'est articulée autour **l'actionnabilité des savoirs et par extension, sur l'ancrage des changements de pratiques.** A travers ces 2 objectifs, 2 actions ont été mises en place : **capitaliser dans un outil l'ensemble des savoirs produits** depuis le début de la RA, centrés sur les prémices du projet, **et assurer l'ancrage des intentions durables dans le projet** au-delà de la faisabilité (Figure 114). Sur base du travail présenté à l'épisode 9, la chercheuse a consolidé et structuré les savoirs de l'équipe au sein du tableur dont a 1ère ébauche visait d'abord à pondérer les niveaux de durabilité (1, 2, 3 feuilles). Nous présentons ci-après les 5 tâches conduites pour répondre à ces objectifs.

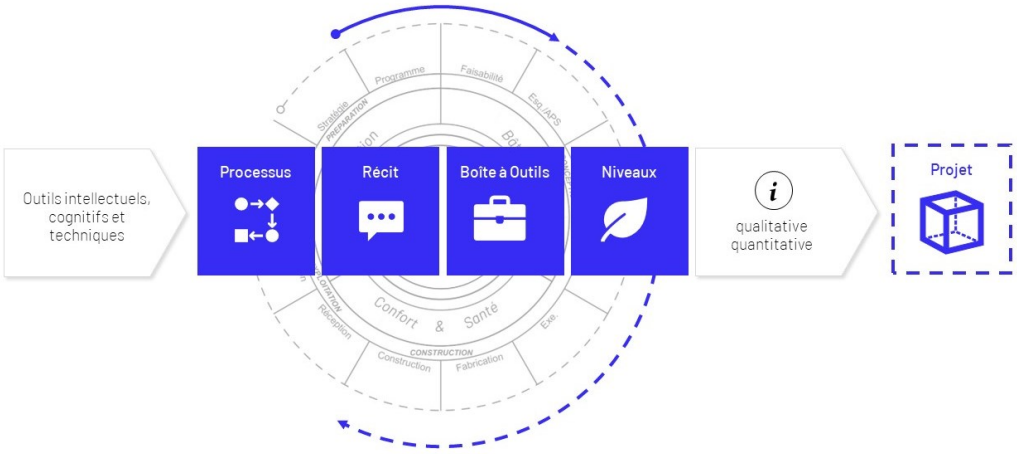


Figure 114 : Actions menées durant la 3ème année de la RA : consolidation des savoirs produits et ancrage dans le projet

Développer une méthode de pondération contextualisée (Tâche 25)

Dès janvier 2022, ce travail de consolidation a été mené de façon coopérative, alterné entre reconsidération avec l'équipe de cochercheur·se·s et développement individuel. Reconsidérer la méthode de pondération du BREEAM a permis de nuancer les « crédits » attribués. Tout d'abord, les unités de pondération, appelées *crédits* dans le BREEAM, sont nommés *feuilles* par l'équipe, traduisant davantage une perspective durable ancrée dans la recherche. Reconsidérer collaborativement l'attribution des crédits du BREEAM a conduit à l'élaboration d'une méthode de pondération multidisciplinaire. Passant d'une solution binaire de « crédits disponibles / crédits atteints » à **une proposition contextualisée**, selon 3 critères :

- Le nombre de feuilles absolu [$X_{\text{Feuilles absolu}}$] ;
- Le nombre de feuilles disponible au regard du projet [$Y_{\text{Feuilles dispo./projet}}$] ;
- Le nombre de feuilles visé pour le projet [$Z_{\text{Feuilles visées}}$] ;

Plusieurs typologies de projet ont été utilisés pour ce développement. Par exemple, les principes de mobilité et de transports favorisent au maximum l'usage de transports en commun. Dans l'absolu, l'usage des transports en commun attribue 3 feuilles au projet (nombre de feuilles absolu). Toutefois, certains projets ne sont pas desservis (bus ou trains). Le projet ne reçoit donc pas de feuilles pour cette étude (nombre de feuilles disponibles au regard du projet). Il ne peut toutefois pas être pénalisé pour une contrainte qu'il subit alors que les intentions durables viseraient le meilleur scénario possible. De ce fait, le score est calculé comme suit :

$$Si\ X > Y\ alors\ Score = Z / Y\ (\%),\ Si\ X = Y\ alors\ Score = Z / X\ (\%)$$

Les scores sont nommés comme suit : ≤ 50% = Standard[260]; entre 50% et 60% = Durable ; entre 60% et 70% = Innovant ; 70% > Exemplaire.

Nous illustrons ce travail avec au Tableau 42 ci-dessous avec la pondération de la valeur écologique du site (CBS). Les valeurs du CBS existant et projeté (Tableau 42, *texte gris*) sont issus du programme de conception REVIT© sur base du développement présenté précédemment (épisode 9, résultats tâche 23).

[260] C'est-à-dire conforme aux normes imposées

Tableau 42 : Exemple de la méthode de pondération élaborée en RA pour la valeur écologique du site (CBS)

Classification GENESIS	Principe durable	Etude	Etude détaillée	X	Y	Z	Score	Niveau durable
DE.04	BIODIVERSITE							
DE.04.02		Valeur écologique du site (CBS)		4	3	2	50%	Standard
DE.04.02.01			relevé de l'existant et recommandations d'un·e écologue	1	0	0		
			CBS avant projet / existant (%)		0,15	0,15		
			CBS avant projet / projeté (%)		0,5	0,2		
DE.04.02.02			augmentation du CBS après projet	3	3	2		

Les feuilles (Tableau 42, DE.04.02.02) sont elles-mêmes calculées sur base d'un développement de l'ambassadeur présenté dans la BàO (Figure 115). Le tableau montre que le projet aurait pu augmenter davantage la valeur écologique du site (Y=0,5) mais s'est limité à une faible valorisation de Z=0,2. Le niveau durable obtenu pour cette étude est « standard » résultant d'une faible valorisation écologique du site et de l'absence de recommandations d'un·e écologue.

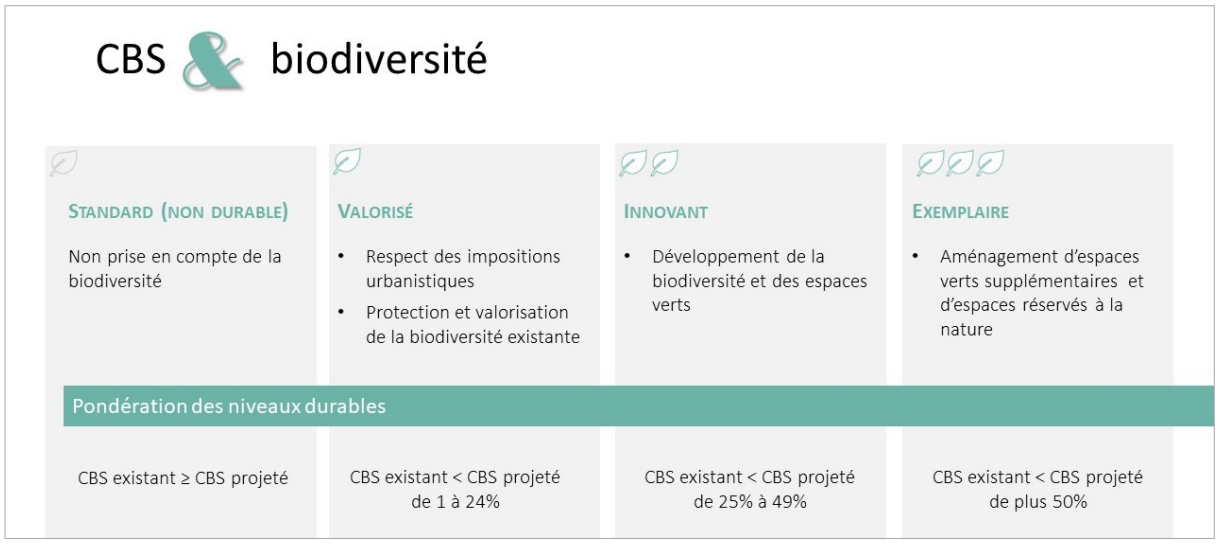


Figure 115 : Travail de l'ambassadeur BIODIVERSITE - proposition de pondération du CBS – Source : BàO

Détailler les principes durables et les études liées (Tâche 26)

Les savoirs produits et collectés dans la BàO ont été complétés par une veille des cochercheur·se·s et par un travail de réflexion commune, basée sur le modèle du BREEAM. A titre d'exemple, le principe de biodiversité, initialement développé autour de la valeur écologique du site (CBS) a été enrichi par une veille des savoirs de l'ambassadeur chargé de la thématique et par l'analyse commune du BREEAM : des études détaillées complètent le CBS telles que la création de réseaux écologiques (verts, bleus, noirs) et un plan de gestion des impacts à long terme. Ces études détaillées sont corrélées entre elles : elles représentent une somme de conditions pour obtenir un niveau de feuilles.

Nous reprenons l'exemple de la biodiversité. L'attribution de feuilles pour le *Plan de gestion des impacts à long terme sur la biodiversité* (Tableau 43, DE.04.04) nécessite de remplir toutes les conditions suivantes : les prérequis (relevé de l'existant et recommandations d'un·e écologue), la protection de la biodiversité lors du chantier, d'établir des calendriers, de proposer une gestion différenciée et de labeliser l'entreprise. Tel qu'illustré au Tableau 43, la gestion différenciée ne peut être validée que si le plan de gestion est acquis (Tableau 43, DE.04.04.04). De la même façon, la labélisation de l'entreprise ne peut être octroyée qu'à la condition d'une gestion différenciée acquise (Tableau 43, DE.04.04.05). Rappelons que le *Plan de gestion des impacts à long terme sur la biodiversité* se base sur les savoirs produits par le cochercheur ambassadeur, partagé grâce à la BàO (Figure 116). L'usage du Tableur par l'outil Excel© permet de gérer facilement les conditions et les formules d'attribution de valeurs.

Ainsi, pour chaque étude détaillée, un score est calculé. Le score de chaque principe durable est la somme de ces scores. Le projet obtient un niveau de durable globale calculé sur l'ensemble de ces scores.

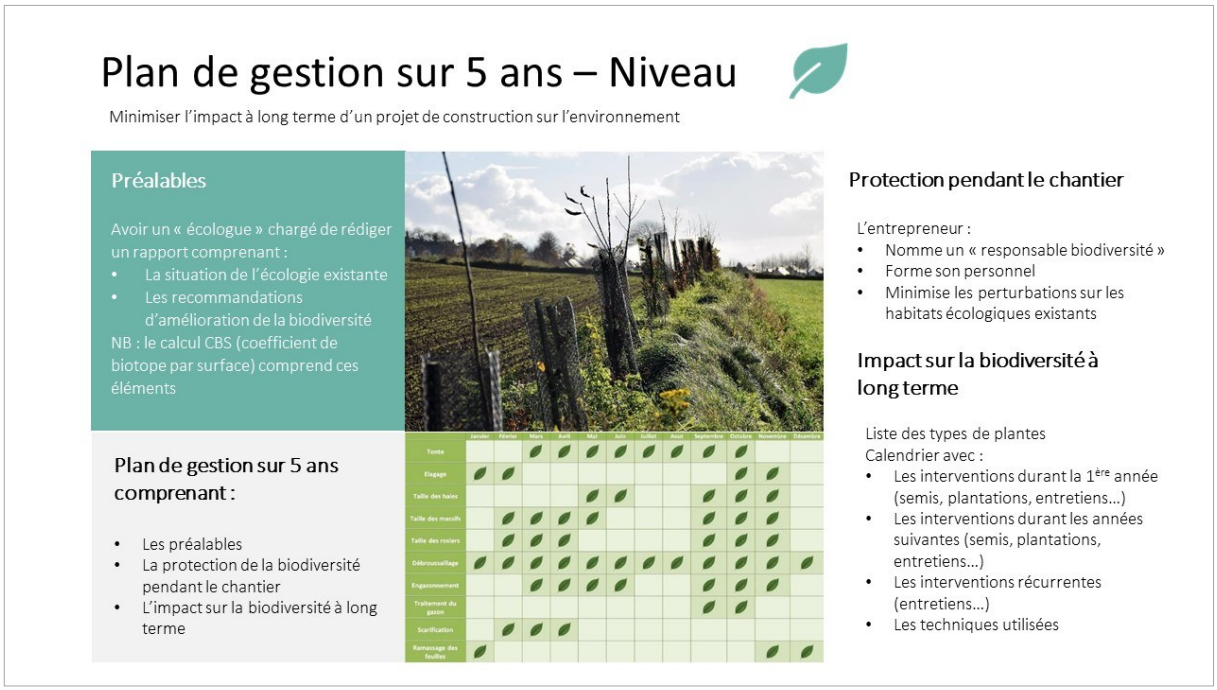


Figure 116 : Travail de l'ambassadeur BIODIVERSITE - proposition d'un plan de gestion sur 5 ans – Source : BàO

Tableau 43 : Exemple de la méthode de pondération élaborée en RA pour le plan de gestion des impacts sur la biodiversité

Classification GENESIS	Principe durable	Etude	Etude détaillée	X	Y	Z	Score	Niveau durable
DE.04	BIODIVERSITE							
DE.04.01		Sélection du site						
DE.04.02		Valeur écologique du site (CBS)						
DE.04.03		Réseaux écologiques						
DE.04.04		Plan de gestion des impacts à long terme sur la biodiversité		4	2	1	25%	Standard
DE.04.04.01			Prérequis	1	1	1		
DE.04.04.02			Protection de la biodiversité (chantier)	1	0	0		
DE.04.04.03			Calendriers	1	1	0		
			De plantation - année 1		OUI	NON		
			De plantation - années 2 à 5		OUI	NON		
			Entretiens par saison		OUI	NON		
			Techniques utilisées		OUI	NON		
DE.04.04.04			Gestion différenciée (ssi plan de gestion acquis)	0	0	0		
DE.04.04.05			Label entreprise (ssi plan de gestion et gestion différenciée acquis)	1	0	0		

Identifier les interconnexions entre principes durables (Tâche 27)

Les objectifs poursuivis durant les derniers mois de RA visaient à **consolider les savoirs, assurer leur actionnabilité et par extension, ancrer et pérenniser les changements de pratiques.** Nous avons fait le choix d'utiliser un tableur pour rassembler l'ensemble des données produites : le tableur permet à la fois de calculer les niveaux de durabilité, de gérer les conditions de valeurs, de corréler les données (liens hypertextes au sein d'un même tableur) et de structurer le type de liens (entre composants du projet et principes durables par exemple).

Sur base des résultats du jeu de la ficelle présentés à l'épisode 8, nous avons encoder et compléter les interconnexions entre les différentes études durables : les liens impactants (négatif), les liens servants (positif) et les liens dépendant du contexte du projet (neutre). Ces données sont collectées dans une nouvelle feuille Excel©. Cette feuille Excel© est elle-même liée aux feuilles concernant les principes durables et leurs pondérations (Figure 117, *F3_Liens principes*). L'ensemble est connecté par des liens hypertextes au sein de l'outil logiciel.

L'identification des interconnexions représente une tâche fastidieuse, qui laisse à terme peu de flexibilité de modifications. En effet, cette tâche avait été amorcée préalablement à l'analyse du BREEAM. Les ajouts d'études détaillées ont conduit à la perte des liens identifiés. Cet exercice a ainsi mis en évidence **la 1ère limite de l'usage du tableur comme outil centralisé.**

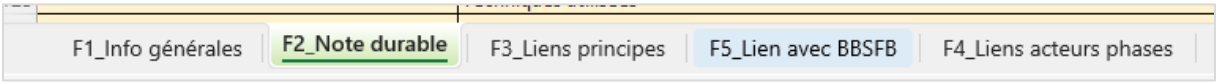


Figure 117 : Structuration du tableur selon les domaines de données

Identifier les composants du projet affectés par les données durables (Tâche 28)

Afin d'assurer l'ancrage des intentions durables dans le projet, chaque étude détaillée est analysée au regard des données qu'elle produit et la façon dont elle affecte les composants du projet. Les composants du projet sont structurés selon la classification BBSfB, étudiée au 1er chapitre. Dans un 1er temps, les affectations des composants par les études durables sont schématisées par un code binaire (oui /non). A titre d'exemple, l'étude de la valeur écologique du site affecte les composants de terrain, les façades et toitures végétalisées ainsi que les revêtements de sol des abords (noues, plantations, etc.). La Figure 118 illustre l'affectation binaire (cellules bleues) des études durables sur les composants du projet, classés selon les catégories du BBSfB.

Catégories	Numéro BBSfB	Classification BBSFB	Biodiversité	
			DE.04	
			DE.04.01	DE.04.02	DE.04.03
Site	92.	ABORDS - REVETEMENTS DE SOL			
Site	92.21	FONDATIONS ET SOUS-FONDATIONS			
Site	92.22	REVETEMENTS EN BETON		o	o
Site	92.23	REVETEMENTS HYDROCARBONES		o	o
Site	92.24	REVETEMETS EN VRAC		o	o
Site	92.25	PAVAGES ET DALLAGES		o	o
Site	92.26	ELEMENTS LINEAIRES			
Site	92.27	MARQUAGES - SIGNALISATION			
Site	93.	PLANTATIONS, JARDINS			
Site	93.31	TERRES		o	o
Site	93.32	GAZONNEMENTS		o	o
Site	93.33	PLANTES		o	o
Site	93.35	PLANS D'EAU - FONTAINES		o	o
Site	93.36	AIRES DE JEUX ET DE SPORTS		o	o

Figure 118 : L'affectation des données issues des études durables sur les composants de projet

Si ce système d'affectation a l'avantage de croiser les études durables avec l'ensemble des composants du projet, il ne permet pas d'apporter un niveau de détail élevé des affectations sur les composants. Grâce à la manipulation du tableur et en tant que facilitatrice de la RA, nous avons constaté que **l'usage de la classification BBSfB est partiel au regard des données durables.** En effet, seule 1 des 5 tables – la Table 1 - de la classification BBSfB est utilisée au sein de l'agence. La Table 1 permet de classifier les éléments mais ne tient pas compte de l'environnement physique (Table 0), des formes de matériaux (Table 2), des matières (Table 3) ni des autres facteurs (Table 4) (Figure 119).

Or, certaines caractéristiques de la végétation telles que les périodes de floraison (données temporelles) ou la caractéristique mellifère sont nécessaires pour les entretiens par saison dans les études de plan de gestion du principe de biodiversité. Il en est de même pour le principe de circularité : l'usage partiel de la classification ne permet pas d'affecter les caractéristiques de réemploi et de réemployabilité du matériau. Ces *autres facteurs* devraient être intégrés dans la Table 4 de la classification du BBSfB tel que l'illustre la Figure 119.

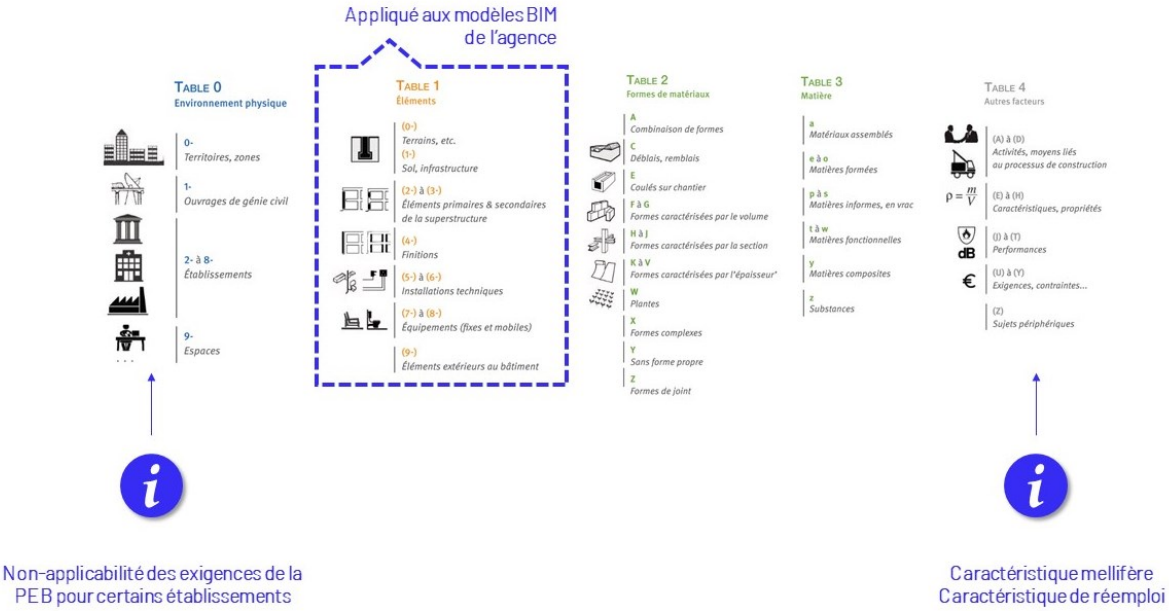


Figure 119 : Usages partiel des tables de la BBSfB : limites identifiées

Une dernière limite est constatée et concerne l'environnement physique du bâtiment qui intervient aux prémices du projet (Table 0 du BBSfB). Les informations liées à l'environnement physique vont influencer voire conditionner les données nécessaires aux études en aval. Par exemple, certaines typologies d'établissements écartent l'obligation de se conformer aux exigences de la PEB : c'est le cas des bâtiments industriels rénovés ou encore des ateliers de production. Si le projet est l'une de ces typologies, alors les études liées à la PEB ne sont pas nécessaires. Cette absence influence elle-même les niveaux de durabilité.

Nous l'avons vu précédemment, nous avons été limitée par le format du tableur et par l'outil Excel© qui laisse peu de place aux modifications. De plus, le format du tableur n'intègre pas l'interactivité, qui, lors des jeux de rôles (jeux de cartes) a été identifiée comme une force majeure pour visualiser les liens.

Distinguer les typologies des savoirs : générales, génériques, spécifiques (Tâche 29)

L'élaboration d'un outil complet regroupant l'ensemble des données produites, sous forme d'un tableur, nous a permis d'identifier 2 Natures de données : d'un côté, **les données génériques** valables pour tous les projets. Elles sont issues des savoirs produits et collectés dans la BàO, coproduits par les cochercheur·se·s. D'un autre côté, l**es données spécifiques** qui sont propres à chaque projet. Elles proviennent des besoins de la M.O. et des contextes du projet (social, culturel, naturel), partagés aux prémices de la conception (Figure 120). Ces données sont déterminantes pour définir les pondérations et les niveaux visés comme nous venons de le voir avec les exigences de la PEB excluant certaines typologies de projets.

D'autres principes durables sont influencés par les données spécifiques du projet tel que la mobilité et les transports. A l'échelle du quartier, l'emplacement influence les accès à la mobilité douce. A l'échelle de la parcelle, l'implantation du projet va influencer la capacité des parkings de voitures. Enfin, à l'échelle du bâtiment, le nombre d'occupant·e·s (employé·e·s, visiteur·se·s, habitant·e·s, etc.) va déterminer les commodités sanitaires (douches et vestiaires). Chacun des éléments définissent le nombre de feuilles disponible pour le projet, et par extension le niveau de durabilité. Ces constats ont été réalisé grâce à la certification du BREEAM et les savoirs partagés par Bruxelles Environnement[261].

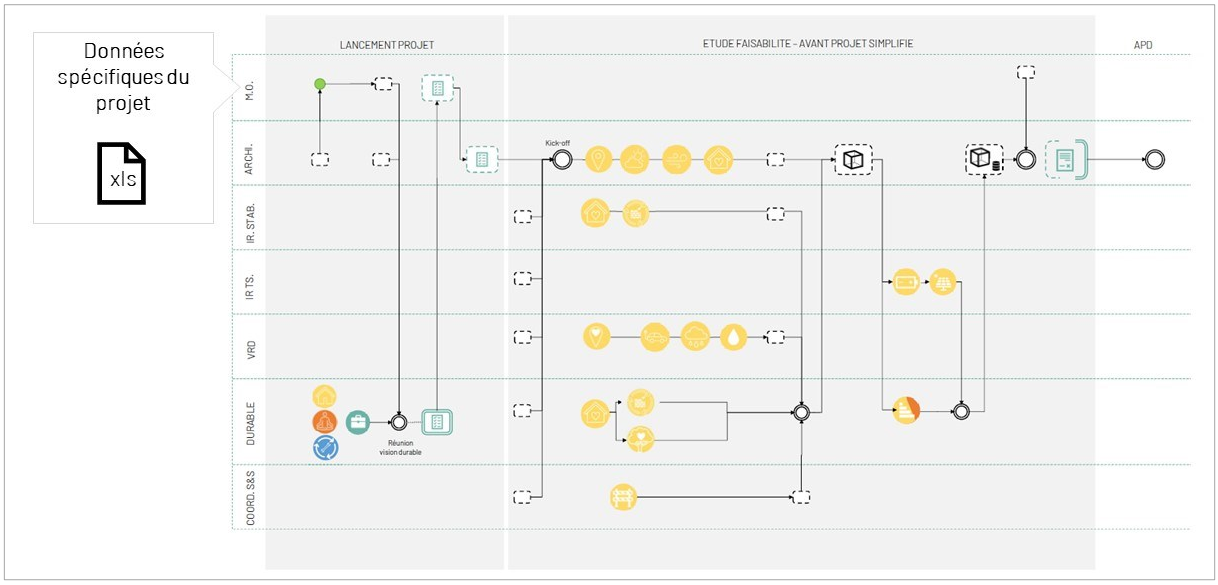


Figure 120 : La collecte des données spécifiques du projet aux prémices de l'écoconception

[261] Source : https://environnement.brussels/pro/reglementation/obligations-et-autorisations/que-font-nos-instances-publiques-pour-une-mobilite-plus-durable-exemples-de-transports-alternatifs

Tableau 44 : Influence des données spécifiques du projet sur les niveaux durabilité du projet – exemple de la mobilité

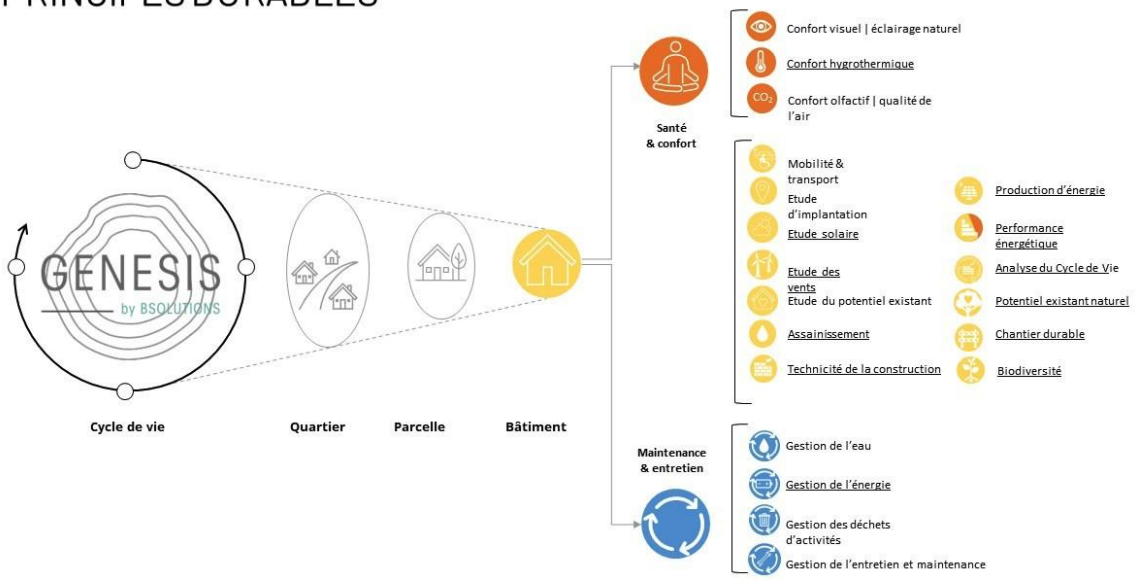
Données spécifique du projet influençant les objectifs durables		
Mobilité & transport		
Echelle parcelle		
Capacité de parking voitures	Valeur	*Que faire ?*
Nbre parking employés	20	*A remplir*
Nbre parking visiteurs	5	*A remplir*
Nbre parking total	25	*Somme automatique*
Rapport parking / personnes (employés et visiteurs compris)	1,25	*Ratio automatique*
1 place/ 6 p (visiteurs et employés) = 3F		*Selon le calcul du ratio, la valeur de feuille projet (Z) est automatiquement remplie dans la note durable de projet*
1 place/ 5 p (visiteurs et employés) = 2 F		
1 place/ 4 p (visiteurs et employés) = 1F		
1 place/ 1 à 3p (visiteurs et employés) = 0 F		
Quartier du projet		
BUS		
Ligne de bus	1	A sélectionner
Aucune ligne = 0 F		Voir les services de transports publics régionaux
Une ligne = 1 F		
Au moins 2 lignes = 2F		
Plus de 2 lignes = 3F		
Distance depuis la porte principale du projet à l'arrêt de bus	0	A sélectionner
< 5km - 0 feuilles		
2 < distance < 5 km - 1 feuille		
1 < distance < 2 km - 2 feuille		
< 1 km - 3 feuilles		
Fréquence de passage	2	A sélectionner
Hebdomadaire - 0 feuilles		Voir les services de transports publics régionaux
Quotidien - 1 feuille		
Demi journée - 2 feuilles		
Horaire - 3 feuilles		

Lors de cette phase de consolidation, nous avons schématisé les développements réalisés lors de la RA et les développements utiles à venir. Cette schématisation a servi pour partager les savoirs avec l'équipe élargie de l'agence.

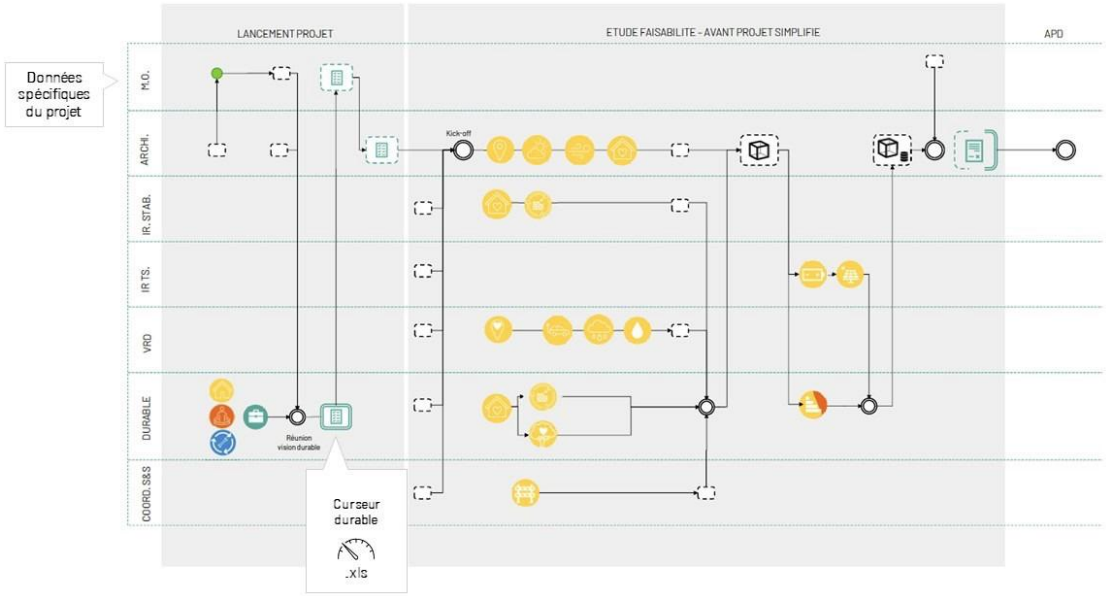
La Figure 121 schématise les principes durables étudiés par l'équipe (Fig.121, haut), le processus idéal d'écoconception collaborative et multidisciplinaire (Fig.121, centre), la définition des objectifs durables lors du 1er contact avec la M.O. et le tableur comme interface entre la programmation et la conception (Fig.21, bas).

La Figure 122 schématise les interconnexions identifiées lors de la RA des principes durables avec échelles de projet (quartier, parcelle, bâtiment), avec les étapes de projets et les acteur·rice·s et entre principes (Fig.122, bas). Enfin, nous repartons de la schématisation utilisée lors du jeu de la ficelle qui permet de visualiser les liens dans cet ensemble. Ce schéma souligne les limites d'un tableur et appelle d'autres développements permettant d'assurer le suivi depuis la programmation du projet jusqu'à conception : ces développements sont proposés au sein du chapitre Proposition.

PRINCIPES DURABLES



PROCESSUS IDEAL



1er CONTACT & NIVEAUX DURABLES

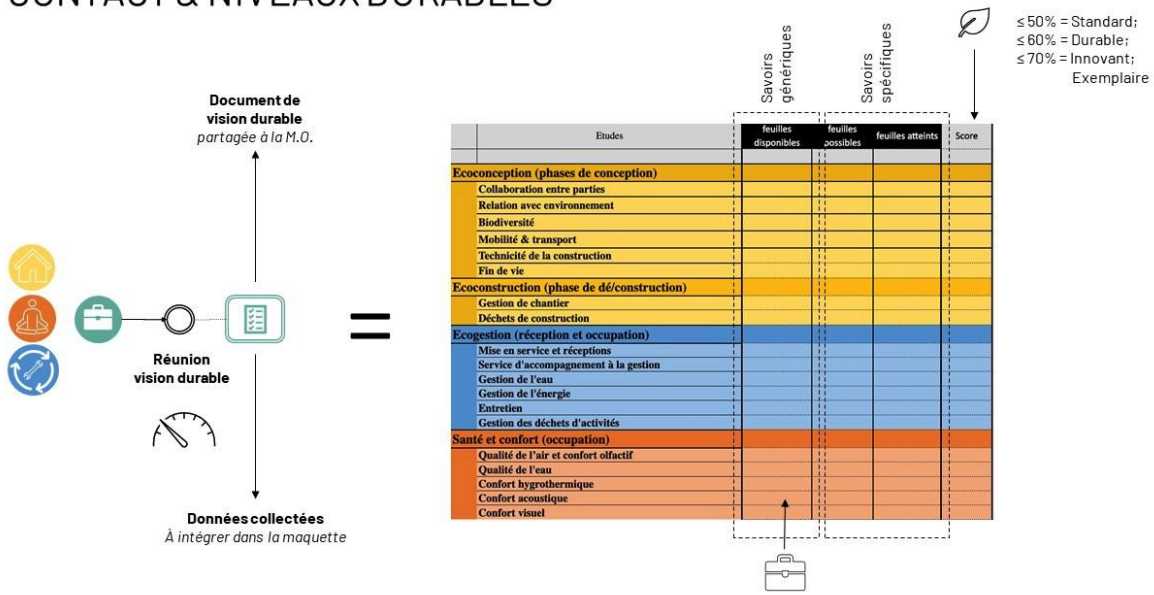
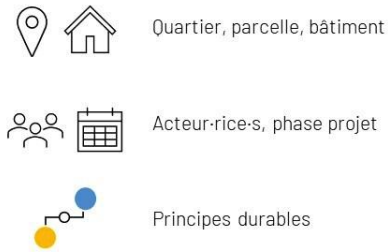


Figure 121 : Schématisation des développements réalisés lors de la RA et les développements utiles à venir - partie 1

INTERCONNEXIONS

Etudes	feuilles disponibles	feuilles possibles	feuilles atteints	Score
Ecoconception (phases de conception)				
Collaboration entre parties				
Relation avec environnement				
Biodiversité				
Mobilité & transport				
Technicité de la construction				
Fin de vie				
Ecoconstruction (phase de dé/construction)				
Gestion de chantier				
Déchets de construction				
Ecogestion (réception et occupation)				
Mise en service et réceptions				
Service d'accompagnement à la gestion				
Gestion de l'eau				
Gestion de l'énergie				
Entretien				
Gestion des déchets d'activités				
Santé et confort (occupation)				
Qualité de l'air et confort olfactif				
Qualité de l'eau				
Confort hygrothermique				
Confort acoustique				
Confort visuel				



VISUALISER LES INTERCONNEXIONS



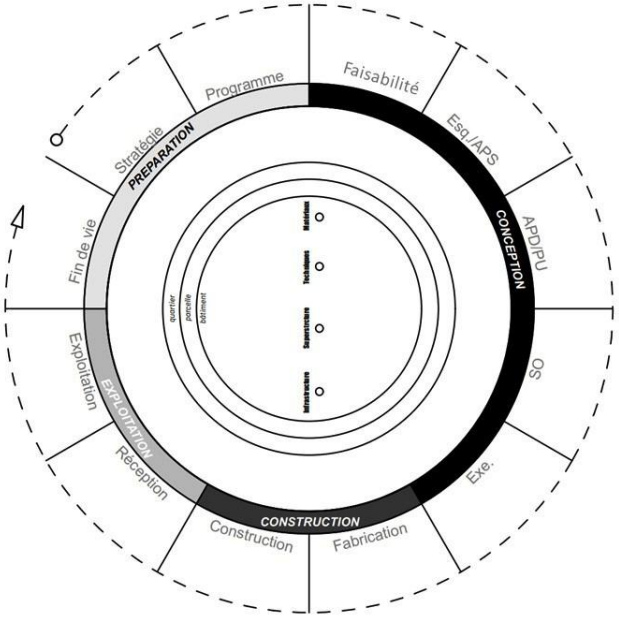


Figure 122: Schématisation des développements réalisés lors de la RA et les développements utiles à venir - partie 2

4.3.11 En résumé

Nous venons de présenter les résultats d'une RA menée pendant près de 3 ans au sein d'un bureau d'études intégré (agence multidisciplinaire). **Cette recherche de terrain avait pour objectif de changer les pratiques conceptuelles pour une écoconception multidisciplinaire et collaborative** et par extension de produire des savoirs, professionnels et scientifiques, sur ces changements. Nous avons fait le choix de présenter la RA en 10 épisodes clés, de façon chronologique et articulés selon des activités tantôt de recherche, tantôt de pratique. Au sein de chaque activité se sont déroulées des actions itératives d'analyse, de développement, d'expérimentation, de reconsidération et de partage ainsi que des tâches effectives. **Les changements de pratiques**[262] **sont identifiés et suivis à travers les outils**, leurs usages (de coordination, de communication, de production, de synchronisation, de conservation et de partage des savoirs) et leur typologie (intellectuels, cognitifs, techniques). En préambule de chaque épisode, une schématisation de l'activité est détaillée au regard de ces éléments. Toutefois, bien qu'ils soient en partie observables à travers l'usage des outils, certains changements sont souterrains et échappent à l'analyse. La collecte, la traçabilité et l'observabilité des changements deviennent périlleuses : soit les changements se réalisent en dehors des champs des cochercheur·se·s, soit ils s'opèrent de manière inconsciente. Ainsi, parallèlement à l'usage des outils, les changements de pratiques ont été étudiés :

- sur base des artefacts coproduits dans les activités de recherche. Ces artefacts concernent la modélisation des processus, la BàO, les capsules vidéo, les canaux de communication Teams©, les jeux de rôles et le jeu de la ficelle.
- sur base des artefacts coproduits dans les activités de pratiques. Ces artefacts concernent la modélisation des processus, le document de vision durable, la BàO, le tableur.

Il est parfois difficile de distinguer de façon nette l'un et l'autre puisque les 2 activités, de recherche et de pratique, se sont chevauchées, entremêlées et complétées de façon itérative tout du long. Enfin, les résultats présentés dans la RA complètent les résultats de l'enquête et des entretiens. Profitant de l'ancrage, la recherche apporte une compréhension plus fine des pratiques de terrain et des difficultés que rencontrent des praticien·ne·s pour « transitionner » vers une écoconception architecturale. Nous avons identifié plusieurs contraintes à la recherche telles que les habitudes de travail, les référentiels (cahiers de charge, estimatifs, etc.), les appréhensions (budgétaires et temporelles), les supports, les outils, etc. Ces contraintes complètent les freins identifiés dans les résultats d'enquête et les contraintes liées à la transition du métier d'architecte. Contraintes, limites et freins entrent en résonnance et apportent une cartographie détaillée des pratiques durables et des pratiques collaboratives BIM au sein du secteur. Au regard de l'ensemble de ces résultats, nous présentons à la section suivante une méthode de travail.

[262] Ceux que la chercheuse a pu suivre et constater (opposés aux changements souterrains)

5 Chapitre V : Propositions de pratiques d'écoconception multidisciplinaires et collaboratives

Partager, tracer et visualiser

Le design « vert » consiste à reconnaitre une interdépendance entre l'architecture et l'écologie ; à prendre en compte la biodiversité et les liens entre les écosystèmes ; à comprendre que les écosystèmes artificiels ne pourront jamais reproduire la complexité des écosystèmes ; à chercher entre les structures construites et les structures naturelles une symbiose capable d'expliquer l'entropie [...]. Pour ce faire, il faut identifier l'impact global des liens entre les écosystèmes du design respectant le cycle de vie, être sensible aux « déboitements » que la construction cause à l'écosystème, enfin adopter une vision globale et à être prêt à s'associer à d'autres disciplines.

(Steele 2005), p.198

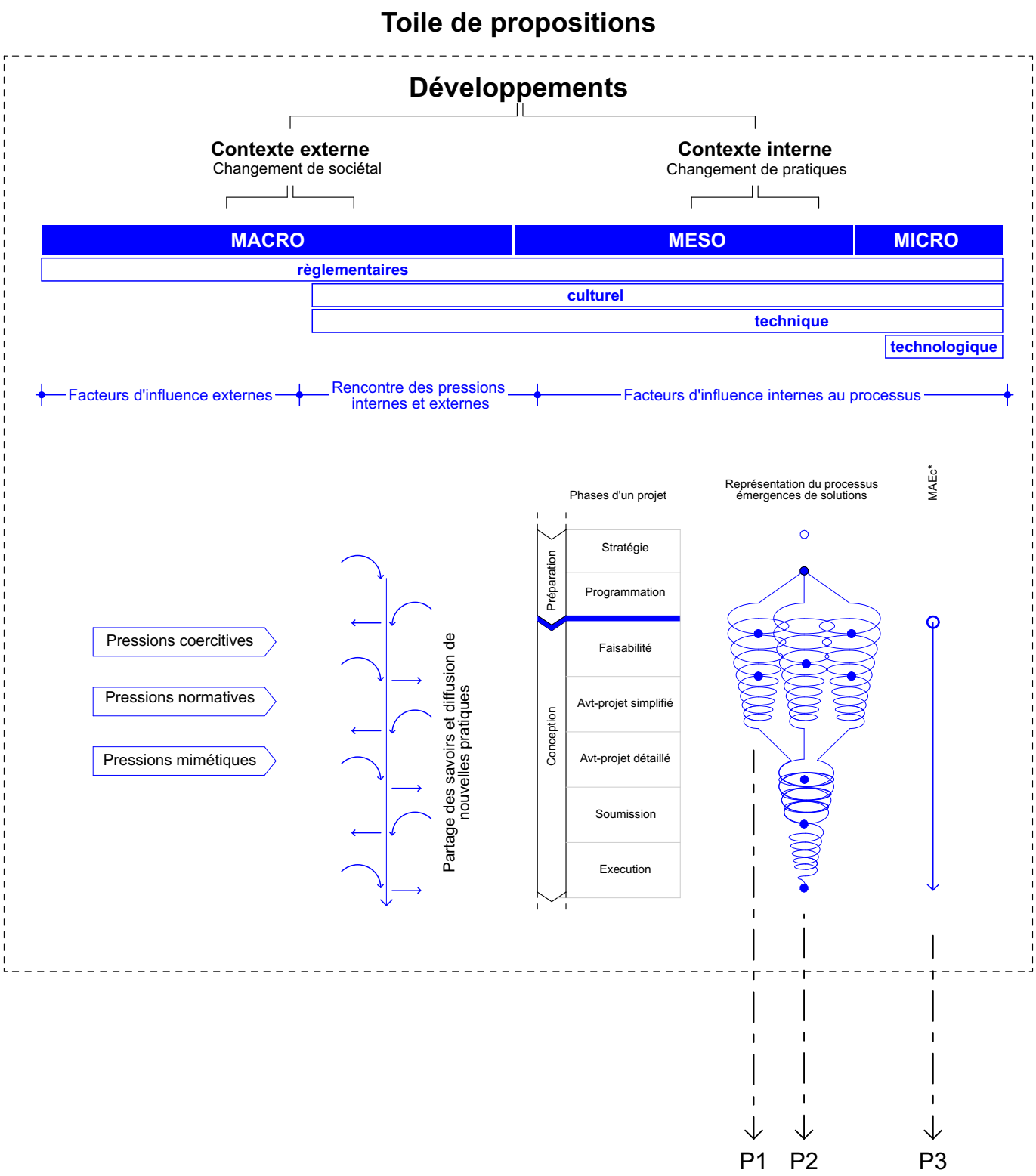
Comme nous l'avons vu au chapitre stratégie de recherche, cette thèse de doctorat a des visées proactive et prospective : elle tente d'améliorer et de faire transitionner la conception architecturale actuelle vers une écoconception collaborative et multidisciplinaire. Dans ce chapitre, nous nous appuyons sur les résultats des 3 méthodes de recherche qui viennent d'être présentées pour proposer **une toile de fond de pratiques écoconceptuelles**. Nous choisissons volontairement le terme de *toile* qui exprime les réseaux et les interconnexions. Notre objectif n'est ni de proposer un guide de bonnes pratiques ni une méthode, qui, tous 2, nécessiteraient le concours d'autres intervenant·e·s tels que des instances publiques, des usager·e·s, et des expérimentations à plus grande échelle. La toile s'inspire de nos résultats et invite à être discutée dans des recherches futures.

D'une manière générale, nos propositions visent à promouvoir le foisonnement de production de savoirs protéiformes et ainsi assurer leur circulation. La production des savoirs devrait se faire à différentes échelles ; citoyennes, privées et publiques, et par différents profils d'acteur·ri·ces. Par extension, assurer la circulation des connaissances permettrait une conscientisation de l'importance des pratiques durables. Illustrées par les résultats de l'enquête, les attentes sont diverses : règlementaires, technologiques, techniques et culturelles. Ces résultats traduisent la nécessité d'un développement protéiforme et pluriel.

Illustré à la Figure 123, nous distinguons les propositions de **changements sociétaux des propositions de changements de pratiques.** D'un côté, les changements sont liés au contexte externe des entreprises et des agences (Fig. 123, gauche). De l'autre côté, les changements concernent les **processus d'écoconception** axé sur la pratique (Fig. 123, droite). Ainsi, les propositions balayent 3 niveaux d'actions, à l'image du format de notre doctorat en entreprise financé par le Service public de Wallonie :

- Les facteurs d'influence externes à la pratique expriment des développements d'ordre réglementaire et technique sectoriel. Ces développements visent une échelle macro.
- Nous proposons une nouvelle représentation des processus d'écoconception multidisciplinaire et collaborative. Cette représentation peut servir de base de discussion pour intégrer davantage de multidisciplinarité dans les pratiques du secteur ainsi que de « multidisciplinariser » la façon dont sont enseignées les disciplines. Ces développements visent une échelle méso.
- Enfin, les résultats de l'enquête ont mis en lumière une pratique durable distincte des pratiques BIM, constatés à travers l'étude des objectifs d'adoption du BIM, des usages du BIM, des outils BIM et des outils d'approches durables. Les intentions durables sont connexes aux pratiques de conception. Sur base de ces résultats et des résultats de la RA menée en agence, nous proposons un média d'accompagnement à l'écoconception qui vise à assurer le suivi depuis les intentions durables jusqu'à sa réalisation (développements à l'échelle micro). **Le média proposé représente l'aboutissement de cette recherche** : il s'appuie sur l'ensemble des résultats ainsi que sur la revue de littérature pour proposer de nouvelles pratiques d'écoconception multidisciplinaire et collaborative. Afin de concrétiser et d'illustrer nos propos, nous avons choisi d'étudier la thématique de la biodiversité, porté par l'un.e des ambassadeur.rice et appuyé par l'état actuel du vivant (IPBES 2019).

P1 - Proposition d'une toile de développements : processus et pratiques écoconceptuelles collaboratives et multidisciplinaires



LEGENDE * MAE_C = média d'accompagnement à l'écoconception

Figure 123 : Proposition d'une toile de fond : processus et pratiques écoconceptuelles collaboratives et multidisciplinaires

5.1 Vers un changement de pratiques sectorielles : les facteurs d'influence externes

> *Bien que l'utilisation du mot "durable" pour décrire cette stratégie de conception puisse être plus complète, cela conduit à des niveaux de complexité qui ne peuvent être résolus lors de la conception d'un bâtiment, car il est nécessaire de prendre en compte les trois principaux aspects de la durabilité : social, économique et environnemental. Il s'agit d'une tâche presque impossible pour l'équipe de construction dont la tâche consiste à prendre des projets qui leur sont attribués par un propriétaire ou un client et à répondre aux exigences énoncées dans leur contrat. Cela ne veut pas dire que l'équipe de construction ne doit pas être consciente des questions de durabilité ; dans la mesure du possible, elle doit tenir compte des ramifications de toutes ses décisions en matière de durabilité. En fait, l'équipe de construction peut exercer une grande influence sur les propriétaires en les éduquant sur ces questions générales, à la fois directement, par l'articulation de leur philosophie, et indirectement, par leur approche de la conception du bâtiment* (Kibert 2016) *p.96*[263]

Les enjeux des pratiques d'écoconception ne se limitent pas aux équipes de concepteur·ices·s / constructeur·rice·s. L'implémentation de nouvelles pratiques est influencée par des facteurs extérieurs aux entreprises et agences. Les résultats des 3 méthodes présentées au chapitre précédent témoignent du poids **des facteurs extérieurs** pour transitionner vers des pratiques durables.

- A travers **les résultats d'enquête**, nous avons identifié les développements attendus au regard des pratiques durables et des pratiques BIM : **la définition d'un cadre règlementaire, d'un changement culturel et de développements techniques** (méthodes et procédés).
- A travers **les entretiens**, les architectes wallon·ne·s adoptent différentes postures qui, soit les stimulent, soit les empêchent de persévérer dans la profession. Porter les contraintes imposées (facteurs extérieurs) influence le processus de conception et le projet mais également l'état de la profession d'architecte (fatigue, usure, abandon). Les résultats de l'enquête et entretiens montre que le secteur est en attente d'un **cadre règlementaire**, qui soit « réfléchi », comme cela a été mentionné dans l'enquête : il doit être pensé comme une aide, un accompagnement pour transitionner et non comme une contrainte supplémentaire, quel que soit l'objet de la règlementation (énergétique, numérique ou organisationnelle).
- Enfin, **les choix de stratégie et de programmation** (budget, programme, etc.), faits par la M.O., ont été relevé **au sein de la RA** comme des facteurs extérieurs à forte influence sur les nouvelles pratiques. De plus, nous avons relevé **les développements techniques** (manque ou absence de méthodes de construction durable) **et technologiques** (limite des

[263] Traduction personnelle

classifications BIM) comme des facteurs influençant l'implémentation des pratiques durables.

Le travail de recherche de Hochscheid (2021) souligne les mêmes catégories de facteurs : les pressions coercitives (contraintes du projet et de la M.O.), les pressions normatives (règlementations) et les pressions mimétiques (pressions du secteur et de l'état des professions).

Malgré leur impact contraignant sur les pratiques des acteur·rice·s du secteur qui doivent les endosser, les réponses institutionnelles, cadres règlementaires, normes et guides de bonnes pratiques, présentent une certaine timidité et inertie face aux enjeux environnementaux. Un peu partout en Europe, des mouvements citoyens proposent, en réaction à cette inertie, des actions alternatives que Fiori, Ghoche, et Maniaque (2023) exemplifient dans leur article, mettant en lumière une nécessaire réappropriation démocratique des ressources. Nous constatons que ces initiatives citoyennes, dont les auteur·rice·s donnent en exemples – jardins partagés, habitat participatif et communauté énergétique citoyenne (CEC) – trouvent écho à des niveaux institutionalisés, en témoigne les récentes Directives européennes sur le partage d'énergie[264], nous renvoyant aux notions d'acceptabilité sociale et de faisabilité sociotechnique vues au 1er chapitre.

De ce fait, le changement des pratiques architecturales nécessite de faire se rencontrer les actions de terrain (ancrées) et les actions institutionnelles. Sur base de ces constats et des résultats que nous venons succinctement de résumer, nous recommandons **la mise en place de groupes multidisciplinaires de recherche et de travail pour définir, collaborativement, les enjeux en termes de règlementation durable,** à l'instar de notre RA à petite échelle. Cette co-élaboration de normes et règlementations annihilerait la notion d'imposition actuellement vécue. Ancrée dans la pratique, les normes pourraient être perçues comme un accompagnement à la transition, tenant compte des difficultés des acteur·rice·s du secteur. Ce format a déjà été expérimenté à l'étranger, avec plus ou moins de réussite : en France par exemple, la Convention citoyenne pour le Climat[265] a réuni 150 citoyen·ne·s autour de 149 propositions pour une transition écologique holistique. Sans toutefois transférer les responsabilités des instances publiques sur les praticien·ne·s du secteur, selon notre hypothèse, ce format permettrait d'être créatif, inclusif et hétérogène (type et taille d'entreprise, professions, fonctions, localisations, expériences professionnelles, etc.) et d'engager un changement culturel face aux pratiques durables. Cette proposition s'inscrit dans les actions proposées par Guy and Moore (2006) en stimulant et en explorant de nouveaux et multiples discours publiques, nouveaux référentiels. Les modèles de participation citoyen·ne·s investissent de nombreux domaines, là où, il semblait exclus. Les recherches de Schelings (2021) sur la participation dans la Smart City en témoigne :

[264] La Directive européenne de marché 2019/944 et la Directive européenne du renouvelable 2018/2001, toutes 2 transférées en droit wallon – Source : https://energie.wallonie.be/fr/communautes-d-energie-et-partage-d-energie.html?IDC=10295
[265] Source web : https://www.conventioncitoyennepourleclimat.fr/

> *L'innovation pour l'innovation a probablement atteint ses limites et il s'agit à présent de proposer des solutions sur mesure qui s'avèrent pertinentes pour les citoyens et correspondent à leurs besoins in vivo.*
>
> *Cette critique s'adresse évidemment aux premiers modèles de la Smart City qui se caractérisent par l'imposition Top-down de technologies répondant à des besoins soi-disant universels. La demande sociétale est donc négligée au profit d'une offre de solutions standardisées qui peuvent exister même en l'absence des problèmes auxquels elles sont supposées répondre. Le risque, dans ce cas, est que ces solutions soient sous-utilisées voire rejetées, car elles ne rencontrent pas de besoins spécifiques ou ne correspondent pas aux attentes des usagers*[266].

Parallèlement, nous recommandons **l'élaboration de système de langage approprié à l'écoconception et aux pratiques durables du secteur**, commun et interopérable. Cette proposition rejoint les constats de Turk (2020) sur la nécessité d'un langage commun et de processus unifiés**.** Nous avons fait le constat que les classifications actuelles (liées aux modèles ou aux documents descriptifs des cahiers des charges) ne sont soit pas utilisées de façon à accueillir des informations liées à la durabilité (BBSfB et la Table 4 inexploitée), soit trop complexe pour être repensées et remaniées (Uniclass et CCTB). S'appuyant sur le Cadre d'interopérabilité européen, la Commission Européenne (2017) *« reconnait l'interopérabilité comme une condition préalable pour des connexions plus efficaces entre les pays, entre les communautés d'utilisateurs et entre les services publics et les autorités»*[267]. Le développement fait appel à plusieurs types de collaboration de parties prenantes et de niveaux d'interopérabilité, tels que définit par (Commission européenne 2017) et que nous rappelons ci-après :

- **L'interopérabilité juridique** *« vise à garantir que des organisations opérant au sein de cadres juridiques, politiques et stratégies différents puissent travailler ensemble »*[268] *;*
- **L'interopérabilité organisationnelle** comprenant les systèmes de personnes : elle *« consiste à documenter et à intégrer ou à harmoniser les processus métier et les informations pertinentes échangées (…) et vise également à répondre aux exigences de la communauté d'utilisateurs en rendant les services disponibles, facilement identifiables, accessibles et centrés sur l'utilisateur »* [269] ;
- **L'interopérabilité sémantique** *« garantit que le format et le sens précis des données et informations échangées sont préservés et compris dans les échanges entre les parties »*[270]
- **L'interopérabilité technique** « couvre les applications et les infrastructures reliant entre eux les systèmes et les services »[271].

L'ensemble de ces interopérabilités sont corrélées et ne peuvent être étudiées séparément particulièrement dans le domaine de l'écoconception, qui comme nous l'avons vu au premier

[266] Ibid. p.36
[267] Ibid. p.3
[268] Ibid. p.26
[269] Ibid. p.27
[270] Ibid. p.28
[271] Ibid. p.30

chapitre, élargi le périmètre d'investigation, où la complexité du projet y est accrue, les interactions et les contradictions y sont amplifiées. Tel que nous avons tenté de le transcrire au fil de cette thèse, une vision d'ensemble, systémique, est nécessaire pour ne pas tomber dans le piège des « sur-spécialisations » des personnes, des systèmes et des logiciels, ce qui entrainera à termes une non-interopérabilité (Turk 2020).

5.2 Processus collaboratif et multidisciplinaire d'écoconception : proposition de représentation

> *Go make the complex clear!*
>
> *(...) La mutualisation généralisée des savoirs, des logiciels libres aux encyclopédies contributives et d'une manière générale, des données ouvertes (open data) participent à cette mutation post-industrielle et signale notre entrée dans une société de connaissance ouvrant l'espace d'expérimentation des paysages de données (Dall'Armellina 2013, p.141)*

Comme nous l'avons vu dans l'état de l'art, le processus de conception est pensé comme une activité de construction de représentations (solution satisfaisante) et non pas comme une résolution de problèmes. Dans ce processus, la problématique est souvent mal définie aux prémices du projet. De ce fait, elle est régulièrement amenée à être reformulée. Dans ce processus itératif, l'analyse et la formulation de solutions s'entremêlent jusqu'à tendre vers la convergence d'une solution satisfaisante. A l'issue du processus, les savoirs acquis seront réutilisés pour des projets ultérieurs, changeant progressivement les pratiques (Visser 2009) (Weissenstein 2012) (Claeys 2013) (Calixte 2021). Nous nous appuyons conjointement sur les résultats de la RA et sur le modèle systémique de Claeys (2013) pour proposer une représentation d'un processus d'écoconception collaborative et multidisciplinaire. Les itérations du processus sont illustrées par des spirales, le long d'un axe temporel (Figure 124). Notre proposition se démarque des précédentes représentations existantes par l'intégration des moments de mutualisation et de consolidation nécessaires à la collaboration. D'autre part, grâce à cette vision disciplinaire, notre représentation met en évidence les interconnexions et les relations entre les contraintes multidisciplinaires. Ces moments sont peu pris en compte dans la littérature alors qu'ils sont décisifs dans le processus au regard de notre recherche. Des « coupes » permettent d'illustrer l'évolution des domaines des savoirs, des contraintes et des convergences / divergences à des moments clés du processus (T1, T2, ..., Tn) que nous détaillons ci-après.

T0 - Démarrage du processus de conception – solution nulle

Le projet débute avec un domaine de solutions assez grand (Figure 124, zone bleu clair) et un domaine de contraintes restreint (Figure 124, zone gris). En effet, lors de la programmation, seules quelques contraintes sont évoquées (budget, usage et performance par exemple). Les parties prenantes du processus (acteur·trice·s) sont représentées à gauche de la figure : M.O., architectes, ingénieur·e·s, etc. Tel qu'illustré dans la Coupe T0, chaque partie prenante s'engage dans le processus de conception avec un domaine de savoirs (Figure 124, zone bleu foncé) et une image mentale de la solution (Figure 124, point noir). Les parties prenantes tente de formuler la

problématique. La solution est à ce stade nulle. Cette étape correspond au lancement du projet de conception : la M.O. définit ses besoins.

T1 – Formulation de la problématique et mutualisation – solutions incomplètes

L'interface entre la programmation et les études de faisabilité joue un rôle majeur dans l'engagement des parties prenantes vers une écoconception. La portée de ce moment, appelé « 1er contact » lors de l'expérimentation, a été démontrée grâce aux résultats de la recherche-action. A ce moment, une compréhension mutuelle des savoirs, des contraintes et des besoins est cruciale. Nous avons appelé ce moment mutualisation (Figure 124, T1) et a pour effet d'agrandir le domaine des savoirs de chaque partie prenante ainsi que les domaines de solutions envisagées et des contraintes.

T2 – Processus itératifs divergents et investigation – solutions incomplètes

A l'issue de cette mutualisation, chaque partie prenante entre dans le processus itératif d'écoconception (Figure 124, spirales). Les domaines de contraintes sont communs à plusieurs acteur·rice·s du processus (Figure 124, zone gris foncé). En effet, 2 parties prenantes cherchent une solution satisfaisante pour une même contrainte.

T3 – Consolidation et investigation – solutions incomplètes

La consolidation marque la convergence commune des solutions, des savoirs et des contraintes. Le domaine des savoirs est augmenté et proportionnel au nombre d'acteur·rice·s intervenant dans le processus d'écoconception. Par cette mise en commun, les contraintes augmentent tout comme les solutions : plus les acteur·rice·s sont nombreux·se·s, plus les contraintes sont nombreuses. A ce moment, la consolidation nécessite un ajustement des processus de conception. Les spirales ne sont pas parfaitement alignées[272] : chaque solution proposée est satisfaisante isolément, mais incohérente s'il est combiné aux autres.

T4 – Processus itératif convergent et investigation – solutions incomplètes

A l'issue de la consolidation, les processus d'écoconception s'unissent pour devenir un seul processus itératif, le domaine de solution diminue pour converger vers une solution pertinente. De la même façon, le domaine de contraintes décroît : les problématiques ont été soulevées. Seul le domaine des savoirs reste foisonnant : les savoirs acquis durant le processus et particulièrement lors de la mutualisation et de la consolidation seront réutilisés pour des projets ultérieurs.

Tn – Emergence d'une solution satisfaisante

Ce processus peut être répété plusieurs fois (Tn) jusqu'à atteindre une solution satisfaisante. Le domaine de contraintes correspond au domaine de solutions : la solution satisfaisante répond à toutes les contraintes identifiées.

[272] Notre représentation est théorique et ne tient pas compte des cas où les acteur·trice·s proposeraient des solutions compliquées, simplistes ou hors sujet. Voir (Claeys 2013)

P1 - Représentation d'un processus d'écoconception collaborative et multidisciplinaire : mutualisation et consolidation des domaines de savoirs et contraintes

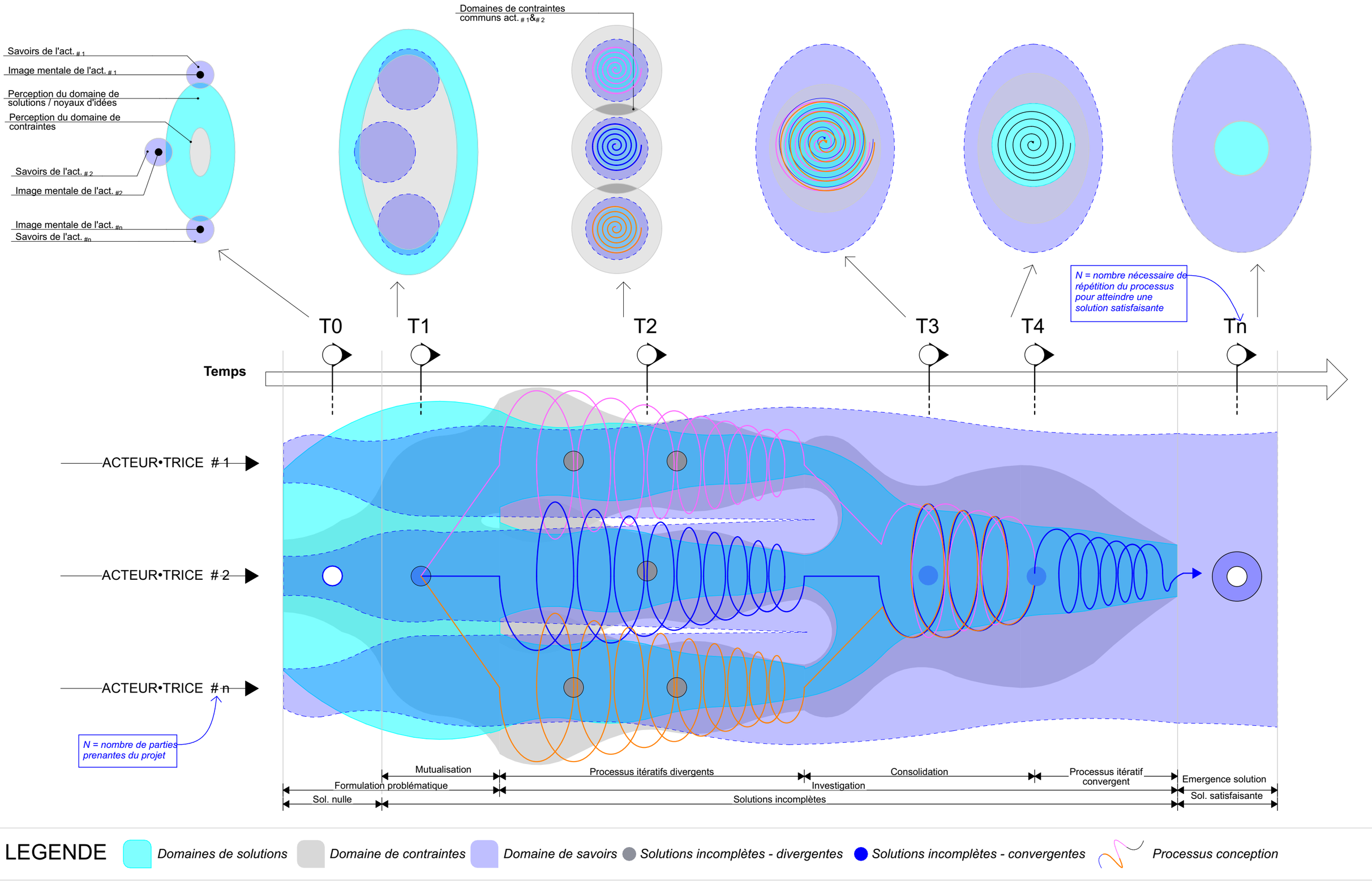


Figure 124 : Proposition de représentation d'un processus d'écoconception collaborative et multidisciplinaire

Interconnexions du domaine de contraintes

Au sein du processus qui vient d'être décrit, la solution passe d'un état nul à un état de satisfaction. Entre ces 2 états, les solutions sont incomplètes, limitées par le domaine de contraintes. Chaque solution disciplinaire est influencée par un domaine de contraintes. Ces contraintes sont tantôt spécifiques (propre à la discipline) tantôt partagées (interdisciplinaires) Nous nous appuyons sur les résultats du jeux de la ficelle de la RA pour proposer une représentation des interconnexions des contraintes disciplinaires et multidisciplinaires. Les contraintes, illustrées sur la Figure de « A » à « H », sont interconnectées entre elles suivant une représentation en ramification (Claeys 2013). Cette représentation a vocation d'être discutée au regard des théories de visualisations de données (Chen, Härdle, et Unwin 2008). Notre représentation, illustrée à la Figure 125, s'inspire du travail de (Calixte 2021) .

A chaque solution, incomplète ou satisfaisante, les acteur·rice·s produisent des livrables (ou représentations). Jalons du processus, les livrables servent à présenter et partager une solution aux autres parties prenantes du projet (Figure 125, livrables). Pour produire ces livrables, les acteur·rice·s (Fig., Ac) ont recours à un réseau d'outils intellectuels, cognitifs et techniques. La recherche de terrain a démontré que les 3 typologies d'outils sont requises conjointement durant une grande partie du processus (jusqu'à la fin de la mutualisation). A partir de la convergence, les outils techniques dominent et servent à présenter la solution satisfaisante du projet (Figure 125, outils). L'écoconception collaborative nécessite un réseau d'outils flexibles, capables de conceptualiser (usage spéculatif), de présenter et représenter (usage descriptif) et d'assurer la constructibilité du projet (usage prescriptif). Un même outil peut être utilisé pour différents usages selon l'étape de projet.

Nous avons constaté cette flexibilité d'usage de multiple des outils lors de l'immersion en agence. Rappelons que la Boite à outils a tantôt été utilisée comme outil intellectuel pour l'investigation technique low-tech (free-cooling et refroidissement nocturne) et comme bibliothèque de savoir (outil cognitif). Son usage était dans ce cas tantôt spéculatif et tantôt descriptif (lors des réunions de reconsidération).

Ces itérations sont schématisées à la Figure 125 (haut), s'appuyant sur les représentations de (Claeys 2013).

P2 - Représentation des interconnexions lors de l'émergence d'une solution satisfaisante

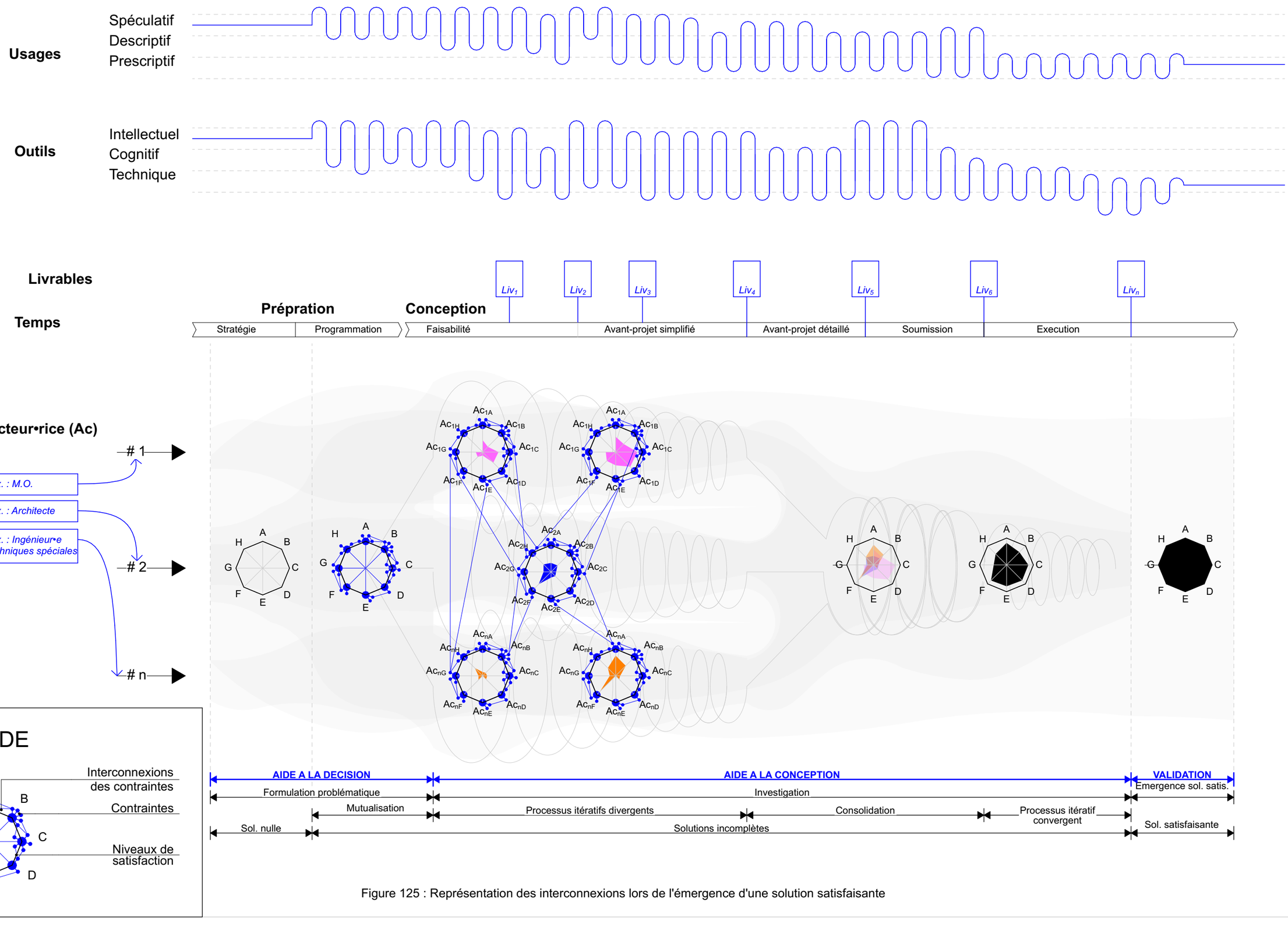


Figure 125 : Représentation des interconnexions lors de l'émergence d'une solution satisfaisante

5.3 Média d'accompagnement à l'écoconception : des prémices du projet à l'édification

> *Dans un système d'accès, de manipulation et de gestion de l'information, le designer de l'information (ou d'interfaces) se doit de répondre de manière formelle, concrète, technique, efficiente à des questions d'expérience pour l'utilisateur, comme : « comment donner à voir / expérimenter ? Comment donner à faire sens / comprendre ? (…) Comment donner à partager / échanger ? Si le designer cherchera plutôt à répondre à ces questions sur les plans graphiques, cognitifs, relationnels et esthétiques, l'architecte réseau lui, pensera plutôt les cognitions de possibilité de cette expérience, au niveau de l'ensemble du système : en termes de stratégie d'usages, de structures et de circulations, d'écologies des données et d'économie des ressources, rejoignant ainsi la vision méta de l'architecture telle que Vitruve l'a tracée dans ' De architectura' »* (Dall'Armellina 2013 p.152)

Dans cette section, nous nous appuyons sur les résultats des entretiens et sur les résultats de la RA pour proposer **un média d'accompagnement à l'écoconception** depuis la phase de programmation (solution nulle) jusqu'à l'écoconception du projet (solution satisfaisante). En effet, les entretiens et la recherche de terrain ont mis en lumière un processus qui est segmenté entre la phase de programmation et celle de conception. Le suivi n'est pas assuré, le *fil d'or* (RIBA 2019), est rompu. Cette discontinuité complique l'accompagnement et l'engagement vers une écoconception du projet[273]. Selon notre recherche, le manque de suivi et de traçabilité est d'abord lié à **des contraintes cognitives** : les savoirs restent dans des silos disciplinaires, peu perméables entre eux. Aussi, les résultats de notre enquête ont mis en lumière une compréhension embryonnaire du référentiel durable, articulé autour de quelques thématiques « phares ». **Les contraintes sont aussi techniques :** la discontinuité résulte du manque d'interopérabilité au sein d'un réseau « *bricolé* »[274] d'outils intellectuels, cognitifs et techniques.

Pour assurer le suivi depuis les prémices à la concrétisation du projet, nous proposons un média qui réponde à la fois aux usages attendus d'une aide à l'écoconception (identifiés au 1er chapitre), qui soit à la fois interactif[275] et qui permette d'intégrer les savoirs dans la modélisation du projet (données et informations). **Ce média comprend une *interface* connectée à une base de données.** Le terme d'*interface* est volontairement utilisé puisque nous souhaitons exprimer à travers celui-ci d'un côté la frontière entre les phases programmation / écoconception et de l'autre côté, l'interface comme jonction permettant d'accompagner et de communiquer les savoirs. Nous schématisons nos propositions à la Figure 126.

---

[273] Voir les résultats de la RA présentés à l'épisode 7

[274] Bricoler face aux contraintes a été relevé comme l'une des postures adoptées par les architectes face aux transitions. Les pratiques expérimentées en RA résonnent avec les pratiques d'autres acteur·rice·s du secteur face à d'autres transitions.

[275] Voir les résultats de la RA présentés à l'épisode 6

P3 - Proposition d'un média d'accompagnement à l'écoconception

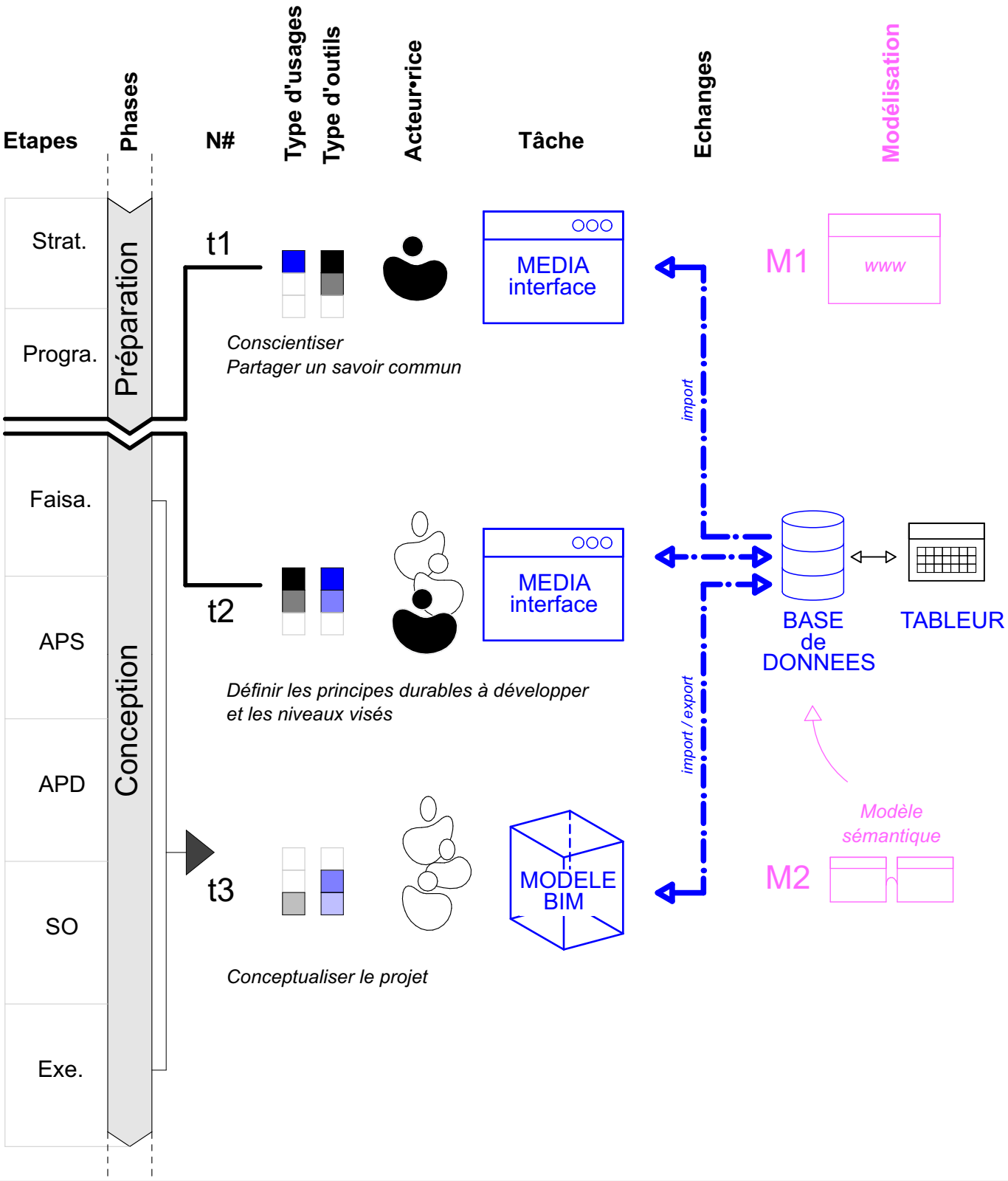


Figure 126 : Proposition d'un média d'accompagnement à l'écoconception

Selon la phase de projet dans laquelle l'interface est utilisée, la tâche effective, les outils et usages diffèrent :

- **Lors de l'étape de programmation,** l'interface vise à conscientiser la M.O. concernant l'influence et la corrélation entre son projet et les pratiques durables (Figure 126, M1). Ainsi, l'interface cristallise les intentions du projet et le parti architectural visé et devient de la sorte un outil intellectuel. L'interface est également un outil cognitif, en utilisant la bibliothèque des savoirs, issue d'une coproduction interne ou d'un état de l'art disciplinaire. L'usage du média est spéculatif, cherchant à initier le projet et à formuler la problématique.
- **Dès le lancement de la phase conception,** l'interface est utilisée conjointement par la M.O. et les concepteur·rice·s pour définir le niveau de durabilité visé et les principes durables à développer[276] (Figure 126, M2).
  A ce moment, l'interface est utilisée en tant qu'outil intellectuel et cognitif mais son usage n'est pas seulement spéculatif, comme en programmation, l'interface est aussi utilisée pour décrire les objectifs durables (usage descriptif).

A l'issue de l'échange entre M.O. et concepteur·rice·s (« 1er contact »), l'interface collecte les données descriptives du projet. Ces données sont envoyées vers une base de données qui sert de relais depuis les intentions durables initiales jusqu'à la fin de l'écoconception. En nous basant sur les résultats de l'expérimentation, la base de données que nous proposons s'appuie sur le contenu du tableur élaboré en RA[277]. Les échanges entre l'interface et la base de données en phase de programmation (Figure 126, t1) sont unidirectionnels : l'interface importe les savoirs. Dès la conception (Figure 126, t2), les échanges deviennent bidirectionnels : l'interface importent les savoirs et exportent un ensemble d'informations telles que les niveaux de durabilité visés. Une fois les niveaux définis et les principes identifiés, les informations collectées dans la base de données s'insèrent dans le processus d'écoconception (Figure 126, t3).

Nous nous sommes intéressée à la représentation de l'interface devant répondre à la fois :

- aux fonctions de la BàO pour présenter et partager un savoir commun en vue de conscientiser la M.O. ;
- les fonctions du Tableur, regroupant des données génériques et spécifiques du projet ;
- les fonctions du Tableur dans la définition des objectifs et niveaux durables ;
- accompagner le récit lors du 1er contact et assurer une interaction entre M.O. et concepteur·rice·s ;
- et permettre la visualisation des interconnexions (entre contraintes, principes, échelles, étapes, acteur·rice·s) afin de déverrouiller les contraintes de (sur)coûts. L'idée est de démontrer que malgré un surcoût d'investissement possible dans une construction durable, elle ne peut se résumer ou se limite qu'à travers cet unique aspect : la construction durable est interconnectée à des principes de qualité de vie, de bien-être, de services, d'environnement, etc.

[276] Ce moment correspond au 1er contact de la RA.
[277] Voir les résultats de la RA présentés à l'épisode 10

Notre objectif est de favoriser les pratiques d'écoconception architecturale. Par conséquent, notre proposition vise les parties prenantes d'un projet d'architecture : M.O. et concepteur·rice·s. En cela, la proposition concerne le processus de conception et diffère d'autres recherches davantage axées autour des processus de gestion de coûts (Nasereddin et Price 2021).

Nous avons investigué l'usage du web pour répondre à ces impératifs. Une interface web présente aussi l'avantage d'être accessible à distance et à tout moment. Nos investigations se sont matérialisées à travers la modélisation d'un « un mock-up » d'interface web. Le flux de navigation et l'objectif des pages sont schématisés succinctement à la Figure 127. La modélisation des 8 pages de l'interface web sont présentées plus en détails aux Figures 128 à 131. Pour répondre aux impératifs précités,

- ***l'interface* web est interactive** : tel qu'illustré à la Figure 129 (3), la M.O. prend connaissance des différentes interconnexions entre principes durables et le quartier. Sous forme de « fenêtres contextuelles »[278], les principes sont succinctement expliqués. Lorsque la M.O. sélectionne l'un des principes, les services et impacts s'affichent. De la même façon, nous proposons une visualisation à travers un modèle numérique d'un projet type pour illustrer les principes (Figure 129, 4, bas).
- ***l'interface* web permet de partager des savoirs** de différents formats (graphique, numérique, littéral),
- Enfin, ***l'interface* web est le relais des informations** (données spécifiques du projet) nécessaires pour la conception (envoi vers la base de données). Tel qu'illustré à la Figure 131 (8), la M.O. accède à un espace personnel où des données spécifiques de projet sont nécessaires. De façon interactive, la M.O., accompagné·e des concepteur·rice·s, pourra définir ses objectifs et niveaux durables grâce à un « glisser-déposer » des principes durables sous les niveaux visés (Figure 131, 8). Une fois ce 1er contact réalisé, les données sont envoyées vers la base de données (Figure 131, 8, bas).

Le mock-up a pour objectif d'illustrer les résultats de notre recherche de doctorat et de présenter les développements futurs utiles pour une écoconception multidisciplinaire et collaborative. Ce mock-up a été réalisé par la chercheuse. Il est à noter que le modèle statique illustré en détails aux Figures 128, 129, 130, 131, est un exercice exploratoire : le contenu est une ébauche telle que le prouve l'usage du Lorem ipsum[279] dans les espaces textuels. *L'interface* web devient ainsi un outil intellectuel et cognitif assurant le suivi vers les outils techniques de modélisation par exemple.

[278] Aussi appelées « pop-up »

[279] « *Le lorem ipsum est, en imprimerie, une suite de mots sans signification utilisée à titre provisoire pour calibrer une mise en page, le texte définitif venant remplacer le faux-texte dès qu'il est prêt ou que la mise en page est achevée* » - Source : Wikipédia.

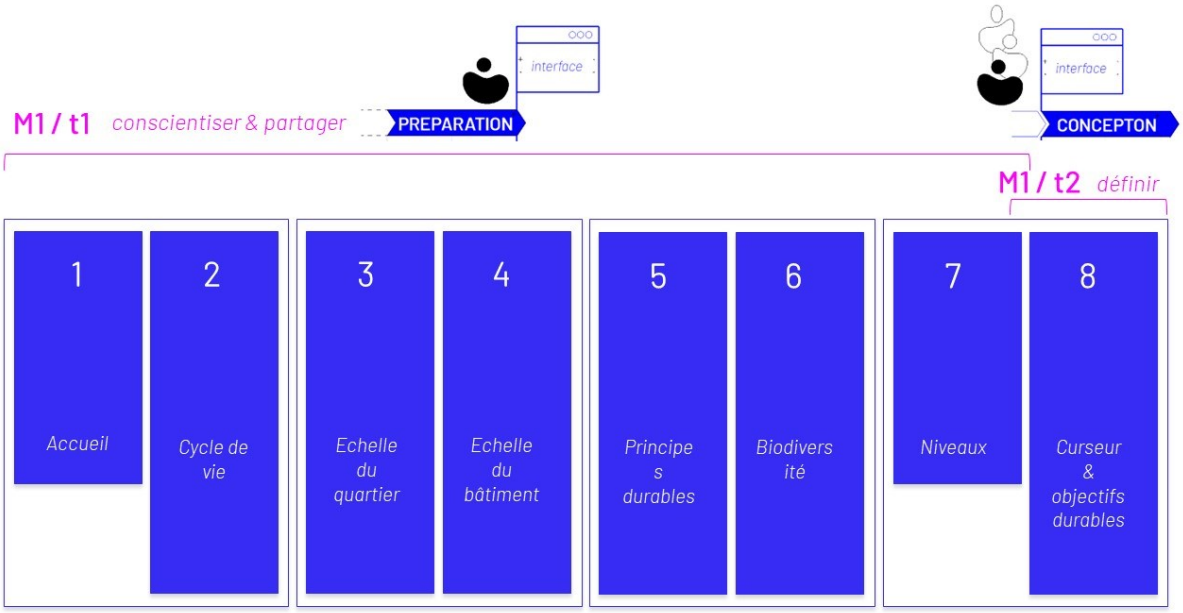
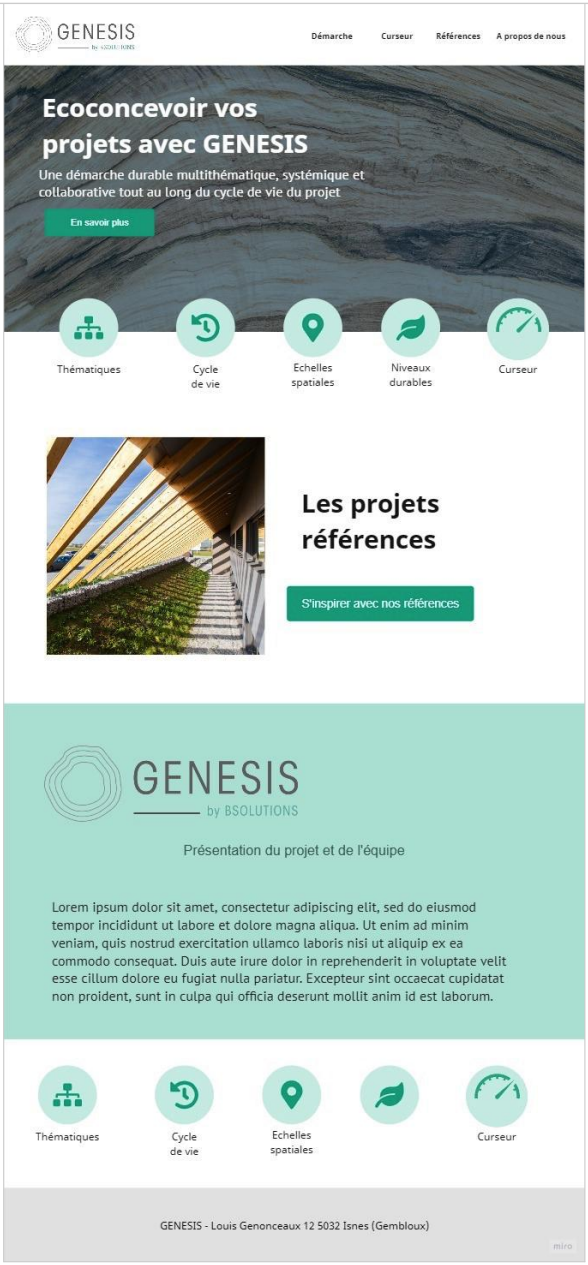
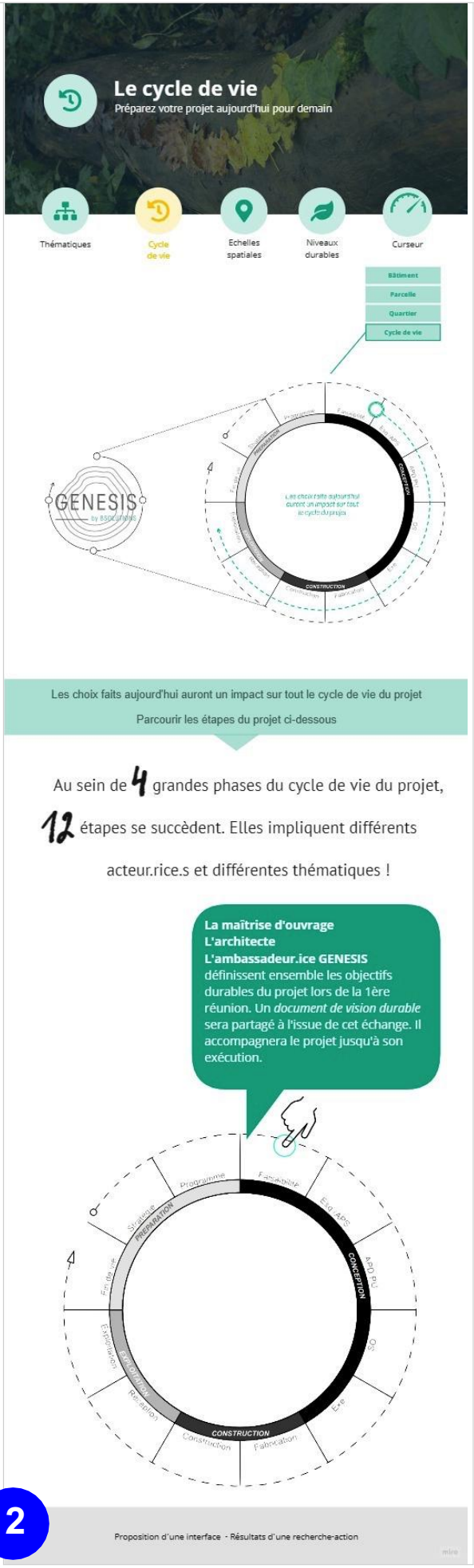


Figure 127 : Schéma descriptif - présentation du mock-up de l'interface proposée

M1 - Proposition d'une interface utilisée lors de la programmation (1,2)



1



2

Figure 128 : M1 - Proposition d'une interface (statique) utilisée lors de la programmation (1,2)

M1 - Proposition d'une interface utilisée lors de la programmation (3,4)



Figure 129 : M1 - Proposition d'une interface (statique) utilisée lors de la programmation (3,4)

M1 - Proposition d'une interface utilisée lors de la programmation (5,6)

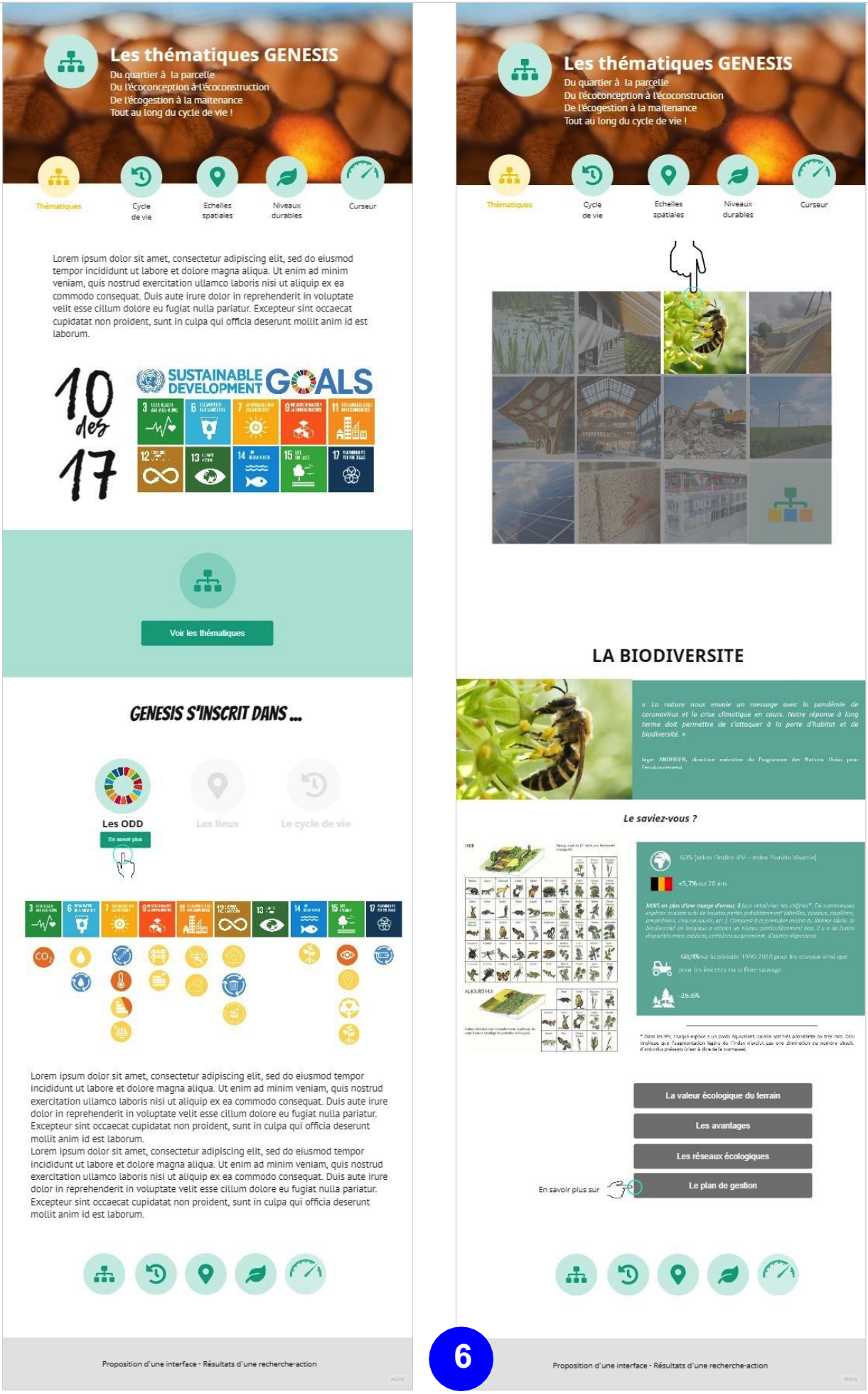
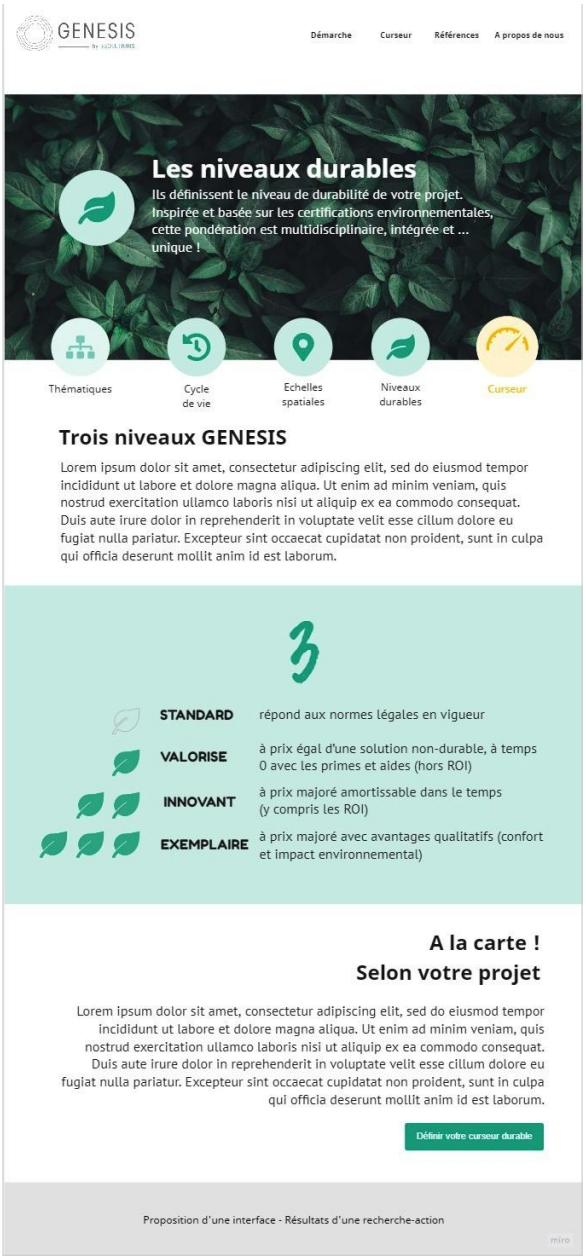
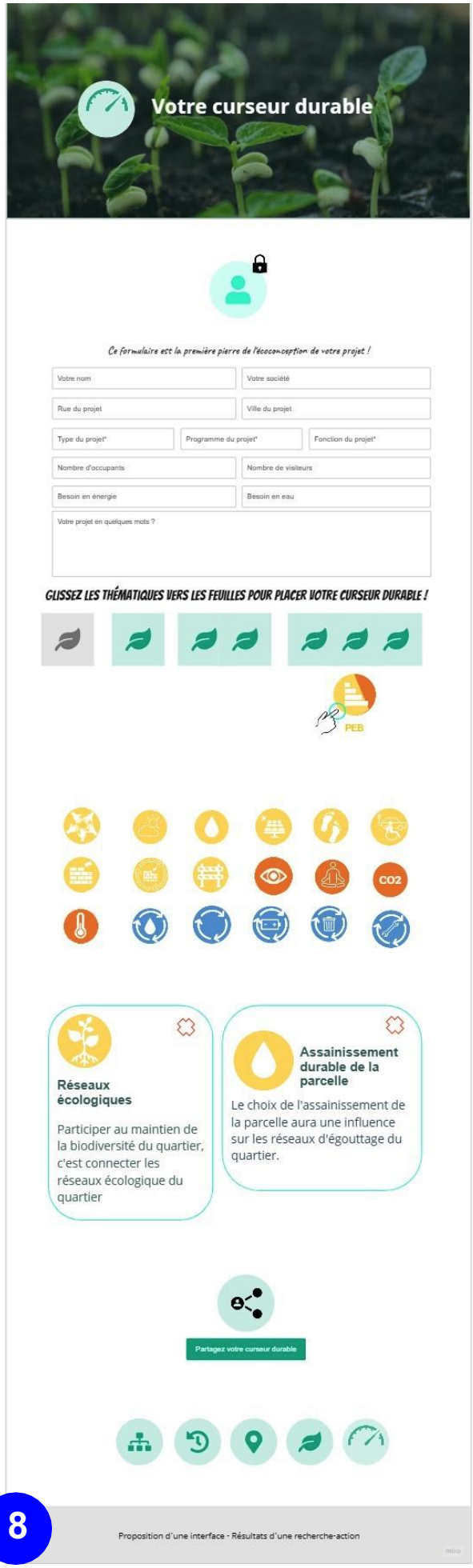


Figure 130 : M1 - Proposition d'une interface (statique) utilisée lors de la programmation (5,6)

M1 - Proposition d'une interface utilisée lors de la programmation (7,8)



7



8

Figure 131 : M1 - Proposition d'une interface (statique) utilisée lors de la programmation (7,8)

En plus de notre proposition de représentation *d'interface* (modèle statique), nous avons investigué les échanges entre celle-ci et la base de données, qui garantit la continuité entre la programmation et l'écoconception. **Nous proposons un modèle sémantique pour construire cette base de données** qui s'appuie sur la structuration du Tableur (Figure 126, M2). Pour cette construction, nous utilisons la méthode de modélisation conceptuelle de *l'Unified Modeling Language*, UML. A l'instar des modélisations de processus en BPMN, l'UML permet de décomplexifier le développement de base de données et de logiciels pour le rendre accessible à toute personne intéressée de comprendre le système. L'UML permet d'identifier les concepts (par exemple un principe durable), ses propriétés, ses contraintes, ses relations avec d'autres concepts. Nous schématisons succinctement le principe de modélisation à la Figure 132 : le concept « écoconception » contient différentes classes telles que les principes durables et les études durables. Elle est en relation selon des cardinalités qui définissent le nombre de classes liées. Ainsi, la Figure 132 ci-dessous schématise le langage UML et se lit comme suit : un ou plusieurs *([1 … *])* principes durables *(classe)* contient un ou plusieurs *([1 … *])* études durables. Chaque classe contient elle-même des attributs tels qu'un nom (donnée textuelle) et un code.

Par exemple :

La *[BIODIVERSITE]* est le nom du principe durable, à qui est attribué le code *[DE.04]*[280]. Ce principe durable contient *[une ou plusieurs]* (1…*) *[études durables]* (classe) telles que *[VALEUR ÉCOLOGIQUE DU SITE]* (nom) dont le code est *[DE.04.02]*. La méthode de calcul du principe durable est celle détaillée à l'épisode 10.

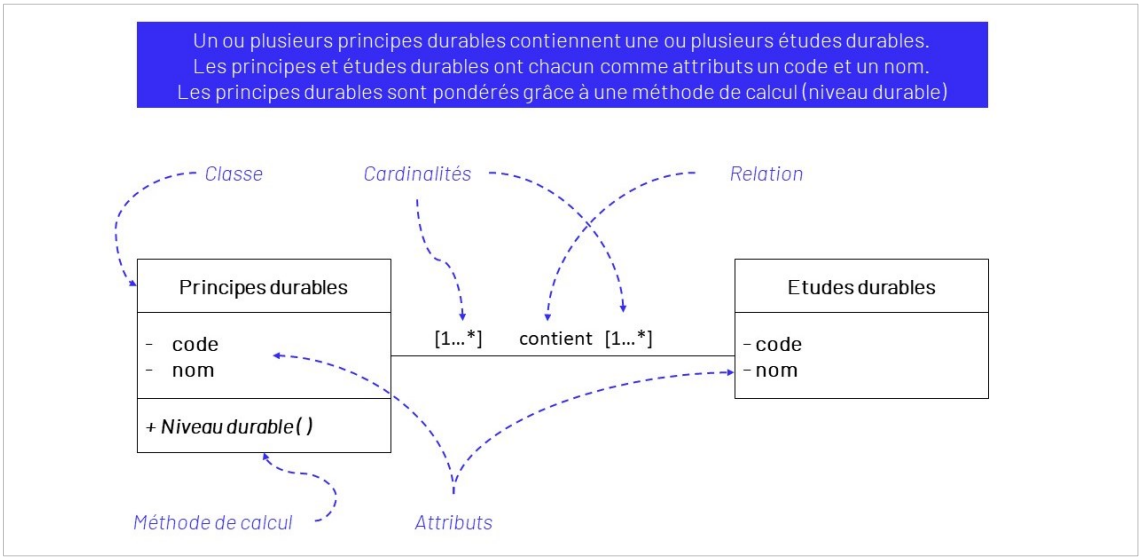


Figure 132 : Schématisation du langage de modélisation UML pour construire une base de données

[280] Voir épisode 10.

Dans le cadre de cette thèse, notre objectif n'est pas de présenter la modélisation de la base de données que nous avons réalisé grâce à la méthode UML. Ce modèle nécessite davantage de temps d'analyse, de développement et d'expérimentation, aidé par des expert·e·s du sujet, pour être apte à construire une vraie de base de données. Toutefois, ce que nous souhaitons partager ici ce sont les constats réalisés grâce à l'exercice de modélisation de la base de données. Pour assurer le suivi des objectifs durables depuis la programmation jusqu'à l'écoconception (*fil d'or* du (RIBA 2019)), des développements à l'échelle de l'entreprise doivent s'accompagner de développements culturels et techniques à l'échelle du secteur (échelle méso) et des développements règlementaires (échelle macro).

A l'échelle macro : telle que nous l'avons présenté précédemment, la définition participative et collaborative d'un cadre de règlementations permettrait de massifier les pratiques durables. A l'échelle méso: nous conseillons le développement d'un langage commun aux disciplines du secteur AICE[281] tel qu'une classification des informations durables qui soient applicables dans le projet et traçables dans les différents livrables (maquettes, plans, cahiers des charges, métrés, protocole, etc.). Idéalement, cette classification ne devrait être limitée ni à une région ni à un pays. Elle devrait être pensée à l'échelle européenne. Partager, communiquer et enseigner un nouveau processus d'écoconception est, comme nous l'avons souligné précédemment, crucial pour assurer un changement sociétal sectoriel. Enfin, à l'échelle des concepteur·rice·s (échelle micro) : nous proposons le développement d'une interface qui mette en exergue - visuellement - les interconnexions des domaines de contraintes disciplinaires. L'interface permettrait, selon notre hypothèse, de conscientiser également les acteur·rice·s du secteur, entrainant à terme un changement culturel et un changement de pratiques.

Nous terminons ce chapitre de Proposition en représentant, à la Figure 133, le processus des pratiques d'écoconception, depuis les intentions aux prémices du projet jusqu'à l'édification, pour **le cas de la biodiversité.** Le choix de cette thématique résulte d'une part de l'investissement du travail de l'un·e des ambassadeur·rice·s au cours de la RA. D'autre part, en étudiant la biodiversité, nous mettons en lumière une thématique, qui bien que fondamentale, est peu étudiée par les concepteur·rice·s du secteur, tel que nous l'avons relevé dans la littérature et à travers notre enquête, et ce, malgré l'état de la biodiversité aujourd'hui (IPBES 2019). Comme énoncé au début de ce chapitre, **la proposition de ce média représente l'aboutissement de notre recherche.**

La Figure 133 est détaillée ci-après et se présente comme suit :

- Au centre, sur l'axe vertical, se trouvent les phases et étapes à travers lesquelles le projet évolue ;
- A gauche, le long de cet axe temporel, se trouvent d'abord les usages de l'interface aux différentes étapes du projet ;
- A gauche des usages de l'interface, la Figure illustre plus en détails la structuration de la base de données à travers l'UML (en haut à gauche) et à travers la structuration du tableur (en bas à gauche) ;

[281] AICE : secteur de l'architecture, de l'ingénierie, de la construction et de l'exploitation.

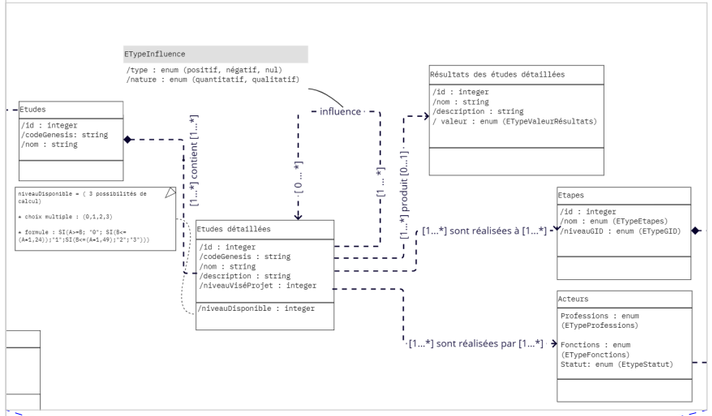
- A droite de l'axe temporel, les niveaux attendus en géométrie, informations et documentations (GID) à chaque étape de projet ;
- A droite de la Figure, nos propositions des usages BIM pour une écoconception articulée autour de la biodiversité selon les niveaux définis du projet.

Les flèches bleues de la Figure illustrent le flux des informations et des échanges au fil des étapes projet.

Représentation du processus d'écoconception de l'intention à la concrétisation - le cas de la biodiversité

Structuration de la base de données	Usage interface expérience utilisateur · rice	Phases & étapes	Niveaux attendus géométrie, informations, documentations	Propositions d'usages BIM pour des pratiques écoconceptuelles

Structuration base de données en UML



Structuration format tableur

Biodiversité	Feuilles max. absolu	Feuilles dispo. projet	Feuilles visées	Score	Niveaux durables	Livrable
Sélection du site	3	1	0			
Valeur écologique du site	4	4	3			
CBS existant						*3D*
CBS projeté						*3D*
Réseaux écologiques	3	3	1			
Connexion aux R.E. bleus						*3D*
Plan de gestion	5	5	3			
Protection lors du chantier						*3D*
Calendriers						*3D*
Biodiversité - TOTAL	14	11	7	63%	2F	

Liens d'influence

Ir. tech. spéc. — Géomètre — Usager·ère

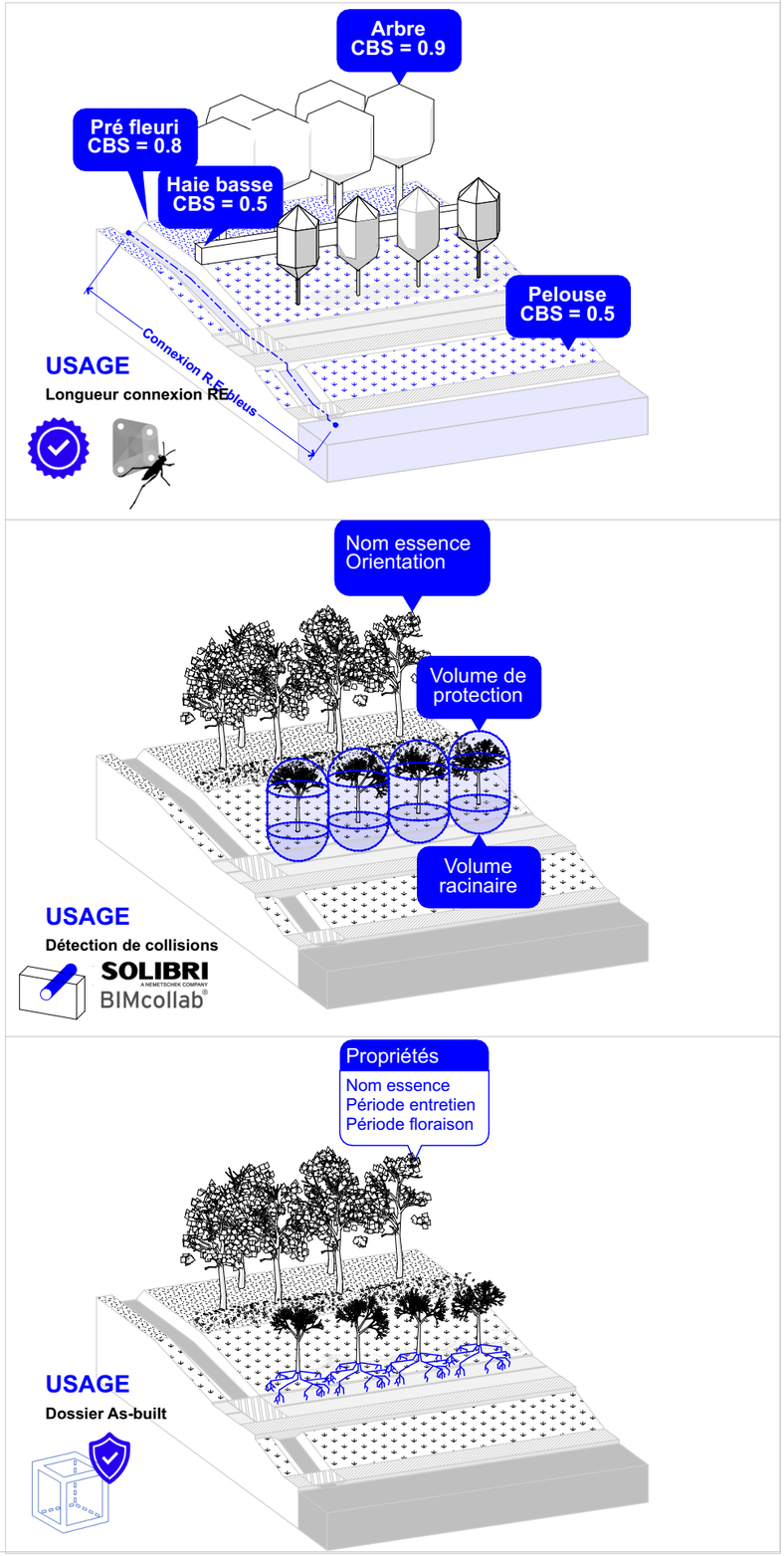


Figure 133 : Proposition de processus de pratiques écoconceptuelles de la préparation à l'écoconception de projet: le cas de la biodiversité

Programmation – interface comme outil cognitif pour un usage spéculatif

Le processus débute à l'étape de programmation (Fig. 133, centre, « PROJET »). L'interface, en tant qu'outil cognitif, partage et informe sur les influences et impacts de la biodiversité sur le projet et sur l'environnement (de la parcelle et du quartier). La M.O. est conscientisée sur l'impact de ces choix de projet en termes de biodiversité. Les relations avec les autres principes durables sont visuellement représentées et expliquées (à travers des fenêtres contextuelles), telles que nous l'avons présenté à la Figure 129, points et 4. Dans le cas de la biodiversité, ces principes concernent le bien-être des occupant·e·s, le confort hygrothermique, la qualité de l'air, l'ombrage et l'ensoleillement, la production d'énergie renouvelable, l'assainissement de l'eau et la gestion de l'eau, schématisés à la Figure 133 (en bas à gauche) par des pictogrammes de couleurs.

Début de la conception – interface comme outils intellectuels et cognitif pour des usages spéculatif et prescriptif

A l'issue de cette prise de savoirs, la M.O. et les concepteur·rice·s se réunissent pour définir ensemble les objectifs durables du projet. Dans notre exemple sur la biodiversité, un niveau de durabilité de 2 feuilles est simulé (Figure 133, au centre à gauche, 2F). Encodée dans l'interface, cette information est exportée vers la base de données. Une fois l'information reçue, la base de données traduit cet objectif sous forme de conditions.

En d'autres termes et tel que nous l'avons vu à l'épisode 10 des résultats de la recherche-action, les « 2F » correspondent à un minimum de 70% des « crédits ». Pour répondre à ces crédits-feuilles, la base de données prérempli le tableur. Dans notre exemple, pour obtenir un niveau de 2F, plusieurs études durables doivent être réalisées. En effet, pour atteindre ce score, les concepteur·rice·s doivent augmenter la valeur écologique du site, connecter les réseaux écologiques hydriques, assurer la protection lors du chantier des éléments naturels et élaborer un calendrier de la biodiversité. Ces études sont schématisées à la Figure 133 (Tableur, à gauche, texte bleu) et concrétisées dans le projet à différentes étapes.

Phases d'écoconception – usages BIM proposés pour le cas de la biodiversité

- Ainsi, **la valeur écologique du site** est concrétisée dès l'avant-projet simplifié (APS) selon un GID proposé à 111 : l'architecte encode les coefficients biotope par surface les composants végétaux et végétalisés du projet. Cet usage BIM correspond aux résultats présentés à l'épisode 9 de la RA (Figure 110).
- La **connexion au réseaux écologiques** est également concrétisé à l'avant-projet simplifié (APS). La chercheuse propose pour cette étude un usage BIM de vérification de connexions entre les réseaux d'eau grâce à l'usage des logiciels de programmation visuelle tels que Dynamo© ou Grasshopper© (Figure 133, en haut à droite). Cet usage s'inspire d'autres usages tels que le calcul des chemins d'évacuation incendie communément réalisé dans les pratiques BIM.
- De plus, assurer **la protection des éléments naturels lors du chantier** représente une démarche majeure de protection de l'environnement. Cette étape est réalisée dès la soumission aux entreprises et se fait en collaboration multidisciplinaire. La chercheuse propose un usage BIM pour cette étude de détection de clash tel qu'illustré à la Figure 133 (à droite). En effet, lors de l'élaboration du dossier de soumission aux entreprises, les

concepteur.rice.s modélisent un volume de protection autour des éléments naturels à protéger. Le volume comprend ce qui se trouve en surface et dans le sol (volume racinaire pour les arbres par exemple). Grâce à cette modélisation (GID 333), la détection de collision peut être utile pour anticiper les travaux de terrassement lors du chantier (Figure 133, au centre à droite).

- Enfin, la dernière étude concerne **l'élaboration d'un calendrier de la biodiversité.** Sur base des résultats de la recherche-action et particulièrement du travail de l'ambassadeur.rice en charge de la thématique, la chercheuse propose d'intégrer les données des éléments naturels, telles que les périodes de floraison et de taille pour les végétaux ou les techniques d'entretien des noues végétalisées, au sein du modèle as-built du projet (GID 444). Nous proposons pour cette étude un usage BIM d'élaboration d'un modèle d'exploitation du projet (Figure 133, en bas à droite).

Le cas de la biodiversité montre la richesse des interconnections, des relations entre principes et acteur.rice et de la possibilité de développement d'usage BIM en écoconception multidisciplinaire et collaborative. Cette proposition de représentation mériterait d'être réalisée pour chacune des thématiques que nous avons identifiée au sein de notre recherche.

6 Chapitre VI : Conclusions

Ainsi, où que l'on se tourne, on retrouve ce même paradoxe lancinant : d'un côté le développement continu de nouveaux moyens technico-scientifiques, susceptibles potentiellement de résoudre les problématiques écologiques dominantes et le rééquilibrage des activités socialement utiles sur la surface de la planète et, d'un autre côté, l'incapacité des forces sociales organisées et des formations subjectives constituées à s'emparer de ces moyens pour les rendre opératoires.

Les trois écologies, (Guattari 1989) p.17

6.1 Les apports de la recherche

Cette recherche de doctorat a débuté dans une période d'effervescence du BIM à l'échelle européenne ainsi qu'à l'échelle de la Belgique, bien que le BIM n'y soit pas adopté légalement. Le BIM est présenté comme une solution « tout en un » pour la gestion de l'information, assurant la collaboration multidisciplinaire sur l'ensemble du cycle de vie du projet, depuis l'esquisse jusqu'à son exploitation. Entourée de cet intérêt effervescent et consciente de la nécessaire interdisciplinarité des pratiques durables en conception architecturale, nous sommes entrée en thèse en quête de nouvelles pratiques écoconceptuelles collaboratives et multidisciplinaires.

Avant de nous plonger dans notre domaine de recherche, *l'écoconception multidisciplinaire et collaborative et* la façon dont les pratiques BIM pouvaient être impliquées, nous avons d'abord questionné les référentiels globaux auxquels sont attachés l'écologie politique et le développement durable. L'étude des origines et la portée du développement durable a été guidée par 2 réflexions : l'une concerne la perception (compréhension, représentation) du développement durable et l'autre concerne la place des techniques et des technologies dans le débat écologiste. Par cette étude, nous avons identifié 5 éléments critiques du développement durable pouvant être considérés comme des freins à la transition écologique : (i) les flous sémantique et opératoire qui entoure le développement durable depuis près de 50 ans ; (ii) l'articulation du développement durable autour des générations futures favorisant la procrastination des actions et le déplacement des responsabilités à « demain » et à « ailleurs » ; (iii) la complexité et la scientificité du développement durable paralysant toute action « profane », où seul·e·s des expert·e·s, scientifiques et gouvernements sont en capacité de gérer cette complexité; (iv) la fausse neutralité des techniques et des technologies impactant les rapports sociaux sans garantir la transition et (v) la collaboration interdisciplinaire comme condition pour un changement sociétal profond impliquant simultanément différentes strates et typologiques d'acteur·rice·s.

Forte de ce bagage critique, nous avons questionné l'architecture durable, en tant qu'outil politique au sein d'un référentiel sectoriel, qui depuis les crises pétrolières des années 1970, s'est articulé autour des questions énergétiques. Nous avons étudié comment les règlementations liées à l'énergie ont profondément modifié les pratiques architecturales ; stylistiques, matérielles, multidisciplinaires, et la façon dont ces règlementations ont été appliquées par le *faire architecture* et reçues par *l'habiter*. L'étude de la littérature a relevé la mise de côté des usages, des expériences et de l'aspect social au profit des cadres normatifs labélisant, sans toutefois garantir les résultats espérés en termes de réduction des impacts environnementaux. Par ce détour, nous avons appréhendé la perception sociocognitive de l'architecture durable et sa mise en œuvre par les concepteur·rice·s en nous basant sur les évolutions de l'architecture en tant qu'outil politique. Cette démarche réflexive a mis en exergue des courants de rupture ; rupture avec la Nature et le vivant, au nom du progrès social, rupture avec les traditions au nom du progrès technique, rupture avec les modèles architecturaux au nom de la durabilité. L'architecture se doit aujourd'hui d'être un outil politique de résilience vis-à-vis du lieu environnant, en ce, compris la Nature, le vivant, la mémoire culturelle et sociale du « déjà-là » et des usager·e·s.

L'adoption d'une posture pragmatiste en architecture conduit à une remise en question morale des conséquences de la pratique architecturale, entrainant elle-même une exploration « *de champs nouveaux* ». En adoptant cette posture, nous avons privilégié l'étude des usages et des expériences du *faire architecture*, qui fait intervenir à la fois des idéologies situées, participant à la construction de référentiels, des expériences passées et à venir qui engageaient, engagent et engageront des pratiques culturelles et sociales. En ce sens, notre recherche ne s'est pas concentrée sur les bâtiments durables, en tant qu'artefacts sociotechniques, mais sur le processus pour y parvenir. Par conséquent, l'étude des expériences est articulée autour de la collaboration au sein des équipes multidisciplinaires de conception et s'éloignant des préceptes sémiotiques et des postures démiurgiques liées aux processus de création architecturale.

L'étude de l'écoconception architecturale élargit et approfondit le champ d'investigation pour transformer matière, énergie et processus sans détériorer les écosystèmes. La complexité initiale du projet est accrue et les interactions et contradictions y sont amplifiées. Pour décomplexifier l'écoconception, pléthore d'outils se sont développés depuis les années 1990. Notre sujet de recherche nous a amené à questionner ces outils et médias au regard du travail multidisciplinaire collectif (en coopération ou collaboration). Pour ce faire, une analyse détaillée de 5 médias d'aide à l'écoconception (MAEc) a été réalisée et représente **le premier apport théorique de notre recherche.** L'objectif de l'analyse vise à identifier la typologie et l'usage du média ; le moment d'intervention dans le processus d'écoconception ; le type de travail collectif ou individuel des tâches menées ; les enjeux environnementaux considérés, la typologie des projets assistés ainsi que le(s) artefact(s) produit(s). Le choix s'est porté vers des médias institutionnalisés qui présentent plus de stabilité dans le temps par rapport à des médias privés tels que des logiciels ou des méthodes propres aux agences. Couvrant en grande partie la palette de typologies d'outils que nous avons définie, la sélection s'est portée sur 4 médias belges et 1 média anglais :

- Le guide des résultats durables élaboré par le (RIBA 2019) en tant qu'outil cognitif
- La réglementation sur la performance énergétique des bâtiments (PEB), élaborée par le Service Public de Wallonie (SPW), en tant qu'outil dynamique ;
- La certification CertIBEau, élaborée par le Service Publique de la Gestion des Eaux (SPGE), en tant que liste simple (pour la plateforme de certification) ;
- L'outil d'analyse de cycle de vie (ACV) TOTEM, élaborée par l'OVAM, Bruxelles Environnement et le SPW, en tant qu'inventaire ;
- Le guide de bonnes pratiques GRO, élaboré initialement par la Vlaams Overheid et élargie depuis 2020 aux 3 régions belges ; le SPW et Bruxelles Environnement, en tant que liste de critères.

Nous basant sur les facteurs nécessaires aux assistances à l'écoconception identifiés dans la revue de littérature, nous avons construit une grille d'analyse à travers laquelle les MAEc ont été étudiés. Les résultats de l'analyse montrent que ces derniers ne répondent que partiellement aux critères : ils manquent d'intégration dans les processus collaboratifs et sont utilisés pour des usages limités. L'identification des limites des MAEc nous a amené à interroger les pratiques BIM au regard de l'écoconception, définies par essence comme collaboratives. Notre revue de littérature avancée met en lumière un usage du BIM qui est ponctuel, connexe ou déphasé au processus écoconceptuel, résultant d'un manque d'interopérabilité organisationnelle, technique

ou sémantique. L'analyse des usages des MAEc et des usages BIM souligne un maintien des savoirs dans le champ des expert·e·s ainsi que des savoirs « scientificisés » tant pour les pratiques durables que pour les pratiques BIM, enlisant le mouvement des savoirs nécessaire aux transitions de pratiques. Ni les médias d'assistances ni les pratiques BIM ne disposent d'un espace créatif ou coréflexif, pour ouvrir le champ des possibles, aux prémices du projet. Ces constats représentent **le second apport théorique de la thèse** et ont guidé notre travail de recherche.

Ainsi, la thèse a pour **premier objectif** d'appréhender l'écologisme conceptuel de façon systémique, multidisciplinaire et collaborative, formalisé initialement comme suit : *Quel rôle joue la collaboration multidisciplinaire dans l'intégration d'une démarche durable systémique en conception architecturale ? L'introduction des pratiques BIM en écoconception modifie-t-elle la structure du travail collectif ?* **Quatre sous-objectifs** accompagnent ce dessein général que nous détaillons ci-après. Pour répondre à ces objectifs, nous avons construit une stratégie de recherche originale fondée sur le concours de 3 méthodes, développées à différentes échelles et réunissant à la fois des praticien·ne·s multidisciplinaires et des académicien·ne·s. Les méthodes de recherche utilisées se complètent et apportent des résultats à un ou plusieurs objectifs. L'ensemble de nos résultats comble, en partie, des connaissances lacunaires sur le sujet, principalement à l'échelle de la Belgique et de la Wallonie.

Le premier sous-objectif vise à identifier et confronter **les perceptions du référentiel sectoriel des praticien.ne.s multidisciplinaires.** Les résultats de notre enquête (2019-2020) apportent un élément nouveau sur la compréhension du référentiel sectoriel de l'architecture durable, qui d'une part, oscille entre deux pôles opposés, et qui d'autre part, souligne une dissonance entre perceptions et pratiques. La mosaïque des « visages » de l'architecture durable s'étiole dans la pratique, se concentrant sur quelques thématiques et notions influencées par les réglementations et faisant fi d'autres.

Le second sous-objectif poursuivi dans la thèse est l'élaboration d'un **état des pratiques multidisciplinaires durables et BIM** au sein du secteur. A travers l'analyse de 6 profils, un panorama de pratiques est dressé. Ce panorama complète un état des connaissances lacunaires de la littérature, concentrée sur des études nord-européennes et sur des pratiques d'expert·e·s. Le panorama est contrasté, mettant en lumière des pratiques BIM et durables parfois dissonantes, notamment à travers les typologies de projets, les natures de marchés et les secteurs d'activités. Notre travail expose des pratiques différentes selon les acteur·rice·s, leur implication en amont ou en aval du projet et selon la typologie de l'entreprise. Actuellement et à l'échelle de l'Europe occidentale, l'étude des objectifs d'adoption, des usages, des outils BIM illustre des pratiques BIM qui sont distingues des pratiques durables, connexes ou isolées, dépendant des critères d'analyse (acteur·rice·s, phases de projet, etc.).

Le troisième sous-objectif vise à reconnaitre **les facteurs d'influence** (freins, leviers) et par extension, **les postures adoptées** par les praticien·ne·s (rejet, adoption, contournement) face aux multiples transitions. L'emploi des 3 méthodes de recherche apporte une cartographie fine des contraintes, limites et freins du secteur vis-à-vis des pratiques durables et des pratiques BIM. La méthode par diagnostic des pratiques construit une première cartographie des facteurs d'influence, particulièrement les freins à l'implémentation tel que nous venons de le souligner, qui varie selon les profils étudiés (freins culturel, économique, technique, technologique, économique). Cette première cartographie est complétée par des entretiens exploratoires auprès

d'architectes wallon·ne·s, qui apportent un regard davantage sociologique aux résultats. Enfin, à travers la recherche-action en agence multidisciplinaire, nous avons assisté à un déplacement de l'analyse des facteurs et postures. Ce déplacement est influencé par le travail collectif : l'analyse ne porte plus uniquement sur la somme des perceptions des répondant·e·s et intérrogé·e·s (enquête et entretiens) mais sur la perception collective des facteurs et postures. La recherche-action affine la compréhension en élargissant le champ des facteurs multidirectionnels. En d'autres termes, les facteurs d'influence et les postures adoptées ne sont plus la cause ou la conséquence d'autres, l'analyse sort du jeu de *cause à effet* bidirectionnel, en illustrant le réseau complexe de liens entre facteurs et postures adoptées.

> *(...) par la description de situations faites d'images, d'analogie, de métaphores, le projet raconte une histoire dont peuvent émerger des options programmatiques, puis des choix conceptuels. Les stratégies sont précisées, les objectifs validés - où invalidés- par une formalisation qui alimente les débats entre élus, habitants et techniciens* (Terrin 2009, p.53)

Au regard de ce travail, nous avons proposé **un cadre de développement de nouvelles pratiques écoconceptuelles** en nous appuyant sur les résultats de l'enquête en ligne, des entretiens menés auprès d'architectes et des résultats de la recherche-action menée en agence. Ces propositions représentent **le 4ème sous-objectif de la thèse**. Faisant face aux solutions principalement techniques et financières de la « *logique industrielle globalisante* » du développement durable (Neuwels 2015), nous proposons **une toile de développement et de pratiques écoconceptuelles à développer** à différentes échelles (macro, méso et micro). Le terme de toile exprime les réseaux et les interconnexions issus nos résultats. De cette façon, les propositions *composent avec* la logique globalisante, une accélération de la transition. **Trois niveaux d'actions** sont proposés visant tantôt des changements sociétaux (contexte externe des entreprises), tantôt des changements de pratiques, axé sur les processus d'écoconception. Les recommandations sont à destination des pouvoirs publics, des organismes professionnels et à destination des concepteur·rice·s praticien·ne·s et corps enseignant.

Face aux facteurs d'influence externes, nous proposons d'une part le développement d'un cadre « *réglementaire* » alternatif que nous présentons comme la rencontre entre institutions et praticien·ne·s, à travers la mise en place de groupes multidisciplinaires de recherche et de travail pour définir, collaborativement, les enjeux en termes de règlementation durable. Privilégiant un processus de transition plutôt qu'une rupture, nous ne nions pas les enjeux, économiques et techniques propres à l'industrie, mais nous déplaçons leur primauté d'alors pour leur donner la place qui doit être la leur dans une société résiliente face aux enjeux environnementaux et sociétaux. Les interconnexions permettent ainsi de visualiser les plus-values à long terme sur les usager·e·s et sur la Nature environnante. D'autre part, nos propositions concerne l'élaboration de système de langage approprié à l'écoconception et aux pratiques durables du secteur qui soient à la fois interopérables d'un point de vue juridique, organisationnel, sémantique et technique. Les 2 développements proposés représentent **le premier niveau d'action** à l'échelle macro.

Le section niveau d'action concerne une nouvelle représentation des processus d'écoconception multidisciplinaire et collaborative. Cette représentation peut servir de base de discussion pour intégrer davantage de multidisciplinarité au sein des pratiques du secteur ainsi qu'une nouvelle perspective d'enseignement de l'acte de concevoir et de construire un bâtiment, moins orienté « discipline ».

Le dernier niveau d'action est la proposition d'un **média d'accompagnement à l'écoconception, aboutissement de notre recherche,** qui vise à assurer le suivi depuis les intentions durables lors de la préparation du projet jusqu'à son écoconception. Ce dernier niveau d'action s'articule à l'échelle micro, tout en s'appuyant sur les développements aux échelles méso et macro. Le média tente à la fois de répondre aux usages attendus d'une aide à l'écoconception, d'assurer l'intégration des savoirs dans la modélisation du projet et d'être interactif. L'une des formalisations du média est **une interface**, terme volontairement utilisé pour exprimer d'un côté la frontière entre les phases programmation / écoconception. D'un autre côté, l'interface exprime la jonction permettant d'accompagner et de communiquer les savoirs. Selon que l'interface soit utilisée dans une phase ou dans une autre, elle devient tour à tour outil intellectuel, outil cognitif et relais vers des outils techniques. De la même façon, son usage est tantôt spéculatif tantôt descriptif.

Notre travail propose 2 modélisations de l'interface, l'une en tant que mock-up d'interface web, l'autre comme modèle sémantique d'une base de données. L'interface connectée à la base de données est utilisée pour un usage prescriptif. Enfin, notre proposition de pratiques est illustrée à travers l'étude de la biodiversité en écoconception multidisciplinaire et collaborative. Ce choix fait écho à nos réflexions sur le lien entre architecture et Nature, cristallisées dans les premières sections de la thèse.

À travers la proposition du média, notre objectif est de faire circuler les savoirs et d'assurer leur actionnabilité par les acteur·rice·s, de créer un espace coréflexif en amont du projet et de décomplexifier les enjeux de l'écoconception, non pas par la spécialisation ni par une segmentation, méthode propre aux sciences modernes, mais par une approche systémique grâce à une visualisation globale. La visualisation assure l'accessibilité par et pour les acteur·ice·s, une approche multi-acteur·rice·s, déjouant la scientificité des savoirs du développement durable. Nous nous inspirons de ce que Moholy-Nagy nommait ***« voir en relations »***.

> *En d'autres termes, la méthode de fonctionnalisme organique doit passer de la vue à l'intuition pour obtenir un aperçu correct du problème de conception. La vivacité de cette visualisation intérieure est une mesure de l'ingéniosité du designer (…). La capacité unique du génie peut être approchée si seulement sa caractéristique essentielle est appréhendée : l'acte fulgurant de relier des éléments qui n'appartiennent pas manifestement ensemble. […] « si (cette) méthodologie était utilisée de manière générale dans tous les domaines, nous aurions la clé de notre époque – voir tout en relations. (Findeli 1990, p.12-13)*

Les propositions permettent de coconstruire de nouveaux référentiels, situés, visant des artefacts sociotechniques, qui contiennent des techniques sélectionnées en toute connaissance, et qui s'adaptent aux mieux aux pratiques culturelles des usager·e·s (Guy and Moore 2006).

Enfin, si les outils technologiques (interface web, base de données numérique et modèle BIM) présentent des avantages de traçabilité, d'accessibilité et de gestion importante d'informations et de visualisation dynamique, nous tenons à souligner que la toile des pratiques proposées peut se développer en dehors de toute « technologie » avec des outils « low-tech » tel que nous l'avons expérimenté à travers le jeu de la ficelle au sein de la recherche-action. Par là, nous replaçons la technologie pour ce qu'elle est et ce qu'elle doit être : un outil d'aide. Nous prenons en compte ses effets et impacts, non-neutres, sur les organisations de la société.

> *« Pour moi, je crois que l'innovation doit être la réponse, profondément pensée, à un changement de circonstances, et non une chose tolérée pour elle-même » Hassan Fathy*
>
> *Cité par* (Foura 1999, p.98 dans Fathy H., "Construire avec le peuple, Histoire d'un village d'Egypte: Gourna", Sindbad, coll. La Bibliothèque arabe, Hommes et sociétés, Paris, (1970), (1996))

6.2 Limites de la recherche

Appréhender un sujet aussi vaste que la notion systémique de l'écoconception multidisciplinaire et collaborative entraine inévitablement de se confronter à certaines limites. Nous présentons celles qui nous semble majeures et auxquelles nous nous confrontées.

Premièrement, la thèse a été menée par une architecte dont les présupposés sont situés. Bien que notre intention était d'élargir le champ d'investigation, en tenant compte notamment du cycle de vie du projet, de multiples thématiques, la multidisciplinarité reste articulée autour des pratiques conceptuelles. Nous reconnaissons une faible intégration des usager·e·s (dans le sens participatif) dans nos recherches où nous nous sommes concentrée sur la collaboration entre écoconcepteur·rice·s et maitrise d'ouvrage.

Deuxièmement, la réception des collectes de données des 3 méthodes représente une limite de cette recherche qui demande par conséquent de nuancer les résultats. D'un côté, l'enquête en ligne qui visait à réaliser un état des lieux des pratiques à l'échelle européenne a été majoritairement reçue en Belgique (≈80%). Par conséquent, nous ne pouvons affirmer avoir réaliser cet état des lieux. Toutefois, les résultats que nous présentons apportent un éclairage sur les pratiques en Europe occidentale, identifiées comme absentes de la revue de littérature. D'un autre côté, les entretiens ont été menés auprès de 4 architectes wallon·ne·s : la région limitée de l'étude peut représenter une limite au regard des pratiques architecturales belges par exemple. Il en va de même pour le nombre très restreint des entretiens, et ce bien qu'en analyse qualitative, l'on puisse « analyser sans compter ni classer » (Lejeune 2019). L'échantillon et les récurrences de collecte de données peuvent également être soulignés comme limite dans le cas de la recherche-action que nous avons mené dans une unique agence multidisciplinaire. Toutefois, il nous semble que dans le cas de la recherche-action, nous nous sommes confrontées à d'autres limites dont celles imposées par la pandémie.

Troisièmement, les pratiques éconceptuelles proposées, particulièrement celles concernant le médias d'assistance depuis son usage à travers l'interface jusqu'à l'intégration dans le modèle n'ont été testées que partiellement (intégration dans le modèle BIM). Cette limite représente à la fois une contrainte de notre recherche mais également une perspective majeure, permettant de tester par scenarii nos propositions.

6.3 Les perspectives de la recherche

Si notre vaste sujet de recherche a entrainé inévitablement les limites que nous venons de détailler, il a également l'avantage d'ouvrir de nombreuses perspectives pour de futures recherches. Au regard de notre travail de recherche, deux « catégories » de perspectives permettraient de consolider nos résultats.

La première catégorie concerne la réplication, l'approfondissement et l'ouverture de nos collectes de données. Ainsi, l'enquête des pratiques durables et des pratiques BIM mériterait d'être approfondies sur nos résultats et les limites auxquelles nous nous sommes confrontées. Répliquer et élargir le champ d'investigation concernant les entretiens et la recherche-action en agence permettraient de confronter les éléments présentés dans cette thèse.

La seconde catégorie de perspectives concerne la mise en projet de la toile des pratiques que nous proposons :

- à l'échelle macro , coconstruire des espaces de recherche et de travail pour définir un cadre commun et interopérable ;
- à l'échelle méso, « multidisciplinariser » les enseignements en architecture, en science de l'ingénieur·e, en gestion et en construction ;
- enfin, à l'échelle micro, tester le processus proposé pour d'autre thématique liée à l'écoconception, en plus de la biodiversit

BIBLIOGRAPHIE

Akbarieh, Arghavan, Laddu Bhagya Jayasinghe, Danièle Waldmann, et Felix Norman Teferle. 2020. « BIM-based end-of-lifecycle decision making and digital deconstruction: Literature review ». *Sustainability* 12 (7). https://doi.org/10.3390/su12072670.

Akinade, Olugbenga O., Lukumon O. Oyedele, Saheed O. Ajayi, Muhammad Bilal, Hafiz A. Alaka, Hakeem A. Owolabi, et Omolola O. Arawomo. 2018. « Designing out construction waste using BIM technology: Stakeholders' expectations for industry deployment ». *Journal of Cleaner Production*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.022.

Allard-Poesi, Florence, et Véronique Perret. 2003. « La Recherche-Action ». In *Conduire un projet de recherche - Une perspective qualitative*, 85-132. https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/267922259_Conduire_un_projet_de_recherche_-_Une_perspective_qualitative.

Andelin, Mia, Jessica Karhu, et Seppo Junnila. 2015. « Creating Shared Value in a Construction Project – A Case Study ». *Procedia Economics and Finance*. https://doi.org/10.1016/s2212-5671(15)00198-7.

Ariyaratne, Chamindika I., et Alice M. Moncaster. 2014. « Stand-alone calculation tools are not the answer to embodied carbon assessment ». In *Energy Procedia*. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.12.376.

Aziz, Nor Diana, Abdul Hadi Nawawi, et Nor Rima Muhamad Ariff. 2016. « Building Information Modelling (BIM) in Facilities Management: Opportunities to be Considered by Facility Managers ». *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.10.252.

Balionis, Evaldas, Darius Migilinskas, et Rasa Džiugaite-Tumeniene. 2017. « The Multicriteria Assessment of Multi-storey Office Building Energy Performance ». In *Procedia Engineering*. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.021.

Bardin, Laurence. 2013. *L'analyse de contenu*. Édité par Presses Universitaires de France. 2ème éditi. Paris.

Barney, Glaser, et Anselm Strauss. 2017. *La découverte de la théorie ancrée - 2e éd. - Stratégies pour la recherche qualitative: Stratégies pour la recherche qualitative*. Édité par Armand Colin (14 juin 2017). 2ème éditi.

Barras, Charlotte. 2021. « Le contrat de « bouwteam » au regard de la loi belge du 20 février 1939 sur la protection du titre et de la profession d ' architecte Charlotte BARRAS ». Université de Liège.

Baudoux, Gaëlle, Xaviera Calixte, et Pierre Leclercq. 2022. « Transition between architectural ideation and BIM »: In *eCAADe 2022 : Co-creating the Future: Inclusion in and through Design*. Ghent.

Baudoux, Gaëlle, Émilie Vanhove, Samia Ben Rajeb, et Pierre Leclercq. 2022. « De l'idéation au BIM – Identification et caractérisation des informations utiles en phase préliminaire de conception ». In *SHS Web of Conferences*, 147:03001. EDP Sciences. https://doi.org/10.1051/shsconf/202214703001.

BBSM, et VUB Architectural Engineering. 2019. *Concevoir la transition vers l'économie circulaire -*

Le bâti, un environnement dynamique. Brussels. https://www.vub.be/arch/files/dynamic_environment/VUB Architectural Engineering - Environnement Dynamique %282019.12%29.pdf.

Béguin, Pascal. 2004. « Mondes, monde commun et versions des mondes ». *Bulletin de psychologie* 57 (1): 45-48.

BenRajeb, Samia, et Pierre Leclercq. 2016. « Analysis of Collaborative Design through Action Research : Methodology and Tools ». *International Journal on Advances in Intelligent Systems* 9 (1): 199-212.

Bertoldi, Paolo, Jacob Kihila, André F.P.Lucena, Érika Mata, Sebastian Mirasgedis, Aleksandra Novikova, et Yamina Saheb. 2022. « WG III contribution to the Sixth Assessment Report - CHAPTER 9 ». https://report.ipcc.ch/ar6wg3/pdf/IPCC_AR6_WGIII_FinalDraft_Chapter09.pdf.

Boidin, Bruno, et Sandrine Rousseau. 2011. « Quelle transition vers un capitalisme soutenable ? Limites des actions volontaires et rôle des acteurs publics ». *Revue Française de Socio-Économie* 2 (8): 187-204. https://doi.org/10.3917/rfse.008.0187.

Boje, Calin, Veronika Bolshakova, Annie Guerriero, Sylvain Kubicki, et Gilles Halin. 2020. « Ontology assisted collaboration sessions on 4D BIM Calin Boje , Veronika Bolshakova , Annie Guerriero , Sylvain Kubicki , Gilles To cite this version : HAL Id : hal-02555769 ».

Bolpagni, Marzia. 2016. « BIM ThinkSpace : les nombreux visages de « LOD » ». 2016. https://www.bimthinkspace.com/2016/07/the-many-faces-of-lod.html.

Bolpagni, Marzia, Frédéric Bosché, Aurélie de Boissieu, Arghavan Akbarieh, Conor Shaw, Pedro Mêda, Raido Puust, Milena Medineckiene, Vladimir Popov, et Rafael Sacks. 2022. « An explorative analysis of european standards on building information modelling ». *Proceedings of the 2022 European Conference on Computing in Construction* 3 (July). https://doi.org/10.35490/ec3.2022.170.

Bolpagni, Marzia, et Angelo Luigi Camillo Ciribini. 2016. « The Information Modeling and the Progression of Data-Driven Projects ». In *Building up business operations and their logic. Shaping materials and technologies*, 296-307. TUT – Tampere University of Technology: TUT – Tampere University of Technology. http://www.bimthinkspace.com/2016/07/the-many-faces-of-lod.html.

Bolshakova, Veronika, Annie Guerriero, et Gilles Halin. 2020. « Identifying stakeholders' roles and relevant project documents for 4D-based collaborative decision making ». *Frontiers of Engineering Management* 7 (1): 104-18. https://doi.org/10.1007/s42524-019-0041-4.

Bonnet, Frédéric, Stéphane Bonzani, et Chris Younès. 2012. « Ville-nature et architectures des milieux ». *Les Cahiers de la recherche architecturale et urbaine*, nº 26/27: 182-91. https://doi.org/10.4000/crau.574.

Brandt Kate, Yeoman Robin Sukhdev Ashima Vol Julia. 2020. « Cities in the circular economy : the roe of digital technology ». https://emf.thirdlight.com/link/41iwzsqtagzz-dhmjn3/@/preview/1?o.

Bruce-Hyrkäs, Tytti, Panu Pasanen, et Rodrigo Castro. 2018. « Overview of Whole Building Life-Cycle Assessment for Green Building Certification and Ecodesign through Industry Surveys and Interviews ». In *Procedia CIRP*. https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.127.

Calixte, Xaviera. 2021. « Les outils dans l'activité collective médiatisée en conception : traçabilité des usages au sein du processus de conception architecturale ». Université de Liège; Université Libre de Bruxelles.

Carbou, Guillaume. 2019. « En finir avec la confusion entre écologie et environnementalisme ». *Libération*. https://www.liberation.fr/auteur/18471-guillaume-carbou.

Carpo, Mario. 2013. *The digital turn in architecture 1992 - 2012*. Édité par Wiley. First.

Celnik, Olivier, et Eric Lebègue. 2015. *BIM et maquette numérique: pour l'architecture, le bâtiment et la construction*. Édité par Eyrolles. Deuxième.

Chabard, Pierre. 2010. « Antoine Picon. Culture numérique et architecture : une introduction ». *Critique d'art. Actualité internationale de la littérature critique sur l'art contemporain*.

Charef, Rabia. 2022. « Is Circular Economy for the Built Environment a Myth or a Real Opportunity? » *Sustainability* 14 (24). https://doi.org/10.3390/su142416690.

Charef, Rabia, Hafiz Alaka, et Stephen Emmitt. 2018. « Beyond the third dimension of BIM: A systematic review of literature and assessment of professional views ». *Journal of Building Engineering*. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2018.04.028.

Charef, Rabia, Hafiz Alaka, et Eshmaiel Ganjian. 2019. « A BIM-based theoretical framework for the integration of the asset End- of-Life phase ». In *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. Brussels. https://doi.org/doi:10.1088/1755-1315/225/1/012067.

Charef, Rabia, Stephen Emmitt, et Farid Fouchal. 2019. « Building Information Modelling adoption in the European Union : An overview ». *Journal of Building Engineering* 25 (April). https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100777.

Chen, C., W. Härdle, et A. Unwin. 2008. *Handbook of Data Visualization*. Édité par Springer. Berlin, Germany. https://doi.org/10.1007/978-3-540-33037-0.

Choay, Françoise. 1965. *L'urbanisme, utopies et réalités. Une anthologie*. Édité par Editions du Seuil. Fac-Similé. Paris.

Chupin, Jean-pierre. 2014. « Dans l'univers des thèses, un compas théorique ». *Les Cahiers de la recherche architecturale et urbaine* 30/31 Traj: 17-33. https://doi.org/10.4000/crau.370.

Claeys, Damien. 2013. « Architecture & complexité : un modèle systémique du processus de (co)conception qui vise l'architecture ». Louvain-La-Neuve: Université Catholique de Louvain.

Clark, Brett. 2003. « Ebenezer Howard and the marriage of town and country. An Introduction to Howard's Garden Cities of To-morrow (Selections) ». In *Archives of Organizational and Environmental Literature*, 16:87-97. https://doi.org/10.1177/1086026602250258.

Clerc, Denis, et Christophe Fourel. 2010. « André Gorz ou comment entrevoir le postcapitalisme ». *Esprit*, nº 361: 132-45. https://doi.org/10.3917/espri.1001.0132.

Cole, Raymond J. 2005. « Building environmental assessment methods: Redefining intentions and roles ». *Building Research and Information* 33 (5): 455-67. https://doi.org/10.1080/09613210500219063.

Comité technique ICT BIM, et Cluster BIM. s. d. « Matrice des compétences BIM ». https://www.bimportal.be/wp-content/uploads/Matrice_FR.pdf.

Commission européenne. 2017. « Cadre d'interopérabilité européen – Stratégie de mise en oeuvre - Annexe 2 ». Bruxelles, Belgium. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:2c2f2554-0faf-11e7-8a35-01aa75ed71a1.0019.02/DOC_3&format=PDF.

Crotty, Michael. 1998. *THE FOUNDATIONS OF SOCIAL RESEARCH: Meaning and perspective in the research process*. *THE FOUNDATIONS OF SOCIAL RESEARCH: Meaning and perspective in the research process*. 1rst éd. https://doi.org/10.4324/9781003115700.

CRTI-B, et digital building.lu. 2017. « Guide d'application BIM Luxembourg ». Vol. 0. Luxembourg. http://www.digitalbuilding.lu/guide-application-bim.

CSTC, KU Leuven, et D-studio. 2019. « Protocole BIM belge ». Vol. 3. https://bit.ly/2R2By2w.

D'Alfonso, Ernesto, et Danilo Samsa. 2002. *L'architecture, les formes et les styles de l'Antiquité à nos jours*. Édité par Solar (2000).

d'Auria, Viviana, et Hannah le Roux. 2018. « Quand la vie prend le dessus : les interactions entre l'utopie bâtie et l'habiter ». *CLARA* N° 4 (1): 9-28. https://doi.org/10.3917/clara.004.0009.

Dall'Armellina, Luc. 2013. « Voir en relation. Habiter l'information ? » *Études de communication*, n° 41 (décembre): 139-58. https://doi.org/10.4000/edc.5419.

Dautremont, Charlotte. 2022. « Hybridation et réseaux d ' outils de recherche sur la conception architecturale durable : recherche de terrain en période de confinement ». In *Le doctorat : une opportunité de développer la recherche par le projet au sein des agences d'architecture, Les outils opérationnels de la recherche par la pratique*, 1-11. Paris.

Dautremont, Charlotte, Charlélie Dagnelie, et Sylvie Jancart. 2018. « Le BIM6D comme levier pour une architecture circulaire ». *SHS Web of Conferences* 47: 01005. https://doi.org/10.1051/shsconf/20184701005.

Dautremont, Charlotte, Amélie Halbach, et Sylvie Jancart. 2022. « Pratiques BIM et usages du réemploi : inventorier , anticiper tracer et valoriser les éléments de construction ». In , édité par ISTE Group Sciences, 1-38.

Dautremont, Charlotte, et Sylvie Jancart. 2020. « Expérimentation d ' intégration des concepts de circularité en architecture grâce au BIM : modèle d ' apprentissage par le jeu de rôle Mots clefs ». In *6ème édition, 6ème édition*, 1-10. Anglet. http://eduscol.education.fr/sti/si-ens-paris-saclay/ressources_pedagogiques/edubim2020.

Dautremont, Charlotte, Sylvie Jancart, Charlélie Dagnelie, et Adeline Stals. 2019. « Parametric design and BIM, systemic tools for circular architecture ». In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 225. https://doi.org/10.1088/1755-1315/225/1/012071.

Dautremont, Charlotte, Vincent Martin, et Sylvie Jancart. 2020. « Multidisciplinarité en conception architecturale : retour sur deux décennies en agence ». In *SCAN'20 - 9e Séminaire de Conception Architecturale Numérique*, édité par EDP, 82:1-9. Bruxelles: SHS Web of Conferences. https://doi.org/https://doi.org/10.1051/shsconf/20208201001.

de Boissieu, Aurélie. 2020. « Super-utilisateurs ou super-spécialistes ? Cartographie des catalyseurs de la transformation numérique en agence d'architecture ». *Cahiers de la recherche architecturale, urbaine et paysagère* Cahiers de (9|10). https://doi.org/10.4000/craup.5551.

de Boissieu. 2021. « Architecture et pratiques orientées sur les données: Pour un décloisonnement du BIM et du design computationnel ». In *Anticrise architecturale, Analyse d'une discipline immergée dans un monde numérisé*. Louvain-La-Neuve: PUL Presses Universitaires de Louvain.

de Boissieu, Aurelie. 2022. « Introduction to Computational Design: subsets, challenges in practice and emerging roles ». In *Industry 4.0 for the Built Environment*, édité par Springer. New York. https://hdl.handle.net/2268/262318.

Debourdeau, Ariane. 2013. *Les grands textes fondateurs de l'écologie*. Édité par Flammarion (27 avril 2013).

Defays, Aurore, Pierre Leclercq, et Anne-Sophie Nyssen. 2013. « Influence des communications multimodales sur le common ground. Proposition d'une méthodologie d'analyse ». *Interfaces numériques* 2 (3): 591-609. https://doi.org/10.3166/rin.2.591-609.

Delord, Julien. 2003. « L ' extinction d ' espèce Histoire et enjeux éthiques d ' un concept écologique ». Université Paris XII Val-de-Marne.

Delvoie, S., Z. Zhao, F. Michel, et L. Courard. 2019. « Market analysis of recycled sands and aggregates in NorthWest Europe: Drivers and barriers ». *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 225 (1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/225/1/012055.

Deprez, Bernard, Aline Branders, Abdennour Aananaz, Bram De Meester, Stéphane Desmet, Marny Devroey, Daniel; Di Pietrantonio, Sabine Leribaux, et al. 2015. *Architecture passive: Stratégies, expériences et regards croisés en Belgique*. Édité par Sebastian Moreno-Vacca. http://hdl.handle.net/2013/ULB-DIPOT:oai:dipot.ulb.ac.be:2013/272768.

Didelon, Valéry. 2014. « L'empire du BIM », 2014.

Diemer, Arnaud. 2012. « La technologie au coeur du développement durable: Mythe ou réalité ? » *Innovations* 37 (1): 73-94. https://doi.org/10.3917/inno.037.0073.

Docarragal Montero, Hector, et Olivier Jeudy. 2021. « Vers une écologie de l'expérimentation « hors norme » des ressources matérielles en architecture ». *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère* 11: 0-18. https://doi.org/10.4000/craup.7773.

Durmisevic, Elma, Annie Guerriero, Calin Boje, Bruno Domange, et Guido Bosch. 2021. « Development of a conceptual digital deconstruction platform with integrated Reversible BIM to aid decision making and facilitate a circular economy ». *Proc. of the Joint Conference CIB W78-LDAC* 2021 (October): 11-15. https://www.nweurope.eu/projects/project-search/digital-deconstruction/.

Dyball, Robert, et Liesel Carlsson. 2017. « Ellen Swallow Richards Mother of Human Ecology? » *Human ecology review* 23 (2): 17-28. https://www.jstor.org/stable/26367977?sid=primo.

Ellen MacArthur Foundation. 2022a. « Reimagining our buildings and spaces for a circular economy ». 2022. https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/built-environment/overview.

Ellen MacArthur Foundation. 2022b. « The butterfly diagram : visualising the circular economy ». 2022. https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram.

EU BIM Task Group. 2017. « Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector, Strategic action for construction sector performance : driving value, innovation and growth ». http://www.eubim.eu/handbook/.

European Commission. 2020a. « A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe ». Brussels. https://doi.org/10.7312/columbia/9780231167352.003.0015.

European Commission. 2020b. « A Renovation Wave for Europe ». Brussels. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:0638aa1d-0f02-11eb-bc07-01aa75ed71a1.0003.02/DOC_1&format=PDF.

European parliament. 2008. « DIRECTIVE 2008/98/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU

CONSEIL du 19 novembre 2008 relative aux déchets et abrogeant certaines directives ». *Journal officiel de l'Union européenne*. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=EN.

Eurostat. s. d. « Petite et moyennes entreprises (PME) ». Consulté le 5 octobre 2019a. https://ec.europa.eu/eurostat/fr/web/structural-business-statistics/small-and-medium-sized-enterprises.

Eurostat. s. d. « Statistiques structurelles sur les entreprises – vue d'ensemble ». Consulté le 24 janvier 2023b. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Archive:Structural_business_statistics_overview/fr&direction=next&oldid=387027.

Felli, Romain. 2008. *Les deux âmes de l'écologie, une critique du développement durable.* L'Harmattan. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004.

Findeli, Alain. 1990. « Moholy-Nagy's Design Pedagogy in Chicago (1937-46) ». *Design Issues* 7 (1): 4. https://doi.org/10.2307/1511466.

Findeli, Alain, et Anne Coste. 2007. « De la recherche-création à la recherche - projet : un cadre théorique et méthodologique pour la méthodologie pour la recherche architecturale ». *Lieux communs* 10: 139-61. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00978330/file/Findeli_Coste_Layout 1.pdf.

Fiori, Sandra, Ralph Ghoche, et Caroline Maniaque. 2023. « Ce que les mobilisations environnementalistes font à l'architecture : mises en perspectives internationales et historiques ». *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère* 17. https://journals.openedition.org/craup/12335.

Foundation Braillard Architects. 2022. « Transition Workshop 2022 ». Geneva. https://tw.braillard.ch/?pk_vid=d3f49399152f958a16730026279a4e3a.

Foura, Mohamed. 1999. « Le mouvement moderne en architecture. Naissance et déclin du concept de l'architecture autonome », 1-17. http://revue.umc.edu.dz/index.php/a/article/view/1643/1763.

Frankel, Lois, et Martin Racine. 2010. « The Complex Field of Research: for Design, through Design, and about Design ». *International Conference of the Design Research Society*, 1-12. http://www.drs2010.umontreal.ca/data/PDF/043.pdf.

Frosch, Robert, et Nicolas Gallopoulos. 1989. « Strategies for Manufacturing ». *Scientific American* 261: 144-52. https://doi.org/https://doi.org/10.1038/scientificamerican0989-144.

Futas, N., K. Rajput, et R. Schiano-Phan. 2019. « Cradle to Cradle and Whole-Life Carbon assessment - Barriers and opportunities towards a circular economic building sector ». In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 225. https://doi.org/10.1088/1755-1315/225/1/012036.

Gallas, Mohamed-Anis. 2013. « De l'intention à la solution architecturale, proposition d'une méthode d'assistance à la prise en compte de la lumière naturelle durant les phases amont de conception ». Université de Lorraine.

Gobbo, Emilie. 2015. « Déchets de construction, matières à conception. Analyse des stocks et flux de matières dans le cadre des opérations de rénovation énergétique en Région de Bruxelles-Capitale. » Université Catholique de Louvain UCL.

Gonzalez, Liza, Michelle Stallone Brown, et John R Slate. 2008. « Teachers Who Left the Teaching Profession : A Qualitative Understanding ». *The Qualitative Report* 13 (1): 1-11.

http://www.nova.edu/ssss/QR/QR13-1/gonzalez.pdf.

Graeff, Eliot. 2020. « Innovation bio-inspirée: Modélisation d'un processus interdisciplinaire de conception biomimétique outillé et intégration d'un nouvel acteur, le Biomiméticien ». Paris: Hesam Université.

Graves, Guillian. 2022. « Masterclass biomimétisme et HABITAT ». https://www.trakk.be/agenda/trakk-design-masterclass-biomateriaux-n2-le-chanvre-par-romy-di-donato-2-2-2/.

Green Soluce, et France GBC. 2016. « Baromètre de la certification environnementale ». http://www.hqegbc.org/wp-content/uploads/2016/07/BAROMETRE-2016-VERSION-FINALE.pdf.

Groat, Linda, et David Wang. 2013. *Architectural research methods*. 2nd Editio. New Jersey: John Wiley & Sons.

Guattari, Félix. 1989. *Les trois écologies*. Galilée. Paris.

Guillerme, André, Hélène Vacher, et Kinda Fares. 2013. « Le front de l ' industrialisation de la construction. 1915-1920 ». *Les Cahiers de la recherche architecturale et urbaine* 28. https://journals.openedition.org/crau/495.

Guy, Simon, et Steven Moore. 2006. « Sustainable Architecture and the Pluralist Imagination ». *The Journal of Architectural Education*, 15-32. https://stevenamoore.net/.

Halbach, Amélie, et Sylvie Jancart. 2019. « Building for resource recovery through BIM - Interviews with practicing architects ». In *Responsive Cities, disrupting through circular design, IAAC*, 1-8.

Halin, Gilles. 2004. « Modèles et outils pour l ' assistance à la conception Application à la conception architecturale ». Institut National Polytechnique de Lorraine. http://fujiyama.crai.archi.fr/wp-crai/?page_id=37&num_publi=289.

Hamarat, Yaprak. 2020. « Séminaire sur les types de recherches appliquées en design et e architecture ».

Heynen, Hilde. 2002. « Engaging Modernism ». In *Back from Utopia. The Challenge of the Modern Movement*, édité par H-JHeynen, H Henket, 21-32. Rotterdam.

Hochscheid, Elodie. 2021. « Diffusion, adoption et implémentation du BIM dans les agences d'architecture en France ». Université de Lorraine.

Hochscheid, Elodie, et Gilles Halin. 2018a. « BIM implementation in architecture firms : interviews, case studies and action research used to build a method that facilitates implementation of BIM implementation of BIM ». *eCAADe 2018 36th Annual Conference*, n° September.

Hochscheid, Elodie, et Gilles Halin. 2018b. « L'adoption du BIM dans les agences d'architecture en France ». *SHS Web of Conferences*. https://doi.org/10.1051/shsconf/20184701009.

Hochscheid, Elodie, et Gilles Halin. 2019. « Generic and SME-specific factors that influence the BIM adoption process: an overview that highlights gaps in the literature ». *Frontiers of Engineering Management*. https://doi.org/10.1007/s42524-019-0043-2.

Horvat, Miljana, et Marie Claude Dubois. 2012. « Tools and methods for solar design - An overview of IEA SHC Task 41, Subtask B ». In *Energy Procedia*. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.11.125.

Huerdo Fernandez, Maria, et Pauline Dewez. 2019. « Les systèmes de classification et le BIM ».

Bruxelles.

Hugon, Philippe. 2005. « ENVIRONNEMENT ET DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE : LES ENJEUX POSÉS PAR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE Philippe ». *Revue internationale et stratégique* » 4/60: 113-26. https://doi.org/https://doi.org/10.3917/ris.060.0113.

International Standard Organization. 2018. *INTERNATIONAL STANDARD information about buildings and civil building information modelling. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling - Part 1*. Vol. Part 1.

IPBES. 2019. « Le rapport de l'évaluation mondiale de la biodiversité et des services écosystémiques. Résumé à l'intention des décideurs ». Bonn, Germany. https://zenodo.org/record/5906976#.ZEUT53ZByUk.

IPCC. 2022. « IPCC AR6 WGIII- Chapter 1 Introduction and Framing ».

IPCC. 2023. « Synthesis report of the IPCC sixth assement report (AR6) - Summary for Policymakers ». *An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. https://report.ipcc.ch/ar6syr/pdf/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf.

ISA La Cambre, Jean-Louis Genard, et Pablo Lhoas. 2004. *Qui a peur de l'architecture ? Livre blanc de l'architecture contemporaine en Communauté française de Belgique*. Édité par La lettre Volée. Bruxelles, Belgium: Institut supérieur d'Architecture de la Communauté française La Cambre.

Jetlund, Knut, Erling Onstein, et Lizhen Huang. 2020. *IFC schemas in ISO/TC 211 compliant UML for improved interoperability between BIM and GIS*. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. Vol. 9. https://doi.org/10.3390/ijgi9040278.

Kamari, Aliakbar, Rossella Corrao, et Poul Henning Kirkegaard. 2017. « Sustainability focused decision-making in building renovation ». *International Journal of Sustainable Built Environment* 6 (2): 330-50. https://doi.org/10.1016/J.IJSBE.2017.05.001.

Kibert, Charles. 2016. *Sustainable Construction, Green building design and delivery*. Édité par Wiley. *Sustainable Construction - Green Building Design and Delivery*. Fourth edi.

Kibert, Charles J. 2016. « Part I Green Building Foundations ». In *Sustainable Construction, Green building design and delivery*, édité par John Wiley & Sons, 4th éd., 37-126.

Knoth, Katrin, Selamawit Mamo Fufa, et Erlend Seilskjær. 2022. « Barriers, success factors, and perspectives for the reuse of construction products in Norway ». *Journal of Cleaner Production* 337 (février). https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130494.

Koutamanis, Alexander. 2020. « Dimensionality in BIM: Why BIM cannot have more than four dimensions? » *Automation in Construction* 114: 103153. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103153.

Kowaltowski, Doris C.C.K., Vanessa Gomes da Silva, Leticia de O. Neves, Marcella S. Deliberador, Olívia O.de C. Zara, Giseli M. Colleto, et Evandra Ramos Victorio. 2020. « Action research and architectural sustainable design education: a case study in Brazil ». *International Journal of Technology and Design Education* 30 (4): 815-36. https://doi.org/10.1007/s10798-019-09525-5.

Krygiel, Eddy, et Bradley Nies. 2008. *Green BIM : Successful sustainable design with building information modeling*. *Indianalolis: Wiley Publishing, IN*.

Lajus, Pierre. 2009. « Développement durable cherche architecture ». *Le Débat* 155 (3): 187. https://doi.org/10.3917/deba.155.0187.

Larrère, Catherine. 2006. « Éthiques de l'environnement ». *Multitudes* 24/1: 75-84. https://doi.org/https://doi.org/10.3917/mult.024.0075.

Larrère, Raphaël. 2006. « L'écologie industrielle : nouveau paradigme ou slogan à la mode ». *Les ateliers de l'éthique / The Ethics Forum* 1 (2): 103-13. https://doi.org/https://doi.org/10.7202/1044684ar.

Larsen, Tine Steen, Lasse Rohde, Kim Trangbæk Jønsson, Birgit Rasmussen, Rasmus Lund Jensen, Henrik N. Knudsen, Thomas Witterseh, et Gabriel Bekö. 2020. « IEQ-Compass – A tool for holistic evaluation of potential indoor environmental quality ». *Building and Environment* 172. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106707.

Lebègue, Eric, et José Antonio Cuba Segura. 2015. *Conduire un projet de construction à l'aide du BIM*. Édité par Eyrolles Editions et CSTB. Paris.

Lefebvre, Pauline. 2015. « Quand le pragmatisme est invité en architecture : une rencontre placée sous le signe de l'évidence ». *CLARA* N° 3 (1): 15-30. https://doi.org/10.3917/clara.003.0015.

Lejeune, Christophe. 2019a. *Manuel d'analyse qualitative: Analyser sans compter ni classer*. Édité par DE BOECK SUP. 2e éd.

Lesourt, Enzo. 2013. « Réconcilier souveraineté individuelle et vie en société: la société écologiste d'André Gorz et la société conviviale d'Ivan Illich ». *Natures Sciences Societes* 21 (3): 307-14. https://doi.org/10.1051/nss/2013112.

Lhoëst, Donald. 2015. « Is industrial ecology a promising path towards sustainable development of a developing country ? The case of India ». UNIVERSITE CATHOLIQUE DE LOUVAIN.

Loze, Pierre, et Luc Schuiten. 2010. *archiborescence*. Édité par Mardaga. Wavre, Belgique.

Luxembourg, Corinne. 2020. « Séminaire doctoral en architecture : comment pratiquer la recherche ? Méthodologies de recherche-action participative : expériences et tâtonnements à partir de l'expérience gennevilloise « La ville côté femmes » ».

Luxembourg, Corinne, et Dalila Messaoudi. 2016. « Projet de recherche-action à Gennevilliers : « La ville côté femmes » ». *Recherches féministes* 29. https://doi.org/https://doi.org/10.7202/1036673ar.

Luxembourg, Corinne, Juliette Morelle, et Danielle Grimont. 2020. « Raisons et récit d'une construction méthologique de recherche-action ». In *Les sens de la ville : Pour un urbanisme de la vie quotidienne*, édité par Le Temps des Cerises, 18-40. Montreuil.

Madec, Philippe. 2021. *Mieux avec moins : architecture et frugalité pour la paix*. Édité par Saint-Mandé : Terre urbaine.

Mandoul, Thierry. 2009. « Mario Carpo, L'architecture à l'âge de l'imprimerie ». *Les Cahiers de la recherche architecturale et urbaine* 24/25. https://doi.org/DOI : https://doi.org/10.4000/crau. 333.

Maniaque, Caroline. 2014. *Go West des architectes au pays de la contre-culture*. Editions Parenthèses.

Maresca, Bruno, et Anne Dujin. 2014. « La transition énergétique à l'épreuve du mode de vie ». *Flux* 96 (2): 10-23. https://doi.org/10.3917/flux.096.0010.

Mercanti Guérin, Maria. 2009. « La netnographie : outil de prospective des métiers, une application aux nouveaux métiers du Web ». *Management & Avenir*. https://doi.org/10.3917/mav.025.0386.

Merschbrock, Christoph, et Alejandro Figueres-Munoz. 2015. « Circumventing Obstacles in Digital Construction Design – A Workaround Theory Perspective ». *Procedia Economics and Finance*. https://doi.org/10.1016/s2212-5671(15)00174-4.

Métral, Jean François, Paul Olry, Marie David, Fanny Chrétien, Philippe Prévost, Nadia Cancian, Nathalie Frère, et Laurence Simonneaux. 2016. « Ruptures ou ajustements provoqués entre pratiques agricoles et enseignement de ces pratiques ». *Formation emploi Revue française de sciences sociales 135*, n° 135 (juillet): 53-74. https://doi.org/10.4000/formationemploi.4856.

Mickovski, Slobodan B. 2019. « BIM awareness, knowledge, and implementation within a multi-disciplinary design consultancy in Scotland ». In *CIB World Building Congress 2019*.

Morceau, Fabien, et Christophe Vignon. 2013. « Désapprendre pour changer de métier - Devenir coach ». *Revue internationale de psychosociologie et de gestion des comportements organisationnels* XIX (47): 125-36. https://doi.org/https://doi.org/10.3917/rips1.047.0125.

Mouton, Lise, Karen Allacker, et Martin Röck. 2023. « Bio-based building material solutions for environmental benefits over conventional construction products – Life cycle assessment of regenerative design strategies (1/2) ». *Energy and Buildings* 282 (mars). https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112767d.

Myttenaere, Kristel de. 2006. « Vers une Architecture Soutenable ». Université Catholique de Louvain (UCLouvain).

Nasereddin, Mohammad, et Andrew Price. 2021. « Addressing the capital cost barrier to sustainable construction ». *Developments in the Built Environment* 7 (May): 100049. https://doi.org/10.1016/j.dibe.2021.100049.

Naville, C., Samia, B. 2016. « La recherche action collaborative : une nouvelle approche pour l ' intégration du BIM ». *34èmes Rencontres de l'AUGC*. https://difusion.ulb.ac.be/vufind/Record/ULB-DIPOT:oai:dipot.ulb.ac.be:2013/317016/Holdings.

NBS. 2018. « National BIM Report 2018 ». https://www.thenbs.com/knowledge/the-national-bim-report-2018.

NBS. 2019. « National BIM Report 2019, The definitive industry update ». *National BIM Report 2019 :The definitive industry update*. https://www.thenbs.com/knowledge/national-bim-report-2019.

Negroni, Barbara de. 2018. « Christopher Stone, Les arbres doivent-ils pouvoir plaider ? Vers la reconnaissance de droits juridiques aux objets naturels, Le passager clandestin, 2017 ». *Cahiers philosophiques* N°153: 131-35. https://www.cairn.info/revue-cahiers-philosophiques-2018-2-page-131.htm.

Neuwels, Julie. 2015. « Architecture, développement et action publique : conjugaison en mutation dans un contexte de recherche de durabilité. Le cas de la Région de Bruxelles-Capitale ». Université Libre de Bruxelles.

Nguyen, Vinh de. 1993. « Compte rendu de (Luc Ferry, Le nouvel ordre écologique. L'arbre, l'animal et l'homme, Paris, Bernard Grasset, 1992, 275 pages.) ». *Philosophiques* 20 (2): 521-24. https://doi.org/https://doi.org/10.7202/027247ar.

Odum, Eugene P. 1976. *Ecologie, un lien entre les sciences naturelles et les sciences humaines (traduction de Ecology)*. Édité par Doins. 2nd ed. Paris.

Office québécois de la langue française. 2011. « Vocabulaire du développement durable ».

http://www.comite21quebec.org/wp-content/uploads/2015/09/glossaire-dev-dur.pdf.

Olawumi, Timothy O., et Daniel W.M. Chan. 2018. « Identifying and prioritizing the benefits of integrating BIM and sustainability practices in construction projects: A Delphi survey of international experts ». *Sustainable Cities and Society* 40 (February): 16-27. https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.03.033.

Organisation internationale de normalisation. 2018. *ISO 19650-1 Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM)*. International.

Oxman, Rivka. 2006. « Theory and design in the first digital age ». *Design Studies* 27 (3): 229-65. https://doi.org/10.1016/j.destud.2005.11.002.

Paquot, Thierry. 2021. « L'écologie comme méthode ». 2021. https://topophile.net/savoir/lecologie-comme-methode/?utm_source=mailpoet&utm_medium=email&utm_campaign=lt36.

Parlement européen. 2021. « Une stratégie européenne pour les matières premières critiques ». https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2021-0468_FR.html.

Patel, Salma. 2015. « The research paradigm – methodology, epistemology and ontology – explained in simple language ». 2015. https://salmapatel.co.uk/academia/the-research-paradigm-methodology-epistemology-and-ontology-explained-in-simple-language/.

Phair, David, et Kerryn Warren. 2021. « Saunders' Research Onion : Explainded Simple - Peeling the onion, layer by layer (with examples) ». 2021. https://gradcoach.com/saunders-research-onion/.

Possoz, Jean-Philippe. 2021. « Penser et faire l'architecture au siècle des limites ». *Dérivations #7*, 168-77. https://hdl.handle.net/2268/258856.

Prévost, Jean, et Édité avec le concours de Chloé Cattan & illustré par Moé Muramatsu. 2022. « Frank Lloyd Wright ou l'architecture usonienne 1/2 ». Topophile savoir. 2022. https://topophile.net/savoir/frank-lloyd-wright-ou-l-architecture-usonienne-1-2/?utm_source=mailpoet&utm_medium=email&utm_campaign=lt43.

Rahla, K. M., L. Bragança, et R. Mateus. 2019. « Obstacles and barriers for measuring building's circularity ». *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 225 (1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/225/1/012058.

Rajeb, Samia Ben. 2011. « Collaboration , coopération ou participation ? » *DNArchi*, 2011. http://dnarchi.fr/culturenumerique/collaboration-cooperation-ou-participation.

Rasmussen, Mai Brink, Anne Nørkjær Gade, et Rasmus Lund Jensen. 2017. « A Knotworking Guideline for Building Projects: Bridging the Gap between Participants ». *International Journal of Engineering Research and Applications*. https://doi.org/10.9790/9622-0706042440.

RIBA. 2019. « RIBA Sustainable outcomes guide ». London. https://www.architecture.com/.../RIBASustainableOutcomesGuide2019pdf.pdf.

RIBA. 2020. « Plan of Work 2020 ». *RIBA Plan of Work 2020, Overview*. London. www.ribaplanofwork.com.

Rippinger, Julien. 2020. « La projection intégrée au Sketchpad III : origine en devenir d'un terrain critique de l'infographie ». *SHS Web of Conferences* 82: 01004.

https://doi.org/10.1051/shsconf/20208201004.

Robertis, Cristina de, Eliane Leplay, Henri Pascal, et Les chercheurs ignorants. 2015. *Les recherches-actions collaboratives, Une révolution de la connaissance*. Édité par Presses de l'EHESP.

Roy, MariPr, et Paul Prévost. 2013. « La recherche-action : origines , caractéristiques et implications de son utilisation dans les sciences de la gestion ». *Recherches qualitatives* 32 (2) (January 2013): 129-51. http://www.recherche-qualitative.qc.ca/documents/files/revue/edition_reguliere/numero32%282%29/32-2-roy-prevost.pdf.

Sachs, Ignacy. 1980. *Stratégies de l'écodéveloppement*. Les éditio. Paris.

Safin, S. 2011. « Processus d'externalisation graphique dans les activités cognitives complexes: le cas de l'esquisse numérique en conception architecturale individuelle et collective ». Université de Liège.

Sattler, Léa. 2018. « L'ère post-BIM – Pour une obsolescence déprogrammée : une étude de cas de deux projets de Frank Gehry en France, de 2008 à 2016 I/III ». DNArchi. 2018. http://dnarchi.fr/experimentations/lere-post-bim-pour-une-obsolescence-deprogrammee-une-etude-de-cas-de-deux-projets-de-frank-gehry-en-france-de-2008-a-2016-i-iii/.

Sattler, Léa, Samir Lamouri, et Robert Pellerin. 2020. « Rétro-BIM ou la question de l'intégration : une revue anachronique ». *SHS Web of Conferences* 82 (December): 02003. https://doi.org/10.1051/shsconf/20208202003.

Schelings, Clementine. 2021. « Renouveau des approches participatives pour la fabrique de la Smart City ». *Poster présenté à la Journée Départementale UEE, Facultés des Sciences Appliquées, Université de Liège*. Université de Liège. https://orbi.uliege.be/handle/2268/222848.

Schlanbusch, Reidun Dahl, Selamawit Mamo Fufa, Tarja Häkkinen, Sirje Vares, Harpa Birgisdottir, et Peter Ylmén. 2016. « Experiences with LCA in the Nordic Building Industry - Challenges, Needs and Solutions ». *Energy Procedia* 96 (1876): 82-93. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.09.106.

Shah, M.M. 2008a. « Sustainable Development ». In *Encyclopedia of Ecology*, édité par Elsevier Science, 3120. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00633-9.

Shah, M M. 2008b. « Sustainable Development ».

Stals, Adeline. 2019. « Pratiques numériques émergentes en conception architecturale dans les bureaux de petite taille - Perceptions et usages de la modélisation paramétrique ».

Steele, James. 2005. *Architecture écologique, une histoire critique*. Édité par Actes Sud.

Terrin, Jean-Jacques. 2009. *Conception collaborative pour innover en architecture : processus, méthodes, outils*. Édité par Paris L'Harmattan.

The American Institute of Architects. 2013. « AIA Document E203-2013 Building Information Modeling and Digital Data Exhibit ». *The American Institute of Architects*. https://www.aiacontracts.org/contract-documents/19026-building-information-modeling-and-digital-data-exhibit [Acedido em Fevereiro 2019].

Thievenaz, Joris. 2019. « La théorie de l'enquête de John Dewey : actualité en sciences de l'éducation et de formation ». *Recherche et Formation*, nº 92: 9-17.

https://doi.org/10.4000/RECHERCHEFORMATION.5596.

Tizot, Jean-yves. 2018. « Ebenezer Howard ' s Garden City Idea and the Ideology of Industrialism ». In *Colloque de la Sfeve : Industrial Desires/56e Congrès de la SAES : Confluence(s)*, 1-20.

Tizot, Jean-Yves. 2018. « Ebenezer Howard's Garden City Idea and the Ideology of Industrialism ». In *Colloque de la Sfeve : Industrial Desires/56e Congrès de la SAES : Confluence(s)*. https://doi.org/https://doi.org/10.4000/cve.3605.

Turk, Žiga. 2020. « Interoperability in construction – Mission impossible? » *Developments in the Built Environment* 4 (June). https://doi.org/10.1016/j.dibe.2020.100018.

Ullah, Kaleem, Irene Lill, et Emlyn Witt. 2019. « An overview of BIM adoption in the construction industry: Benefits and barriers ». In *10th Nordic Conference –Tallinn*, 2:297-303. https://doi.org/10.1108/S2516-285320190000002052.

« UN Sustainable Development Goals in Practice ». s. d.

United Nations. 1987. « Our Common Future. Report of the World Commission on Environment and Development ».

Verjans, Pierre. 2021. « La naissance de la préoccupation écologique dans les années 1960-70 ». janvier 26.

Vinatier, Isabelle, et Joëlle Morrissette. 2015. « Les recherches collaboratives : enjeux et perspectives ». *Carrefours de l'éducation* 39: 137-70. https://www.cairn.info/revue-carrefours-de-l-education-2015-1-page-137.htm.

Vinh-De, Nguyen. 2000. « Qu'est-ce que l'éthique de l'environnement ? » *Horizons philosophiques* 10 (2): 133-35. https://doi.org/https://doi.org/10.7202/802939ar.

Visser, W. 2009. « La conception : De la resolution de problemes a la construction de représentations ». *Presses Universitaires de France | Travail Humain* 72 (1): 61-78. https://doi.org/10.3917/th.721.0061.

Vivien, Franck-Dominique. 2003a. « Jalons pour une histoire de la notion de développement durable ». *Mondes en développement* 121: 1-21. https://doi.org/https://doi.org/10.3917/med.121.0001.

Vivien, Franck-Dominique. 2003b. « Rencontre du troisième type d'écosystème ou quand l'écologie devient industrielle ». *Innovations* 18 (2): 43-57. https://doi.org/10.3917/inno.018.0043.

Weissenstein, Charline. 2012. « Eco-profil : un outil d'assistance à l'éco-conception architecturale ». Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de NANCY. https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01749903/document.

Wøien, Jenny, Ali Hosseini, Ole Jonny Klakegg, Ola Lædre, et Jardar Lohne. 2016. « Partnering Elements' Importance for Success in the Norwegian Construction Industry ». In *Energy Procedia*. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.09.130.

Wolf, Catherine De, Francesco Pomponi, et Alice Moncaster. 2017. « Measuring embodied carbon dioxide equivalent of buildings: A review and critique of current industry practice ». *Energy and Buildings* 140 (avril): 68-80. https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2017.01.075.

WTCB, KU Leuven, et D-studio. 2019. « Plan d'exécution BIM belge ».

Zanni, Maria Angeliki, Robby Soetanto, et Kirti Ruikar. 2014. « Defining the sustainable building

design process: Methods for BIM execution planning in the UK ». *International Journal of Energy Sector Management* 8 (4): 562-87. https://doi.org/10.1108/IJESM-04-2014-0005.

ANNEXE

Les annexes sont disponibles au format PDF sur demande.