

Schéma stratégique multidisciplinaire du bassin versant de la Vesdre

Diagnostic approfondi et multithématique Contributions de la TEAM Vesdre – ULiège

Octobre 2022

Pour citer ce document :

Barcellona-Corte, M., Bianchet, B., Privot, J., Schelings, C., Teller, J., (octobre 2022). *Schéma stratégique multidisciplinaire du bassin versant de la Vesdre. Diagnostic approfondi et multithématique. Contributions de la TEAM Vesdre – ULiège*. Université de Liège.

1. Introduction

A propos du Schéma stratégique

« Marché public de services de réalisation d'un Schéma stratégique multidisciplinaire du bassin versant de la Vesdre »

Procédure ouverte avec publicité européenne

Article 36 de la loi du 17 juin 2016 relative aux marchés publics

Pouvoir adjudicateur

La Région wallonne, représentée par Monsieur Willy BORSUS, Ministre de l'Économie, de la Recherche extérieure, de l'Innovation, du Numérique, de l'Agriculture, de l'Aménagement du Territoire, de l'IFAPME et des Centres de compétence.

Consortium

Studio022PaolaViganò (Milan, Bruxelles)

65 Corso di Porta Ticinese

20123 Milano, IT

+39 02 894 093 58

studiobrussels@studiopaolavigano.eu

+32 2 350 82 26

<http://www.studiopaolavigano.eu/>

TEAM Vesdre - ULiège

Bât. B52/3

Quartier Polytech 1

9 Allée de la découverte

4000 Liège, BE

Yellow Window

Mechelsesteenweg 64 / 701

2018 Antwerp, BE

+32 3 203 53 00

mail@yellowwindow.com

A propos de ce document

Ce document correspond uniquement aux contributions de l'équipe TEAM Vesdre - ULiège issues du diagnostic rédigé en collaboration avec le Studio022PaolaViganò dans le cadre du Schéma stratégique multidisciplinaire du bassin versant de la Vesdre. Le présent document est donc partiel et ne contient que les rapports scientifiques produits par les membres de l'Université de Liège. L'objectif poursuivi est de fournir un support A4 facilement manipulable pour les consulter. Les différents auteurs sont précisés au début de chaque contribution : merci de les citer si vous vous référer à une partie spécifique du rapport.

Table des matières

1. Introduction	2
A propos du Schéma stratégique	2
A propos de ce document	2
Table des matières.....	3
2. Rappel relatif à l'aléa d'inondation	4
a. Carte de l'aléa d'inondation.....	4
b. Zones d'aléa et périodes de retour.....	9
3. Analyse historique de l'évolution du territoire depuis 1840 et contextualisation	13
c. Contextualisation socio-économique des communes du bassin versant	13
d. Évolution de l'urbanisation	25
e. Définition d'unités paysagères et morphologiques.....	40
f. Évolution des zones urbanisées et du tracé des principaux cours d'eau	48
g. Évolution des zones naturelles, paysages forestiers et agricoles.....	66
h. Croisement des analyses d'évolutions des zones urbanisées et naturelles	83
4. Analyse multifactorielle des causes des inondations	89
a. Analyse chronologique des événements de juillet 2021	89
b. Analyse météorologique de l'évènement pluvieux de juillet 2021 et évolution climatique du bassin de la Vesdre.....	124
c. Analyse hydrologique des capacités d'infiltration des sols du bassin versant.....	142
d. Analyse des conditions hydrogéologiques	148
5. Identification des zones sinistrées	158
a. Enrichissement de la modélisation de la zone inondée/inondable.....	158
b. Distribution des zones sinistrées.....	165
6. Identification des dégâts	167
a. Vulnérabilité de la population.....	167
b. Identification des dégâts sociaux et des enjeux médico-sociaux	171
c. Dégâts aux bâtiments privés résidentiels.....	184
d. Dégâts aux bâtiments économiques : les commerces	193
e. Dégâts aux bâtiments économiques : les entreprises	199
f. Dégâts aux bâtiments publics et infrastructures publiques	204
g. Dégâts aux établissements et équipements touristiques	216
h. Dégâts aux biens patrimoniaux	227
i. Dégâts environnementaux et impacts sur les milieux naturels	238
7. Analyse des besoins en reconstruction	245
a. Production de logements.....	245
b. Aménagement des espaces publics	252
c. Accueil d'activités économiques : les commerces	257
d. Accueil d'activités économiques : les entreprises	259
e. Assainissement des sites et sols potentiellement pollués	261
f. Anciens sites d'activités : impacts et remobilisation.....	288
g. Développement des infrastructures vertes.....	301
h. Développement touristique.....	314

2. Rappel relatif à l'aléa d'inondation

a. Carte de l'aléa d'inondation

Auteurs : Clémentine Schelings et Jacques Teller, LEMA, ULiège ; Pierre Archambeau, HECE, ULiège.

i. Introduction

Cette section synthétique vise à introduire la carte de l'aléa d'inondation qui est évoquée à plusieurs reprises dans ce rapport de diagnostic. Les informations reprises ici ne se veulent pas exhaustives, mais permettent de fournir quelques définitions essentielles et de rappeler certains concepts utiles pour la compréhension de l'étude. Le lecteur intéressé pourra consulter plus en détail les références mobilisées pour la rédaction de cette partie du rapport.

ii. Outils cartographiques informant sur les inondations

En Wallonie, différentes cartographies fournissent des informations relatives aux inondations : la carte de l'aléa d'inondation, la carte des zones inondables, la carte des risques d'inondation, la carte des axes de ruissellement concentré (LIDAXES), et la carte de risque de ruissellement diffus (ERRUISSOL) disponibles sur le Géoportail WalOnMap, catalogue Nature et environnement, rubrique Eau (SPW – Inondations en Wallonie, 2021 ; SPW, 2019). La carte d'aléa est la référence légale utilisée par les communes, la région (SPW ARNE et TLPE) et les gestionnaires de cours d'eau pour délivrer les permis et remettre des avis en matière d'inondations (DGO3 & DGO4, 2018).

La première carte de l'aléa d'inondation a été adoptée par le Gouvernement wallon en 2006-2007 dans le cadre du plan de Prévention et de Lutte contre les Inondations et leurs Effets sur les Sinistrés (plan PLUIES) (SPW, 2020). Il s'agit d'un plan de gestion pour l'ensemble pour la Wallonie qui s'applique à l'échelle des bassins versants et suit des principes de multidisciplinarité, d'intégration des dimensions de la politique régionale, de cohérence globale entre les actions et de coordination entre les services des administrations concernées. Le plan PLUIES comporte 5 grands objectifs (traduits en 29 actions) : (1) améliorer la connaissance des risques de crues et d'inondations, (2) diminuer et ralentir le ruissellement des eaux sur le bassin versant, (3) aménager les lits des rivières et des plaines alluviales, (4) diminuer la vulnérabilité dans les zones inondables et (5) améliorer la gestion de crise en cas de catastrophe (Inondations en Wallonie, 2022). Le plan PLUIES vise donc notamment à assurer la prise en compte du risque d'inondations à travers différents outils (cartographiques).

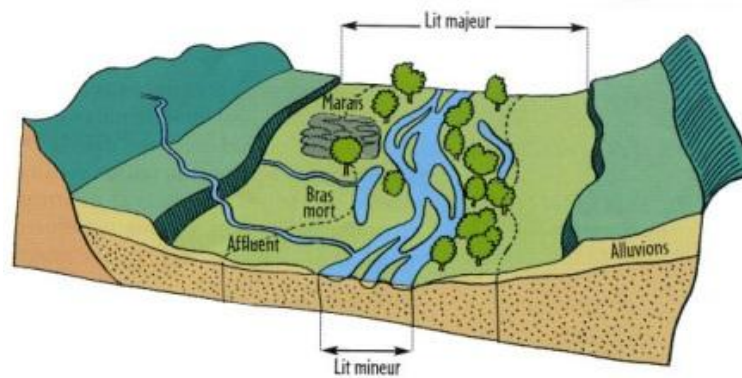
Par définition, le « risque » indique le danger associé au croisement entre un « aléa » et un « enjeu » (SPW ARNE, 2021). L'« aléa » correspond à la probabilité d'occurrence et à l'intensité du phénomène physique qu'est l'inondation ; l'« enjeu » correspond à la vulnérabilité du territoire et en particulier à la présence de bâtiments, de services, d'infrastructures ou d'activités humaines potentiellement touchés par le phénomène (Bruxelles Environnement, 2014).

iii. Construction et révision de la carte d'aléa

Les phénomènes pris en compte

La carte de l'aléa d'inondation considère deux types de phénomènes (SPW, 2020 ; SPW ARNE, 2021) :

1. l'inondation par **débordement** du cours d'eau correspond à la sortie de la rivière hors de son lit mineur (où les eaux s'écoulent en temps normal) et son expansion dans son lit majeur ou plaine d'inondation (partie inondée uniquement en cas de crue). L'inondation par débordement est représentée par des zones d'aléa classées selon la vulnérabilité. On distingue ainsi le lit mineur du lit majeur, définis respectivement comme l'espace habituellement occupé par le cours d'eau et son emprise élargie en cas de crue ;



Lits mineur et majeur du cours d'eau (Bruxelles Environnement, 2018).

2. l'inondation par **ruissellement** des eaux de pluie qui peut avoir lieu de manière diffuse ou concentrée sur l'ensemble du bassin versant est représentée par des axes d'aléa. Ces ruissellements prennent généralement place dans des vallons secs.

Que l'on parle de ruissellement ou de débordement, la cartographie est établie sur base d'une matrice de détermination intégrant deux facteurs principaux : l'importance et la récurrence des inondations (SPW, 2020).

Dans le cas du débordement,

- l'importance de la crue est déterminée sur base de la **submersion**, c'est-à-dire de la hauteur d'eau ($h < 0,3$ m ; $0,3 \text{ m} \leq H < 1,3$ m ; $1,3 \text{ m} \leq H$) ou, si cette donnée n'est pas disponible, sur base de l'étendue de la zone inondée avec attribution forfaitaire de la classe intermédiaire de submersion ;
- la récurrence de la crue est définie selon la **période de retour des débits** (25, 50, 100 ou plus de 100 ans) ou, si cette donnée n'est pas disponible, de la fréquence de l'inondation (fréquente, occasionnelle, rare, très rare).

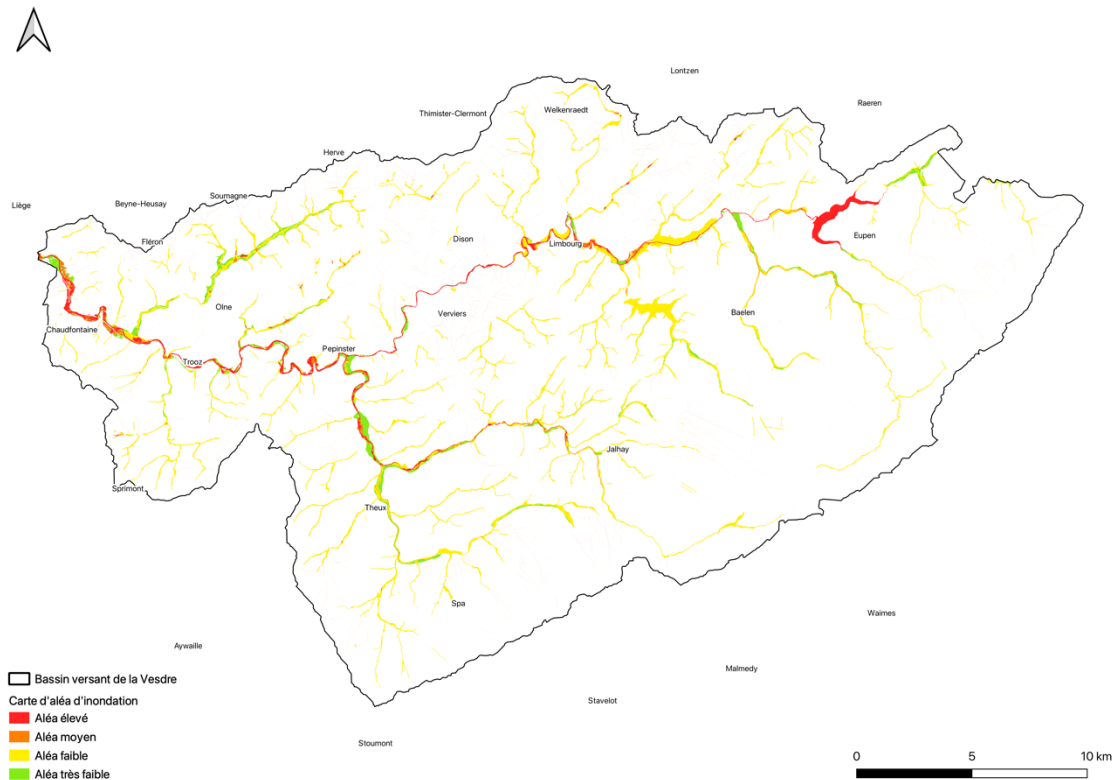
Dans le cas du ruissellement,

- l'importance est déterminée par le **débit de pointe** redistribué le long des axes de concentration ;
- la récurrence correspond au **temps de retour des pluies**.

Les niveaux d'aléa

Dans les deux cas, le croisement de ces deux facteurs permet de définir des niveaux d'aléa. En ce qui concerne les inondations par débordement, on distingue quatre niveaux d'aléa : élevé, moyen, faible et très faible, symbolisés par un code couleur allant de rouge à vert. Plus l'importance et la récurrence de l'inondation sont élevées, plus le niveau d'aléa est grand.

Dans les outils cartographiques, la zone d'aléa très faible (vert) n'est visible qu'à petite échelle, c'est-à-dire à une échelle inférieure au 1/25000^e ; alors que les autres zones d'aléa sont visibles à une échelle détaillée (supérieure à 1/25000^e) (DGO3 & DGO4, 2018). Il est important de préciser que le vert représente donc également un risque et que même les zones sans couleur peuvent être inondées. En Wallonie, un peu moins de 10% du territoire est couvert par la carte d'aléa, mais la totalité du territoire est considérée comme pouvant faire face à des inondations (SPW ARNE, 2021). Par ailleurs, les zones d'aléa ne signifient pas nécessairement que les portions du territoire ont déjà été inondées par le passé, mais qu'elles sont susceptibles de l'être (SPW ARNE, 2021). La correspondance entre le lit majeur et les zones d'aléa n'est pas immédiate. La notion d'aléa est associée à une probabilité, ce qui n'est pas le cas du lit majeur qui est essentiellement de nature géomorphologique.



Carte de l'aléa d'inondations (2021).

Pour les inondations par ruissellement, la cartographie identifie des axes d'inondation par ruissellement dont les mailles sont réparties en trois classes de débit de pointe (faible, moyen ou élevé). Le débit de pointe est le débit maximal d'un bassin versant pour une précipitation donnée (SPW, 2020).

Les données mobilisées

D'un point de vue méthodologique, les zones d'aléa d'inondation par débordement sont construites sur base de plusieurs sources de données (SPW 2021) :

- Des statistiques hydrologiques (QT), c'est-à-dire des débits de crue (Q) associés à différentes périodes de retour (T), issues de séries historiques. Les temps de retour peuvent être de 25 ans (Q25), 50 ans (Q50) ou 100 ans (Q100). Un quatrième débit extrême (QEXT) a été défini et correspond au débit Q100 majoré de 30%. Cette augmentation de 30% a été définie lors du projet européen AMICE (AMICE, 2012) sur base d'une estimation de ce que serait la crue centennale à la fin du siècle en considérant un scénario « humide ».
- Un modèle hydraulique construit sur base de ces statistiques hydrologiques et d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) intégrant les bâtiments. Les données topographiques ont été acquises sur base de vols LIDAR pour le lit majeur et de levés manuels pour le lit mineur. Après calage, le modèle hydraulique permet de simuler les extensions et les hauteurs de submersion pour tous les temps de retour.
- D'autres éléments d'observation de terrain : photos aériennes, relevés de laisses de crues, repères de crues, études des phénomènes karstiques (pertes, sources et vallées sèches ; cf. section 4.c.), témoignages d'habitants relatant leur expérience d'inondations précédentes...
- D'autres données complémentaires en termes hydrogéologique (caractérisation des sols et des alluvions), géologique (sols alluvionnaires de l'holocène) et de stockage (bassins d'orages et zones d'immersion temporaires).

De la même manière, les axes d'aléa d'inondation par ruissellement se basent sur différentes informations (SPW, 2021) :

- Des courbes Intensité – Durée – Fréquence (IDF) de l'IRM qui permettent d'intégrer différents scénarios pluvieux ;
- Le MNT LIDAXES à une résolution de 2 mètres, reprenant les axes de concentration de ruissellement, c'est-à-dire le cheminement préférentiel des eaux, et la surface drainée en fonction de la topographie. Les axes d'aléa sont donc construits sur base des axes de ruissellement, ceux-ci constituant un réseau plus dense et plus précis ;
- Les cartographies des groupes hydrologiques du sol (en fonction de sa capacité d'infiltration), de l'occupation du sol (selon sa couverture et son usage tant naturel qu'anthropique), des petits bassins versants secs et de leurs exutoires ;
- Des modélisations de la relation pluie-débit dans les vallons secs.

La cartographie est mise à jour tous les six ans, la carte actuelle ayant été adoptée en mars 2021 et la prochaine révision étant a priori prévue en 2026. Suite aux inondations de juillet 2021, le MNT n'est plus à jour et les statistiques de débits doivent être revues. Ces éléments, notamment, font l'objet de l'étude hydrologique et hydraulique détaillée menée par le SPW. Quelques hypothèses de travail sont proposées à la section suivante « Zones d'aléa et périodes de retour » afin de réfléchir à la prise en compte des événements de juillet 2021 dans le schéma Vesdre.

L'estimation des débits pour les différentes périodes de retour pour la Vesdre

Comme déjà mentionné, l'aléa d'inondation par débordement est évalué pour les périodes de retour de 25 ans, 50 ans et 100 ans avec un débit « extrême » qui correspond à une augmentation forfaitaire de 30% du débit centennal. Ces débits sont donc le résultat d'un calcul de statistique des extrêmes, en exploitant les meilleures chroniques de débits aux différentes stations de mesures présentes dans le bassin. La méthodologie prévoit d'exploiter les stations avec un historique continu de débit moyen horaire idéalement supérieur à 20 ans qu'elle appartienne au réseau du SPW-MI ou du SPW-ARNE.

L'analyse effectuée prend donc implicitement en compte la présence des deux grands ouvrages de rétention présents dans le bassin de la Vesdre et qui ont une influence significative sur une portion conséquente du réseau hydraulique. Comme ces ouvrages permettent généralement de nettement écrêter les crues, les valeurs mesurées constituent donc plutôt un échantillonnage de valeurs basses en termes de débits. Cela a donc inévitablement une répercussion sur les valeurs théoriques calculées pour les différentes périodes de retour et finalement sur les extensions d'inondation, les hauteurs de submersion et la valeur de l'aléa.

Les effets en termes d'aménagement du territoire

La carte d'aléa d'inondation a différentes implications en aménagement du territoire :

- Au sens du **Code de l'eau**, la carte d'aléa est un outil à valeur indicative qui a fait l'objet d'un rapport d'incidence sur l'environnement, d'une consultation publique et d'une déclaration environnementale.
- Selon le **Code du développement territorial (CoDT)**, un permis concernant des biens immobiliers repris au sein d'une zone d'aléa d'inondation (au sens de l'article D.53 du Code de l'Eau), peut être subordonné à des conditions particulières ou refusé (article D.IV.57 du CoDT). Il est possible de refuser un permis sur base de la carte d'aléa, mais ce n'est en rien automatique, même en zone rouge. Ceci distingue la Région Wallonne des pays voisins (Suisse, France, etc.) où la zone d'aléa élevé est non constructible.
- La **Circulaire Borsus** précise les attentes par rapport aux constructions situées en zones inondées et/ou en zones inondables, en fonction du type et du niveau d'aléa d'inondation considéré.

- Le **Référentiel pour les constructions et aménagements en zone inondable** en cours de finalisation constitue une aide aux concepteurs, à cheval entre un outil d'urbanisme et un guide de construction.
- A noter qu'il n'existe pas en Wallonie de procédures d'audit ou de subside pour encadrer l'adaptation du bâti existant, à la différence de ce qui existe dans le domaine de l'énergie.

iv. Références

AMICE (2012). <http://www.amice-project.eu/fr/>

Bruxelles Environnement, Département Stratégie Eau (2014). Fiche méthodologique - Carte : aléa d'inondation. Thème : Eau. https://environnement.brussels/sites/default/files/user_files/fichemethodo_aleainondation_20140116.pdf

Bruxelles Environnement (2018). Focus : État hydromorphologique des cours d'eau Bruxellois. <https://environnement.brussels/lenvironnement-etat-des-lieux/rapports-sur-letat-de-lenvironnement/synthese-2015-2016/eau-et-17>

Circulaire relative à la constructibilité en zone inondable du Ministre Borsus, 23 décembre 2021.

DGO3 & DGO4 (Mars 2018). Circulaire administrative – Prise en compte des risques d'inondations dans la délivrance de permis.

Inondations en Wallonie (2022). Historique – Plan P.LU.I.E.S. <https://inondations.wallonie.be/home/directive-inondation/historique—plan-pluies.html>

SPW (2019). Vademecum - Risque naturel d'inondation par ruissellement concentré. Les avis sur permis et autorisations en zone à risque. Informations à l'attention des communes. SPW Éditions, Guides Méthodologiques. https://www.giser.be/wp-content/uploads/2019/03/Broch.-AvisPermis_InfosCommunes_GISER_WEB.pdf

SPW (2020). Notice méthodologique d'élaboration des cartographies des zones soumises à l'aléa d'inondation et des risques de dommages dus aux inondations.

SPW ARNE (2021). Ma commune face aux inondations et coulées boueuses. ISBN : 978-2-8056-0355-6.

SPW – Inondations en Wallonie (2021). *Carte de l'aléa d'inondation*. Inondations en Wallonie. <https://inondations.wallonie.be/home/urbanisme/cartes-inondations/carte-alea-inondation.html>

b. Zones d'aléa et périodes de retour

Auteurs : Pierre Archambeau, Benjamin Dewals, Sébastien Erpicum et Michel Piroton, HECE, ULiège ; Jacques Teller et Clémentine Schelings, LEMA, ULiège.

i. Introduction

Les inondations de juillet 2021 sont caractérisées par des débits (Q) et des temps de retour (T) extrêmes. Nous verrons dans le cadre de la section 4.b. que ce type d'évènement extrême sera plus fréquent à l'avenir, en raison du changement climatique.

La période de retour des précipitations de juillet 2021 avait été estimée à plus de 200 ans dans le cadre du rapport Stucky, sans qu'il ne soit possible de préciser, à ce moment et dans le délai imparti, la probabilité d'un tel évènement de manière plus précise. Malgré son caractère exceptionnel, il convient aujourd'hui de voir s'il est opportun, et si oui comment, de tenir compte de cette occurrence dans le cadre de l'analyse de probabilité de potentiels futurs événements.

A la demande du Groupe Transversal Inondations (GTI), un groupe de travail « Statistiques » a dès lors été formé afin de proposer une révision des débits associés à différentes périodes de retour. Le groupe de travail se compose d'universités, du SPW (MI, ARNE et CRC), des Provinces et du CSR.

Il s'est rapidement avéré nécessaire de comparer différentes méthodes d'analyse fréquentielle des débits afin d'intégrer dans l'analyse statistique la crue exceptionnelle observée en juillet 2021. Cette analyse ne pouvait se faire de manière isolée, pour un bassin versant spécifique. La méthode statistique adoptée devait en effet pouvoir être appliquée, à l'échéance de la prochaine révision des cartes, à l'ensemble de la Wallonie, de manière à mettre à jour les débits associés à différentes périodes de retour, selon une approche consistante et rigoureuse sur l'ensemble du territoire.

Compte tenu des réflexions en cours dans le cadre du Master Plan sur le bassin versant de la Vesdre, il a été demandé à ce groupe de prioriser ses travaux sur ce premier bassin.

Ainsi, à courte échéance, les premiers travaux ont visé à refaire des analyses statistiques aux différentes stations pour fournir des valeurs actualisées pour les modélisations hydrauliques. Ces valeurs constituent les résultats d'une première approche pragmatique, sans préjuger des valeurs définitives qui seront à la base de la prochaine révision des cartes d'aléa d'inondation.

Cette section s'appuie sur plusieurs documents produits par ce groupe de travail afin de déterminer les débits statistiques pour la Vesdre :

- Le premier rapport intermédiaire du HECE présenté au GTI le 25 mars 2022 ;
- Les analyses statistiques hydrologiques de la Vesdre réalisées pour quatre stations : la Hoëgne à Theux (L5860), la Vesdre à Verviers (L7150), la Vesdre à Chaudfontaine (S6228) et la Vesdre à Eupen en aval de la Helle (S6387).

ii. Méthodologie

Les débits de pointe n'ont pu être mesurés sur la Vesdre en raison de la mise hors service d'une série d'appareils de mesure. Ces débits de pointe devaient être « reconstitués » avant de pouvoir être intégrés dans l'analyse statistique. Le GTI a entériné l'idée de prendre pour valeurs de juillet 2021 dans l'analyse statistique les débits de pointe obtenus par une modélisation hydrologique et hydraulique de l'évènement menée avec la suite logicielle WOLF du HECE.

Différentes lois statistiques ont été appliquées et testées (Normal, LogNormal, Exponentiel, Gumbel, Weibul, Gamma, Gamma Inverse, GEV, (log-)Pearson). Des tests statistiques ainsi que des analyses graphiques ont ensuite permis de déterminer la loi de régression la plus adaptée pour tenir compte de l'ensemble de l'historique des événements.

L'analyse a été menée en traitant les données «été» et «hiver» comme deux distributions statistiques différentes, de manière à consolider l'ajustement, l'hypothèse d'unicité de distribution (hypothèse de cohérence) n'étant pas toujours vérifiée avec l'approche annuelle. Les deux séries statistiques ont par la suite été fusionnées pour estimer une probabilité annuelle agrégeant les deux saisons.

La question de l'influence des barrages sur les mesures et ainsi sur l'homogénéité des échantillons à la base des calculs statistiques a été investiguée. Elle a conduit à générer des échantillons aux différentes stations de la Vesdre dans deux cas extrêmes : celui de barrages retenant tous les débits provenant de leur bassin amont (appelé approche «débit écrêté») et celui de barrages ne retenant rien (appelé «débit naturel»). La situation réelle est intermédiaire, avec des stations par ailleurs d'autant moins influencées par les ouvrages qu'on s'en écarte en progressant vers l'aval. Ainsi, selon la position dans le bassin versant, soit une des deux hypothèses s'est imposée, avec un éventuel glissement d'une situation à l'autre, en fonction des capacités avérées des ouvrages, soit une analyse classique s'est imposée, ce qui est le cas à l'aval du bassin. L'analyse sur le bassin de la Hoëgne, non influencée par des ouvrages régulés, a par ailleurs montré que les valeurs de juillet se maintenaient dans l'intervalle de confiance à 95% de la crue centennale.

Les périodes de retour utilisées dans le cadre de l'analyse sont de 25, 50, 100, 200 et 1000 ans. Le débit associé à une période de retour de 100 ans majoré de 30% (résultat du projet Interreg AMICE, intégrant les effets d'évolution climatique à l'horizon 2070-2100), qui était jusqu'ici utilisé pour analyser le niveau d'alea très faible n'a pas été retenu. Ce débit, considéré jusqu'ici comme une hypothèse «pessimiste», a été largement dépassé en juillet 2021. Il est par ailleurs peu lisible pour les acteurs de terrain, dans la mesure où il ne correspond ni à une probabilité statistique, ni à une valeur observée empiriquement. Le débit extrême Q1000 sert déjà de référence pour dimensionner certains ouvrages. Il sert de référence au Royaume-Uni dans le cadre de la PPS25, relative à la gestion du risque d'inondation dans le cadre de l'aménagement du territoire (DCLG, 2009 ; LEMA, 2022).

iii. Résultats principaux issus des analyses statistiques

Les résultats des analyses statistiques sont synthétisés dans les Tableaux 1 et 2. Les chiffres obtenus sont des données de travail, qui sont utilisées dans le cadre du Schéma Stratégique, mais qui n'ont aucune valeur officielle et ne seront pas reprises pour établir les nouvelles cartes d'alea. Pour les quatre "*stations du bassin de la Vesdre, les Q100 utilisés en 2007 correspondent au Q25 aujourd'hui obtenus.*" (HECE, 2022b ; cf. valeurs en gras dans le Tableau 1). Au vu des événements de juillet 2021, cela signifie que les zones d'alea publiées en mars 2021 tendent à sous-estimer le niveau de risque observé dans le bassin versant, et plus singulièrement le long de la Vesdre et de la Hoëgne. Cette sous-estimation du risque sur le territoire peut notamment s'expliquer par l'évolution rapide et l'instabilité du climat (cf. section 4.b).

Selon le Tableau 2, la période de retour des débits observés en juillet 2021 se situe entre 270 et 465 ans. Ceci confirme le caractère exceptionnel des précipitations observées et justifie l'intérêt de calculer les débits pour des périodes de retour plus longues que 100 ans. Comme expliqué auparavant, la carte d'alea prend déjà en compte un débit extrême Q100 majoré de 30%, mais cette référence ne correspond pas explicitement à un temps de retour précis qui peut donc varier selon l'endroit où il est considéré (parle-t-on de 200, 500, 1000 ans ?). Dans le cadre de cette étude, le Tableau 1 fournit des débits pour les différentes périodes de retour habituellement considérées (25, 50 et 100 ans) ainsi que pour une période de retour plus longue de 1000 ans.

Ce débit millénial étant forcément plus important que les autres valeurs (tout en pouvant localement concorder avec le $Q_{100} + 30\%$), il correspond à une plus grande zone susceptible d'être inondée dans ces conditions. La prise en compte d'un temps de retour plus important permet donc de visualiser le niveau de risque pour des portions de territoires qui ne sont peut-être pas reprises dans une couleur sur la carte d'aléa, mais qui ne présentent pas pour autant un risque nul d'être inondées (l'ensemble de la Wallonie étant bien reconnue comme sujette aux inondations). Les débits obtenus ici sont donc des indications utiles pour réfléchir à la localisation d'activités très vulnérables aux inondations et améliorer la culture du risque de tous les acteurs sur le territoire (cf. section 6.b), en évaluant et reconnaissant le risque d'inondation associé à des débits calculés pour des périodes de retour plus longues.

Station Distribution choisie Approche choisie	Débits (Q_T)	Résultats de 2022	Modélisation de 2007 = Carte d'aléa
Theux Log-Normale Approche "combinée" (été et hiver)	Q_{25}	130 m³/s	111 m ³ /s
	Q_{50}	160 m ³ /s	122 m ³ /s
	Q_{100}	210 m ³ /s	133 m³/s
	Q_{1000}	380 m ³ /s	
Verviers Gamma inverse Approche "combinée" (été et hiver)	Q_{25}	140 m³/s	115 m ³ /s
	Q_{50}	200 m ³ /s	128 m ³ /s
	Q_{100}	287 m ³ /s	141 m³/s
	Q_{1000}	578 m ³ /s	
Chaufontaine Approche été - Gamma Inverse Approche hiver - Gamma	Q_{25}	250 m³/s	226 m ³ /s
	Q_{50}	339 m ³ /s	241 m ³ /s
	Q_{100}	453 m ³ /s	255 m³/s
	Q_{1000}	1141 m ³ /s	
Eupen Approche annuelle	Q_{25}	85 m³/s	67 m ³ /s
	Q_{50}	117 m ³ /s	76 m ³ /s
	Q_{100}	162 m ³ /s	84 m³/s
	Q_{1000}	477 m ³ /s	

Tableau 1 – Synthèse des débits statistiques obtenus aux quatre stations (données de travail) et comparaison avec les débits actuellement pris en compte par la modélisation de 2007 et dans les cartes d'aléa.

	Theux	Verviers	Chaufontaine	Eupen
Q (juillet 2021)	265 m ³ /s	440 m ³ /s	676 m ³ /s	331 m ³ /s
T	(300-)400 ans	375 ans	270 ans	465 ans

Tableau 2 – Débits et temps de retour associés à l'évènement de juillet 2021 aux quatre stations du bassin de la Vesdre.

iv. Conclusion

- Que ce soit dans le cadre de la procédure d'octroi de permis ou dans le cadre de la rénovation de bâtiments, il convient dès à présent de tenir compte du fait que des zones jaune et orange de la carte d'aléa 2021 sont susceptibles de basculer en zone rouge lors de la prochaine révision des cartes d'aléa.
- Une politique de prudence doit être adoptée tant pour les nouvelles constructions que les rénovations de bâtiments localisés en zone jaune et orange (et a fortiori dans les zones actuellement en rouge).
- Cette prudence doit être particulièrement importante pour tous les bâtiments ouverts au public (administrations communales, halls omnisports, écoles, ...) ainsi que les services critiques (pompiers, police, espaces de refuge, ...).
- Si elle est maintenue, la zone verte d'aléa très faible doit également faire l'objet d'une réflexion quant à sa compréhension par les habitants et les autorités locales.

v. Références

DCLG-Department for Communities and Local Government (2009). « Planning Policy Statement 25: Development and Flood Risk Practice Guide ».

HECE (2022a). Analyse fréquentielle : Station L5860 Theux (Hoëgne).

HECE (2022b). Analyse fréquentielle : Station L7150 Verviers.

HECE (2022c). GT « statistiques » 1er rapport intermédiaire.

HECE (2022d). Statistiques hydrologiques de la Vesdre à Chaudfontaine.

HECE (2022e). Statistiques hydrologiques de la Vesdre à Eupen en aval de la Helle.

LEMA (2022). Élaboration de deux référentiels d'encadrement des permis. Volet 1 – Benchmarking des outils existants.

3. Analyse historique de l'évolution du territoire depuis 1840 et contextualisation

c. Contextualisation socio-économique des communes du bassin versant

Auteurs : Bruno Bianchet et Andy Eme, Lepur, Université de Liège.

i. Introduction

L'objectif de ce volet est de proposer une contextualisation socio-économico-démographique du bassin versant de la Vesdre qui constitue le périmètre d'étude et s'étend sur 25 communes. A travers ce cadrage statistique, il s'agit de mettre en perspective les dynamiques qui structurent le territoire concerné.

ii. Méthodologie

Cet examen repose uniquement sur le traitement de statistiques existantes, complété par l'exploitation de l'une ou l'autre analyse menée dans d'autres cadres de recherche. Il a été mené à trois échelles :

- La commune : données présentées en tableaux repris en annexe. En fonction de la disponibilité des données, celles-ci ont été calculées à l'échelle du bassin versant, au départ des secteurs statistiques, éventuellement via une extrapolation. Les données relatives aux entreprises proviennent de la base de données Belfirst qui identifie les sièges sociaux et non les établissements ;
- Le secteur statistique : données présentées sous forme de cartes dont certaines sont reprises en annexe, au départ des statistiques publiées par Statbel ;
- Le carroyage d'une maille d'un km de côté : ce dernier repose sur la grille GEOSTAT 1 km² utilisée par l'IWEPS (<https://www.iweps.be/wp-content/uploads/2018/02/WP25.pdf>). A cette échelle, outre la densité de population, nous reprenons une typologie de la vocation fonctionnelle du territoire, notamment basée sur le tissu d'entreprises, l'accessibilité, l'accès à la 4G, etc. en 10 catégories qui provient d'une autre étude menée par la Conférence Permanente du Développement Territorial (CPDT) qui en présente la méthodologie (https://cpdt.wallonie.be/sites/default/files/rapport_scientifique_complet.pdf).

iii. Résultats

A l'échelle communale

Le bassin versant totalise 214 123 habitants avec une part du volume communal extrêmement variable sachant que la partie du périmètre sur la commune de Malmedy ne compte pas d'habitant et celle de Waimies 6 seulement (Tableau 3. c.1). A contrario, pour 11 communes, l'entièreté du territoire est concernée. Les entités témoignent de dynamiques démographiques extrêmement diversifiées. Ainsi, durant la dernière décennie, c'est Eupen qui affiche la plus forte croissance absolue : + 1 022 habitants, et Verviers le plus fort déclin : - 580 habitants. L'ensemble du bassin enregistre un gain de 2 999 personnes, soit 2%.

	Population 2021				Évolution population 1978-2021 en %	Évolution population 2001-2021			Évolution population 2011- 2021		
	Total	BV	Part BV	Densité en Hab./km ² de BV		Total en %	BV en %	BV en nbre	Total en %	BV en %	BV en nbre
Beyne-Heusay	11.962	615	5%	408	5%	2%	12%	67	0%	5%	27
Chaufontaine	20.807	10.710	51%	649	8%	1%	4%	407	-1%	-1%	-74
Fléron	16.214	7.810	48%	1.018	7%	2%	1%	91	0%	-1%	-72
Liège	196.296	4.272	2%	1.968	-14%	6%	3%	106	1%	4%	150
Soumagne	17.200	10.406	61%	840	48%	16%	16%	1.441	6%	8%	730
Sprimont	14.932	3.907	26%	176	63%	20%	23%	718	9%	7%	247
Trooz	8.312	8.312	100%	343	9%	9%	9%	697	3%	3%	273
Baelen	4.436	4.436	100%	52	49%	15%	15%	580	4%	4%	188
Dison	15.131	15.127	100%	1.080	2%	7%	7%	1.054	1%	1%	82
Eupen	19.900	19.890	100%	218	15%	13%	13%	2.349	5%	5%	1.022
Herve	17.473	13.313	76%	536	31%	6%	4%	524	2%	2%	258
Jalhay	8.679	8.679	100%	81	79%	14%	14%	1.062	5%	5%	377
Limbouurg	5.867	5.867	100%	238	9%	7%	7%	372	2%	2%	102
Lontzen	5.885	148	3%	249	51%	17%	37%	40	8%	-11%	-19
Malmedy	12.778	0	0%	0	28%	13%	0%	0	5%	0%	0
Olne	4.051	4.051	100%	253	47%	8%	7%	282	6%	6%	238
Pepinster	9.615	9.615	100%	388	6%	3%	3%	284	-1%	-1%	-99
Raeren	10.889	359	3%	17	42%	13%	22%	64	4%	22%	64
Spa	10.122	10.122	100%	254	5%	-2%	-2%	-240	-4%	-4%	-407
Stavelot	7.195	34	0%	55	29%	11%	5%	2	5%	2%	1
Theux	12.011	12.006	100%	144	36%	7%	7%	788	0%	0%	16
Verviers	55.159	55.159	100%	1.668	-3%	5%	5%	2.399	-1%	-1%	-580
Waimes	7.417	6	0%	0	32%	14%	0%	0	5%	0%	0
Welkenraedt	10.175	8.527	84%	429	34%	15%	13%	995	6%	7%	526
Thimister- Clermont	5.642	752	13%	132	60%	7%	-23%	-221	4%	-6%	-51
Total / moyenne BV	508.148	214.123	42%	291	3%	8%	7%	13.861	2%	2%	2.999
Pr. de Liège	1.106.992			287	10%	9%			3%		
Wallonie	3.633.795			216	13%	9%			3%		

Tableau 3. c.1 – Importance et évolution de la population (2020 Statbel). BV = Bassin Versant.

La structure par âges (Tableau 3. c.2) apparaît conforme à celle affichée par la Wallonie, avec de très grands contrastes au sein du bassin versant comme l'illustre la comparaison entre Chaudfontaine (âge moyen 46 ans) et Dison (âge moyen 38 ans et une croissance des moins de 20 ans).

	Age moyen de la population	Part de moins de 20 ans en %	Part de 60 ans et plus en %	Part de 80 ans et plus en %	Part de moins de 20 ans 2001 - 2020 en %	Part de 60 ans et plus 2001 - 2020 en %	Indice de dépendance *
Chaudfontaine	46	20%	33%	9%	-12%	20%	85
Dison	38	29%	20%	4%	1%	-5%	76
Total / moyenne BV	42	23%	26%	5%	-8%	17%	73
Pr. de Liège	42	23%	26%	5%	-5%	9%	72
Wallonie	42	23%	25%	5%	-5%	11%	72

* ((moins de 20 ans + 60 ans et plus/20-59 ans) * 100)

Tableau 3. c.2 – Structure par âges (2020 Statbel).

Le bassin versant totalise 94 371 ménages pour une taille moyenne de 2,27 personnes par ménage, supérieure à la valeur pour l'ensemble communal : 2,15 (fortement impactée par le poids de Liège) (Tableau 3. c.3). Rappelons que cette variable est souvent fortement corrélée à l'urbanité du territoire. Soulignons que 38% des ménages sont des isolés, valeur qui atteint 53% à Liège.

	Nbre ménages	Nbre ménages BV	Evo nbre ménages 2010-2021	Taille moyenne ménages	Taille moyenne ménages BV	% isolés	% avec enfants	Taille ménage Evo 2001 - 2021 en %
Liège	99.698	1.931	38	1,97	2,21	53%	29%	3%
Thimister-Clermont	2.248	308	36	2,51	2,44	27%	45%	-15%
Total / moyenne BV	236.338	94.371	4.707	2,15	2,27	38%*	38%*	-7%
Pr. de Liège	498.475		22.527	2,22		39%	37%	-3%
Wallonie	1.603.634		95.151	2,27		37%	39%	-4%

* moyenne pondérée à l'échelle du bassin versant

Tableau 3. c.3 – Importance et caractéristiques des ménages (2021 Statbel).

Rappelons que les perspectives démographiques tendent logiquement à s'inscrire dans la tendance actuelle et, par exemple, ne peuvent intégrer une volonté politique locale en la matière (Tableau 3. c.4). Le bassin versant devrait connaître d'ici 2035 un gain de 1 086 habitants et de 876 ménages mais avec des situations extrêmement contrastées au sein de celui-ci. Ainsi, Eupen devrait gagner 1 126 habitants et Spa en perdre 862. Notons que cette dernière devrait néanmoins s'accroître de 2 ménages. Ce décalage par rapport à l'évolution des habitants s'explique par le double effet du vieillissement et de la diminution de la taille des ménages qui fait qu'une perte d'habitants peut s'accompagner d'une croissance du nombre de ménages.

	Habitants en 2035	Accroissement 2021 - 2035 BV* en nbre	Accroissement 2020 - 2034 en %	Part de 65 ans et + en 2034	Ménages en 2035	Accroissement 2020 - 2034 BV* en nbre	Accroissement 2020 - 2034 en %
Eupen	21.027	1.126	6%	25	9.784	69	6%
Spa	9.260	-862	-9%	33	4.922	2	-1%
Verviers	54.402	-757	-1%	22	23.767	-43	-4%
Total / moy. BV	515.576	1.086	1%	25	244.532	876	3%
Pr. de Liège	1.143.883	34.816	3%	23	527.227	28.752	6%
Wallonie	3.770.213	122.007	3%	23	1.716.231	112.597	7%

* Extrapolation en fonction du poids démographique de chaque commune

Tableau 3. c.4 – Perspectives démographiques à 2035 suivant l'IWEPS.

Avec 24 236 €/an, le revenu médian par déclaration du bassin versant est supérieur à celui calculé à l'échelle communale (23 054 €/an, Tableau 3. c.5). A nouveau, cette variable met en exergue les fortes disparités territoriales entre Chaudfontaine, commune la mieux nantie, mais avec de forts contrastes internes, et Dison, la plus défavorisée.

	Revenu médian par déclaration	Revenu moyen par habitant	Indice de richesse	Revenu médian BV par déclaration	Evo Rev Moyen/hab 2001-2019
Chaudfontaine	28.146	24.580	129	27.038	70
Dison	20.395	12.623	66	20.395	39
Total / moyenne BV	23.054	17.236	90	24.236	62
Pr. de Liège	23.779	17.720	93		66
Wallonie	23.942	17.949	94		66

Tableau 3. c.5 – Les revenus 2019 (Statbel).

La situation de la population vis-à-vis du marché de l'emploi témoigne également d'importants contrastes avec un taux d'emploi moyen de 57% et un taux de chômage administratif de 14% (Tableau 3. c.6).

	Taux d'activité	Taux d'emploi	Taux de chômage administratif	Taux de chômage Evo 2010 - 2019	Taux de chômage 15-24 ans
Jalhay	75	70	6	-36	14
Verviers	66	51	22	-10	33
Total / moyenne BV	68	57	14*	-15*	24*
Pr. de Liège	69	59	14	-20	27
Wallonie	69	60	13	-24	28

* Moyenne pondérée en fonction du poids de chaque commune.

Tableau 3. c.6 – La population active 2019 (Steenpunt).

Le bassin versant totalise 71 823 emplois dont 13% d'indépendants à titre principal et une croissance de l'emploi sur les 20 dernières années de 8%, nettement inférieure à la moyenne régionale (Tableau 3. c.7). Certaines communes comme Eupen ou Thimister-Clermont présentent un profil très laboristique avec un ratio emplois / habitants très élevé alors que d'autres apparaissent davantage comme des « communes dortoirs » comme Beyne-Heusay ou Trooz.

	Emploi Total / moyenne BV	Emploi Total / moyenne BV*	Part indépendants en %	Ratio emplois intérieur / 100 hab.	Evo salariés 2001 - 2020	Evo indépendants 2001 - 2020	Evo emploi Total / moyenne BV 2001 - 2020
Beyne-Heusay	1.623	83	31%	21	-4	14	1
Trooz	1.428	1.428	33%	26	7	22	12
Eupen	11.322	11.316	8%	90	5	1	5
Thimister-Clermont	3.752	500	15%	98	186	39	148
Total / moyenne BV	203.229	71.823	13%	62	8**	10**	8**
Pr. de Liège	389.015		14%	55	13	16	14
Wallonie	1.257.478		16%	54	18	22	18

* Extrapolation en fonction du poids démographique de chaque commune.

** Moyenne pondérée en fonction du poids de chaque commune.

Tableau 3. c.7 – L'emploi 2020 (ONSS & INASTI).

Le bassin versant totalise 6 247 entreprises ou, plus précisément, sièges sociaux, dont 1 300 pour la seule entité de Verviers (Tableau 3. c.8). Toutefois, les parties des communes de Malmedy et Waimes reprises dans le périmètre ne comptent pas d'entreprise. Avec 37%, c'est de loin le secteur des services marchands qui est le plus présent, suivi des services non marchands et de la construction (Figure 3. c.1).

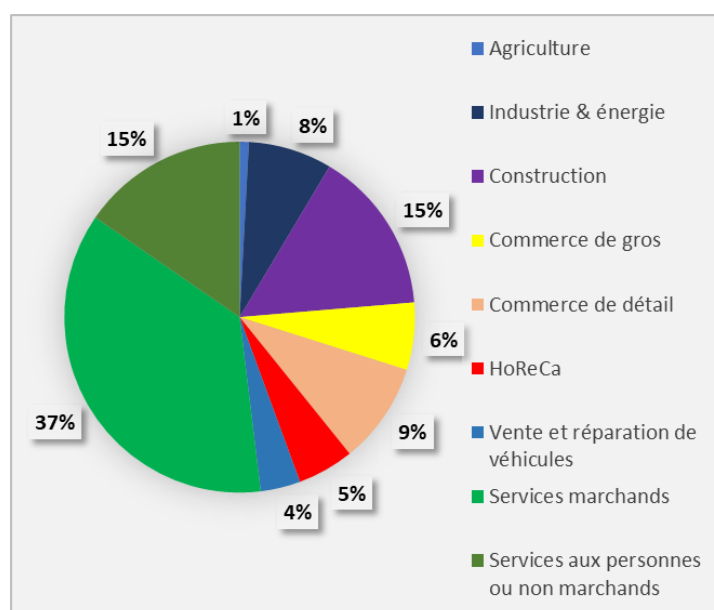
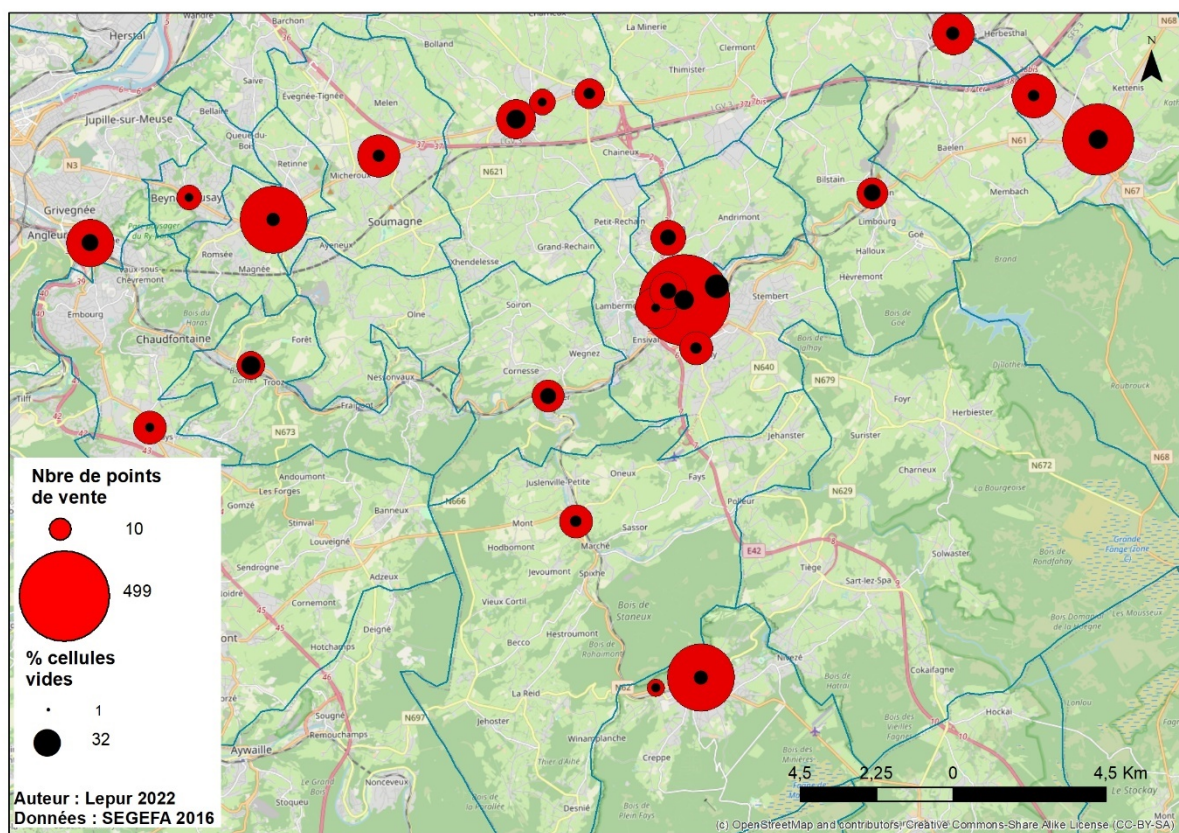


Figure 3. c.1 – Répartition des sièges sociaux par secteur d'activité (2020 – Belfirst).

	Agriculture	Industrie & énergie	Construction	Commerce de gros	Commerce de détail	HoReCa	Vente et réparation de véhicules	Services marchands	Services aux personnes ou non marchands	Total général
Beyne-Heusay		2	2	1	2		2	10	5	24
Chaufontaine		25	59	13	43	23	10	197	100	470
Fléron	1	12	30	12	23	13	9	71	38	209
Liège		5	10	7	13	4	1	24	10	74
Soumagne	2	13	52	12	11	8	5	69	39	211
Sprimont	2	10	17	9	10	4	4	88	38	182
Trooz	1	20	44	10	15	8	8	96	39	241
Baelen	1	12	41	12	19	3	10	35	9	142
Dison		32	47	21	23	4	15	56	26	224
Eupen	5	58	64	67	53	40	28	283	80	678
Herve	5	39	92	34	47	24	19	197	68	525
Jalhay	7	5	67	22	27	30	9	105	56	328
Limbouurg	3	24	22	8	10	5	4	55	18	149
Lontzen		1	1		2		2	3	2	11
Olne	3	13	16	4	7	1	2	60	20	126
Pepinster	2	20	39	13	11	16	10	69	28	208
Raeren			1		1					2
Spa	5	11	28	14	35	46	6	99	56	300
Stavelot			2	1		1			2	6
Theux	7	34	76	19	44	22	13	162	60	437
Verviers	7	104	160	73	157	61	55	458	225	1.300
Welkenraedt		19	50	23	26	10	11	110	38	287
Thimister-Clermont	2	24	22	13	4	2	6	36	4	113
Total BV	53	483	942	388	583	325	229	2.283	961	6.247

Tableau 3. c.8 – Les entreprises (sièges sociaux) 2020 (Belfirst).

La Carte 3. c.1 de la dynamique commerciale est réalisée à l'échelle des nodules, c'est-à-dire des concentrations commerciales. Elle illustre bien la diversité des contextes socio-économiques, y compris au sein de la zone directement touchée par l'inondation. En effet, si le noyau le plus important est bien celui du centre de Verviers, c'est également un des plus fragilisés avec un taux de cellules vides qui s'approche des 30%. Toutefois, celui-ci est complété, notamment, par le nodule péricentral constitué du parc commercial de Crescend'eau -et l'axe de Gerardchamps qui témoigne d'une dynamique commerciale satisfaisante, bénéficiant d'un important potentiel démographique et d'une bonne accessibilité automobile. Toujours au sein de la zone inondée, le deuxième nodule en nombre de points de vente est le centre d'Eupen avec plus de 300 commerces et un taux de cellules vides qui dépasse largement les 20%, révélateur d'une certaine fragilité économique, notamment vu la concurrence de Route de Herbesthal qui compte plus de 110 points de vente pour une surface totale d'environ 50 000 m², soit plus du double du centre-ville. Le troisième nodule en importance est celui de Spa qui, avec un taux de cellules d'un peu plus de 10% témoigne d'une certaine vitalité.

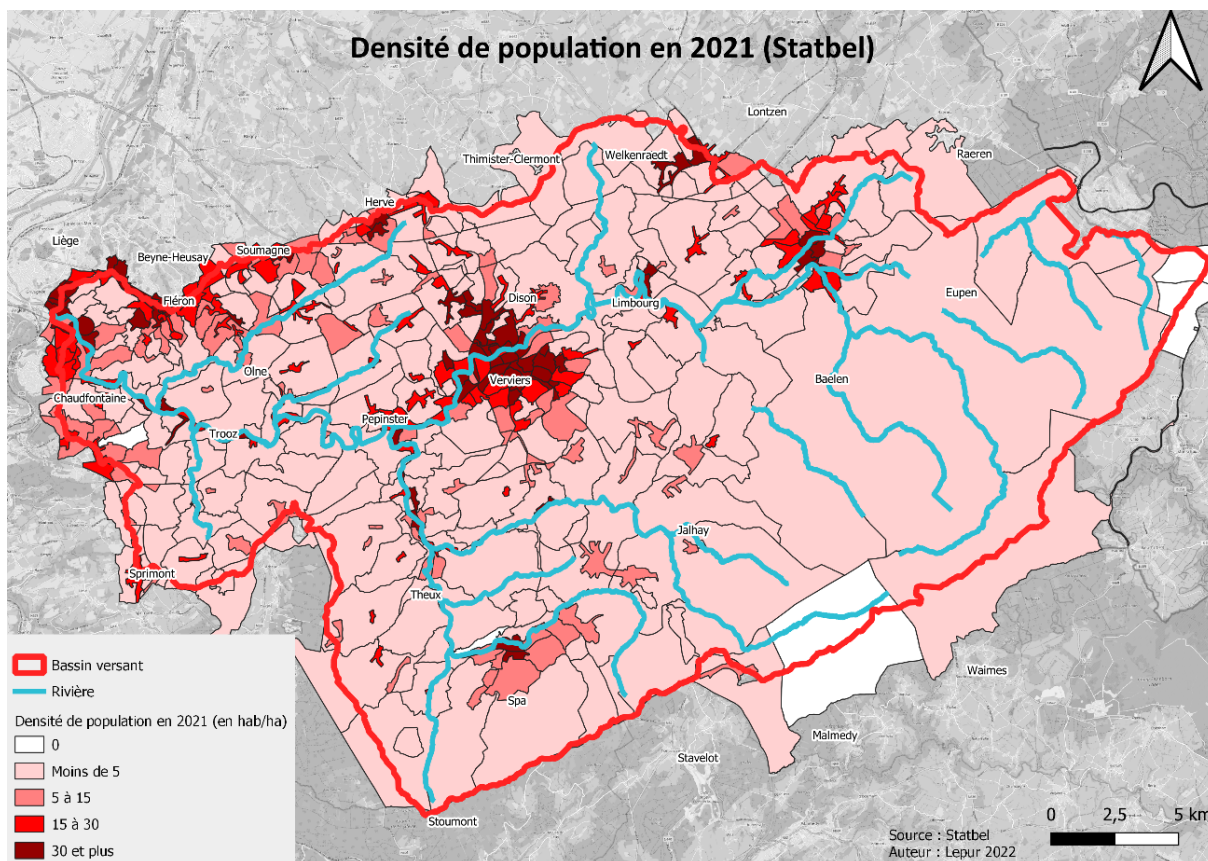


Carte 3. c.1 – Dynamique commerciale (SEGEFA 2016).

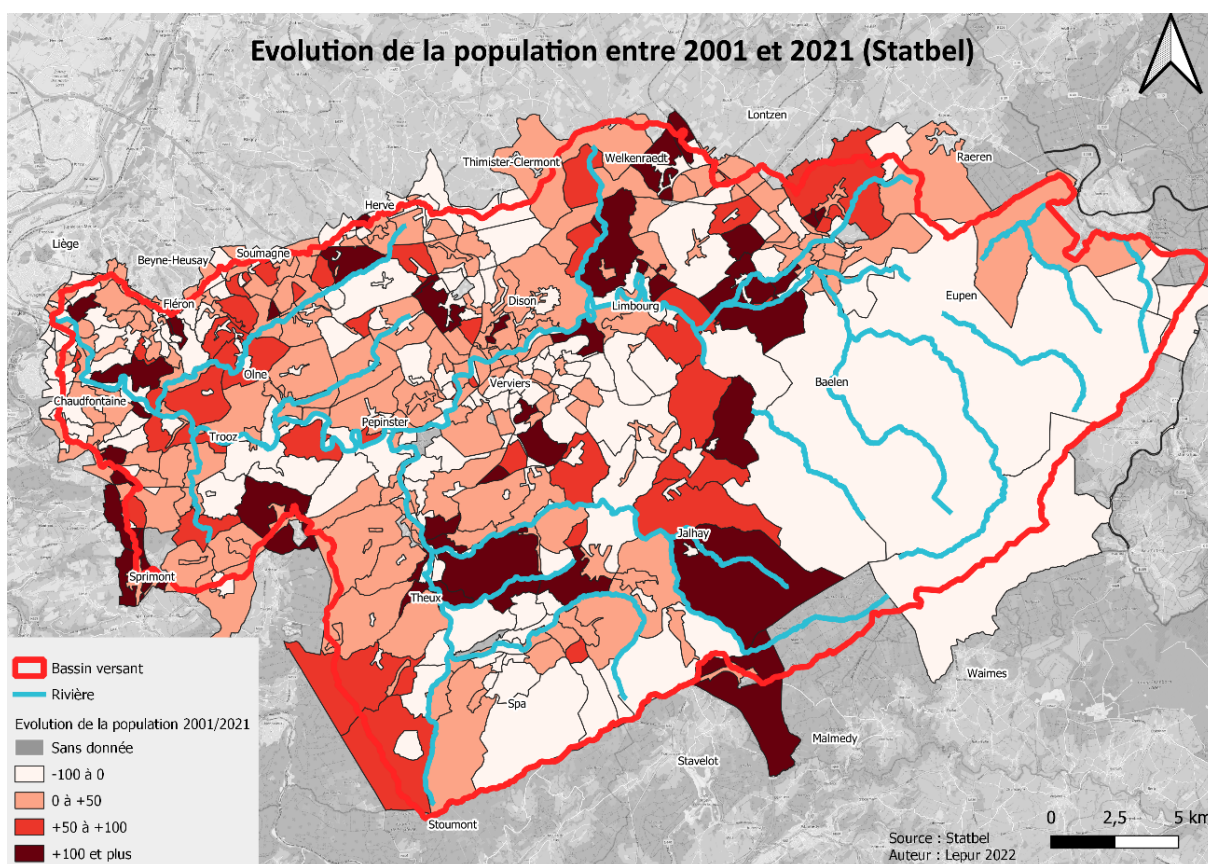
A l'échelle des secteurs statistiques

La Carte 3. c.2 de la densité de population met en évidence les zones fortement urbanisées au niveau de Liège, Verviers et Eupen, ainsi que l'importance des contrastes entre les vallées, les versants et les plateaux. Toutefois, les zones de forte croissance démographique se situent en marge des espaces densément urbanisés, mais, souvent le long des routes nationales, comme l'illustre l'axe de la N 629, entre Limbourg et Jalhay (Carte 3. c.3).

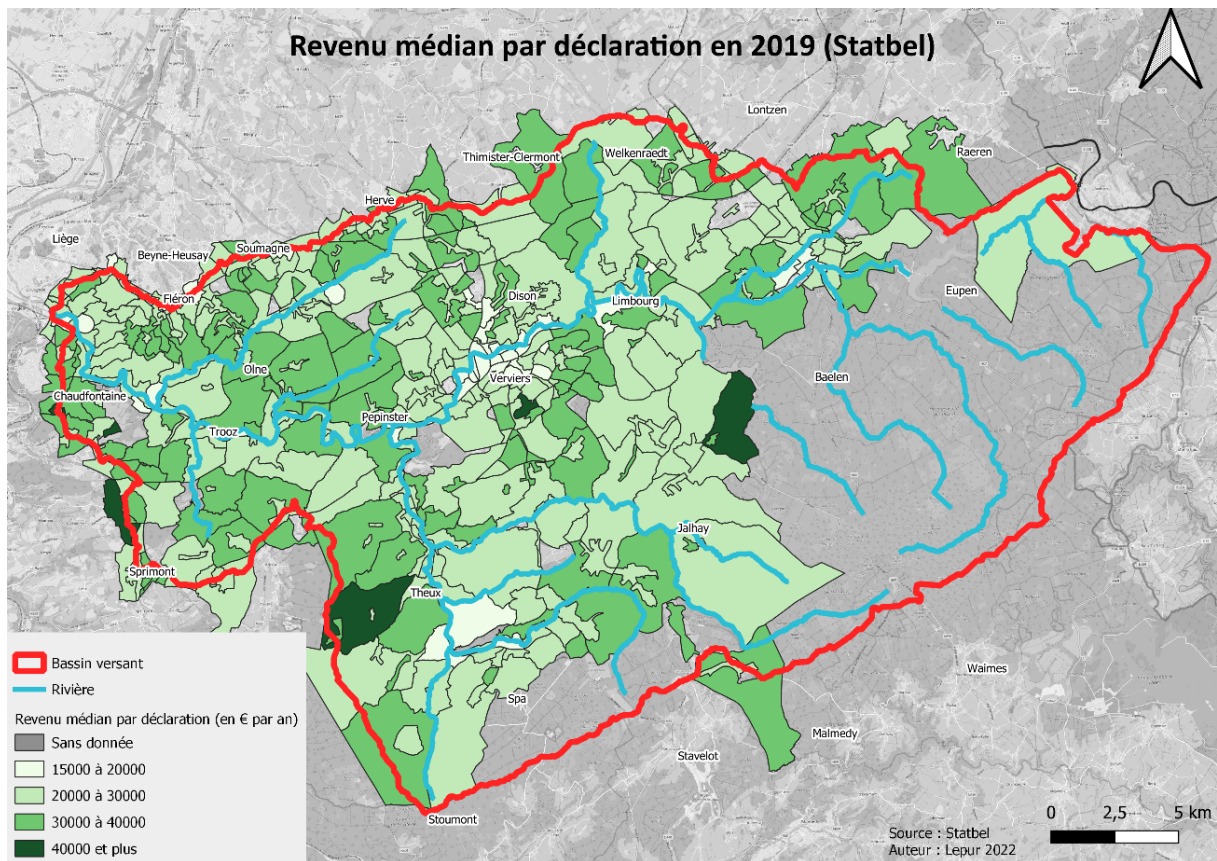
La cartographie du revenu médian (Carte 3. c.4) souligne le faible niveau socio-économique de la vallée de la Vesdre, avec une concentration de la précarité au niveau de Verviers – Dison. Par contre, les plus hauts revenus s'observent sur les versants et plateaux, en-dehors des zones urbanisées, comme en témoignent Olne ou Jalhay.



Carte 3. c.2 – Densité de population par secteur statistique (Statbel 2021).



Carte 3. c.3 – Évolution de la population en nombre d'habitants entre 2001 et 2021 (Statbel).



Carte 3. c.4 – Revenu médian par déclaration fiscale (Statbel 2019).

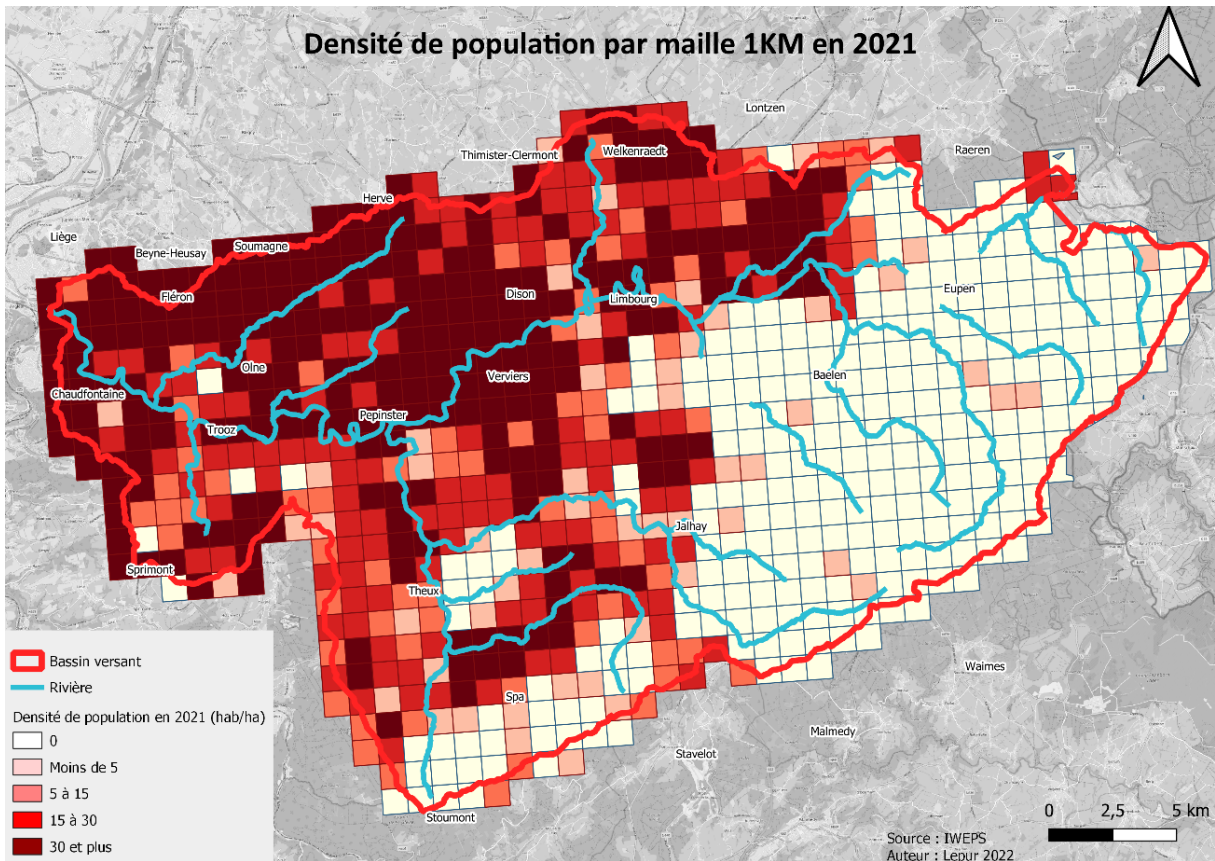
A l'échelle des mailles

La cartographie de la densité de population par maille (Carte 3. c.5) met bien en exergue les grands couloirs d'urbanisation du bassin versant que sont, d'une part, les vallées de la Vesdre et la Hoëgne, couloir historique lié à l'industrialisation du XIX^{ème} siècle et, d'autre part, le couloir de la N3, sur le plateau hervien, témoin des périurbanisations liégeoise et verviétoise, tant des habitants que des activités économiques.

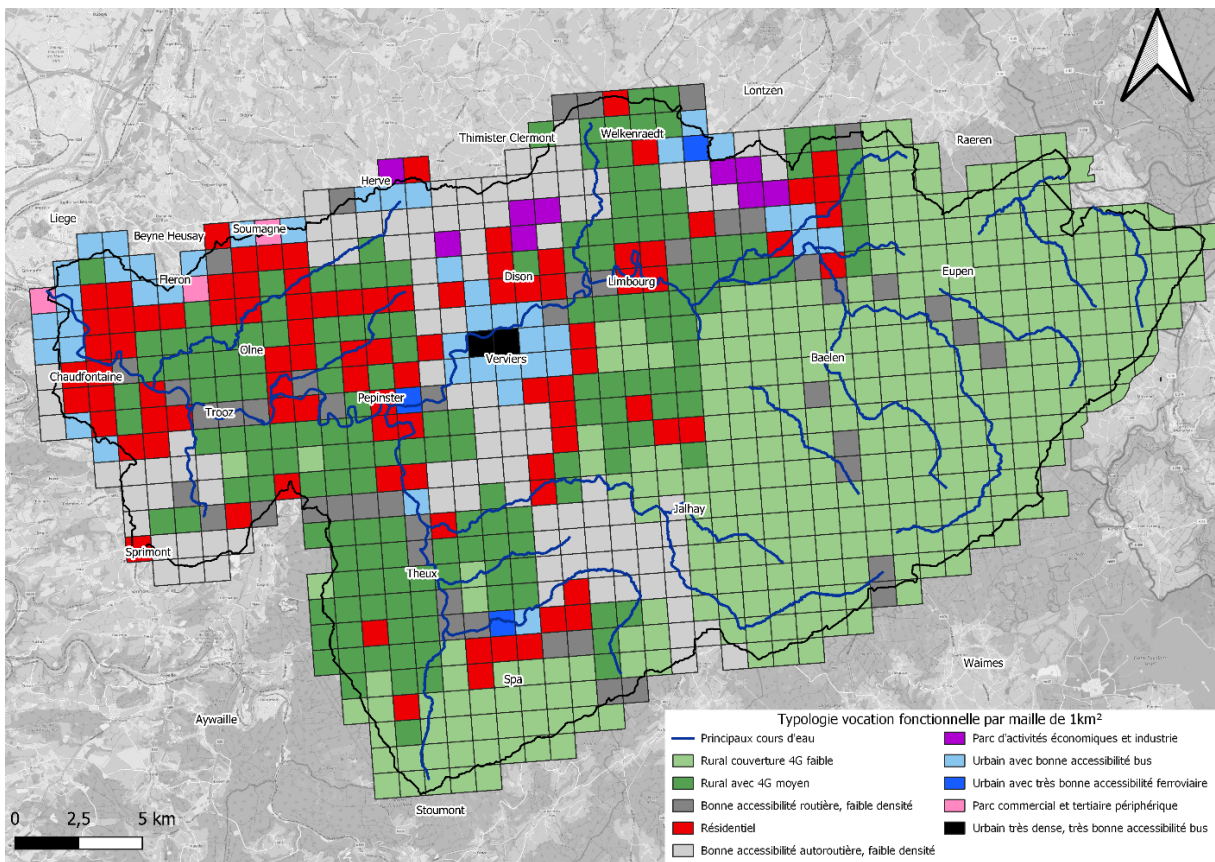
La typologie de la Carte 3. c.6 met en exergue la vocation fonctionnelle des territoires. Elle souligne :

- Les couloirs d'urbanisation déjà évoqués ;
- Les grandes poches résidentielles ;
- Un hypercentre urbain très limité (2 mailles) à Verviers ;
- Un axe Nord-Sud avec une bonne accessibilité au ferroviaire ;
- De grandes surfaces au sud de Spa et à l'est qui correspondent aux contreforts ardennais, à vocation rurale avec une faible couverture 4G. Cette partie est très peu peuplée notamment vu la présence du Plateau des Fagnes ;

Quelques mailles au nord du bassin versant qui soulignent la présence de parcs d'activité économique (Sud de Welkenraedt, au nord de Dison...).



Carte 3. c.5 – Densité de population par maille de 1 km² - 2021 (IWEPS).



Carte 3. c.6 – Typologie de la vocation fonctionnelle, par maille de 1km² - 2020 (Lepur).

iv. Discussion

Le bassin versant, territoire densément peuplé de longue date, témoigne de vocations fonctionnelles et dynamiques territoriales extrêmement diversifiées et contrastées, avec primo, les couloirs de vallées de la Vesdre et de la Hoëgne, d'ancienne urbanisation, au centre desquels se trouve le pôle urbain de Verviers, qui accueille aujourd'hui les populations les plus précarisées, qui furent les plus sinistrés par les inondations ; secundo, un couloir nord récent, le long du double axe N3 et E40 (en marge du périmètre) résultat d'une périurbanisation récente, qui accueille des typologies récentes tant d'habitats que d'entreprises ; et, tertio, de grandes zones rurales, au sud-est, en lien avec le Plateau ardennais.

v. Conclusion

Le couloir de vallées de la Vesdre et la Hoëgne, précédemment évoqué, est aussi celui qui fut directement impacté par l'inondation. Celui-ci se compose d'une diversité de pôles urbains présentant des contextes socio-économiques extrêmement diversifiés comme l'illustre la dynamique commerciale mais également la carte des typologies fonctionnelles.

Au centre de ce réseau se situe Verviers dont on a déjà évoqué la fragilité socio-économique du centre-ville. Pourtant, la Cité lainière dispose de nombreuses ressources culturelles, patrimoniales, sociales et économiques (rappelons la présence d'importants parcs d'activités économiques au nord, le long de l'E42). A l'est, Eupen apparaît comme un véritable pôle économique et administratif, même si, d'un poids démographique plus modeste, elle ne présente pas un véritable hyper-centre comme le confirme la carte des typologies. Entre ces deux villes, Limbourg apparaît comme un espace urbanisé à vocation essentiellement résidentielle mais dont le cœur historique compte parmi les plus beaux villages de Wallonie.

Au sud, Spa apparaît comme un petit pôle urbain au potentiel démographique limité mais bénéficiant d'une notoriété touristique et culturelle internationale. En aval de la Hoëgne se situe Theux, petit hameau résidentiel qui bénéficie d'un potentiel socio-économique supérieur à celui de Spa, ce qui explique la bonne dynamique de son commerce local et se singularise par son folklore local et son écrevisse à pattes rouges. Theux bénéficie également de la présence de trois arrêts de train.

Pepinster se positionne comme une petite cité carrefour, tant du point de vue hydrographique que routier ou ferré, qui vit dans la foulée de Verviers. Trooz est une localité essentiellement résidentielle quelque peu enclavée dans la vallée où la friche Impéria rappelle le passé économique. Chaudfontaine apparaît comme une des communes les plus socio-économiquement favorisées de Wallonie mais avec de forts contrastes entre la vallée et le plateau et dont le nom est indissociable de l'eau, déclinée sous la forme d'équipements touristiques et de loisirs. Enfin, Chênée est la porte sud-est de Liège caractérisée par une urbanisation intense et une mixité de fonctions.

Ces pôles urbains constituent un véritable puzzle articulé autour des deux couloirs de flux que constituent les vallées de la Vesdre et la Hoëgne, doublé par les deux lignes de chemin de fer. Ce territoire est également marqué par la présence de réels fleurons industriels : les Câbleries d'Eupen, Corman Food Industry, la chocolaterie Galler et les eaux de Chaudfontaine et de Spa.

Tous ces éléments constituent autant de leviers sur lesquels capitaliser pour le redéploiement du bassin versant.

vi. Références

Bianchet, B., Berger, N., Claeys, D., Maldague, H., & Massart, F. (2020). RECHERCHE N°2 : DYNAMIQUES ÉCONOMIQUES ÉMERGENTES ET NOUVEAUX ENJEUX TERRITORIAUX. Conférence Permanente du Développement Territorial. <https://hdl.handle.net/2268/256823>.

Bianchet, B., Claeys, D., Descamps, J., Mercenier, C., Ruelle, C., & Sandu, R. (2017). POLITIQUE DE LA VILLE - RENFORCEMENT DES CENTRALITES URBAINES ET DE LEUR ATTRACTIVITE SOUS L'ANGLE ECONOMIQUE. Belgium: Lepur – CPDT. <https://hdl.handle.net/2268/218028>.

d. Évolution de l'urbanisation

Auteur : Jacques Teller, LEMA, Université de Liège

i. Introduction

Cette section traite de l'évolution de l'urbanisation à l'échelle du bassin versant de la Vesdre. Elle est basée sur une analyse des données cadastrales, ce qui permet de disposer d'une couverture complète de l'espace considéré pour différentes périodes. La méthode proposée ici a été conçue pour être transposable à d'autres bassins versants. Les données de base ont été traitées pour l'ensemble de la Wallonie et seront mises en libre accès au terme de l'étude. Cette analyse est complétée par une approche plus fine à l'échelle d'une maille de 1x1 km afin d'étudier de manière conjointe l'évolution de la trame bâtie, des infrastructures (chemin de fer et voiries) et de l'infrastructure bleue et verte (tracé des cours d'eaux ainsi que composante boisée et agricole).

ii. Méthodologie

Les données utilisées dans le cadre de cette étude sont basées sur la combinaison de la carte cadastrale (bâtiments et parcelles) avec les données de la matrice cadastrale, qui fournit une date de construction pour l'ensemble des parcelles. Il est à noter que le cadastre fournit une date de construction unique pour chaque parcelle, alors même qu'une parcelle peut abriter des bâtiments construits à des dates différentes.

La procédure pour traiter les données a suivi les étapes suivantes. L'ensemble des bâtiments produits avant une date donnée sont sélectionnés via SIG. Il convient de noter à ce propos que les dates de construction précises des bâtiments ne sont connues qu'à partir de 1930. Avant cette date, les bâtiments sont répartis en 5 classes : classe 1, construits avant 1850 ; classe 2, construits entre 1850 et 1874 ; classe 3, construits entre 1875 et 1899 ; classe 4, construits entre 1900 et 1918 ; classe 5, construits entre 1919 et 1930. Les bâtiments pour lesquels aucune date de construction n'est répertoriée au cadastre n'ont pas été pris en compte dans les analyses diachroniques. Ceux-ci ne représentent que 3% des bâtiments, qui sont considérés ici également répartis dans les différentes périodes lorsque nous travaillons sur base de chiffres relatifs.

Les bâtiments ainsi sélectionnés sur base de leur date de construction sont ensuite rastérisés sur base d'une maille de 2x2 m. Les cellules de 2x2 m sont ensuite agrégées sur base d'un découpage de 100x100 m, de manière à produire une carte de densité pour chaque période considérée (Mustafa & Teller, 2020). Les cellules de 100x100 m comprenant plus de 25 cellules de 2x2m bâties (soit une emprise de 100 m² pour une cellule de 1 ha) sont considérées comme urbanisées ; celles qui comprennent moins de 25 cellules de 2x2 m bâties sont considérées comme non urbanisées. Nous avons par la suite procédé à une classification de l'ensemble des cellules urbanisées de la Belgique sur base d'une méthode de classification géométrique. Deux classifications ont ainsi pu être opérées : une classification sur base de trois niveaux de densité (faible, moyenne et forte) et une classification sur base de cinq niveaux de densité (très faible, faible, moyenne, forte et très forte).

Il est alors possible de comparer les cartes ainsi produites deux par deux. L'option prise ici est de comparer ces cartes sur base d'un pas de temps de 20 ans de manière à magnifier les différences. Il est toutefois possible de travailler sur base d'un pas de temps de 10 ans pour d'autres applications, automatisées ou à plus petite échelle.

Il est à noter que l'hypothèse adoptée pour l'identification de cellules urbanisées (1% d'urbanisation minimum) est très conservatoire. Elle correspond à la présence d'au minimum un bâtiment d'une emprise minimale de 100 m² dans une maille d'un hectare. Ceci conduit à une surestimation de la tache bâtie si l'on ne devait considérer que cette donnée.

Les cartes ainsi produites sont donc principalement destinées à une analyse visuelle de l'évolution de l'urbanisation à l'échelle d'un ensemble de communes et/ou de la région, et ce tant en matière d'expansion que

de densification urbaines. Lorsqu'elles sont utilisées sur base quantitative, il convient de mobiliser l'ensemble des cartes reprenant les différents niveaux de densité et de construire une interprétation qui veille à bien distinguer les différents niveaux de densité associés aux cellules urbanisées.

Signalons néanmoins que le cadastre ne reprend que la présence de bâtiments et n'intègre pas le réseau d'infrastructures associé à la trame bâtie (voiries, espaces de stationnement, espaces publics minéralisés). Il convient par ailleurs de bien distinguer cette information de la notion d'artificialisation mesurée par l'IWEPS et qui s'adresse, elle, à l'ensemble des parcelles occupées par au moins un bâtiment. Ceci signifie que l'ensemble des surfaces non-bâties au sein d'une parcelle construite (surface de stationnement, terrasses, mais aussi pelouses, espaces verts, potagers) sont, par convention, considérées comme artificialisées. Nous ne considérons pour notre part que l'emprise bâtie, ce qui nous paraît plus pertinent en matière de ruissellement et de risque d'inondation.

Signalons par ailleurs que les données d'artificialisation de l'IWEPS ne sont disponibles qu'à l'échelle communale et depuis 2002. Or il est important, pour ce bassin versant, d'adopter une perspective temporelle plus longue, considérant l'ensemble du XIX^{ème} siècle dans la mesure où une partie significative de l'urbanisation s'est produite à cette époque et continue à conditionner une partie de l'exposition au risque d'inondation.

C'est la raison pour laquelle nous distinguerons toujours les données obtenues en calculant la superficie bâtie directement tirée du cadastre [CAD] de celles obtenues en analysant les cellules de 100x100 m urbanisées [RAS] et les données d'artificialisation de l'IWEPS.

iii. Résultats

La comparaison des données relatives à l'urbanisation en 2020 à l'échelle du bassin versant fait ressortir les résultats suivants (Tableau 3. d.1).

Une part de 2,2% de la superficie du bassin versant est aujourd'hui occupée par des bâtiments. Rappelons que ceci ne mesure que la composante bâtie de l'urbanisation, et ne prend pas en compte l'ensemble des surfaces imperméables, telles que les routes, autoroutes, espaces de stationnement, qui desservent ces bâtiments. Il s'agit dès lors d'une estimation basse de l'urbanisation, qu'il ne faut pas confondre avec le taux d'imperméabilisation. Celui-ci est d'ordinaire calculé sur base du traitement d'images satellitaires. Nous avons préféré travailler sur base de données cadastrales pour disposer d'un historique plus complet de l'urbanisation et proposer une méthode d'analyse facilement transposable à d'autres territoires.

Ce taux d'urbanisation varie assez significativement d'une commune à l'autre, les communes les plus urbanisées étant aujourd'hui Liège et Verviers, à savoir les principaux pôles urbains. On constate néanmoins que certaines communes de plateaux, comme Beyne-Heusay ou Fléron, connaissent également un fort taux d'urbanisation, ce qui s'explique par la dynamique d'expansion urbaine autour de Liège. Il convient encore de souligner que ces données, par communes, peuvent masquer des disparités internes importantes. Le taux d'urbanisation assez faible d'Eupen s'explique essentiellement par la taille de la commune et le fait que celle-ci intègre un très large espace boisé dans sa partie sud. C'est la raison pour laquelle nous préférons travailler par la suite sur base d'un maillage de 100x100 m pour faire ressortir les principaux pôles urbanisés, de manière à nous affranchir des découpages administratifs et statistiques.

Pour ce qui est de Liège, la partie de la commune située dans le bassin versant est de 10,7%, soit la valeur la plus importante du bassin versant. Lorsqu'on analyse les chiffres de l'IWEPS, fournis à l'échelle de l'ensemble de la commune, et non de la fraction de celle-ci reprise dans le bassin versant, il apparaît que Liège (54,7%) est bien la commune la plus artificialisée, suivie des communes de Beyne-Heusay (40,6%), Chaudfontaine (39,6%) et

Verviers (39,4%). Ici à nouveau, on voit que l'effet de l'urbanisation autour de Liège (Beyne-Heusay et Chaudfontaine) est aujourd'hui comparable à l'urbanisation d'un pôle historique comme Verviers.

	Part de la surface communale occupée par des bâtiments selon le cadastre [CAD] en 2020 (%)	Taux d'artificialisation selon données IWEPS en 2020 (%)	Part de la surface communale occupée par des cellules de 100x100 m urbanisées [RAS] en 2020 (%)
Baelen	0,4	2,7	5,2
Beyne-Heusay (**)	6,2	40,6	33,1
Chaudfontaine	4,7	39,6	47,2
Dison	5,9	26,4	45,1
Eupen	2,0	8,4	12,9
Fléron	6,3	35,1	54,7
Herve (*)	4,1	15,8	40,7
Jalhay	0,6	5,5	10,3
Liège (**)	10,7	54,7	54,1
Limbourg	1,9	10,9	19,4
Lontzen (**)	3,9	10,7	21,4
Malmedy (**)	0,0	7,2	0,0
Olne	1,8	15,8	30,4
Pepinster	2,5	14,0	27,0
Raeren (*)	0,1	8,3	1,6
Soumagne (*)	5,2	27,1	52,7
Spa	1,8	17,2	17,8
Sprimont (*)	1,8	15,1	24,2
Stavelot (**)	0,4	6,8	7,6
Theux	1,3	8,3	17,3
Thimister-Clermont (**)	4,8	13,9	33,7
Trooz	2,4	17,5	30,5
Verviers	9,4	39,4	58,5
Waimes (**)	0,0	6,4	0,2
Welkenraedt	3,9	19,5	32,0
Total	2,2	12,7	20,3

Tableau 3. d.1 – Comparaison des données d'urbanisation entre cadastre [CAD], maillage de 100x100 m [RAS] et artificialisation [IWEPS] en 2020. Données fournies par commune et à l'échelle du BV.

(*) Communes dont moins de 50% de la superficie est située dans le bassin versant.

(**) Communes dont moins de 25% de la superficie est située dans le bassin versant.

Les divergences entre la part de superficies urbanisées lorsqu'on analyse les données raster de 100x100 m et les taux d'artificialisation tels que mesurés par l'IWEPS mettent bien en évidence les limites de ces deux approches en terme quantitatif. L'urbanisation de Dison (45,1%) est essentiellement liée à la combinaison d'un centre historique assez dense, d'un habitat diffus et de l'urbanisation de larges surfaces sur le plateau des Plenesses (qui impacte également les valeurs d'urbanisation de Thimister-Clermont). La commune de Verviers (58,5%) se détache ici clairement des autres communes de la vallée, en raison de son urbanisation historique, en fond de vallée dans un premier temps et sur les versants de Heusy et Stembert par la suite. L'urbanisation s'y consolide aujourd'hui à Heusy et tend à gagner des pôles ruraux comme Petit-Rechain et Lambermont après avoir s'être étendue à Stembert, Mangombroux, Ensival, etc.

Le taux d'artificialisation du bassin versant connaît une croissance continue depuis 2002 (Figure 3. d.1). Il est ainsi passé de 10,6% à 12,7% entre 2002 et 2020. Assez logiquement, les pôles de Liège et Verviers sont nettement plus urbanisés que le bassin versant dans son ensemble, avec un taux d'artificialisation respectivement de 54,7% et 39,4% pour ces deux communes en 2020. A titre de comparaison, le taux d'artificialisation n'est que de 8,4% à Eupen, ce qui s'explique essentiellement par le caractère boisé du sud de la commune.

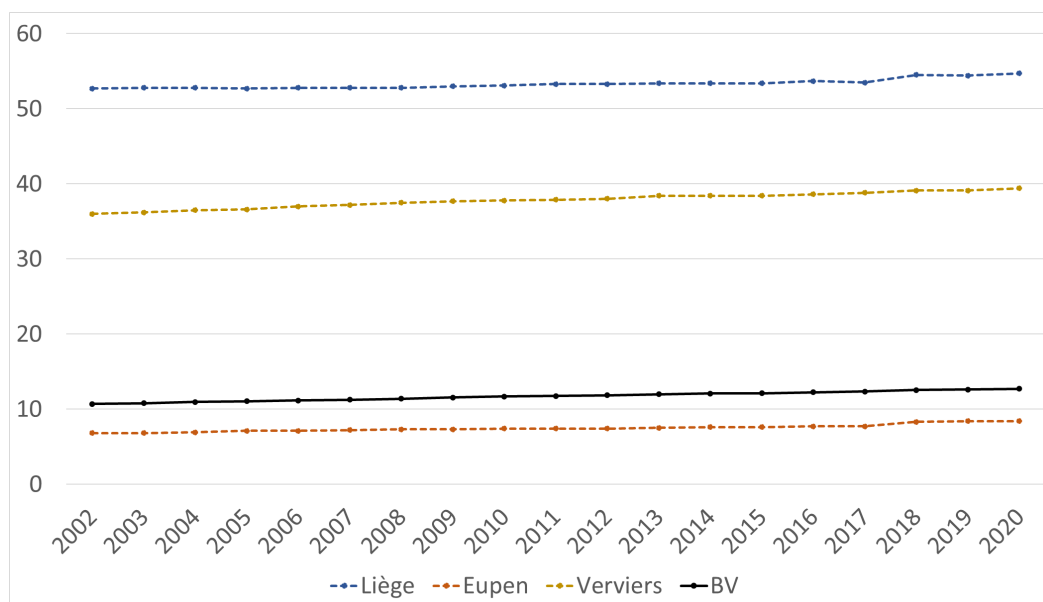


Figure 3. d.1 – Évolution du taux d'artificialisation sur base des données IWEPS (2002-2020).

L'artificialisation se produit essentiellement sur les communes de plateau et les versants de la Vesdre (Tableau 3. d.2 et Tableau 3. d.3). Le Tableau 3. d.2 fait ressortir les communes qui ont connu la croissance relative la plus importante, celle-ci étant mesurée sur base de la comparaison avec la situation de 2002. Les communes ayant connu l'augmentation relative la plus importante sont réparties entre 3 communes du versant nord (Thimister-Clermont, Lontzen et Herve) et 2 communes du versant sud (Waimes et Stoumont). On n'y retrouve aucune commune de la vallée de la Vesdre.

Lorsqu'on analyse la progression de l'artificialisation en valeur absolue (Tableau 3. d.3), on constate cependant qu'elle a tendance à progresser le plus fortement dans 2 communes de vallée (Eupen et Verviers) et 3 communes de versants (Jalhay, Theux et Herve). Il convient néanmoins de nuancer ce propos, la plupart des communes de vallée étant à cheval sur les plateaux, les versants et le fond de vallée. Et c'est souvent sur les versants et les plateaux des communes de vallée que l'artificialisation est la plus forte. C'est en particulier le cas d'Eupen, dont l'artificialisation apparaît largement déterminée par l'extension de la zone économique Eupen-Welkenraedt (l'East Belgium Park). L'évolution relative de Thimister-Clermont s'explique, elle, par la présence sur le plateau d'une partie de la zone d'activité des Plenesses.

	Artificialisation 2002	Artificialisation 2020	Augmentation absolue	Augmentation relative
Thimister-Clermont	60,93 (8,7%)	97,35 (13,9%)	36,42 (5,2%)	60%
Waimès	64,78 (4,5%)	92,13 (6,4%)	27,35 (1,9%)	42%
Stoumont	0,63 (2,1%)	0,84 (2,8%)	0,21 (0,7%)	33%
Lontzen	9,18 (8,2%)	11,98 (10,7%)	2,80 (2,5%)	30%
Herve	311,24 (12,2%)	403,08 (15,8%)	91,84 (3,6%)	30%

Tableau 3. d.2 – Évolution de la surface artificialisée sur base des données IWEPS (2002-2020). Identification des 5 communes ayant connu la croissance relative la plus forte entre ces deux périodes (différence entre surface artificialisée en 2020 et surface artificialisée en 2002 rapportée à la surface urbanisée en 2002).

	Artificialisation 2002	Artificialisation 2020	Augmentation absolue	Augmentation relative
Eupen	599,61 (6,8%)	740,70 (8,4%)	141,09 (1,6%)	24%
Jalhay	480,30 (4,5%)	587,04 (5,5%)	117,41 (1,1%)	24%
Verviers	1194,81 (36,2%)	1300,43 (39,4%)	112,22 (3,4%)	9%
Theux	513,20 (6,9%)	617,33 (8,3%)	111,57 (1,5%)	22%
Herve	316,34 (12,4%)	403,08 (15,8%)	91,84 (3,6%)	29%

Tableau 3. d.3 – Évolution de la surface artificialisée sur base des données IWEPS (2002-2020). Identification des 5 communes ayant connu la croissance absolue la plus forte entre ces deux périodes (différence entre surface artificialisée en 2020 et surface artificialisée en 2002).

Pour analyser les évolutions sur une durée plus longue, il faut repartir des dates de construction des données du cadastre et classer les bâtiments par période de construction. Il apparaît alors que le bassin versant a connu deux vagues d'urbanisation (Figure 3. d.2). La première au XIX^{ème} siècle correspond à l'essor de l'industrialisation le long de la vallée de la Vesdre et celle de la Hoëgne ; la deuxième, de plus forte amplitude, à la périurbanisation alimentée par l'agglomération liégeoise et qui se développe principalement sur les versants et les plateaux de la Vesdre ainsi qu'au long de ses affluents principaux (la Hoëgne en particulier). La première vague d'urbanisation présente un maximum dans la période 1874-1899 et est étroitement liée au développement du rail en fond de vallée. On observe alors une urbanisation en chapelet, concentrée à proximité des arrêts de chemin de fer. La deuxième vague d'urbanisation présente un maximum dans la décennie 1970-1980 et le taux d'urbanisation annuel connaît une décroissance régulière depuis lors. Cette décroissance s'explique par l'impact du premier choc pétrolier (forte décroissance dans la décennie 1980-1990) ainsi que le ralentissement économique que le territoire a connu depuis lors. Bien entendu, l'adoption des plans de secteur de Liège (11/1987) et de Verviers (01/1979) peut avoir joué un rôle dans la limitation de l'étalement urbain, même si cet effet nous paraît secondaire en regard de la dynamique économique.

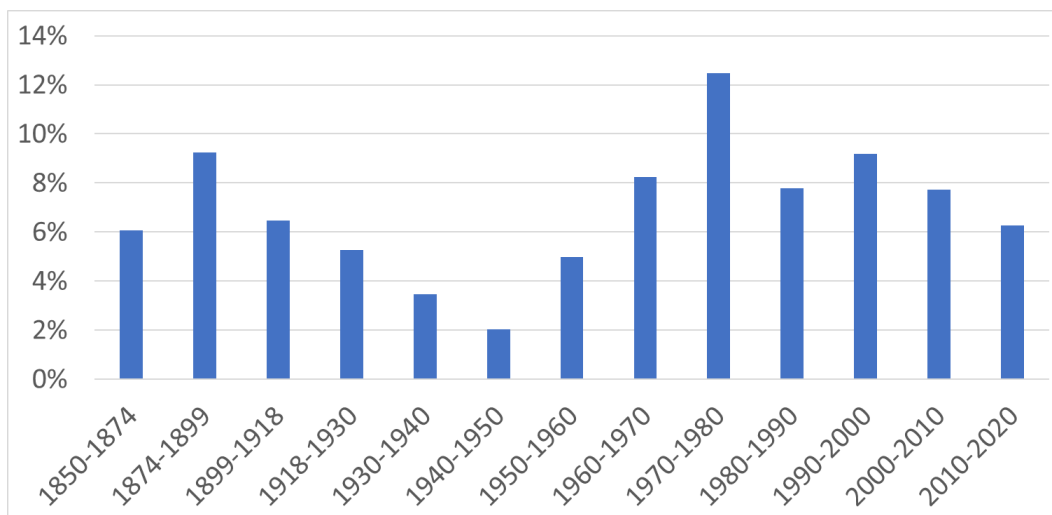


Figure 3. d.2 – Évolution de la surface bâtie mesurée sur base du cadastre [CAD].

L'analyse des dynamiques d'urbanisation à l'échelle des communes du bassin versant (Figure 3. d.3) met bien en évidence que l'existence de ces deux vagues d'urbanisation est présente dans l'ensemble des communes, mais qu'elle est plus prononcée à Verviers, en particulier lors de la première phase (1850-1950). La ville de Verviers « reproduit » et amplifie les observations que l'on pouvait formuler à l'échelle du bassin versant, avec une nuance de taille, à savoir que la première vague d'urbanisation y est plus prononcée que la deuxième. La deuxième vague d'urbanisation correspond elle-aussi à une urbanisation des versants et des plateaux au sein du territoire de la commune de Verviers, comme nous l'avons déjà signalé lorsque nous avons abordé l'artificialisation.

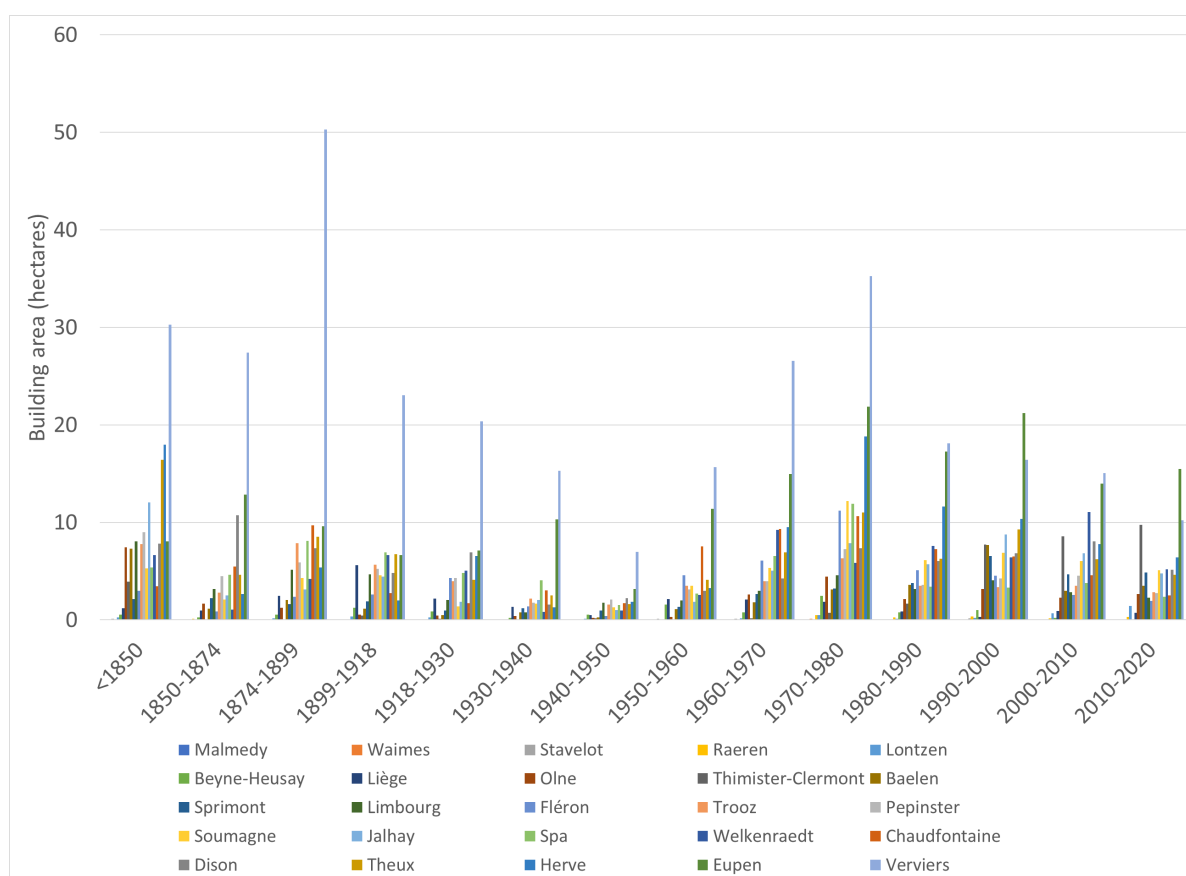


Figure 3. d.3 – Évolution de la surface bâtie mesurée sur base du cadastre [CAD]. Données à l'échelle communale.

La Carte 3. d.1 présente la répartition spatiale de la première vague d'urbanisation (1850-1950) et la Carte 3. d.2 celle de la deuxième (1950-2020).

Il apparaît très clairement que la première vague d'urbanisation est massivement concentrée autour des pôles urbains principaux, Verviers-Dison, Eupen et Spa. L'urbanisation du pôle de Verviers-Dison se développe vers le sud, suivant le plan d'extension de la ville mis en place par Victor Besme. La ville de Spa s'étend également vers le sud, alors qu'Eupen tend plutôt à se développer vers le versant nord, en direction de Welkenraedt, mais sans encore atteindre le plateau.

On observe deux axes de développement linéaire significatifs durant cette période : l'axe Chénée-Trooz, qui suit le tracé du chemin de fer et les implantations industrielles qui se développent dans la vallée, et, dans une moindre mesure, l'axe Pepinster-Theux.

Il est à noter que le versant nord du territoire est occupé par une trame assez dense de noyaux d'habitat dispersés, héritée de l'ancien régime, qui tend déjà à s'urbaniser de manière diffuse. Cette urbanisation diffuse reste néanmoins très modeste en comparaison des développements observés dans les pôles et les lignes de croissance précitées.

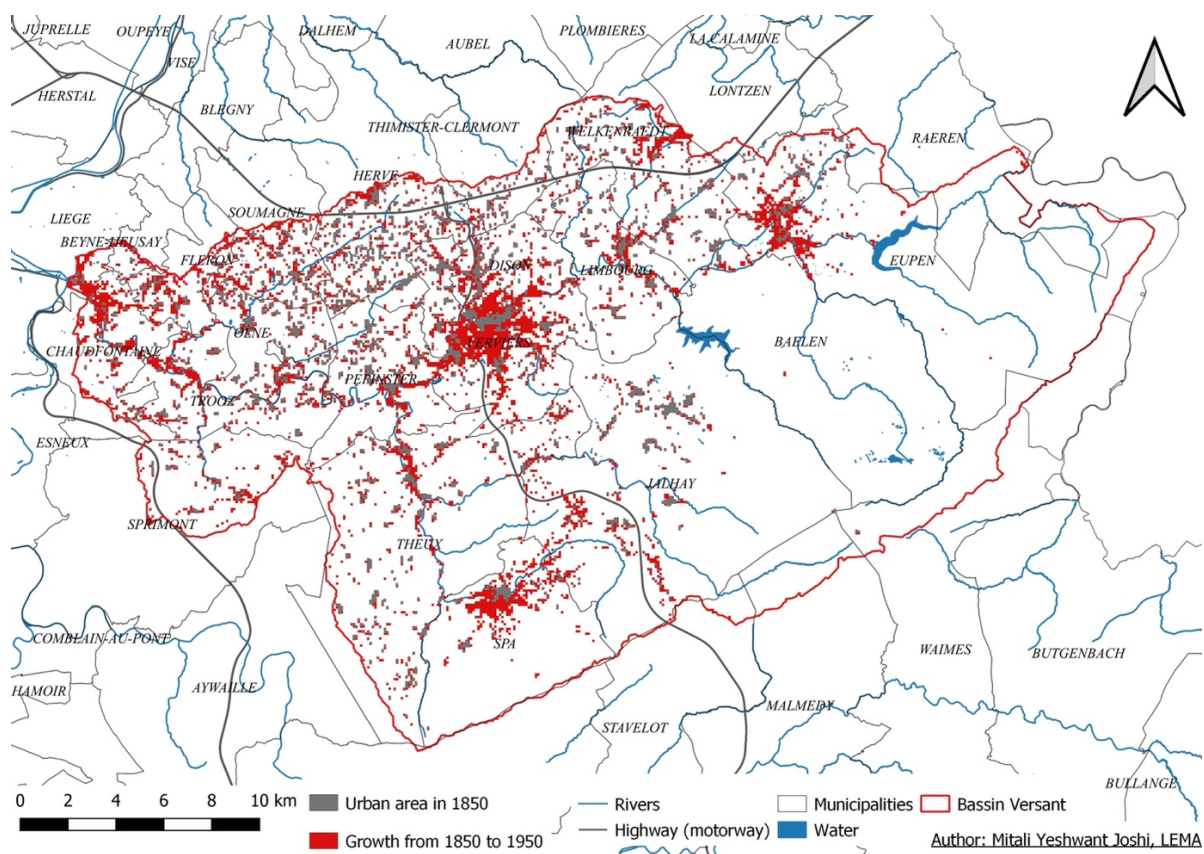
A l'inverse, la deuxième vague d'urbanisation suit, elle, la nationale 3 et plonge en suivant les affluents de la Vesdre vers le fond de vallée. L'urbanisation du versant nord est cette fois beaucoup plus massive et vient combler un ensemble de mailles qui étaient jusque-là occupées par de l'agriculture. A l'est du bassin versant, l'urbanisation de l'axe Embourg-Beaufays est bien perceptible. L'arc formé par la N627 et la N672 au nord de Jalhay joue un rôle comparable, mais à bien moindre échelle.

L'impact de l'urbanisation des zones d'activité économique localisées à proximité de l'autoroute est également très visible autour de la zone des Plenesses et le long de l'axe Eupen Welkenraedt.

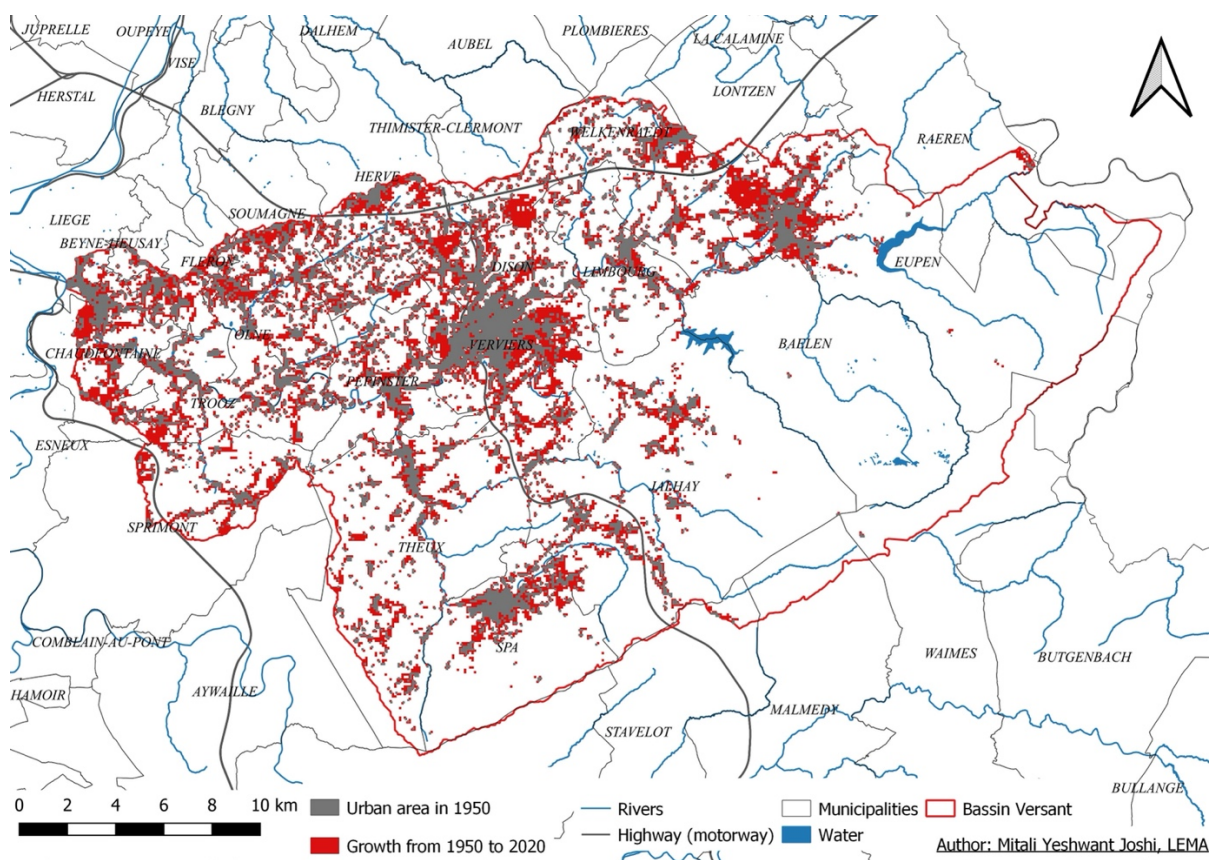
On constate par ailleurs qu'une urbanisation diffuse du sud de Verviers se poursuit, colonisant progressivement le plateau de Stembert et remontant vers Jehanster. La ville de Spa connaît une évolution comparable avec l'urbanisation diffuse au sud de la ville qui se poursuit.

A contrario les versants et les plateaux de la commune de Theux ainsi que de la commune de Sprimont ont été relativement épargnés par l'urbanisation, en particulier si on les compare aux versants nord de la Vesdre.

Enfin, on remarque que l'ensemble du plateau des Fagnes a été efficacement protégé de l'urbanisation par les différentes mesures de protection adoptées. L'adoption de mesures de protection couvrant le parc naturel des Hautes Fagnes-Eifel date en effet de 1957. L'ensemble du cadran sud-est du bassin versant est par ailleurs inscrit en zone forestière ou naturelle au plan de secteur, ce qui lui confère un statut de protection forte par rapport aux dynamiques d'urbanisation. Nous reviendrons sur le rôle joué par cette zone dans l'amplification des phénomènes d'inondation dans le cadre de la section 3.e.

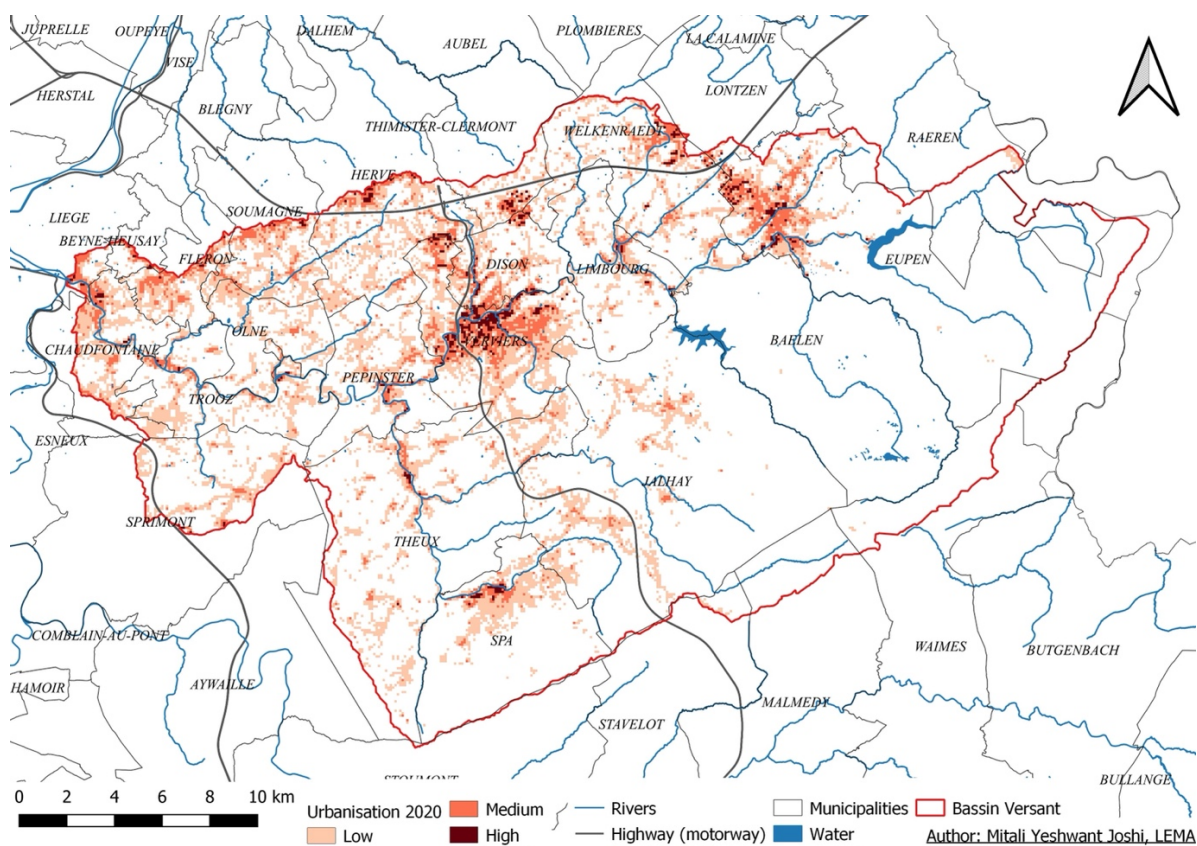


Carte 3. d.1 – Évolution de l’urbanisation dans le bassin versant entre 1850 et 1950 [RAS].



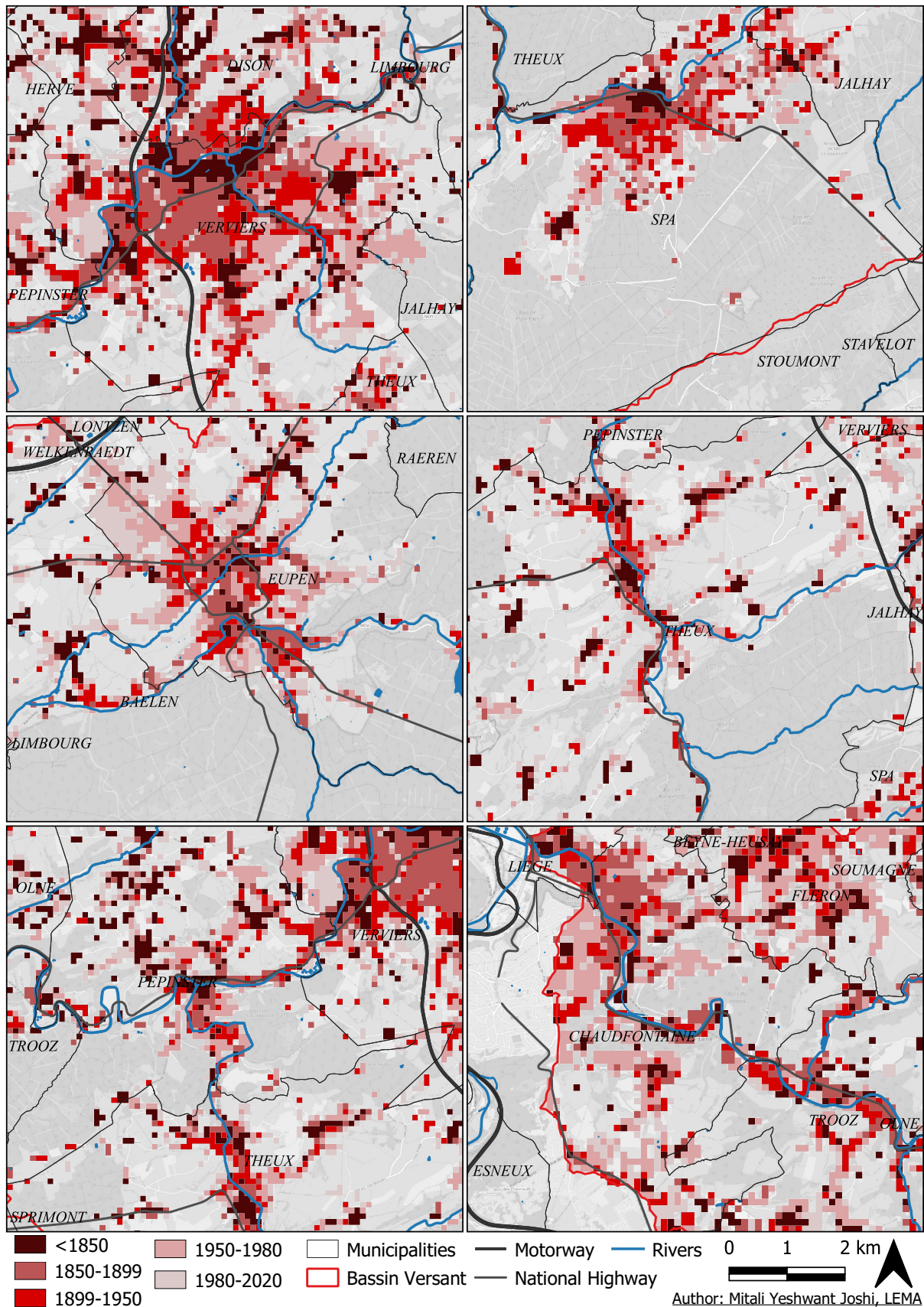
Carte 3. d.2 – Évolution de l’urbanisation dans le bassin versant entre 1950 et 2020 [RAS].

Comme on peut le voir sur la Carte 3. d.3, ces deux vagues d'urbanisation ont marqué profondément le territoire, avec d'une part un bâti dense au sein des pôles urbains, le long des axes de vallée et de la N3, et d'autre part, une urbanisation diffuse à faible densité de l'ensemble du quadrant nord-ouest et au sud de Spa. Les quadrants nord-est et sud-ouest sont pour partie affectés par de l'urbanisation diffuse, mais en bien moindre mesure que le quadrant nord-est. Seules exceptions à ce schéma, le zoning des Plenesses qui se démarque assez nettement dans un ensemble rural assez préservé et l'axe Eupen-Welkenraedt, qui s'est consolidé au cours de la deuxième moitié du XXème. Dans les deux cas, il s'agit d'une urbanisation alimentée par un nœud autoroutier et l'inscription d'une zone d'activité économique au plan de secteur. Enfin, comme signalé précédemment, le quadrant sud-est a été largement préservé de l'urbanisation diffuse (si ce n'est autour du pôle de Sprimont) en raison de son statut de protection.

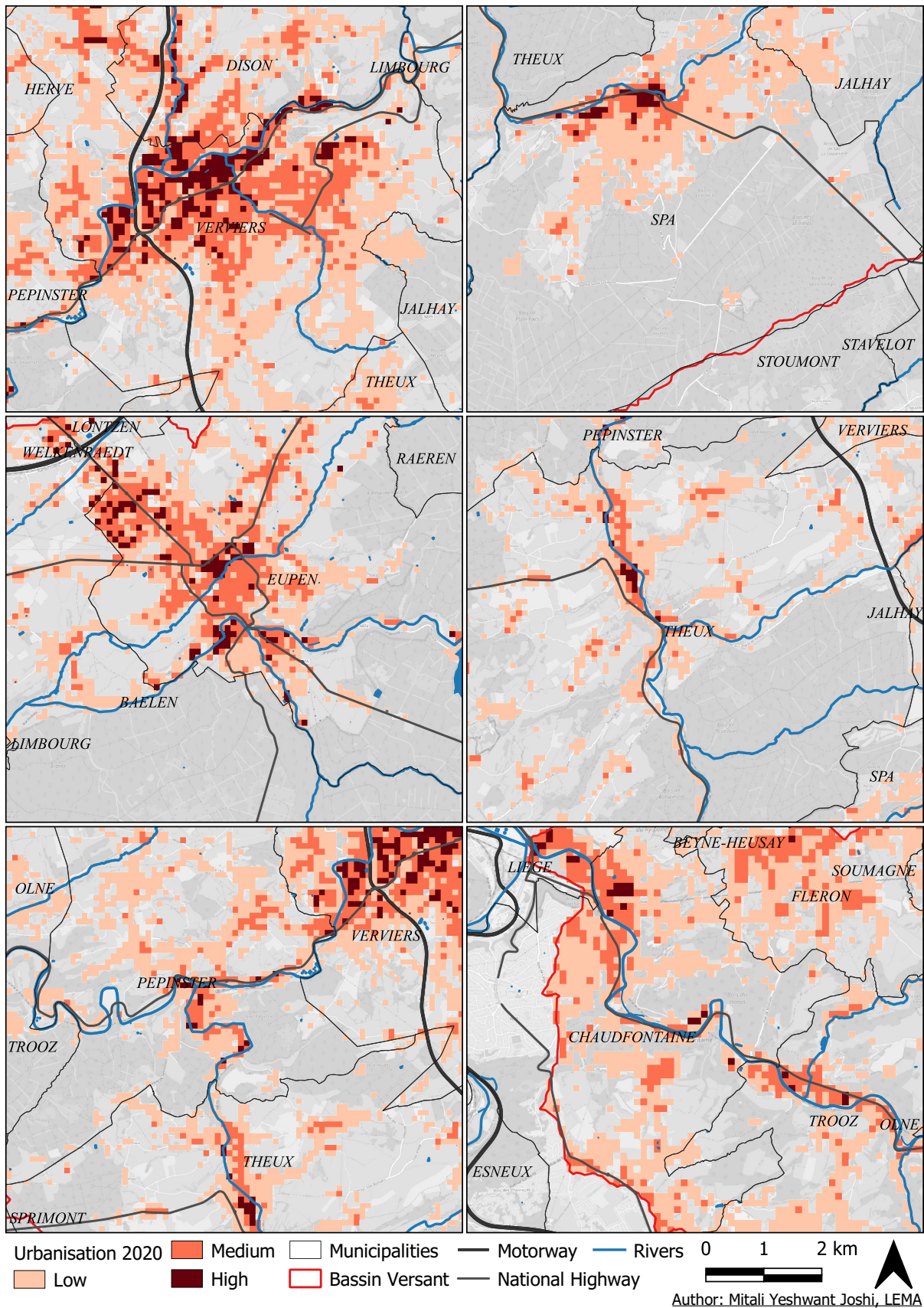


Carte 3. d.3 – Cartographie des densités bâties (coefficient d'emprise au sol) au sein du territoire. Densité faible, moyenne et élevée.

La Carte 3. d.4 et la Carte 3. d.5 présentent les séquences d'urbanisation et les niveaux de densité des 6 principaux pôles du bassin versant, à savoir Verviers, Spa, Eupen, Theux, Pepinster et Chénée-Chaudfontaine.



Carte 3. d.4 – Cartographie des séquences d’urbanisation des pôles de Verviers, Spa, Eupen, Theux, Pepinster et Chénéc-Chaufontaine [RAS].



Carte 3. d.5 – Cartographie des densités bâties des pôles de Verviers, Spa, Eupen, Theux, Pepinster et Chénée-Chaufontaine [RAS]. Densités classées sur base de trois niveaux (faible, moyen, élevé).

Lorsque l'on croise les données du cadastre avec les événements de juillet 2021 (Tableau 3. d.4), il ressort que 75% des bâtiments localisés dans la zone inondée, telle que délimitée par le SPW Géomatique, ont été construits avant 1950. La superficie cumulée de ces bâtiments représente 71% de l'emprise bâtie totale au sein du bassin versant. La part de l'emprise bâtie est inférieure à la part du nombre de bâtiments étant donné que les bâtiments construits avant 1950 sont très majoritairement résidentiels au regard des bâtiments à vocation industrielle. La production de bâtiments de grande emprise, typiquement des halls industriels ou commerciaux en structure préfabriquée (métallique, béton ou autre) qui se développent sur une assiette horizontale, se concentre, elle, durant la période 1970-90 et, dans une moindre mesure, 1990-2020.

Lorsque l'on compare ces données avec celles du bassin versant de l'Ourthe, on constate que le bâti localisé en zone inondée est légèrement plus âgé que dans l'Ourthe (75% vs. 68% < 1950), même si les tendances de fond sont similaires dans les deux bassins versants.

Bassin versant de la Vesdre				
Période	Nb de bâtiments		Surface cumulée (hectares)	
<1950	12 769	75%	187,5	71%
1950-1970	1 838	11%	25,3	10%
1970-1990	1 504	9%	33,4	13%
>1990	830	5%	16,1	6%
Total (*)	16 941		262,3	

Bassin versant de l'Ourthe				
Période	Nb de bâtiments		Surface cumulée (hectares)	
<1950	5 204	68%	55,5	64%
1950-1970	1 470	19%	14,7	17%
1970-1990	539	7%	7,5	9%
>1990	494	6%	8,7	10%
Total (*)	7 707		86,3	

Tableau 3. d.4 – Part des bâtiments en nombre et en surface localisés en zone inondée 2021. (*) Ce total ne tient pas compte des bâtiments pour lesquels nous ne disposons pas d'une date de construction au cadastre.

La Tableau 3. d.5 reprend quant à lui les données relatives à l'urbanisation observée depuis 2006 dans les différentes zones d'aléa. La date de 2006 correspond à la date de première publication des cartes d'aléa en Wallonie (2006-2007). On peut constater sur ce tableau que le nombre de bâtiments construits depuis cette époque est très faible dans le bassin versant : 467 bâtiments (8%) ont été construits en zone d'aléa depuis 2006, dont une majorité en zone d'aléa faible (225) et très faible (113). La situation de la commune de Trooz ressort très clairement comme la plus critique de ce point de vue. Près d'un tiers des bâtiments construits depuis 2006 dans la commune y ont été construits en zone d'aléa : 9% en zone d'aléa élevé, 4% en zone d'aléa moyen et 18% en zone d'aléa faible. 27 des 50 bâtiments construits en zone d'aléa élevé dans l'ensemble du bassin versant l'ont été dans la commune de Trooz. Ceci s'explique pour partie par la configuration de la commune dont la zone urbanisable se déploie presque exclusivement le long de la Vesdre et de ses affluents.

	Aléa élevé		Aléa moyen		Aléa faible		Aléa très faible	
Baelen	1	0%	0	0%	17	8%	0	0%
Beyne-Heusay	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Chaufontaine	1	0%	9	4%	0	0%	5	2%
Dison	1	0%	1	0%	0	0%	0	0%
Eupen	5	1%	5	1%	30	4%	7	1%
Fléron	0	0%	1	1%	0	0%	1	1%
Herve	1	0%	5	1%	17	4%	0	0%
Jalhay	0	0%	2	0%	10	2%	3	1%
Liège	1	1%	3	4%	0	0%	2	3%
Limbourg	2	1%	0	0%	10	5%	0	0%
Lontzen	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Malmedy	0	-	0	-	0	-	0	-
Olne	1	1%	1	1%	0	0%	4	2%
Pepinster	0	0%	7	3%	12	5%	3	1%
Raeren	0	0%	0	0%	0	0%	1	6%
Soumagne	0	0%	6	2%	7	2%	12	3%
Spa	1	1%	5	3%	5	3%	8	4%
Sprimont	0	0%	0	0%	18	6%	3	1%
Stavelot	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Theux	4	1%	10	3%	16	4%	21	5%
Thimister-Clermont	1	1%	1	1%	13	12%	0	0%
Trooz	27	9%	13	4%	54	18%	4	1%
Verviers	2	0%	7	1%	9	1%	37	5%
Waimès	0	-	0	-	0	-	0	-
Welkenraedt	2	1%	3	1%	7	2%	2	1%
Total	50	1%	79	1%	225	4%	113	2%

Tableau 3. d.5 – Nombre et pourcentage de bâtiments construits en zone d'aléa depuis 2006 dans les 25 communes du bassin versant. Le pourcentage correspond à la part de bâtiments construits en zone d'aléa depuis 2006 par rapport à l'ensemble des bâtiments construits dans la partie de la commune située dans le bassin versant depuis 2006.

iv. Discussion

A la suite de l'analyse de l'évolution de l'urbanisation dans le bassin versant, il apparaît très clairement que l'exposition au risque d'inondation est très largement héritée de la production d'habitat et d'infrastructures en fond de vallée avant 1950. Rappelons à cet égard que, si le barrage de la Gileppe a été inauguré en 1878, la construction du barrage de la Vesdre à Eupen débuta elle en 1938 et que celui-ci fut inauguré en 1950. La conception et la réalisation de ces ouvrages ainsi que de la rectification du cours de la Vesdre est concomitante de la production d'une trame bâtie en fond de vallée, très vulnérable. On assiste d'une certaine manière à forme

d'homéostasie du risque, à l'échelle de la vallée : plus les infrastructures collectives se développent pour protéger les constructions des inondations, plus celles-ci se développent à leur tour, ce qui contribue à augmenter progressivement le nombre de bâtiments soumis à des risques d'inondations lors d'événements de précipitations extrêmes.

Après 1950, la tendance change brutalement et on assiste alors à un développement soutenu sur les plateaux, et plus spécifiquement sur le versant compris entre la Nationale 3, Liège Herve, et le fond de vallée. Cette nationale marque la ligne de séparation des eaux entre le bassin versant de la Vesdre et celui de la Meuse - Aval. Ce versant en rive droite s'est historiquement structuré autour de l'activité minière (pour la partie du territoire depuis Liège jusqu'à Battice incluant Fléron, Blegny, Soumagne, etc.) ainsi qu'agricole. La structure bocagère héritée de l'ancien régime y est assez dispersée. Elle constitue un support assez commode à l'urbanisation en ruban, d'autant que le plan de secteur conforte ce mode d'occupation très consommateur de sol. La pression exercée par ces espaces sur les fonds de vallée n'est pas négligeable, étant donné que, faute de dispositifs de stockage, rétention et infiltration adaptés, l'eau captée par les zones urbanisées en amont dévale très rapidement dans la vallée. Signalons néanmoins que l'urbanisation du bassin versant ne couvre que 2,1% à 12,7% de la superficie de ce dernier, selon le modèle adopté. Ceci laisse une marge considérable pour les espaces non urbanisés (surfaces agricoles, naturelles et forestières) en matière de gestion du ruissellement. Il convient dès lors d'examiner ces différentes composantes de manière intégrée, comme cela sera proposé dans les sections suivantes.

Il n'y a plus eu d'inondation majeure dans la vallée de la Vesdre depuis 1956, même si certains quartiers sont inondés régulièrement (c'est en particulier le cas à Chénée et à Chaudfontaine). Les barrages d'Eupen et de la Gileppe ont joué leur rôle d'écrêtement des crues, mais ceci s'est traduit par une érosion de la mémoire du risque, qui a elle-même contribué à renforcer les dommages subis en 2021 en raison du manque de préparation à ce type d'événement à l'échelle collective et individuelle (Michaud et al., 2021).

On constate encore que le nombre de bâtiments construits en zone d'aléa depuis 2006 est très faible à l'échelle du bassin versant. Deux éléments peuvent expliquer cet état de choses. Les cartes d'aléa ont certainement joué un rôle dans la limitation de l'exposition au risque depuis 2006. Il convient par ailleurs de reconnaître que la dynamique de périurbanisation observée dans le bassin versant conduit à produire de l'habitat sur les versants plutôt qu'en fond de vallée. Signalons enfin qu'une partie de la zone inondée 2021 n'était pas située en zone d'aléa, en particulier dans l'agglomération de Verviers. Il convient de bien distinguer l'exposition au risque telle qu'elle était connue du grand public et des autorités communale (les cartes d'aléa) et les dommages effectifs résultant des inondations de 2021.

Au vu des dynamiques d'urbanisation observées dans le bassin versant, il apparaît indispensable d'intervenir sur l'ensemble du bâti existant afin de gérer les eaux de pluie et réduire l'exposition au risque d'inondation. Il reste aujourd'hui peu d'espace dans les fonds de vallée pour stocker de grandes masses d'eau. Par ailleurs, les barrages existants (Eupen et La Gileppe) sont implantés en tête de vallée. Ceci leur permet d'absorber une partie de l'eau de pluie qui descend des Fagnes et de l'Ardenne, mais pas celle qui vient de l'ensemble du versant nord du bassin versant (quadrant nord-ouest et nord-est), ni des espaces connectés à la Hoëgne et au versant sud entre Theux et Embourg (quadrant sud-ouest). Il est indispensable de développer des dispositifs de rétention/infiltration diffus dans cette partie du territoire. Que ce soit à l'échelle de la parcelle ou de la maille urbanisée (lotissements ou ensembles architecturaux), la mise en œuvre de tels dispositifs ne peut être cantonnée aux nouveaux développements. Elle doit s'appliquer à l'ensemble des mailles déjà urbanisées, sans quoi ses effets seront marginaux.

v. Conclusion

L'analyse de l'évolution de l'urbanisation du bassin versant de la Vesdre, à la fois en termes de densification que d'expansion des noyaux bâtis, met en évidence deux vagues d'urbanisation successives :

3. La première vague (1850-1950) culmine à la fin du 19^e siècle avec l'industrialisation et correspond à l'urbanisation des pôles urbains le long du chemin de fer et des vallées de la Vesdre et de la Hoëgne ;
4. La deuxième vague (1950-2020) comporte un pic plus important dans les années 70 et correspond à la périurbanisation des versants et des plateaux le long de la Nationale 3 et des affluents principaux.

Cette analyse historique démontre notamment que 75% des bâtiments situés dans la zone inondée en juillet 2021 ont été construits avant 1950. Dans la suite du travail, le renforcement de la résilience du bassin versant de la Vesdre nécessitera donc une réflexion quant à l'adaptation de l'ensemble des bâtiments, tant neufs qu'existants, situés en zone d'aléa ainsi que dans la zone inondée en juillet 2021. Seule une faible proportion d'entre eux (8%) ont été construits après la parution des premières cartes d'aléa en 2006, cette décroissance du taux d'urbanisation et des constructions dans des zones à risque provenant principalement du déclin économique de la vallée.

Les conditions de risque du bassin versant sont donc largement héritées de la première vague d'urbanisation (construction en fond de vallée), mais la vulnérabilité du bassin versant s'est encore accrue à travers la seconde vague d'urbanisation (construction sur les plateaux). L'ensemble des effets induits par l'artificialisation des versants et plateaux sur les écoulements d'eaux implique d'envisager (1) la prise en compte de mesures compensatoires susceptibles de les contrecarrer et (2) la mise en place des dispositifs de rétention, stockage et infiltration dans les zones amont, lorsque de tels dispositifs s'avèrent adaptés aux conditions locales.

Le risque d'inondation s'est donc construit au fil du temps et s'est en outre renforcé avec la construction d'ouvrages de protection (barrages de la Gileppe et d'Eupen) qui créent un sentiment de sécurité auprès des habitants et limitent leur conscience du risque. Afin de maintenir l'attention en matière de réduction de l'urbanisation et de l'exposition au risque, toute démarche de renforcement de la résilience de la vallée, que ce soit par des mesures naturelles (infiltration, infrastructures vertes, nature-based solutions) ou infrastructurelles (mise à jour de la note de manutention des barrages, ouvrages de protection éventuels) devrait s'accompagner d'autres mesures (ex : une politique de réduction de la vulnérabilité des constructions, un renforcement de la culture du risque auprès des habitants, etc.).

La construction de nouveaux bâtiments en zones d'aléa moyen et élevé représente un risque important pour la sécurité des personnes et des biens, de sorte que la construction dans de telles zones doit être minutieusement étudiée et limitée à ce qui est strictement nécessaire.

vi. Références

Michaud, T., Zeimetz, F., Launay, M., Bourqui, P., Calixte, E., Fallon, C., Teller, J. (2021). Analyse indépendante sur la gestion des voies hydrauliques lors des intempéries de la semaine du 12 juillet 2021. Lot 1 : Factualisation. *Rapport Stucky disponible en ligne*.

Mustafa, A., & Teller, J. (2020, May). Self-Reinforcing Processes Governing Urban Sprawl in Belgium: Evidence over Six Decades. *Sustainability*.

Mustafa, A. M. E. S., Bruwier, M., Archambeau, P., Erpicum, S., Pirotton, M., Dewals, B., & Teller, J. (2018). Effects of spatial planning on future flood risks in urban environments. *Journal of Environmental Management*, 225, 193-204.

Iweps. Artificialisation.

e. Définition d'unités paysagères et morphologiques

Auteurs : Audrey Douinot et Marc Dufrière, GxABT, Université de Liège.

i. Introduction

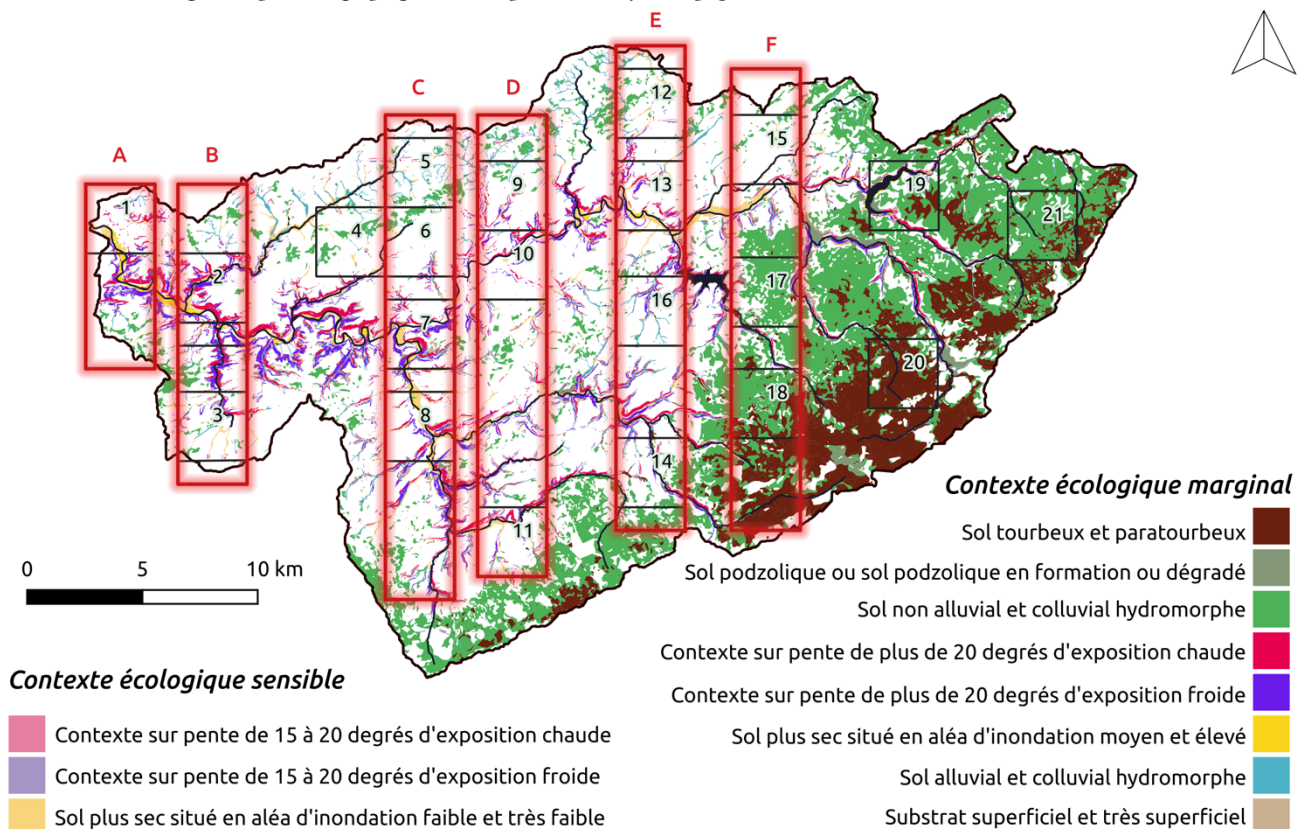
L'objectif de cette partie est de réaliser une description synthétique des unités paysagères du bassin de la Vesdre. Cette vue synthétique permettra par la suite de sélectionner des zones d'études à la fois représentatives de ces paysages et d'intérêt pour expliquer les processus d'écoulement, et l'hydrologie générale du bassin de la Vesdre.

ii. Méthodologie

Un état des lieux des différents paysages actuellement rencontrés est proposé. L'objectif de ce premier point est de distinguer les espaces types du bassin versant selon leur physiographie, usage et rôle hydrologique, ainsi que contexte écologique. Ce premier point aboutit à une vue d'ensemble des territoires du bassin versant de la Vesdre. En conclusion de cette section, on définira des zones stratégiques d'études de tailles 3kmx3km balayant toutes les paysages rencontrés. Ces zones cibles appelées par la suite « quadras » seront par la suite utilisées pour effectuer une étude détaillée de l'évolution dans le temps (sections 3.d et 3.e).

iii. Résultats

Une première caractérisation du bassin versant est ici proposée, par le biais des (presque) invariants temporels à savoir la pédologie, la topographie et l'organisation hydrologique résultante (Carte 3. e.1 à



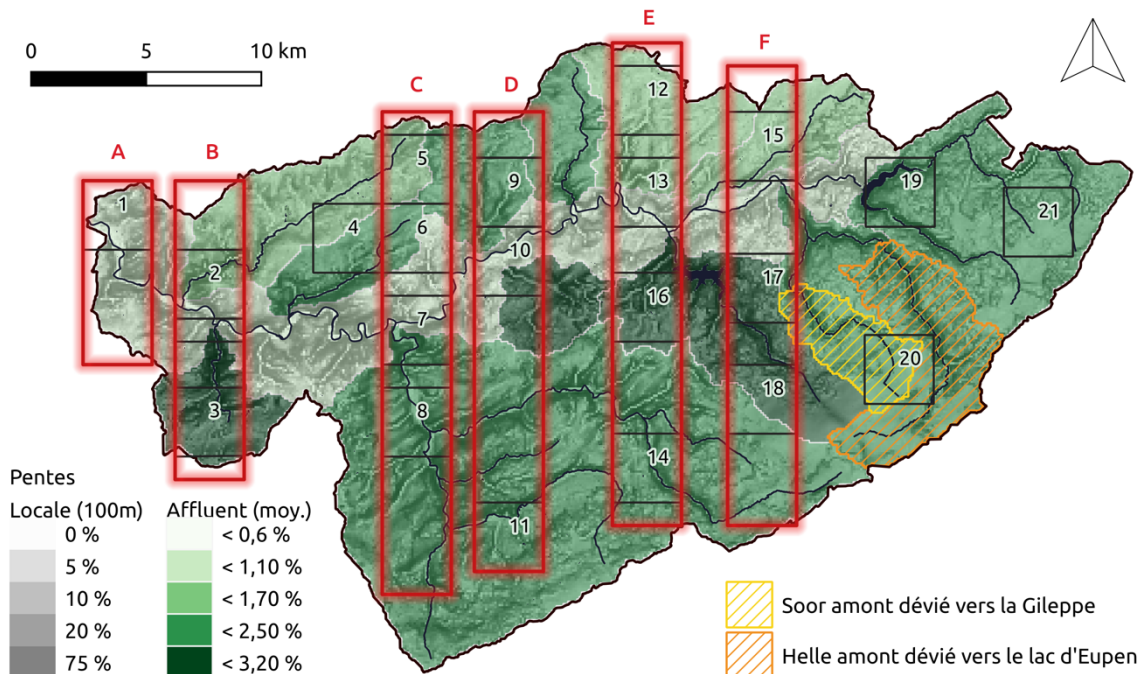
). Le contexte écologique à savoir les sites d'intérêt pour une préservation de la biodiversité sont également présentés.

Topographie

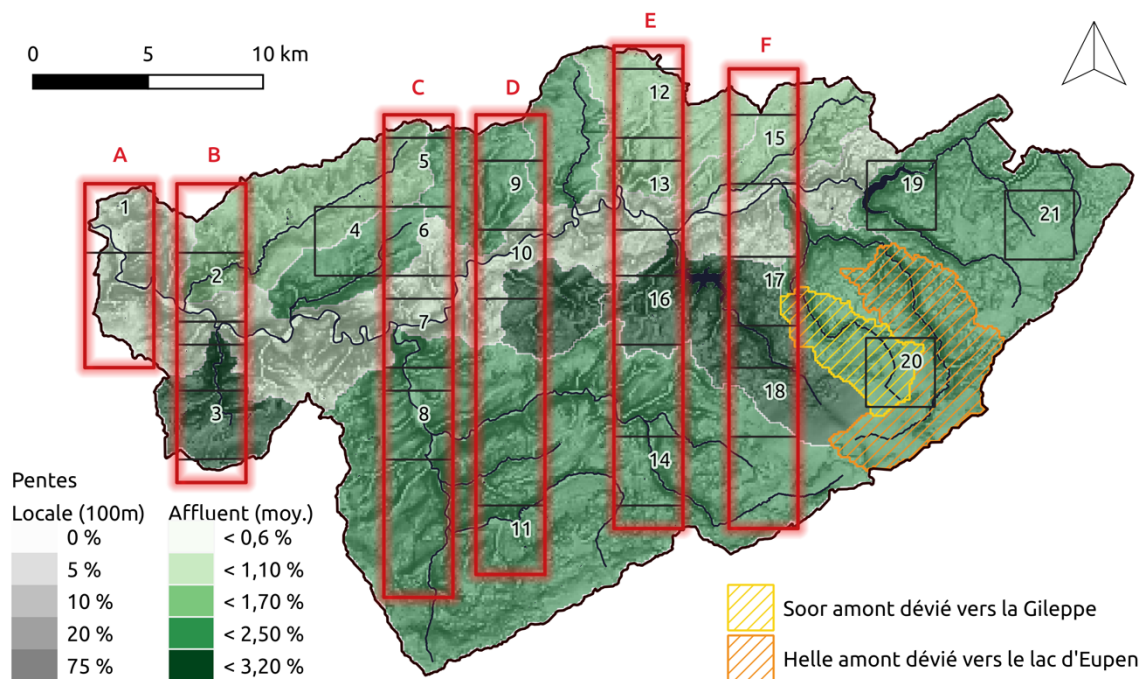
Le bassin versant couvre une superficie de 703 km². Les dénivelés rencontrés peuvent être assez importants puisque l'altitude varie de 70 à 694m et englobe le point culminant de la Belgique. Les rives droite et gauche se distinguent : la rive droite (au nord) est de superficie moindre (~ 145 km²), le relief est modéré (altitude maximale = 394m), et les sous bassins versant des affluents de la Vesdre sont de plus petite taille. La rive gauche (au sud) est de superficie plus grande (~ 417 km²), sa crête culmine au-delà de 650m sur plusieurs kilomètres, et les pentes moyennes des affluents sont relativement significatifs variant entre 1,75 % à 3,2 % (Carte 3. e.1).

Hydrographie

On note dans un premier temps la présence de deux retenues d'eau réalisées à des fins industrielles : le lac de la Gileppe (1867) et le lac d'Eupen (inauguré en 1950). Deux autres modifications importantes ont impacté le réseau hydrographique : c'est d'une part la déviation de la Soor en 1952 par un tunnel de 2.5km de long vers le lac de la Gileppe augmentant la surface drainée du lac de 17,6 km² (originellement 47,4 km²) et diminuant de la même surface la surface drainée par la Soor (originellement de 66.5 km²). D'autre part, une partie du sous bassin versant de la Helle (36,75 km²) a également été déviée vers le barrage de Eupen via un tunnel de 1200m. Les parties déviées sont mises en évidence à la



(contours jaune et orange respectivement). Les barrages de la Gileppe et d'Eupen drainent respectivement des surfaces de 65 km² et 106 km² pour des capacités de stockage équivalentes (~ 25.10⁶ m³). Pendant la crue du 15 juillet 2021, l'entrée du tunnel de la Soor s'est bouchée et l'eau s'est alors détournée vers son chemin originel. A l'inverse, la déviation de la Helle par le tunnel est restée active durant tout l'événement.



Carte 3. e.1 – Organisation hydrologique du bassin versant de la Vesdre : les 15 sous bassins versants de plus de 15km² sont mis en évidence (Douinot, 2022).

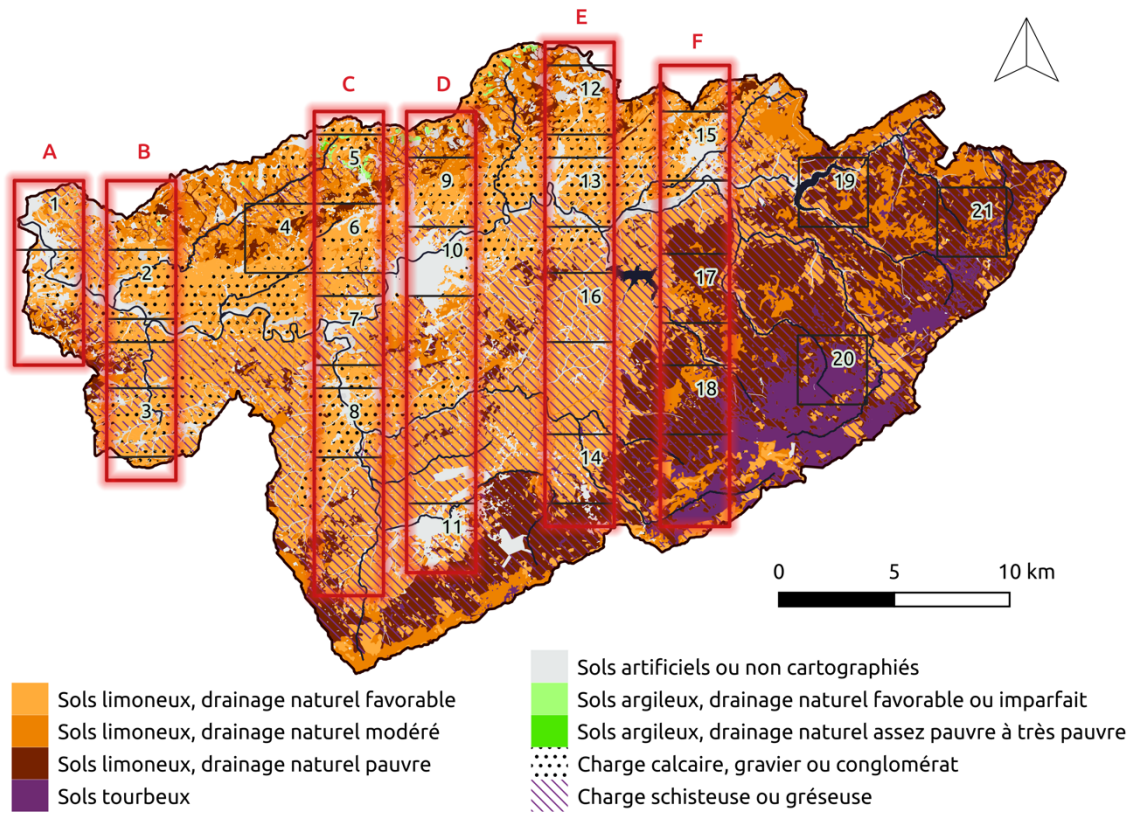
Pédologie

La Carte 3. e.2 montre les principaux types de sols rencontrés sur le bassin versant de la Vesdre. Est mise en évidence par l'échelle de couleur la texture et les capacités de drainage des sols. Les sols sont principalement limoneux (86%), artificialisés (9,2%) ou tourbeux (4,7%). Les plateaux tourbeux sont présents sur les plateaux des crêtes de la rive gauche. En termes de drainage, les hauts plateaux de la rive gauche, à l'est (la Helle et la Getz en amont de du lac d'Eupen ainsi que la Soor, la Gileppe et la partie amont de la Hoëgne) ont un drainage naturel assez pauvre. Ceux de la rive droite ont un drainage naturel modéré ou imparfait. Dans la vallée du Wayai, de la Hoëgne ainsi que la partie aval des barrages, le sol est assez caillouteux et avec un drainage naturel favorable (correspondant à ~ 44 % du territoire).

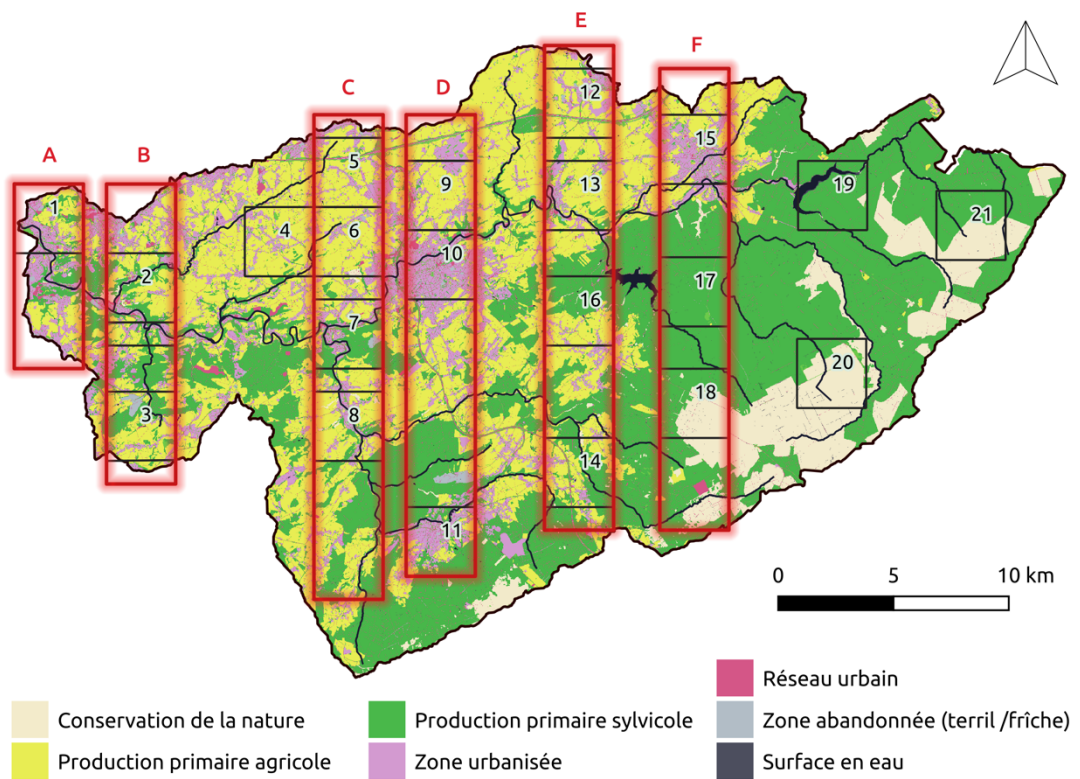
Utilisation du sol

Encore une fois, on note une forte disparité rive gauche / rive droite (Carte 3. e.3). La rive droite est quasi exclusivement dédiée à l'agriculture. En rive gauche la partie Est et amont est dédiée à la sylviculture, tandis que la vallée de la Hoëgne (et son affluent le Wayai) présente des couvertures agricoles et sylvicoles équivalentes. D'autre part, les zones de conservation correspondent essentiellement aux tourbières ou à des cultures sylvicoles en reconversion.

On remarque aussi un fort taux d'urbanisation avec 15,3 % des surfaces correspondant à des aires urbaines ou aux réseaux routier et ferroviaire. Les centres urbains principaux se concentrent dans la vallée (axe Liège ↔ Eupen), ainsi que sur l'axe routier Liège ↔ Fléron ↔ Herve, et enfin au sein de la commune de Spa.



Carte 3. e.2 – Carte des principaux types de sol de Wallonie.



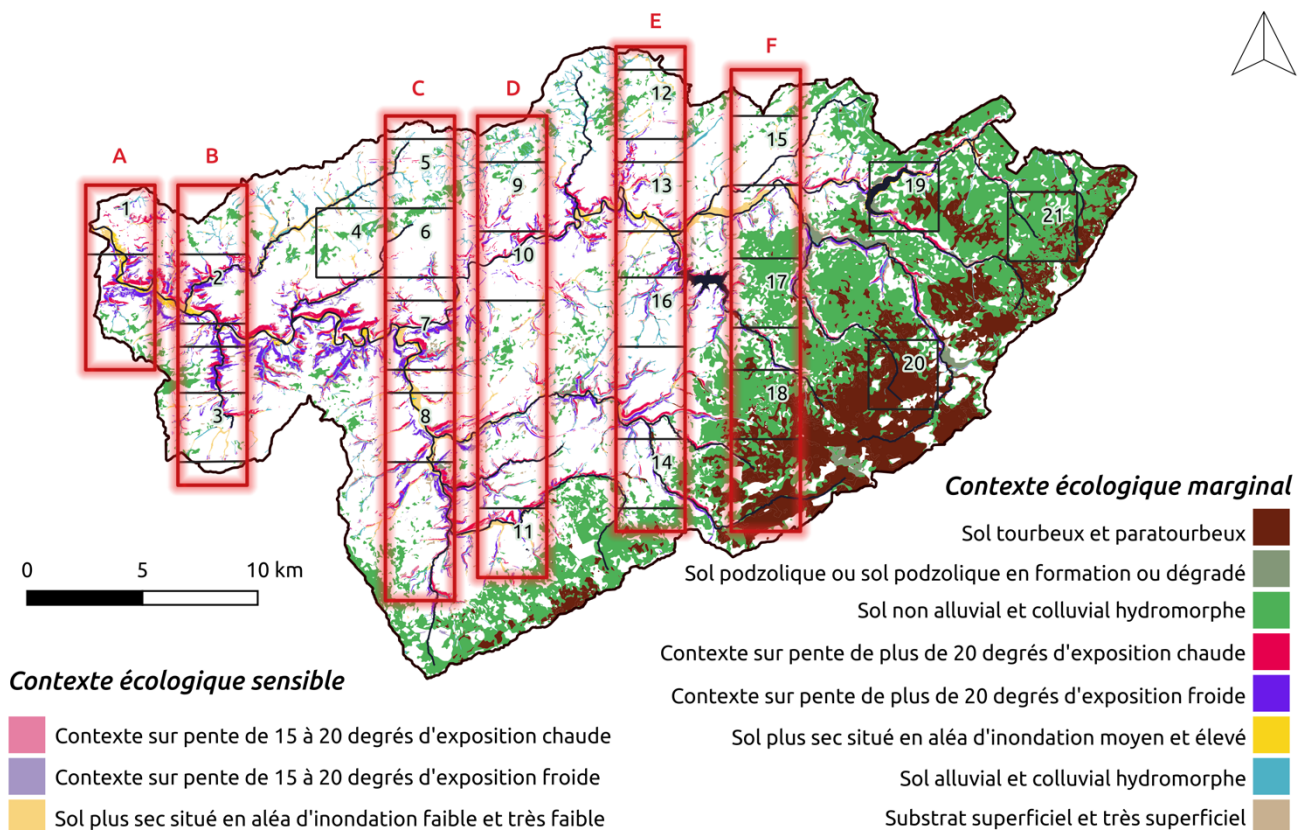
Carte 3. e.3 – Carte d'utilisation des sols (Pairon, 2022).

Contexte écologique

La définition des contextes écologiques de la Wallonie a pour objectif de cartographier les conditions biophysiques de l'environnement en lien avec les pressions des activités humaines en agriculture et sylviculture et les enjeux de conservation de la nature. Cette carte intègre le constat qu'en Wallonie, il est plus facile de faire de la conservation de la nature où les pressions humaines de valorisation agricole et sylvicole sont plus difficiles à mettre en œuvre car les conditions écologiques sont très extrêmes. Sur la base de plusieurs facteurs – la topographie, l'altitude et les types de sols – les usages potentiels du sol pour la production de biomasse ont été cartographiés. Il en découle une catégorisation de zones à plus fort potentiel de production agricole/sylvicole et d'autres territoires – appelés marginaux ou sensibles – à des usages plus extensifs comme le pâturage extensif, la sylviculture de feuillus ciblant la qualité plutôt que la quantité ou encore la conservation de la nature.

Le bassin versant de la Vesdre constitue un haut potentiel écologique pour la Wallonie, puisque 10% des sols marginaux se trouvent sur le bassin de la Vesdre (le bassin de la Vesdre ne couvrant que 4,4% du territoire wallon). En particulier, on retrouve 6 600 ha de sols tourbeux et paratourbeux – c.-à-d. des sols caractérisés par une forte teneur en matière organique peu ou pas décomposée, d'origine végétale, soit **45% des sols tourbeux de la Wallonie**, et 13 700 ha des sols hydromorphes, soit **17% des sols hydromorphes de la Wallonie** – c.-à-d. des sols marqués par une saturation régulière en eau principalement sur la rive gauche de la Vesdre (Carte 3. e.4).

En outre, sont présentes de manière significative sur le pourtour de la Vesdre aval (à l'ouest de Pepinster), de la Hoëgne et de la Wayai des zones de fortes pentes ($> 20^\circ$) formant un contexte écologique marginal de haut potentiel pour le développement de forêts de ravins sur les versants ombragés ou de chênaies sèches sur les pentes exposées.



Carte 3. e.4 – Carte des sols marginaux du bassin versant de la Vesdre (<https://services-ecosystemiques.wallonie.be>).

iv. Conclusion

De cette cartographie générale du bassin versant, on peut distinguer 3 grands ensembles paysagers :

1) **La rive gauche amont de la Vesdre** (plateaux des Hautes Fagnes), constituée des affluents des lacs de la Gileppe et de Eupen, ainsi que la partie amont de la Hoëgne (Belleheid). Ces bassins versants peu urbanisés constituent **un fort potentiel écologique**. **Une pression humaine relativement forte** y a été exercée par le drainage, l'enrésinement et la création de voiries pour l'exploitation forestière, mais elle est en déclin et en voie de conversion pour le tourisme. De par la nature des sols et du relief, les parties hautes et planes des bassins versants constituent dans leur état naturel un terrain peu favorable à l'infiltration et propice aux cheminements rapides des écoulements, à fortiori dans les zones drainées. L'aménagement actuel défini par les barrages de la Gileppe et de Eupen, permet une temporisation et une gestion annuelle des flux d'eau. Cette gestion a cependant montré ses limites lors des années sèches de 2018-2020 et de l'inondation de juillet 2021. Cette zone est ainsi d'intérêt pour la mise en place d'**aménagement combinant** la gestion des hauts potentiels écologiques que sont les **tourbières et zones humides** avec une **gestion hydrique diffuse** qui favoriserait **un stockage limité** et une **temporisation** des écoulements. En outre, la **Hoëgne amont** et les **affluents du lac d'Eupen** devrait faire l'objet d'une attention plus particulière du fait de leur vulnérabilité actuelle (pas de retenue d'eau pour la Hoëgne et capacité limitée du barrage d'Eupen).

2) **La rive droite et la vallée de la Vesdre entre Eupen et Pepinster**. Cette zone présente une hydrographie « modérée » en ce que le relief, les pentes et le niveau de drainages des sols ont des valeurs moyennes dans les standards belges. L'urbanisation y est très importante et l'agriculture domine le paysage rural, avec une très large dominance des prairies. Il en résulte une pression humaine forte. Le potentiel écologique est mineur comparé aux autres zones du bassin versant, hormis les pentes fortes sur le pourtour des petits ruisseaux affluent de la Vesdre aval (Mosbeux, Magne, Havegné). Le principal **enjeu** de cette zone résulte ainsi de l'**artificialisation des sols** liée à l'urbanisation. Il faut aussi souligner les risques de conversion des prairies en cultures fourragères intensives (maïs) qui est louable pour relocaliser l'autonomie alimentaire du bétail. Toutefois, vu les densités de bétail très importantes, ces transformations augmentent la vulnérabilité vis-à-vis de l'érosion et des coulées boueuses, ainsi que la qualité des eaux de surface et souterraines et des impacts sur la santé si les modes de production restent conventionnels.

3) **La vallée du Wayai et de la Hoëgne** qui constitue une **vallée mixte** avec une répartition équitable de zones urbaines (Spa en amont ainsi que le tronçon aval Theux – Pepinster), de sylviculture (en amont) et de culture agricole. On y rencontre toute la diversité du bassin versant en termes de types de sols et de relief, et par conséquent, de potentiels écologiques. Cette diversité doit être vu comme un **potentiel d'aménagement multiple** adapté à chaque type de paysage. D'autre part, alors que les autres sous bassins versants sont de forme longiligne autour d'une rivière principale, le bassin versant de la Hoëgne est de type ramassé avec plusieurs affluents majoritaires (Hoëgne, Wayai, Eau Rouge) et ainsi des confluences (Theux, Marteau) pouvant être des points critiques lors des crues synchronisées. **L'enjeu** sera ainsi de savoir saisir la diversité des paysages pour assurer des **réponses hydrologiques désynchronisées** des affluents majeurs.

v. Suite de l'étude (sections 3.d-3.f)

A partir de cet état des lieux du bassin versant, des zones de 9 km² (3x3 km) ont été définies afin de couvrir tous les paysages rencontrés dans les 3 zones précédemment décrites. Les 21 zones, appelées par la suite « quadras », se répartissent principalement le long de 6 transects afin de réaliser un balayage Nord-Sud. Le Tableau 3. e.1 reprend les caractéristiques principales de ces 21 quadras.

Quadrans	Transect	Altitude (m)	Versant	OCS dominante(s)	Drainage selon type de sol	Contexte écologique
1	A	142	Centrale	Urbain (Chênée) / Agriculture	Favorable	Plaine alluviale inondable
2	B	180	Centrale	mixte	Favorable	Plaine alluviale inondable Pente de plus de 20 degrés
3	B	250	Rive gauche	Agriculture / Sylviculture	Favorable	-
4	BC	250	Rive droite	Agriculture	Favorable / modéré	Sol hydromorphe
5	C	279	Rive droite	Agriculture	Favorable / modéré	-
6	C	263	Rive droite	Agriculture	Favorable	-
7	C	216	Confluence centrale	Urbain (Pepinster) / Sylviculture	Favorable	Plaine alluviale inondable Pente de plus de 20 degrés exposée nord
8	C	228	Confluence affluent	Urbain (Theux) / Agriculture	Favorable	Plaine alluviale inondable
9	D	262	Rive droite	Agriculture	Favorable / modéré	-
10	D	219	Centrale	Urbain (Verviers)	Favorable	Pente de plus de 20 degrés exposée sud
11	D	338	Rive droite	Urbain (Spa)	Favorable	Pente de plus de 20 degrés exposée sud
12	E	273	Rive gauche	Urbain / Agriculture	Modéré / favorable	Plaine alluviale faiblement inondable
13	E	259	Centrale	Urbain / Agriculture	Favorable	Plaine alluviale inondable
14	E	401	Rive gauche	Agriculture / Sylviculture	Favorable	Sol hydromorphe
16	E	367	Rive gauche	Agriculture / Sylviculture	Favorable	Pente de plus de 20 degrés exposée nord
15	F	291	Rive gauche	Urbain (Eupen)	Modéré / favorable	Sol hydromorphe
17	F	413	Rive gauche	Sylviculture	Pauvre	Sol hydromorphe
18	F	545	Rive gauche	Sylviculture / Conservation	Pauvre	Sol hydromorphe
19		425	Lac Eupen	Sylviculture	Pauvre	Sol hydromorphe
20		583	Rive gauche	Conservation	Pauvre	Sol tourbeux / paratourbeux
21		562	Rive gauche	Sylviculture / Conservation	Pauvre	Sol hydromorphe

Tableau 3. e.1 – Description des quadrans cibles.

vi. Références

CPDT, 2007. Atlas des paysages de Wallonie, l'Entre Vesdre et Meuse. Ed. Maréchal L., Ministère de la région wallonne.

f. Évolution des zones urbanisées et du tracé des principaux cours d'eau

Auteurs : Martina Barcellona Corte et Chiara Caravello, URA, Université de Liège.

i. Introduction

Expertise thématique mobilisée

Analyse urbaine diachronique (comparaison des cartes « topographiques » sur quatre époques), avec reconnaissance des principales dynamiques d'évolution (tissus bâtis et rectifications des cours d'eau).

Spécificités

Exploration approfondie de trois cadrages (3 x 3 km) dans le transect C (Herve/Pepinster/Theux), chacun se référant à une condition topographique spécifique : plateau, versant ou fond de vallée. Cette analyse vise à comprendre en détail (en termes de formes et de logiques urbaines) les deux vagues d'urbanisation qui ont caractérisé la vallée de la Vesdre sur les périodes de 1870 à 1930 et de 1960 à 2020, décrites précédemment dans ce rapport (voir section 3.b.).

Objectifs

Identification des logiques et des formes d'urbanisation (et rectifications des cours d'eau principaux) au cours des quatre périodes analysées afin de comprendre leurs éventuelles relations au risque d'inondation.

ii. Méthodologie

Données utilisées

L'urbanisation du bassin versant (emprise bâtie) a été analysée sur quatre périodes (Schéma 1) correspondant à cinq unités cartographiques : 1777 (Carte de Ferraris) ; 1850–1880 (1850 Carte de Vandermaelen et 1877 Atlas des cours d'eau non navigables) ; 1964 (carte topographique de l'IGN) ; 2020 (Plan PICC du SPW). Toutes les cartes sont disponibles en consultation libre (WalOnMap).

Modèles utilisés

Les modèles de référence utilisés sont les analyses diachroniques réalisées pour la description du développement urbain de la région du Veneto, en Italie du nord (Tosi & Munarin, 2002 ; Viganò, Fabian, & Secchi, 2016).

Étapes de l'analyse

L'analyse a été réalisée en 4 étapes : (1) sélection des cartes historiques les plus appropriées, (2) cartes redessinées vectoriellement (emprises bâties et cours d'eau principaux) à partir de fichiers raster des cartes historiques, (3) interprétation des résultats, (4) re-dessin synthétique diachronique.

Limites de la méthode

La superposition imparfaite et la non-exhaustivité de certaines cartes historiques (surtout la Carte de Ferraris, l'Atlas des cours d'eau non navigables et la Carte de Vandermaelen) rendent l'analyse partielle. Plus particulièrement, les différences substantielles (en termes de technique et de style de dessin) qui caractérisent la Carte de Ferraris ne permettaient pas la superposition parfaite aux autres cartes et la création immédiate d'une seule carte synthétique diachronique. Deux cartes ont – donc – été créées pour chaque quadra : (1) une vectorisation de la carte de Ferraris et (2) une carte synthétique diachronique avec la superposition des trois autres périodes.

iii. Précisions terminologiques : lits mineur et majeur du cours d'eau

Avant de rentrer dans le détail des résultats de l'analyse, cette sous-section vise à apporter quelques précisions terminologiques et en particulier à définir plus précisément les notions de lits « mineur » et « majeur » (abordées succinctement dans la section « Carte de l'aléa d'inondation » en début de rapport). La différenciation entre les lits mineur et majeur de la rivière est importante dans le cadre de cette analyse historique, car celle-ci s'intéresse à l'espace occupé par l'eau au fil des époques.

Par définitions, on qualifie cette emprise de la rivière par ses deux « lits » :

- Le lit mineur est la « *surface du territoire, artificialisée ou non, occupée par les plus hautes eaux d'un cours d'eau avant débordement, comprenant le chenal ordinaire d'écoulement et les berges jusqu'à la crête de berge* » (Code de l'Eau, Art. D2, 56° bis) ;
- Le lit majeur est l'espace investi par l'eau lorsque la rivière quitte son lit mineur. « *Le débordement d'un cours d'eau intervient lorsque son lit mineur ne suffit pas pour écouler le débit. Le niveau d'eau augmente de manière telle que l'emprise du cours d'eau s'élargit pour envahir le lit majeur. Le cours d'eau est alors en crue.* » (SPW, 2020, p. 44).

Il y a donc ici une question de hauteur d'eau qui dépend évidemment du phénomène d'inondation étudié. Certaines définitions préconisent donc de prendre comme référence « la plus grande crue historique » enregistrée sur le territoire, de manière à considérer la plus grande étendue jamais observée, que l'eau est donc susceptible d'occuper à nouveau (OiEau, 2022). La plus grande crue historique au sein du bassin versant de la Vesdre est difficile à déterminer, car au cours de l'histoire, la Vesdre a connu de nombreuses et graves inondations (Delforge, 2021) qui n'ont jamais été mesurées avec exactitude. Dans le cadre de cette étude, nous pouvons néanmoins nous référer à l'inondation la plus récente, celle de juillet 2021, et au périmètre relevé par le SPW et disponible sur WalOnMap.

Ce lit majeur est également défini en termes géomorphologiques et ses limites correspondent souvent aux points de rupture de pente qui dessinent la plaine alluviale.

Au sein de ce lit majeur, l'analyse qui suit met en évidence les différentes évolutions du tracé de la rivière et en particulier la modification graduelle de son emprise à travers la canalisations de bras d'eau, l'urbanisation de méandres et la suppression de biefs. Les biefs sont les bras naturels d'un cours d'eau qui ont généralement été canalisés pour réguler le flux d'eau puis progressivement comblés ou envasés au cours du temps.

Cette analyse se focalise donc sur l'ensembles des évolutions du cours d'eau, partout où il a pu s'étendre au fil du temps et donc sur l'ensemble du lit majeur. A ce stade, nous nous intéressons donc à la construction progressive de la vulnérabilité du territoire, et non pas aux zones d'aléa d'inondation qui correspondent à un niveau de risque déterminé en fonction de nombreux autres facteurs (comme, par exemple, la protection d'une zone du lit majeur dont le relief est un peu plus élevé).

iv. Résultats

L'analyse effectuée a permis de comprendre les logiques (formes urbaines et rectifications des cours d'eau) sous-jacentes aux deux vagues d'urbanisation décrites précédemment (section 3.b.) : la première développée entre 1870 et 1930 surtout dans le *fond de vallée* (Vesdre, Hoëgne) et liée au développement du chemin de fer, et la deuxième développée entre les années 1960 et 2000 surtout sur les *plateaux* (plateau de Herve en particulier) et liée à l'expansion des infrastructures routières et autoroutières. Une troisième phase (de stabilisation de la première) peut être reconnue entre les années 1930 et 1960 et se caractérise par une consolidation de l'urbanisation surtout dans les *versants*. L'analyse permet également d'observer quand et comment une condition de risque s'est construite au fil du temps. Pour chaque zone, une analyse détaillée a été réalisée.

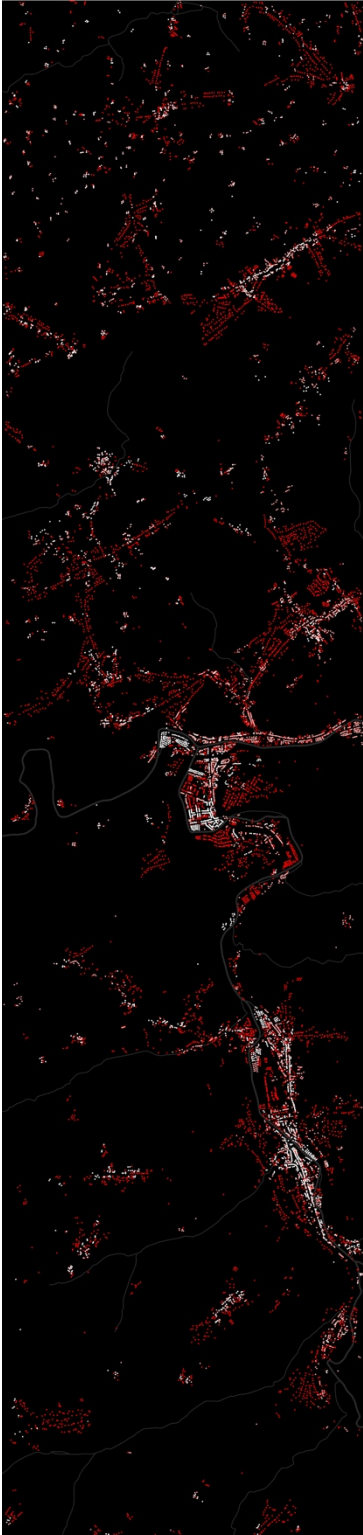


Schéma 1 – Évolution des zones urbanisées au cours de 4 époques successives dans le Transect C. Légende du schéma : 1850 – gris clair ; 1937 – gris foncé ; 1964 rouge foncé ; 2021 – rouge clair (Barcellona Corte & Lourenço da Costa, 2022). Le schéma met en évidence la logique de distribution spatiale des deux vagues d'urbanisation citées précédemment : la première vague (en gris) se développe principalement le long des fonds de vallées (Vesdre et Hoëgne), la deuxième vague (en rouge) surtout sur les versants et les plateaux.

Plateaux (Herve)

Le plateau riche en sources et petits cours d'eau et habité de manière extensive depuis le XVIII^{ème} siècle a été fortement urbanisé depuis les années 1960, avec une couverture partielle des cours d'eau.

- Période 1 (avant 1777) : l'habitat est extrêmement dispersé sur le plateau avec une distribution quasi-isotrope (relief doux) et la présence de petits noyaux (Schéma 2). Cette dispersion semble correspondre à la présence des sources (visibles seulement sur la carte IGN 1969) à côté desquelles les premiers noyaux (surtout fermes agricoles) se sont installés et répartis sur le territoire. Un maillage de chemins distribue les établissements bâtis parmi les vergers, les champs et les prairies. Le long de la ligne de crête, la Route Charlemagne distribue le plateau « en peigne » et permet de rejoindre Verviers depuis le plateau à hauteur de Battice. De nombreux petits cours d'eau prennent leur source dans le plateau et le traversent.

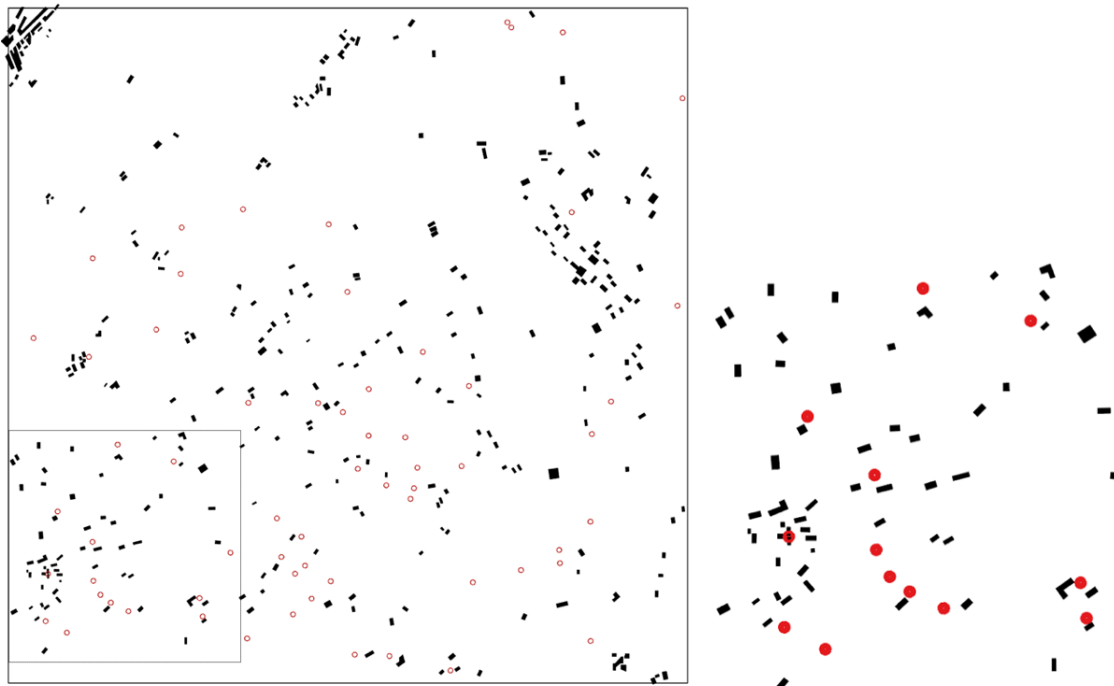


Schéma 2 – Habitat à l'époque Ferraris et sources d'eau (extrait de la Carte 3. f.1). Distribution quasi-isotrope de l'habitat et la relation de proximité spatiale entre les sources d'eau et les établissements bâtis (zoom sur la droite). Ressemblées en petits groupes ou isolées, les fermes sont le plus souvent construites à mi-versant de vallon, au niveau de contact entre la craie perméable et l'argile imperméable sous-jacente (la couche de sources d'eau, non présente sur la carte de Ferraris, a été importée de la carte IGN 1964).

- Période 2 (entre 1777 et 1880) : densification légère du système bâti qui reste essentiellement inchangé.
- Période 3 (entre 1880 et 1964) : densification et renforcement des noyaux, formation des filaments (extension en rubans des maisons mitoyennes) le long des routes principales. Arrivée du chemin de fer à la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle. La construction de l'autoroute apparaît à la fin de cette période. Son tracé est relativement régulier et parallèle à la ligne de crête. Les petits cours d'eau sont fragmentés et, dans certains cas, envasés.
- Période 4 (entre 1964 et 2020) : forte urbanisation du plateau facilitée par la mise en service de l'autoroute E40 (Bruxelles vers Aachen) et E42 (Battice vers Prüm en Allemagne). Densification des noyaux et des filaments existants, création de nouveaux filaments et de maisons pavillonnaires, phénomène amplifié par la création généralisée de lotissements (Schéma 3). Installation de la grande zone d'activité économique de Battice au nord de l'autoroute E40 et des deux parties de la zones des Plenesses au sud de l'autoroute E40. Réduction supplémentaire des cours d'eau.

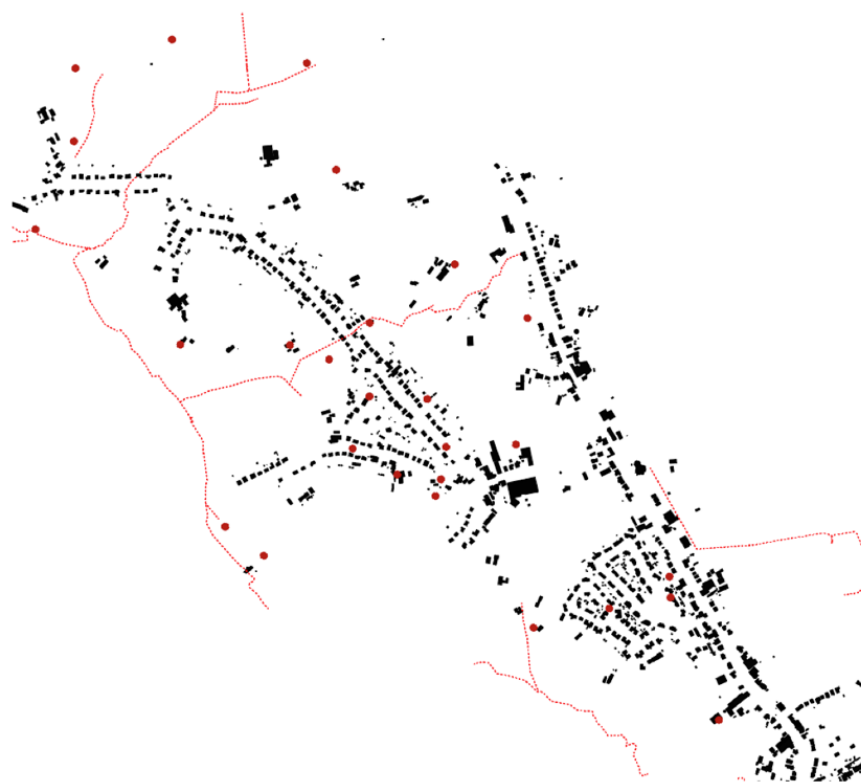
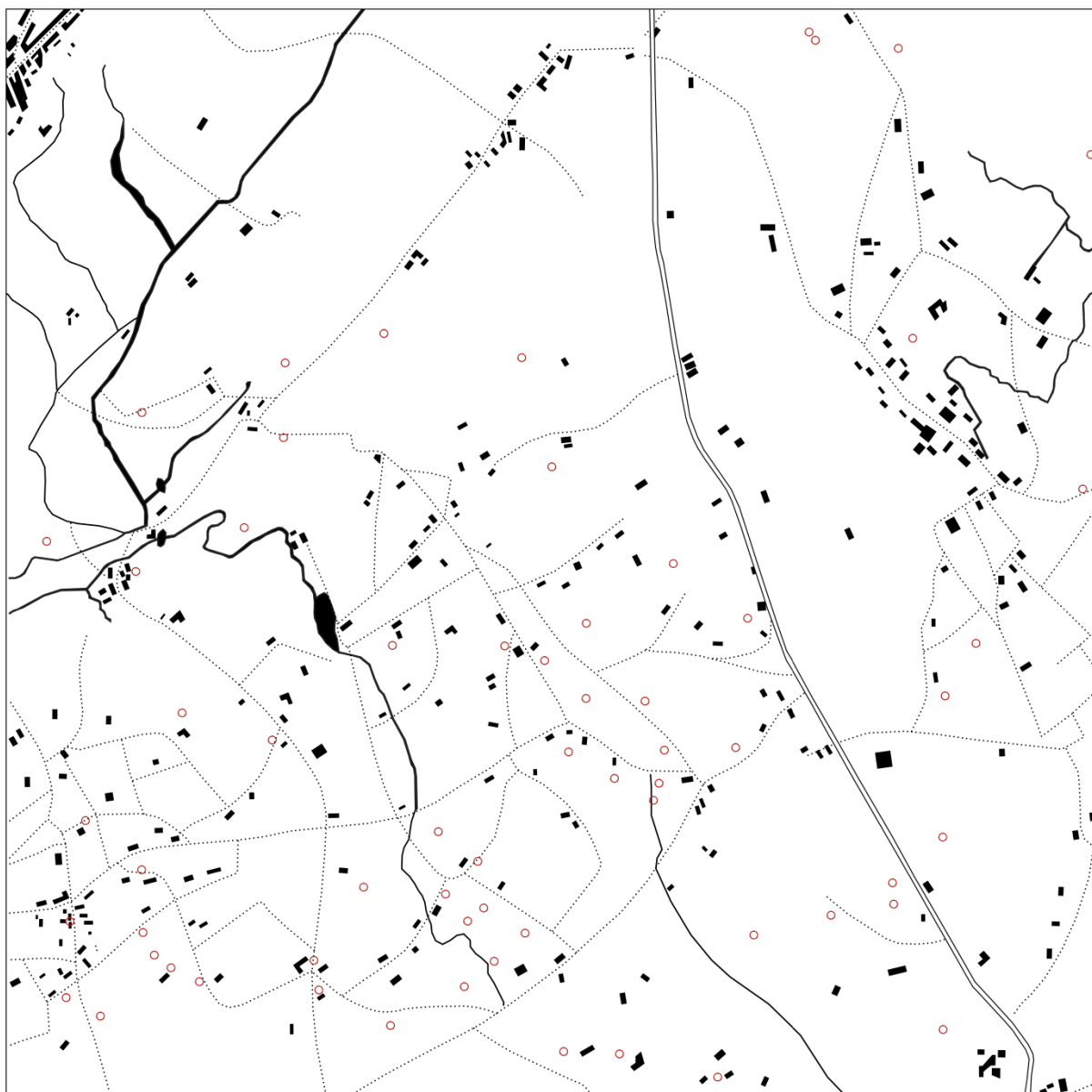








Schéma 3 – Zones urbanisées avec cours d'eau et sources (extrait des Carte 3. f.1 et 3. f.2). Relation spatiale entre les nouveaux filaments et lotissements bâtis (en noir) avec les cours d'eau et sources (en rouge).



LEGENDE

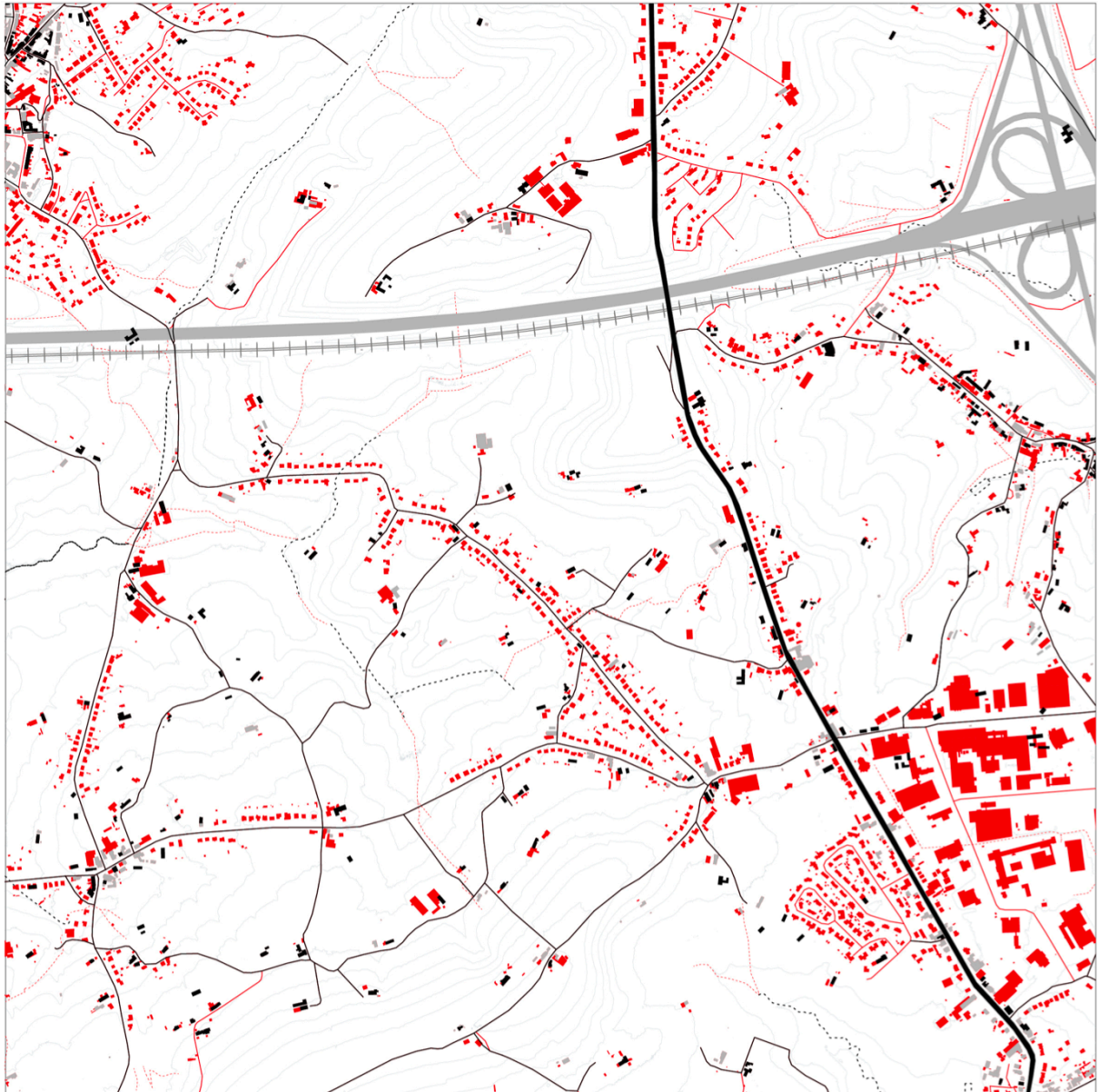
1777 (Carte Ferraris)

-  Bâti
-  Cours d'eau principales
-  Cours d'eau secondaires
-  Routes principales
-  Routes secondaires
-  Sources (IGN 1964)

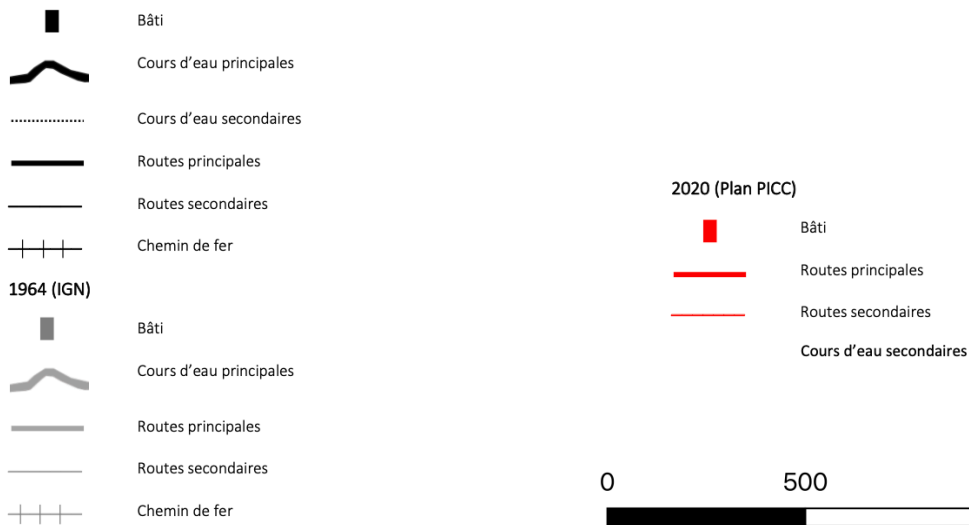
0 500 1000 m



Carte 3. f.1 – Zones urbanisées et tracé des cours d'eau principaux à l'époque Ferraris : transect C, quadra 5 - cadrage du plateau (Barcellona Corte M. & Caravello C., 2022).



1850 – 1880 Carte Vandermaelen ; Atlas des cours d'eau non navigables



2020 (Plan PICC)

3. f.2 – Évolution des zones urbanisées et du tracé des cours d'eau principaux au cours de 3 époques successives : transect C, quadra 5 - cadrage du plateau (Barcellona Corte M. & Caravello C., 2022).

Fond de vallée (Pepinster)

Le positionnement des noyaux (ensuite considérablement développés) le long de la Vesdre et de la Hoëgne (période 1) au niveau des affluents et des biefs et l'accumulation des infrastructures en fond de vallée (période 2) qui rétrécissent progressivement les lits mineur et majeur de la Vesdre et la Hoëgne préparent le terrain au risque. L'urbanisation des méandres se fait rapidement (période 3) avec des « objets » bâtis de grande dimension et à grand impact spatial (bâtiments industriels ou lotissements discontinus de maisons en bande avec jardin).

- Période 1 (avant 1777) : présence de maisons éparses le long des cours d'eau (Vesdre/Hoëgne) regroupées principalement en noyaux au niveau des affluents (de taille variable) (Schéma 4). En suivant la Hoëgne, des filaments habités (maisons mitoyennes) sont installés le long de la route et au niveau des biefs, quelques maisons éparses sur les pentes. La Vesdre et la Hoëgne conservent – en principe – leurs tracés actuels mais avec des lits mineurs plus larges (présence de multiples biefs le long de la Hoëgne pour l'alimentation des moulins). Présence de cinq ponts sur la Hoëgne au niveau de la confluence et des méandres. De nombreux petits ruisseaux venant du nord (affluents) se jettent dans la Vesdre à la hauteur de Hodister.



Schéma 4 - Relation affluents/noyaux le long de la Vesdre (extraits des Carte 3. f.3 et Carte 3. f.4). Implantation des premiers noyaux au niveau des affluents et des biefs à Pepinster et dans deux autres sites le long de la Vesdre.

- Période 2 (entre 1777 et 1880) : renforcement substantiel des infrastructures dans le fond de vallée avec la création de la Nationale 61 et du talus du chemin de fer, générant une réduction conséquente de l'ampleur du lit majeur et modifiant le lit mineur par endroits. A hauteur de Hodister, création d'un nouveau noyau bâti avec canalisation et recouvrement (au moins partiel) des affluents venant du nord. Le système bâti préexistant se renforce, mais non de manière significative. Recouvrement du bief à la hauteur du deuxième méandre de la Hoëgne.
- Période 3 (entre 1880 et 1964) : renforcement significatif de l'environnement bâti. Le long de la Vesdre, création d'un nouveau système de maisons mitoyennes en « filament » le long de la Nationale 61 (parallèle à la Vesdre) à proximité immédiate de l'eau ; densification du filament vers le nord à hauteur de Hodister avec enterrement complet des affluents (Schéma 5). Installation d'industries entre la Vesdre et la Nationale 61 avec rétrécissement conséquent du lit majeur. Le long de la Hoëgne, densification du filament (maisons mitoyennes) parallèle à la rivière. Urbanisation des méandres avec création de petites industries et nouveau lotissement (premier méandre). Le lit majeur à la confluence est complètement bâti avec recouvrement partiel des biefs. Premières constructions sur les hauteurs.

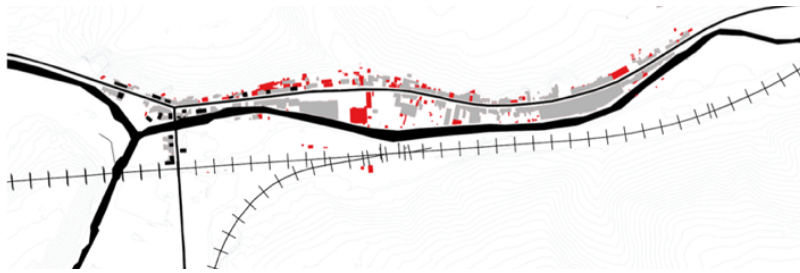
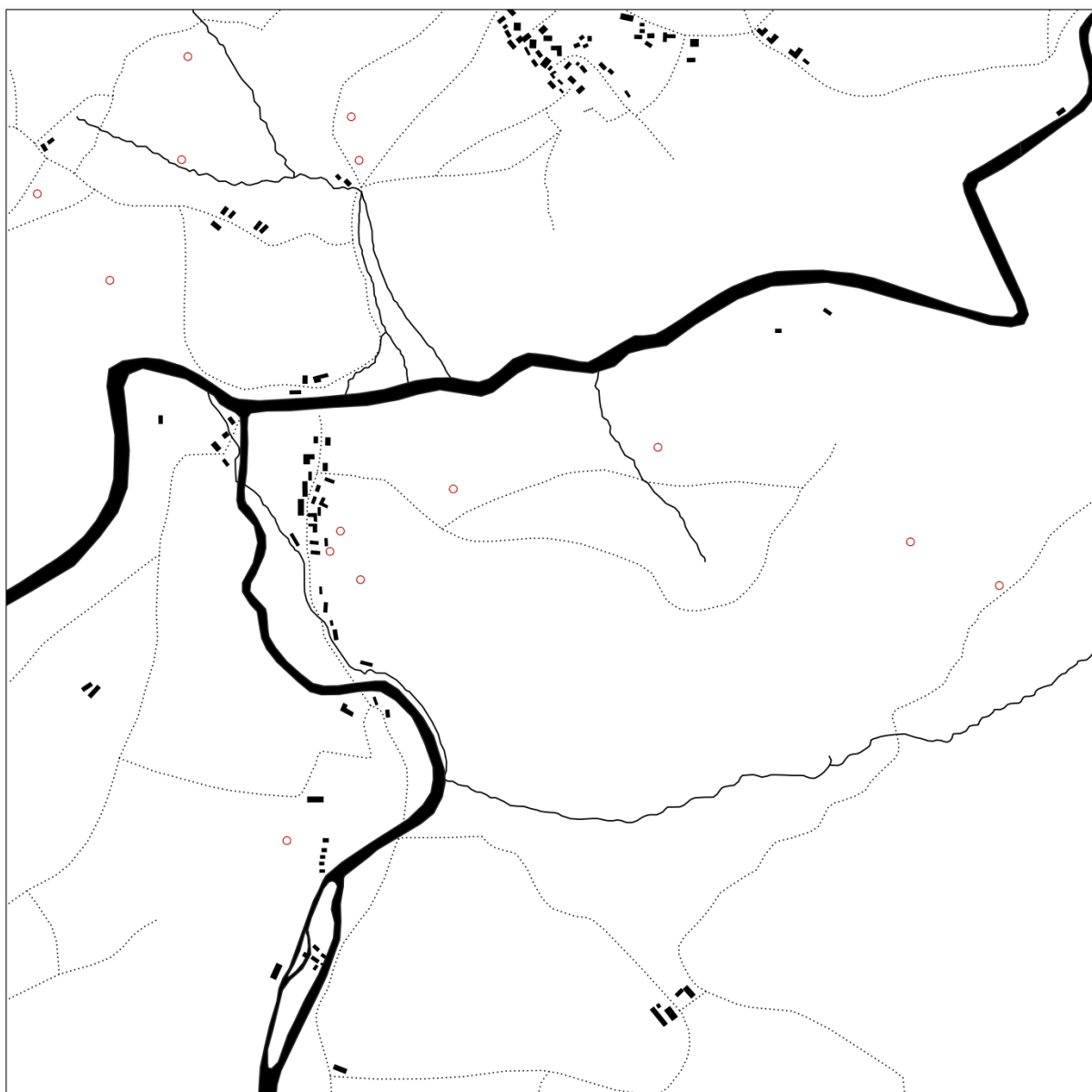


Schéma 5 – Urbanisation du lit majeur (extrait de la Carte 3. f.4). En haut : maisons mitoyennes en « filament » entre la Nationale 61 et la Vesdre avec image d’archive correspondante (vers 1850). En bas : Quartier Matadi entre la Nationale 690 et la Hoëgne conçu pour les ouvriers de l’usine Texter avec image d’archive correspondante (vers 1930).

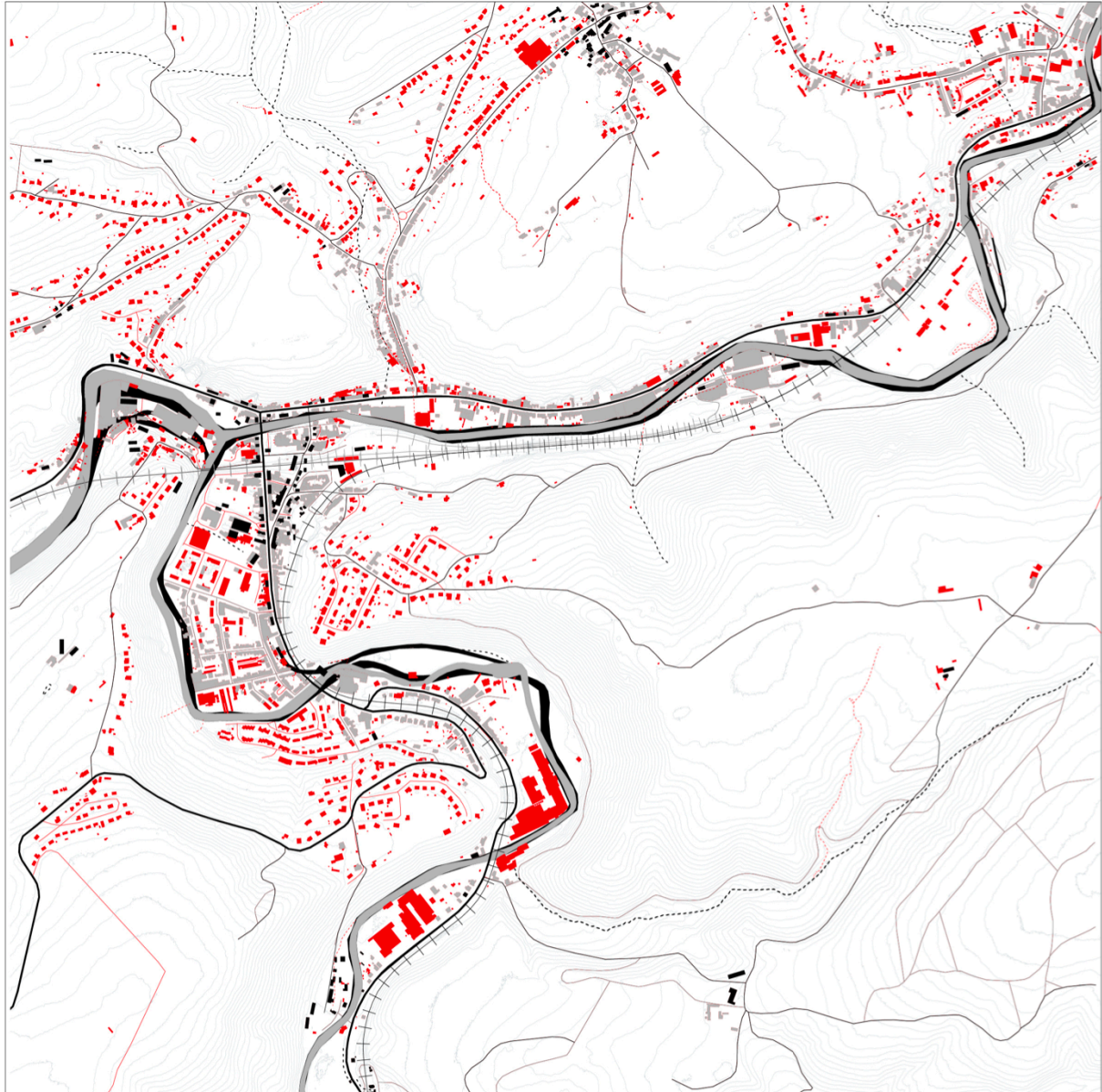
- Période 4 (entre 1964 et 2020) : légère densification du tissu bâti existant dans lit majeur avec l’arrivée de nouvelles industries (deuxième et troisième méandres de la Hoëgne), recouvrement quasi-complet des biefs. Développement extensif sur les hauteurs (surtout lotissements de maisons pavillonnaires) (Schéma 6).



Schéma 6 - Développement sur les hauteurs (extrait de la Carte 3. f.4). Lotissement de maisons pavillonnaires avec image correspondante (vers 2020).



Carte 3. f.3 – Zones urbanisées et tracé des cours d'eau principaux à l'époque Ferraris : transect C, quadra 7 - cadrage de fond de vallée (Barcellona Corte M. & Caravello C., 2022).



Carte 3. f.4 – Évolution des zones urbanisées et du tracé des cours d'eau principaux au cours de 3 époques successives : transect C, quadra 7 - cadrage de fond de vallée (Barcellona C.M. & Caravello C., 22).

Versants : Theux

Noyaux anciens toujours installés au niveau des affluents (perpendiculaires à la Hoëgne) et à forte proximité/au-dessus du système de biefs (parallèle à la Hoëgne). Occupation graduelle du lit majeur par l'urbanisation surtout dans le période 3, avant les années 60.

- Période 1 (avant 1777) : situé le long de la Hoëgne au niveau d'un affluent (Wayot), le noyau de Theux se développe en filament (maisons mitoyennes) le long de la route parallèle à la rivière. L'habitat est bordé par une série de biefs (présence de plusieurs moulins). D'autres noyaux plus petits se développent en amont : en dessous et à proximité de la confluence avec le Wayai (Marché) ou à la confluence du Targnon et du Wayai (Spixhe). La présence de biefs au niveau des noyaux bâtis est constante. Deux noyaux (Jevumont et Sassor) sont situés sur les hauteurs. La route principale longe – parallèlement – la Hoëgne (Schéma 7).



Schéma 7 – Relation affluents/noyaux (extraits de la Carte 3. f.5). Implantation des premiers noyaux le long de la Hoëgne au niveau des affluents et des biefs.

- Période 2 (entre 1777 et 1880) : densification légère du système bâti qui reste essentiellement inchangé. L'arrivée du chemin de fer réduit considérablement le lit majeur avec recouvrement partiel des biefs parallèles à la Hoëgne.
- Période 3 (entre 1880 et 1964) : la zone bâtie le long de la route se renforce et s'allonge considérablement (parallèlement à la Hoëgne) au nord et au sud de Theux qui vient donc se relier au noyau de Marché (densification du « filament » de maisons mitoyennes) (Schéma 8). Occupation du lit majeur avec l'installation de lotissements au nord de Theux et de petites industries le long de la Hoëgne, occupation des méandres et recouvrement d'une grande partie des biefs. L'urbanisation s'accélère entre 1937 et 1964 (vérification par la carte IGN 1937). L'installation de l'industrie réduit encore plus le lit majeur et la présence des biefs en plein air, parallèles à la Hoëgne. Recouvrement partiel de certains affluents de la Hoëgne (Wayot sur la rue de la Boverie).



Schéma 8 - Urbanisation le long de la Nationale 657 (extrait de la Carte 3. f.6). Densification du « filament » de maisons mitoyennes avec image de la Rue Charles Rittwéger (début XXème siècle), comparable et située immédiatement au nord.

- *Période 4 (entre 1964 et 2020)* : poursuite du rétrécissement du lit majeur qui est presque entièrement occupé par le bâti (résidentiel et industriel) (Schéma 9). Développement substantiel sur les hauteurs par le biais de lotissements de maisons pavillonnaires ou de filaments de maisons mitoyennes le long des routes de montée. Le village de Jevoumont (sur les hauteurs) est étendu et légèrement densifié. Les dernières traces de biefs parallèles à la Hoëgne s'effacent de plus en plus, d'autres affluents sont enterrés (noter le recouvrement du ruisseau du Pré l'Évêque à son arrivée au Marché).

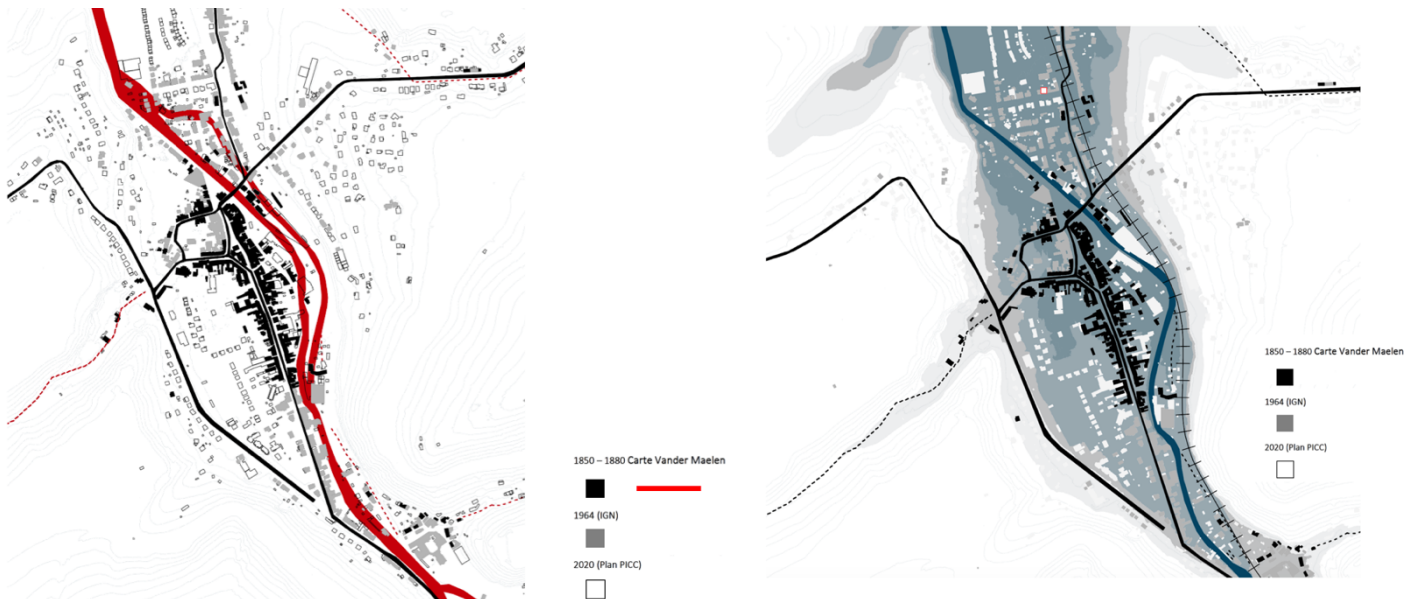
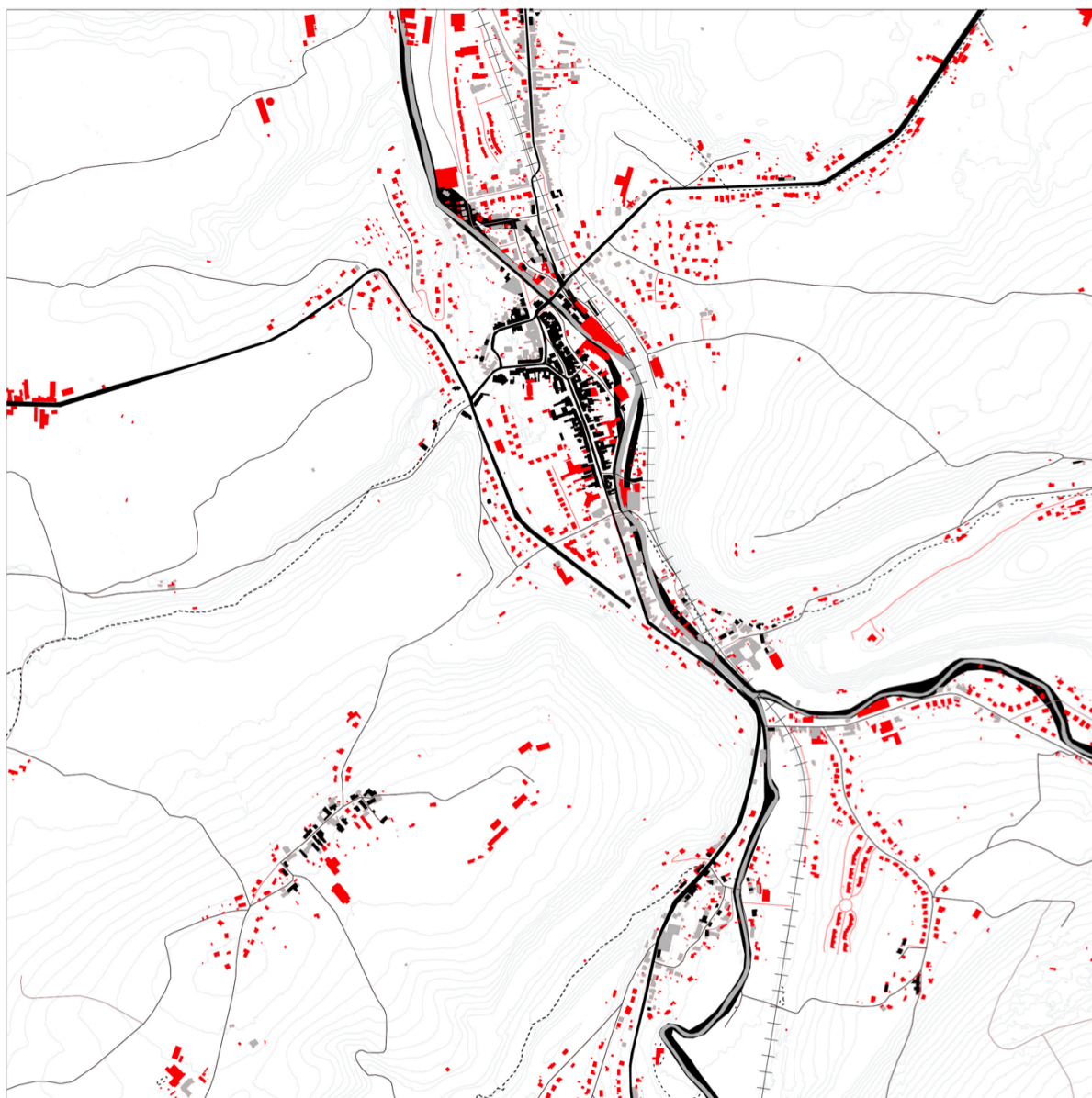


Schéma 9 – Rétrécissement du lit majeur (extraits de la Carte 3. f.6). Recouvrement graduel des biefs par époques (à gauche) ; rétrécissement du lit majeur par époques (à droite).



Carte 3. f.5 – Zones urbanisées et tracé des cours d'eau principaux à l'époque Ferraris : transect C, quadra 8 - cadrage du versant (Barcellona Corte M. & Caravello C., 2022).



Carte 3. f.6 – Évolution des zones urbanisées et du tracé des cours d'eau principaux au cours de 3 époques successives : transect C, quadra 8 - cadrage du versant (Barcellona Corte M. & Caravello C., 2022).

v. Discussion

Dans chacune des situations analysées, il est possible de constater que la condition de risque (inondation) a été « construite » de manière progressive mais continue au fil du temps.

Sur le plateau (Schéma 10), le fort développement de l'habitat (surtout des lotissements), a entraîné :

1. une artificialisation/imperméabilisation progressive des sols ;
2. une fragmentation/un enfouissement partiel des cours d'eau avec –pour conséquence– une difficulté du plateau à jouer un rôle d'éponge et à diminuer le ruissellement vers les versants et le fond de vallée.

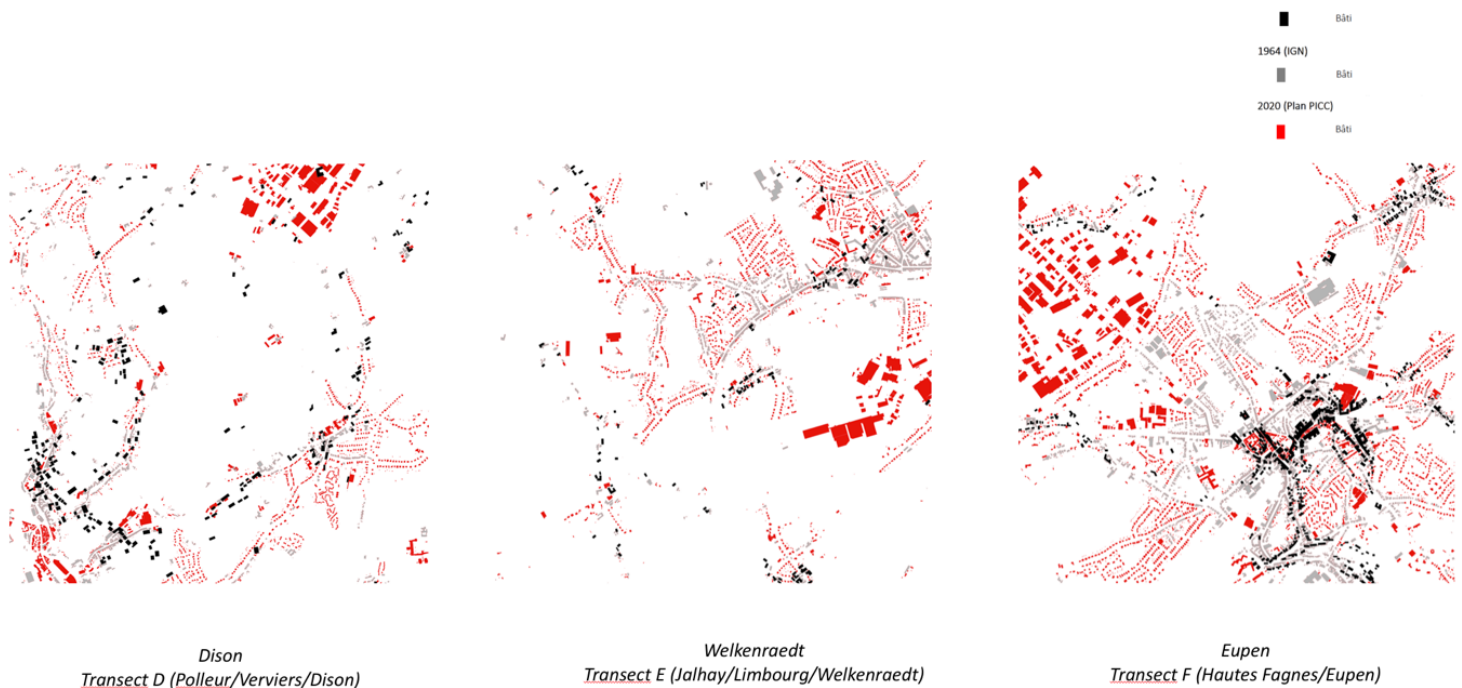


Schéma 10 - Développement de l'habitat sur les plateaux. Mise en évidence du processus d'artificialisation/imperméabilisation progressive des sols (trois cas).

Dans le fond de vallée et le versant (Schémas 11 et 12), (1) l'implantation des premiers noyaux le long des rivières (Vesdre et Hoëgne) près de l'embouchure des affluents, (2) l'installation de la Nationale 61 (Vesdre), 690 et 657 (Hoëgne) et du talus du chemin de fer dans le lit majeur (Vesdre et Hoëgne), (3) l'installation du bâti (résidentiel et industriel) à proximité immédiate de l'eau, entre les routes (Nationales 61, 690 et 657) et les rivières, (4) l'occupation progressive de l'espace encore disponible du lit majeur des rivières (y compris les méandres) ont produit – au fil du temps – respectivement :

5. l'implantation de l'habitat dans des zones particulièrement exposées au risque d'inondation, risque renforcé par la canalisation et le recouvrement progressifs des affluents à proximité des zones bâties ;
6. la réduction significative de l'ampleur du lit majeur avec le recouvrement d'une grande partie du réseau de biefs et donc une augmentation de la probabilité d'inondation de zones bâties proches de l'eau ;
7. la mise en œuvre de travaux de régulation des berges avec rectification/réduction du lit mineur par endroits ;
8. la réduction supplémentaire et conséquente du lit majeur.

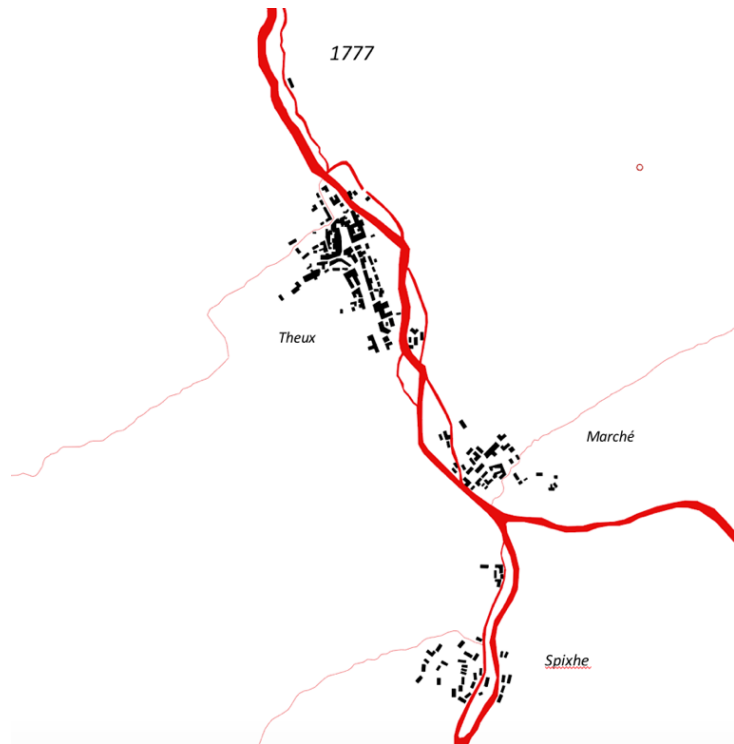


Schéma 11 – Réseau de biefs à l’époque de la carte Vandermaelen. Densité du réseau (eau en rouge) autour des premiers établissements (en noir).



Schéma 12 – Transformation progressive du lit mineur. Réduction de l’ampleur du lit mineur avec le recouvrement d’une grande partie du réseau de biefs : cas de Pepinster à gauche et d’Ensival à droite.

vi. Conclusion

La reconstruction historique clarifie comment la condition de risque d'inondation a été en bonne partie construite par l'homme au fil du temps, à partir d'une série de choix d'implantation (bâtiments et infrastructures).

Cette construction progressive du risque implique une réflexion en termes de prévention d'inondations futures :

- *sur les plateaux*, la vague d'urbanisation observée après 1960 ne semble pas avoir suffisamment tenu compte de l'accroissement du risque d'inondation associé à leur imperméabilisation. Dans le cas de nouvelles constructions/réaménagement de bâtiments existants, il semble dès lors important d'accorder une attention particulière (i) à la présence de cours et sources d'eau, (ii) aux dynamiques d'écoulement et de ruissellement (topographie et dynamiques karstiques), et (iii) aux caractéristiques des sols (perméabilité). Cette attention semble nécessaire pour (a) réduire les risques d'inondation (sur les plateaux et en aval) et (b) augmenter le potentiel d'infiltration des plateaux eux-mêmes.
- *dans le fond de vallée et les versants*, le risque s'est construit dès la première vague d'urbanisation à proximité de l'eau et s'est accru avec l'artificialisation du fond de vallée associé à la mise en place des ouvrages de protection. L'accumulation de facteurs de risque (habitat proche de l'eau, plateaux artificialisés, imperméabilisation croissante, redirection des cours d'eau, présence de talus créant des plans d'eau difficilement évacuables) suggère d'étudier et de veiller à (i) l'emprise des nouvelles constructions au sein du lit majeur surtout près de l'embouchure des affluents, (ii) l'articulation du talus du chemin de fer, qui pourrait bénéficier de nouvelles ouvertures pour permettre une meilleure mobilité de l'eau au sein du lit majeur, (iii) la porosité des « filaments » de maisons mitoyennes le long des routes qui créent un « effet canal » accentuant les dégâts des inondations, (iv) l'adaptation de certains types de bâtis récurrents (filaments de maisons mitoyennes le long de la Nationale, quartiers ouvriers dans les méandres, etc.) et en particulier la résilience des rez-de-chaussée, (v) la réouverture potentielle des biefs et des affluents canalisés, et (vi) la renaturation des berges le long des cours d'eau artificialisés, quand cela est possible.

Dans le cadre de la (re)construction du territoire sinistré, l'analyse historique du bassin versant suggère (a) la prise en compte du ruissellement vers l'aval sur les plateaux (degré d'infiltration du plateau, présence d'axes de ruissellement concentré et de vallées sèches) et (b) une prudence quant aux conditions de (re)construction dans la vallée (emprise, localisation et adaptation du bâti, (ré)ouverture de biefs/affluents canalisés, traitement des berges, etc.), en particulier à l'intérieur du lit majeur, où le niveau de vulnérabilité est important et s'est accru au fil du temps.

vii. Références

Delforge, P. (2021). *Comment faire barrage à une montée des eaux violente et soudaine ?* Namur : Institut Destrée, Centre de recherche & archives de Wallonie.

SPW (2020). Notice méthodologique d'élaboration des cartographies des zones soumises à l'aléa d'inondation et des risques de dommages dus aux inondations.

Tosi, M.C., & Munarin, S. (2002). *Tracce di Città*. Milano, Italia: Franco Angeli

Viganò, P., Fabian, L. & Secchi B. (2016). *Water and Asphalt: The Project of Isotropy*. Zurich, Switzerland: Park Books.

Office international de l'Eau (OiEau) (2022). *Glossaire eau, milieux marins et biodiversité*. Limoges, France: Office Français pour la Biodiversité (OFB).

g. Évolution des zones naturelles, paysages forestiers et agricoles

Auteurs : Audrey Douinot, Marc Dufrière, Noé Hanciaux et Aurore Degré, GxABT, ULiège.

i. Introduction

L'objectif de cette partie est de réaliser une description synthétique de l'évolution du paysage du bassin de la Vesdre, en pointant plus particulièrement sur les éléments évolutifs pouvant avoir un impact sur les processus d'écoulement, et l'hydrologie générale. Pour ce faire, on se basera sur 3 cartes historiques et une carte paysagère actuelle révélant 4 captures du paysage : du fin 18^{ème} (1770-1778), du fin 19^{ème} (1865-1880), de l'après-guerre (1964) et d'aujourd'hui. Suivant les éléments structurants d'intérêts on réalisera une analyse globale sur tout le bassin versant (évolution historique globale, paysage forestier), ou bien sur des zones particulières du bassin versant lorsqu'il s'agit d'éléments spécifiques (bocage, parcellement du paysage, drainage des tourbières) couvrant une partie mineure du bassin versant. Ces zones d'études spécifiques correspondent aux quadras définis à la section 3.c. Les évolutions détaillées sur les quadras étudiés seront alors extrapolées pour décrire l'évolution globale du bassin versant.

ii. Méthodologie

Résumé historique

En premier lieu, un résumé descriptif des évolutions historiques est présenté. Il est intégralement issu du document « Atlas des paysages de Wallonie, l'Entre Vesdre et Meuse » (CPDT, 2007) qui retrace les grandes phases de développement de la région auxquelles sont liées les transformations du paysage. Cette partie a ainsi pour objectif de situer nos « captures de paysages » que l'on effectuera à quatre dates sur nos quadras d'étude.

Données utilisées

Suite au résumé historique global des évolutions, on cherchera à détailler et quantifier ces changements de paysages. Pour ce faire, on basera notre étude sur 3 cartes historiques, une carte reprenant le parcellaire agricole et une carte couplée d'occupation et utilisation du sol, ainsi que les orthophotos les plus récentes pour caractériser 4 instants de la période 1780 – 2022. Les cartes utilisées sont :

- *Les cartes topographiques Ferraris (1770 – 1778)* établies par le comte Joseph de Ferraris couvrant tout le bassin de la Vesdre, hormis l'extrême est (~ 50km²). Les cartes Ferraris distinguent en théorie 14 types d'utilisation du sol : cultures, prairies, bruyères (ou landes sèches), tourbière, marais impraticable, polders, dunes, vergers, vignobles, potagers, bois de basse ou haute futaies, plus rarement les résineux qui étaient pratiquement inexistantes et les lieux de vie occupés par les hommes. Toutefois, comme les cartes ont entièrement été réalisées à la main pour représenter ce qui était vu sur le terrain, il est parfois difficile de distinguer certains motifs les uns des autres. Par souci également de cohérence avec les cartes ultérieures, les catégories « basse et haute futaies » ont ainsi été rassemblées, ainsi que les typologies « tourbières » et « marais ». Les utilisations « polders », « dunes » et « vignobles » n'étant pas présentes, l'utilisation des sols de 1770 – 1778 sera finalement définie par 9 catégories. En plus de l'utilisation du sol, les éléments structurants tels que les routes, chemins, sentiers mais aussi les haies, murs et digues sont aisément identifiables.
- *Les cartes du dépôt de la guerre (1865 – 1880)* ne couvrant également que partiellement le bassin de la Vesdre (environ 100 km² du nord-est n'est pas couvert). Très similairement aux cartes Ferraris sont distinguées 12 catégories d'utilisation de sol : futaies, taillis, résineux, prairies, vergers, bruyères, prés humides (fagnes), marais, tourbières, jardins, et zones résidentielles. Également différents types de limite des parcelles sont identifiables (clôture en pierre, talus, fossés ou haies). Nous rassemblerons les catégories

« tourbières », « marais » et « prés humides (fagnes) », afin de garder une cohérence avec les cartes Ferraris et garderons ainsi 10 catégories d'utilisation du sol.

- *La carte topographique de 1964* étant la carte topographique avec un géoréférencement exact la plus ancienne. La résolution étant cependant grossière (carte papier géoréférencée après avoir été scannée), on s'aidera des orthophotomosaïques de 1971 disponibles sur WalOnMap pour la lecture de l'utilisation des sols.
- Une carte couplant principalement *les cartes d'occupation et d'utilisation (OCS et UTS)* réalisée par Marie Pairon (2022, ULiège – GxABT – Convention WAL-ES) ; les incohérences pour certaines entités (par exemple prairies à l'UTS qui sont en résineux ou feuillus à l'OCS) ont été levées en recoupant avec des cartes supplémentaires (essences forestières par exemple). Cette carte très détaillée peut être utilisée à 4 niveaux :
 - Niveau 1 : utilisation du sol (7 catégories) ;
 - Niveau 2 : type de milieu (ouvert, fermé) ou d'usage (terre arable, culture permanente...) ;
 - Niveaux 3 et 4 : précision supplémentaire sur le milieu (type de culture, type de zone boisée...).

Afin de comparer l'évolution de l'utilisation du sol sur la base des 9 ou 10 catégories identifiées sur les cartes antérieures, les différentes typologies sont rassemblées comme indiqué dans le Tableau 3. g. 1.

Catégorie	Typologies OCS et UTS
Cultures	21
Prairies, landes sèches, autres herbacées	321
Feuillus	111, 311
Résineux	112, 312
Forêts mixtes	113, 313
Bruyères, landes sèches, taillis	122, 123, 233, 322, 323, 623, 624
Vergers	221
Zones résidentielles, urbaines	131, 241, 331, 611, 431
Tourbières, prairies et landes humides,	121, 321, 622
Jardins	4314, 4315
Infrastructures routières et ferroviaires	441, 71
Industries et secteurs tertiaires	41, 42
Surfaces en eau	72
Territoires abandonnés	5xx

Tableau 3. g.1 – Regroupement des typologies de la carte couplée d'OCS et UTS pour une comparaison cohérente avec les cartes historiques.

La carte couplée d'OCS et UTS ne fournit cependant pas d'information sur le niveau du parcellaire et des éléments linéaires structurants. Pour ce point particulier, on utilisera conjointement les cartes parcellaires cadastrales et les orthophotomosaïques les plus récentes disponibles.

En outre, on fera l'étude plus détaillée de l'évolution récente (2015 – 2020) des pratiques agricoles dans le bassin versant de la Vesdre. Pour ce faire on utilisera les Parcellaires Agricoles Anonymes (aussi appelés Sigec). Ces

données reprennent pour chaque année l'occupation sur chaque parcelle (sa couverture ou la culture implantée). Des regroupements entre les différentes cultures et occupations des parcelles sur le bassin versant ont été effectués afin d'améliorer la visibilité des données (Tableau 3. g.2). N'ont été reprises dans l'analyse que les parcelles ayant été au moins 1 fois cultivées entre les années 2015 et 2020. Cela a pour effet d'ignorer les parcelles de prairies inamovibles durant ce laps de temps et ainsi, améliorer l'analyse de rotation des cultures. Qui plus est, les parcelles pouvant évoluer en taille année après année, uniquement celles dont les dimensions restaient identiques ont été incluses dans l'analyse des rotations de culture. Celle-ci ne reprend donc pas les parcelles qui pourraient avoir fusionner entre 2015 et 2020 ou celles n'ayant plus été référencées entre temps, ce qui peut influencer les résultats de l'analyse.

Intitulé	Exemple occupation Sigec	Explications supplémentaires
Autres cultures	Betterave sucrière, Colza d'hiver, Cultures maraichères sous verre, Pomme de terre...	Reprend les cultures qui, individuellement, ne font pas partie des cultures principales du bassin de la Vesdre
Autres fourrages	Betterave fourragère, Luzerne, Autres fourrages...	Reprend les fourrages qui, individuellement, ne font pas partie des cultures principales du bassin de la Vesdre
Autres utilisations	Sapins de Noël, Cultures forestières, Couvert favorisant la faune...	Reprend les occupations qui ne concernent pas la production agricole
Épeautre	Épeautre, Épeautre d'hiver	
Froment	Froment d'hiver, Froment de printemps	
Maïs	Maïs grain	
Maïs fourrager	Maïs ensilage	
Orge	Orge d'hiver, Orge de printemps, Orge de brasserie	
Prairie	Prairie et fourrage	

Tableau 3. g.2 – Regroupement des différentes cultures et occupations des Sigec.

Les éléments de paysage à l'étude

Du fait des paysages spécifiques du bassin versant de la Vesdre historiquement présents (section 3.c), on s'intéressera à :

1. *L'évolution du recouvrement forestier*. L'intérêt est porté plus particulièrement sur le déplacement relatif des zones forestières de la vallée aux hauts plateaux de la rive gauche, ainsi – tant bien que possible – qu'à l'évolution des essences (résineux versus feuillus) et de typologie (culture uniforme versus régénération naturelle et diversifiée). Le déplacement de l'aval vers l'amont des massifs forestiers ayant un impact allant au-delà de l'échelle des quadras, l'échelle globale du bassin versant de la Vesdre sera dans un premier temps privilégié. Pour mettre en évidence, la mise en culture, incluant la parcellisation et la modification des réseaux hydrographiques (drainage), on s'intéressera ensuite au **transect F** où la production sylvicole est actuellement fortement présente.
2. *L'évolution des paysages agricoles*, représentatif de la rive droite, c'est à dire l'évolution du bocage présent depuis le 15^{ème} siècle et des vergers au 19^{ème} sur le plateau de Herve (quadras 4, 5 et 6). L'objectif est de quantifier l'évolution de l'utilisation du sol, du parcellement et des structures linéaires du paysage pouvant avoir un impact sur le ruissellement. On effectuera cette étude détaillée sur le **quadra 5**. En sus, on s'intéressera à la variabilité des cultures sur le bassin versant et leur évolution récente, ceci de manière **globale** grâce aux données Sigec numérisées.

3. *L'évolution des zones humides*, et notamment leur évolution en termes de superficie et d'utilisation. Ces zones humides sont principalement présentes naturellement dans les lits majeurs du réseau hydrographique ainsi que sur les plateaux tourbeux de la rive gauche. On s'intéressera dans un premier temps aux zones humides faisant office de zone tampon aux abords des rivières, les tourbières des hauts plateaux étant traitées dans le point suivant. On s'intéressera dans un premier temps au lit majeur de la Hoëgne à Theux et sa confluence avec la Wayai et d'autres petits ruisseaux (**quadra 8**).
4. *L'évolution de l'utilisation et du drainage du plateau des hautes Fagnes*. Zone originellement couverte de tourbières, la mise en place de culture sylvicole incluant drainage et modification du réseau hydrographique a fortement modifié le paysage. Les **quadras 18 et 20** seront ainsi analysés, pour quantifier l'augmentation, respectivement la diminution du réseau de drainage et d'emprise des zones humides ou tourbières sur ces hauts plateaux.

iii. Résultats

Résumé historique

Avant de se pencher plus en détail sur les cartographies historiques, il est apparu nécessaire de contextualiser ces captures de temps dans le contexte historique. L'objectif est de situer les principaux changements structuraux de la vie quotidienne et de pouvoir mieux interpréter et expliquer les évolutions observées sur les cartes. L'Atlas de paysage de Wallonie, l'entre Vesdre et Meuse (CPDT, 2007) énumère les grands changements économiques de la région :

- Au Moyen-Âge, les paysages sont façonnés par les habitants à la manière des open-field : des petites clairières ont été ouvertes, autour des habitations rassemblées en village diffus dans le bassin versant (c'est à dire aussi bien sur les plateaux en hauteur, dans les vallées, mais aussi sur les versants). Les terres cultivées (ager) sont présentes uniquement autour des habitations, les landes et prairies destinées au pâturage itinérant (saltus) et les bois non défrichés (sylva) entourant ensuite ces villages.
- A partir du 15^{ème} siècle, la fabrication et le commerce des draps prennent une certaine importance dans la vallée de la Vesdre, à Verviers et à Eupen principalement. La laine provient de l'élevage des moutons qui parcourent les landes abondantes dans la région. L'utilisation de la force motrice de l'eau explique le développement des villages situés dans des vallées, notamment pour le foulage de la laine et moudre la farine. En aval, il existe des petits ateliers de métallurgie.
- Au début de l'époque moderne (aux alentours de la période 1450–1500), une nouvelle pratique agricole se met en place : la culture de l'herbe pour l'élevage de bovins. Ce changement est lié à des conditions climatiques moins favorables à la production de grain et à la concurrence avec des productions céréalières avoisinantes plus rentables (spécialisation des paysages). Ceci transforme le paysage, puisque les paysans plantent des haies afin de fermer les parcelles et empêcher le bétail de s'échapper. Un paysage bocager s'installe. Outre les pratiques agricoles, les paysans se chargent d'activités supplémentaires nécessitant peu d'investissements telles que le tissage et le filage de la laine. Il existe alors une complémentarité entre les villes où se réalisent le lavage de la laine et la fabrique des tissus et l'artisanat des campagnes.
- Au début du 18^{ème} le commerce de textile décline un peu à Verviers, du fait de la mise en place d'une taxe appliquée à tout ce qui sort et entre de la principauté de Liège. De nombreux industriels s'installent alors à la frontière de l'époque et en résulte le développement de Francmont, Dison et Dolhain.
- Au milieu du 18^{ème} siècle, les routes entre Herve et Aix-la-Chapelle d'une part et Verviers et Maastricht d'autre part sont empierrées. Au croisement des deux routes, le village de Battice (ouest de Herve) se développe alors au détriment de Herve.
- Au 17^{ème} et 18^{ème} siècle avec l'apparition du bocage, l'habitat s'est dispersé au détriment de l'agrandissement des villages. Les fermes d'élevage sont le plus souvent construites à mi-versant de vallon,

au niveau du contact entre la craie perméable et l'argile imperméable, l'eau y étant plus facilement accessible (départ de nombreuses sources).

- A la fin de l'ancien régime, le fonctionnement économique va être profondément modifié suite au développement industriel de l'axe Liège – Verviers. En 1799, la première machine à carder et à filer du continent est installée sur cet axe. Elle remplace le travail de deux cents personnes pour un fonctionnement en nécessitant seulement trois. Les ateliers de filage à domicile vont petit à petit disparaître, avec la complémentarité entre les campagnes et villes. Dans les années 1800-1830, des fabriques de textiles apparaissent dans le bocage et dans la vallée de la Vesdre. Sont mises en place également à cette époque l'extraction de minéraux et l'exploitation du sous-sol. Des bâtiments industriels apparaissent accompagnés des premières habitations ouvrières. A Nessonvaux, des usines à canons sont installées, profitant d'un fond de vallée large et d'un système hydraulique en lien avec des canaux de déviation de la Vesdre.
- En 1843, la ligne de chemin de fer Liège – Aix-la-Chapelle est inaugurée et met en concurrence la laine des plateaux de celles provenant d'Anvers. De nouveaux quartiers se développent à partir des stations du chemin de fer. L'industrie se concentre alors progressivement dans la ville de Verviers. La Vesdre et le canal des usines (qui existe depuis le 12^{ème} siècle) jouent encore un grand rôle car le lavage de la laine devient la spécialité de la ville. Cette activité est renforcée par la construction du barrage de la Gileppe qui fournit en toute saison de l'eau en quantité suffisante. Verviers s'étend et l'industrie textile y connaît son apogée au début du 20^{ème} siècle. La population aisée de cette ville quitte progressivement le centre et construit de nouveaux quartiers d'habitat sur les hauteurs du versant ardennais.
- Sur le plateau, le caractère agricole du bocage herbager se renforce et des vergers apparaissent. Pendant tout le 19^e siècle, le plateau perd des habitants, même si dans un premier temps la présence des fabriques rurales retarde une émigration massive vers les pôles urbains. La perte de revenu qui résulte du déclin de l'artisanat à domicile ne permet plus aux villageois de se maintenir comme petits propriétaires. Obligé de recentrer une grande part de ses activités vers l'agriculture, l'Entre-Vesdre-et-Meuse se consacre encore plus à l'élevage et à la production de produits laitiers. La plantation de vergers accompagne ce processus, à une époque où les villes en pleine croissance offrent un bon débouché pour les fruits frais. Les industries de transformation des produits agricoles, essentiellement celles de la culture fruitière avec la fabrication de sirop et de cidre, marquent peu les paysages.
- Suite à la première guerre mondiale, la région d'Eupen revient à la Belgique en 1920. Alors que son commerce trouvait des débouchés en Allemagne, elle éprouve des difficultés à écouler ses produits laitiers. S'ensuit un exode partiel au-delà de la frontière nouvelle.
- Dans l'après-guerre, on note principalement le développement des axes de communication (routes) et l'urbanisation (résidences et activités économiques) autour de ces axes. Concernant l'agriculture, comme un peu partout en Europe, l'agriculture s'intensifie sous la guidance de la politique agricole commune, avec un agrandissement des exploitations et des parcelles, l'arrivée de la culture du maïs, l'arrêt des transhumances, et des vergers hautes tiges (demandant beaucoup de main d'œuvre). Les haies disparaissent progressivement.

La Figure 3. g. 1 résume ces changements économiques sur une échelle chronologique, situant ainsi les captures de temps analysées par la suite. A noter que ces descriptions historiques concernent essentiellement la vallée de la Vesdre et les plateaux de la rive droite. On peut supposer une similarité de l'évolution du paysage agricole sur la rive gauche, sans toutefois pouvoir l'extrapoler à l'espace forestier très présent sur cette rive.

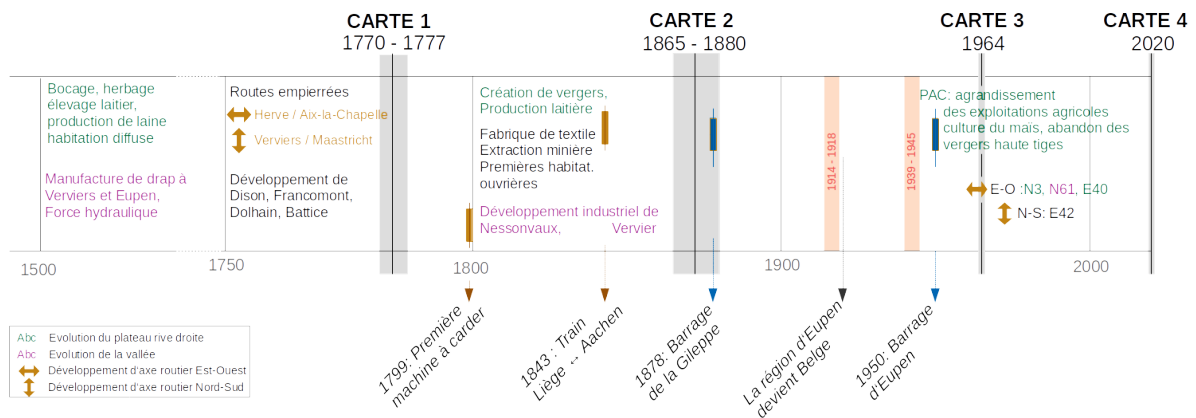
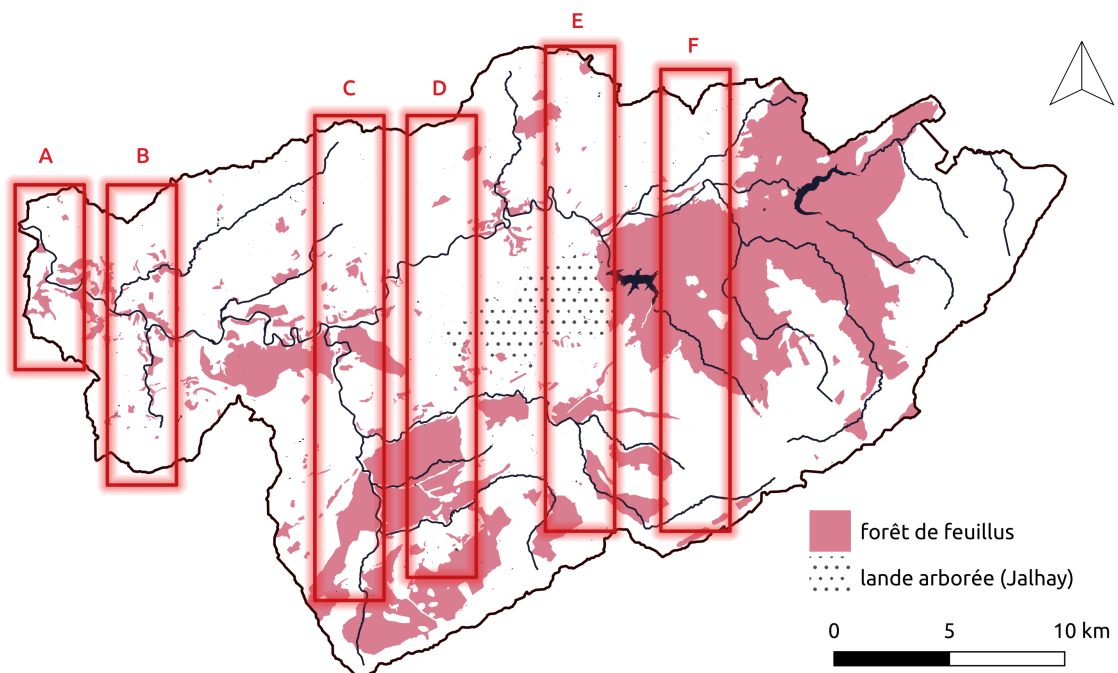


Figure 3. g.1 – Chronologie succincte des événements structurant les paysages de la rive droite et de la vallée de la Vesdre.

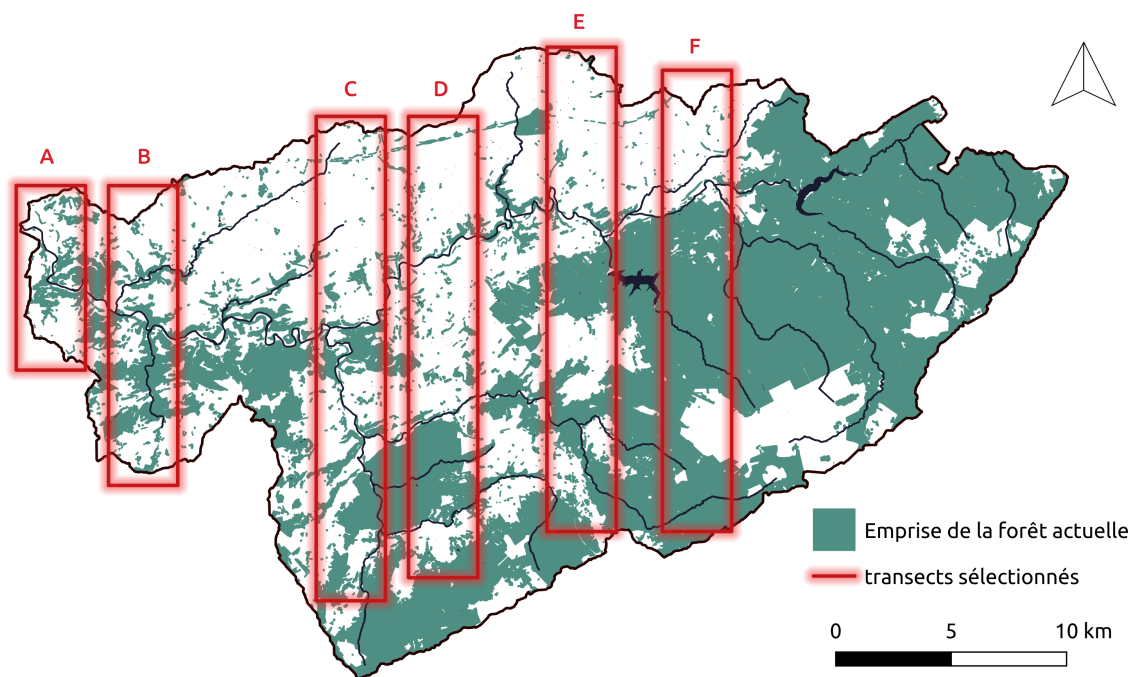
La carte des Ferraris (1770 – 1777) représente ainsi une photographie du 18^{ème} siècle où les activités économiques tournent autour de l'élevage et la production de laine sur les plateaux, et des activités textiles dans la vallée. Les routes de Herve – Aix-la-Chapelle et Verviers-Maastricht sont de nouveaux axes de communications. La carte du dépôt de la guerre (1865 – 1880) photographie l'émergence de vergers, des premières fabriques de textile, ainsi que l'inauguration du nouvel axe ferroviaire Liège – Aix-la-Chapelle, duquel résulte potentiellement une urbanisation autour des stations d'arrêt. La carte topographique de 1964 préfigure comme une photographie à la fois des derniers développements industriels d'avant-guerre, et des prémices du développement agricoles d'après-guerre. La dernière carte (ODS et UTS couplée) photographie, 55 ans après la carte de 1964, la transformation agricole d'après-guerre confirmée, et l'impact des nouveaux axes de communication rapides (E40, E42).

Évolution des paysages du bassin versant de la Vesdre

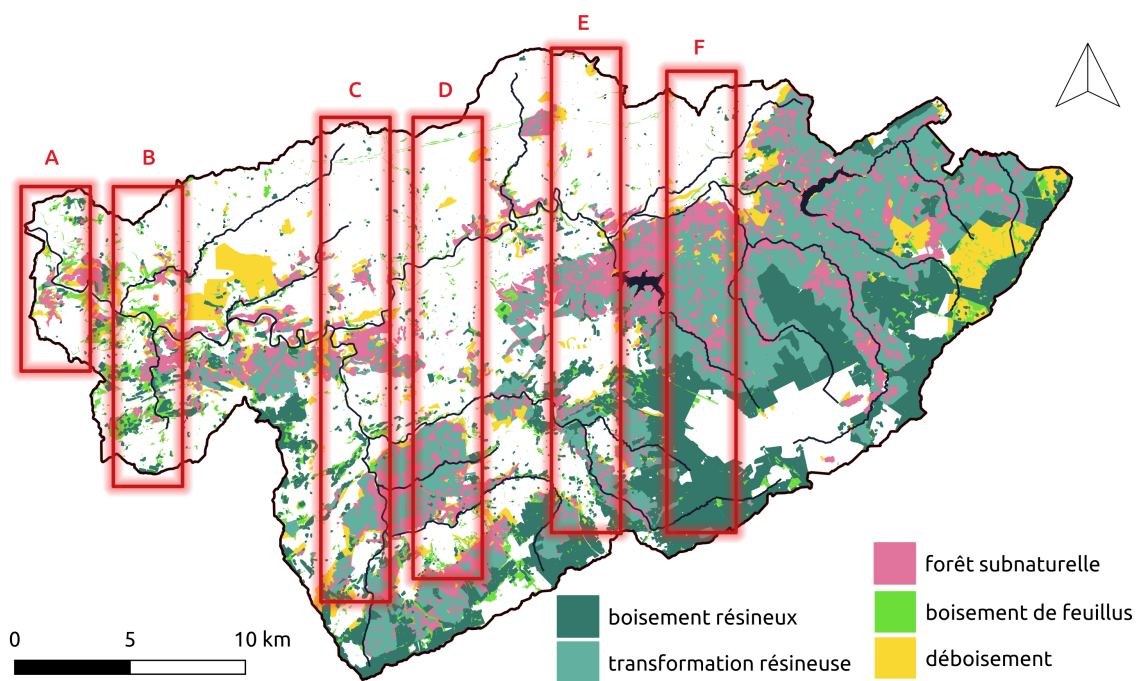
1. Évolution de l'espace forestier



Carte 3. g.1 – Espace forestier du bassin de la Vesdre au 18^{ème} siècle (Dufrene, 2022).



Carte 3. g.2 – Espace forestier du bassin de la Vesdre au 21^{ème} siècle (Dufrière, 2022).



Carte 3. g.3 – Modification de l'espace forestier du bassin de la Vesdre entre le 18^{ème} et le 21^{ème} siècle : emprise et espèce (Dufrière, 2022).

Quelques chiffres de l'évolution de l'espace forestier (Carte 3. g.1, Carte 3. g.2 et Carte 3. g.3) :

- Au 18^{ème} siècle (cartes Ferraris) on observe une emprise forestière sur **23 000 ha soit 33 % du bassin versant**. Les espèces feuillues recouvrent l'intégralité de cette espace sous la forme de futaies mais aussi de taillis sur les hauts-plateaux.
- Au 19^{ème} siècle on observe quasiment la même emprise, au détail près des pourtours du réseau hydrographique qui fait face à un déboisement (~3 000 ha). Cette différence peut provenir d'une divergence dans la manière de cartographier les abords des rivières entre les deux cartes. Une différence plus significative non visible via la quantification de l'emprise concernent les bois aux alentours de Jalhay : ils semblent s'être densifiés au 19^{ème} siècle au vu du graphisme employé pour représenter ces forêts, qui ressemblent plus à une lande arborée au 18^{ème} siècle, qu'une forêt couverte. On note enfin le début de plantation de résineux avec 700 ha nouvellement forestiers, et 400 ha mis en place après une plantation de feuillus.
- C'est entre 1865 et 1964 que l'on trouve les plus grandes modifications de l'espace forestier avec la plantation d'*a minima* 2 100 ha en résineux sur les hautes fagnes et le remplacement d'au moins 4 100 ha de feuillus en résineux sur les versants entre le plateau des Hautes Fagnes et la vallée de la Vesdre entre Eupen et Verviers. Les chiffres avancés sont des minima car les cartes utilisées présentent une couverture partielle du bassin versant (voir section ii). La Figure 3. g.2 tend à montrer la singularité de cette période à partir de l'exemple du transect F. On y observe les changements de couverture forestière y compris d'espèce d'un siècle à l'autre.



Figure 3. g.2 – Zoom sur le transect F : Changement de l'espace forestier siècle après siècle.

Finally, over the entire period 1780 – 2020 (Figure 3. g.2) we observe a significant transformation of the forest space with the arrival of plantations of resinous trees of the 20th century: 19 000 ha (27 % of the basin of the Vesdre) are now covered, of which 8 400 ha (12%) were originally wet zones (hydromorphic soils), or peat bogs. Of 23 000 ha of initial deciduous forests, 5 700 ha have been de-wooded and more than 10 500 ha of old forests have been transformed into intensive resinous forests, leaving only 6 800 ha of old natural forests of great ecological and functional potential.

Current forest zones include these 6 800 ha of old forests, 10 500 ha of deciduous forests transformed into resinous and 3 200 ha of deciduous woodlands and 8 400 ha of resinous plantations generally in meadows and heathlands (the « incultes ») on plateaus to reach a surface of 29 000 ha. The forest surface has globally increased by colonizing new spaces but it has especially transformed since less than a quarter of the original surface has been preserved in its state.

Évolution du paysage agricole

The analysis of the agricultural landscape focuses first on the quadrats. To study the agricultural landscape of the right bank, we take the example of quadra 5, transect B, which is located at the level of the plateau of Herve, and allows visualizing the area south of Battice. We are interested in the parceling of the landscape and its agricultural use. Figure 3. g.3 shows its evolution from the 18th century to the 21st century. Table 3. g.3 shows the distribution in percentage of the different uses of the soil. The three first instantanees were realized manually by digitization of historical maps while the last one corresponds to the coupled use/occupation of the soil map, as well as a manual digitization of orthophotos dating from 2021 for the identification and the representation of linear structures.

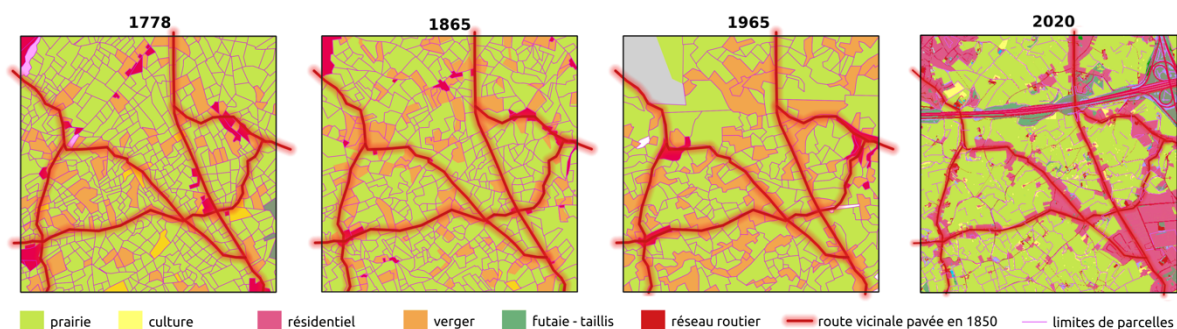


Figure 3. g.3 – Évolution de l’utilisation du sol du 18^{ème} au 21^{ème} siècle au niveau du quadra 5 : plateau de Herve au sud de Battice. (Douinot, 2022). Le tracé des routes vicinales pavées en 1865 est représenté sur toutes les cartes afin d’instaurer un repère visuel fixe.

	1770 - 1778	1865 - 1880	1964	2022
Prairie	66,7 %	76,7 %	65,0 %	65,0 %
Verger	27,6 %	20,4 %	26,1 %	0 %
Culture	2,0 %	0,2 %	0 %	6,4 %
Futaie / landes	0,4 %	0,1 %	0 %	2 %
Résidentiel	3,1 %	2,7 %	2,75 %	24 %*

Tableau 3. g.3 – Répartition de l’occupation du quadra 5.

(*) La surface résidentielle comprend 9,9 % de surface herbagère (jardin et parc).

On remarque que le parcellement est très présent dès le 18^{ème} siècle et évolue peu. Le paysage est couvert en majorité de prairies (65 % - 76%) et de vergers (20 % - 27%). Le ratio de la surface de culture sur la surface de prairie est représentatif du bassin versant pour lequel la couverture herbagère couvre, en 2022, 92 % des terres agricoles.

On note que la proportion de vergers apparaît comme minimale au 19^{ème} siècle alors qu'il était attendu qu'elle soit maximale. Une hypothèse est la surestimation des vergers représentés sur la carte topographique en 1964. On peut en effet observer sur l'orthophotomosaïque de 1971 (Figure 3. g.4) des plantations d'arbres éparses voire inexistantes, là où des vergers étaient formellement indiqués sur la carte topographique de 1964. On peut y voir également les premiers impacts de la politique agricole commune et de la désertification des campagnes, les vergers hautes tiges demandant beaucoup de main d'œuvre et étant peu valorisés à cette époque par les subsides européens.

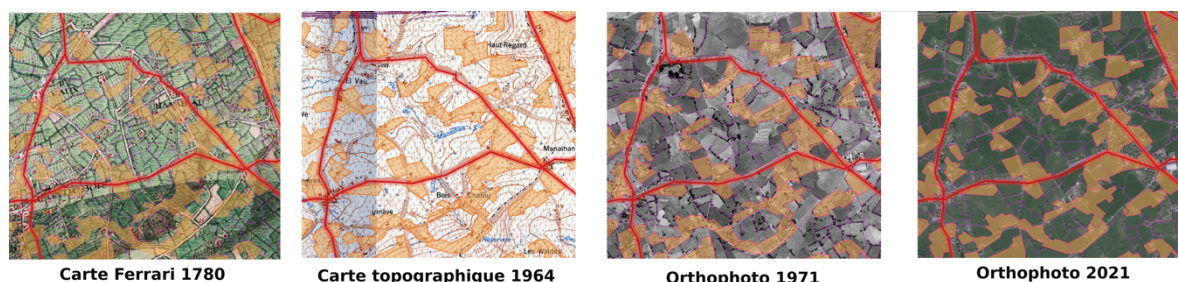


Figure 3. g.4 – Zoom sur une partie du quadra 5 et à partir de 1964. (Douinot, 2022). Le parcellement en ligne rose correspond à celui de 1964. La disposition des vergers correspond à celle de 1964 également.

Même si le parcellaire en petites surfaces est toujours existant, les parcelles ont progressivement augmenté en superficie passant d'une moyenne de 1,19 ha pour les prairies au 18^{ème} à une moyenne de 2,81 ha au 20^{ème} siècle. Même si le calcul des superficies des parcelles n'a pu être mené pour la période actuelle (Tableau 3. g.4), la visualisation des orthophotos tend à montrer que la réunification des parcelles s'est arrêtée après les 20 premières années d'après-guerre dans cette région.

	1770 - 1778	1865 - 1880	1964
Prairie	1,19 [0,65 - 1,49]	1,71 [0,76 - 2,21]	2,81 [1,10 - 3,22]
Verges	1,53 [0,73 - 2,10]	1,59 [0,87 - 2,03]	2,67 [1,12 - 3,26]

Tableau 3. g.4 – Taille moyenne (et écart type) des parcelles de prairies et des verges [ha].

Les cartes historiques montrent l'utilisation quasi-exclusive de haies pour marquer les séparations des verges et cultures. Les orthophotomosaïques de 1971 et 2021 (Figure 3. g.4) montrent une bonne correspondance et persistance des haies représentées sur la carte topographique de 1964.

Afin d'étudier l'évolution du linéaire paysager, on estime d'une part le potentiel maximal de structures linéaires du 18^{ème} et du 19^{ème} siècle comme étant égal à la somme des pourtours des parcelles, les routes pouvant faire office de limite mais étant visiblement (selon les cartes historiques) majoritairement bordées d'arbres. D'autre part, pour les deux instantanés les plus récents (1964, et aujourd'hui), on utilise les orthophotos de 1971 et 2020 afin de calculer les longueurs de haies visibles. Il en résulte l'évolution du linéaire structurant présentée au Tableau 3. g.5.

Linéaire structurant	1770 - 1778	1865 - 1880	1971	2022
[km]	165,2	125,3	92,5	76,1
[km/km ²]	18,4	13,9	10,3	8,5

Tableau 3. g.5 – Longueur de linéaires structurants estimés à partir des cartes historiques (Ferraris et dépôt de la Guerre) et des orthophotos de 1971 et 2021.

Du fait de l'agrandissement des parcelles, les éléments linéaires structurants passent de 165,2 km dans le quadra (18,4 km/ km²) au 18^{ème} à 125,3 km (13,9 km/km²) au 19^{ème}, soit une diminution de 24 %. De 1971 à 2022, les longueurs de haies passent de 92,5 km en à 76,1 km soit une diminution de 17 %. A noter que cette diminution n'est pas due à un agrandissement des parcelles mais à l'urbanisation et par conséquent à la suppression de surfaces agricoles. Enfin on note une division par 2 des longueurs de linéaire entre le 18^{ème} et le 21^{ème} siècle qui est à relativiser compte tenu des méthodes d'estimation : sur les cartes historiques on réalise une estimation haute supposant que toutes les parcelles sont bordées par des haies, alors que le calcul des deux instants récents se fait sur base d'identification des haies.

Concernant les cultures, l'analyse des données Sigec permet d'identifier les pratiques agricoles à l'échelle du bassin versant. L'analyse des cultures successives sur chaque parcelle montre qu'il existe très peu de rotation de cultures (Figure 3. g.5). Le maïs fourrager représente une proportion majoritaire des parcelles cultivées sur le bassin de la Vesdre (plus de 60%). Si quelques rotations sont récurrentes (maïs fourrager/prairie, froment/orge, froment/maïs fourrager et autres cultures/froment), celles-ci sont néanmoins minoritaires et la majorité des parcelles agricoles sont ensemencées avec la même culture année après année.

D'un point de vue hydrologique la culture du maïs peut s'avérer problématique sur la période septembre-juin lorsque qu'il n'y a pas de plantation (hiver) ou que le maïs n'est pas encore assez développé (avril-juin) et couvre très peu le sol. Les orages printaniers peuvent alors engendrer des ruissellements (les sillons à nu les favorisant) accompagnés de pertes de sol par érosion.

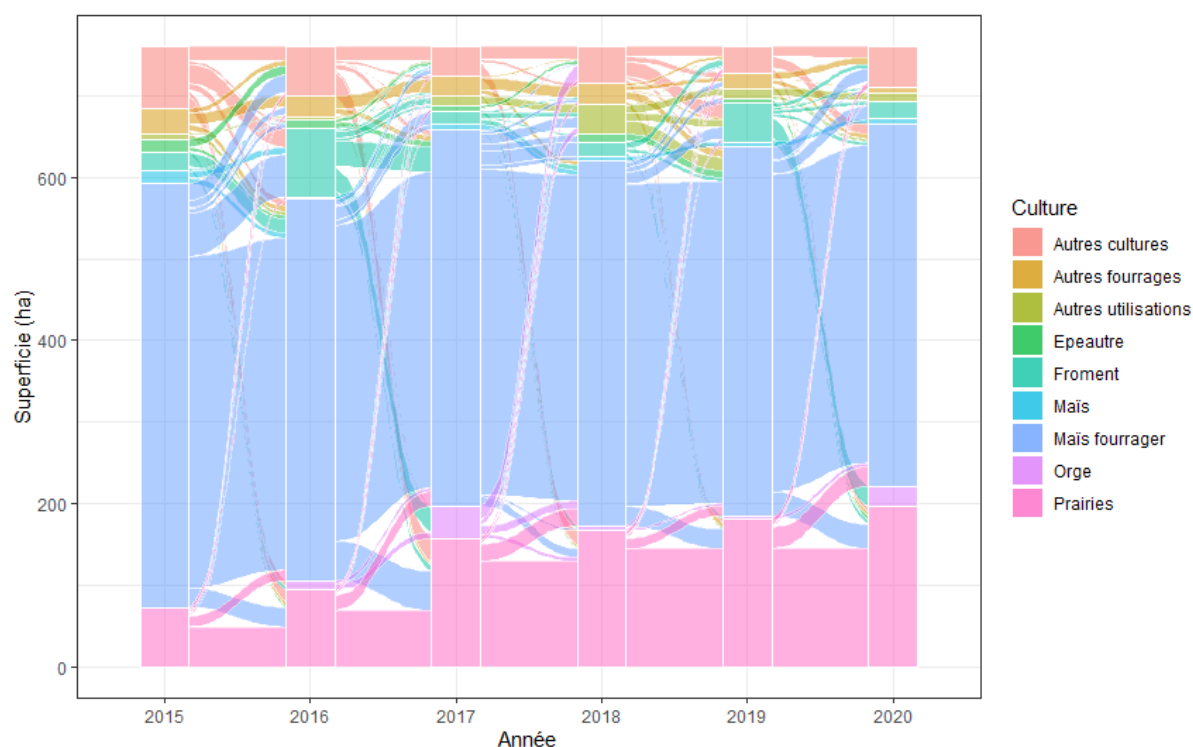


Figure 3. g.5 – Évolution et dynamique de rotation des cultures sur le bassin de la Vesdre entre 2015 et 2020.

2. *Évolution des zones humides en plaine alluviale*

Nous nous intéressons dans un premier temps à la confluence de la Hoëgne et du Wayai à Theux (quadra 8).

La plaine alluviale est dans un premier temps délimitée à partir des courbes de niveau de la carte topographique de 1964, carte la plus ancienne permettant une délimitation suivant le relief. L'évolution de l'utilisation du sol dans cette plaine est ensuite évaluée (Figure 3. g.6). Le Tableau 3. g.6 donne la répartition chiffrée de cette occupation du sol.

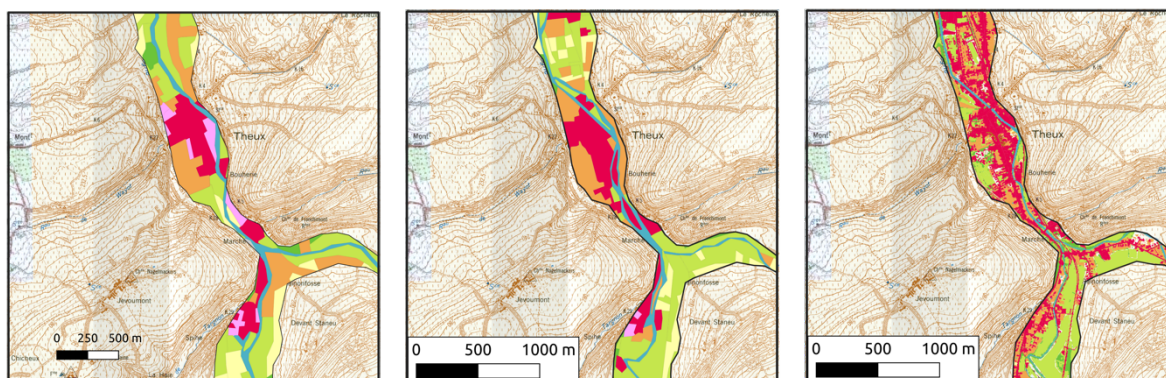


Figure 3. g.6 – Occupation du sol de la plaine alluviale à la confluence de la Hoëgne et du Wayai à Theux. Gauche : d'après les cartes Ferrari (1778) ; Centre : d'après la carte du dépôt de la guerre (1865) ; Droite : occupation du sol actuel. Fond de carte : topographie de 1964. Se référer à la Figure 3. g.3 pour la légende.

	1770 - 1778	1865 - 1880	2021
Urbanisée	16,7 %	20,0 %	38,3 %
Prairie	31,2 %	38,0 %	30,5 %
Verger, parc et jardin	27,4 %	18,0 %	18,8 %
Forêt	2,8 %	1,3 %	7,4 %
Culture	11,3 %	11,7 %	0,2 %
Rivière	10,6 %	11,1 %	4,8 %

Tableau 3. g.6 – Occupation de la plaine alluviale à Theux (quadra 8).

On observe que le taux d'urbanisation est déjà significatif au 18^{ème} siècle avec 16,7 % de la surface considérée comme bâtie ou artificialisée. Ce taux d'urbanisation augmente progressivement jusqu'à atteindre plus du tiers de la plaine alluviale actuellement. Surtout, les cartes permettent de détecter l'extension de l'urbanisation le long de la rivière. Alors qu'approximativement 1,6 km des 3,3 km des rives de la Hoëgne étaient urbanisés au 18^{ème} et 19^{ème} siècle, l'urbanisation s'est étendue en amont et en aval bordant quasi-intégralement les berges (rive droite et rive gauche) de la Hoëgne mais aussi du Wayai qui étaient originellement vierges d'habitat.

Plus généralement sur le bassin versant on retrouve une urbanisation forte des plaines alluviales, mise en place durant l'ère industrielle au début du 19^{ème} siècle. Aujourd'hui les aires urbaines couvrent pas moins de 25 % des 20 km² de plaines alluviales. L'urbanisation se concentre aux endroits où la plaine alluviale est plus large comme illustré dans le cas de Theux ou Pepinster (voir Figure 3. g.7). En conséquence, il existe très peu de plaines alluviales étendues qui permettraient un étalement des crues et leur ralentissement sur la partie inférieure du bassin en aval de Limbourg et de Theux. En amont les rives sont restées peu aménagées et bien que les plaines y soient moins larges, elles peuvent jouer leur rôle d'écrêteur de crue.

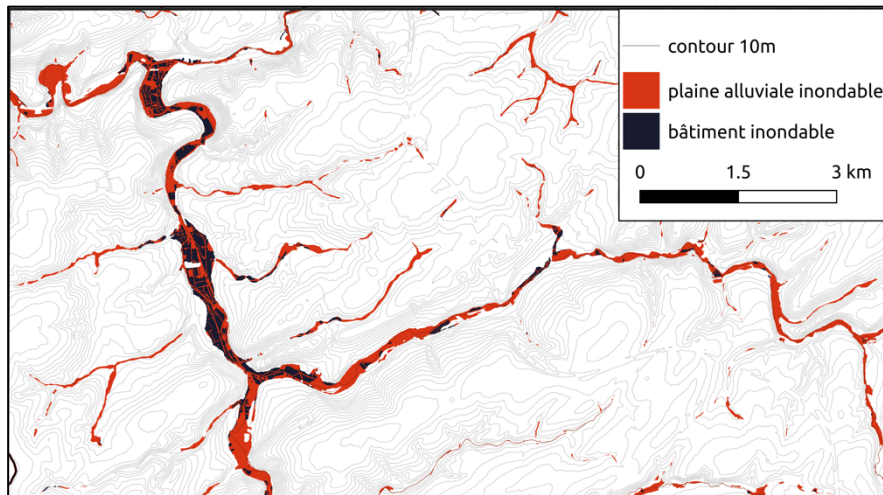


Figure 3. g.7 – Couverture de la plaine inondable par le bâti actuel à la confluence de la Hoëgne et du Wayai à Theux. Les zones urbanisées se concentrent dans les plaines larges situées en aval.

3. *Évolution des tourbières*

On prend en premier l'exemple du quadra 18, représentant une zone de sylviculture et conservation sur sol hydromorphe avant de s'intéresser au quadra 20 qui dispose du même couvert de sol mais cette fois sur des sols paratourbeux.

A la Figure 3. g.8 présentant la quadra 18, on observe une occupation du sol essentiellement de tourbières, de landes fourragères et de feuillus jusqu'au 19^{ème} siècle sans modification notable comme nous l'avons déjà vu précédemment (sous-section 1 sur le recouvrement forestier). A partir de l'après-guerre, on observe la disparition des feuillus et l'énrésinement par le biais de l'exploitation sylvicole et une configuration géométrique du paysage qui en est caractéristique. Entre l'après-guerre et aujourd'hui le développement de l'exploitation sylvicole s'est stoppé, voire a régressé.

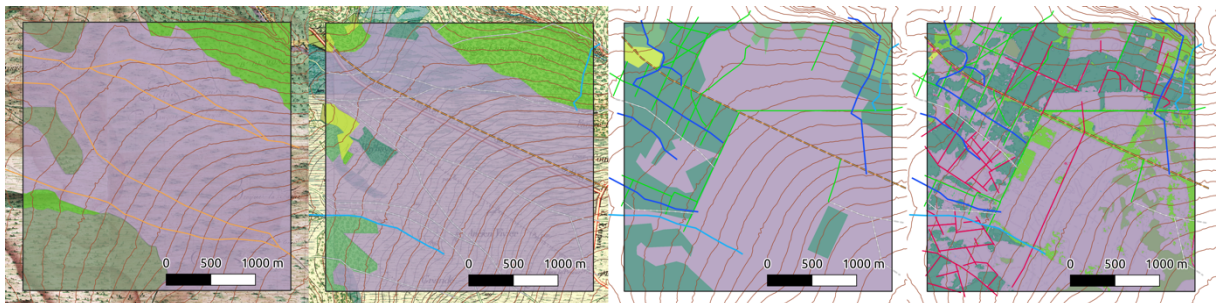


Figure 3. g.8 – Évolution de l'occupation du sol, du réseau routier et hydrographique du quadra 18 de 1778 à aujourd'hui. Panel 1 : 1780 ; panel 2 : 1865 ; panel 3 : 1964 ; panel 4 : 2021. Légende : se référer à la Figure 3. g.9.

Occupation du sol	Structures linéaires
■ Forêt de feuillus	--- drainage théorique naturel (ua > 1km ²)
■ Forêt de résineux	— chemin/sentier en 1780
■ Lande fourragère	— route construite sur digue (1850)
■ Prairie humide	— route/sentier en 1850
■ Tourbière	— chemin forestier en 1964
■ Zone urbanisée	— chemin forestier en 2020
■ Cultures agricoles	— réseau hydrographique tracé au 19 ^{ème}
■ Eaux stagnantes	— réseau hydrographique tracé au 20 ^{ème}
■ Eaux courantes	— courbe de niveau (10m)

Figure 3. g.9 – Légende de la Figure 3. g.8 et de la Figure 3. g.11.

Au-delà du changement d'occupation du sol, un aspect de modification important lié à l'exploitation sylvicole des surfaces est la mise en place de drainage pour assurer la croissance des résineux et de chemins forestiers pour le débardage du bois. La Figure 3. g.8 montre également ces évolutions. Concernant le réseau routier, on note la présence de chemins dès le 18^{ème} (environ 12 km) (Tableau 3. g.7). Cependant ces réseaux représentés sur les cartes du 18^{ème} et du 19^{ème} ne se retrouvent pas sur ces cartes ultérieures suggérant une empreinte (environnementale) minimale. En revanche une première route pavée est présente dès le 18^{ème}. Par la suite avec la mise en place de cultures sylvicoles mais aussi agraires (non montrées ici mais la partie centrale a fait l'objet de cultures d'après les orthophotomosaïques de 1978-1990), a abouti à un réseau dense de 12km de chemins forestiers en 1964 et qui atteint une longueur totale de 31 km en 2021.

	1770 - 1778	1865 - 1880	1964	2021
Linéaire hydrographique (km)	0	2.2	6.2	6,2 *
Linéaire routier (km)	12,2	21	16	35

Tableau 3. g.7 – Évolution des structures linéaires dans le quadra 18. Réseau hydrographique et réseau routier.
 (*) : Drainage artificiel visible sur la Figure 3. g.8 non comptabilisé.

Concernant le réseau hydrographique, il est totalement absent sur les cartes Ferraris, mais il est vraisemblable que cette zone n'a pas fait l'objet d'une grande inspection au vu de l'impraticabilité de la zone. Sur la carte du dépôt de la guerre deux ruisseaux sont représentés : l'un au sud-ouest et l'autre au nord-ouest. Ils correspondent assez bien à 2 des 5 drainages théoriques naturels supposés si on calcule le drainage théorique à partir de la topographie avec une apparition d'un ruisseau pour une aire drainée théorique d'environ 1 km². Sur la carte de 1964, les 4 ruisseaux supplémentaires représentés permettent de d'autant plus coïncider avec ce standard hydrologique.

En plus des ruisseaux naturels la carte couplée d'OCS et d'UTS de 2021 montre également les zones où des ruissellements d'eau courantes sont repérés (Figure 3. g.10). Au vu de la disposition en quadrillage, il s'agit vraisemblablement de drainage artificiel (collecteurs) mis en place lors de l'exploitation de la zone. Ce drainage artificiel tend à plus que doubler le réseau de drainage dans le sens des pentes dans la partie boisée du nord et de l'ouest du quadra 8. En effet, 8 lignes d'écoulement se distinguent sur la Figure 3. g.10 en plus des 6 ruisseaux présents naturellement. Au niveau de la prairie de fauche, le drainage artificiel aboutit à un maillage d'une densité d'environ d'un collecteur tous les 300m de tourbière, là où ils étaient jusqu'alors totalement inexistant.

Sur le quadra 20 (Figure 3. g.11 et Figure 3. g.12), on observe la même évolution paysagère. Peut-être plus clairement sur ce quadra, on voit l'arrivée timide puis franche de l'exploitation sylvicole et la production de bois résineux au 19^{ème} et au 20^{ème} siècle respectivement. Aujourd'hui la production sylvicole semble avoir diminuée son emprise acquise dans l'après-guerre. Cette zone fait intégralement partie du parc naturel des Hautes Fagnes ce qui peut expliquer ce retour des tourbières.

Côté réseau hydrographique, on observe une modification du réseau de drainage dès le 19^{ème} siècle avec l'observation de 4 drains artificiels rejoignant le réseau hydrographique naturel. Le réseau de chemins forestiers est visible dès 1964 y compris sur la région maintenue en tourbière ou prairie de fauche.

L'utilisation de la carte couplée OCS-UTS permet de repérer les chemins forestiers induisant des écoulements superficiels (Figure 3. g.12). Sur l'exemple de ce quadra seule la partie sud c'est à dire la partie amont du cadran est sujette à ce phénomène. Elle oriente l'eau ruisselante du sommet vers l'est. Ainsi, les drains artificiels installés au 19^{ème} siècle, ainsi que le drainage induit du réseau de chemins forestiers, multiplient par 4 le réseau hydrographique naturel visible, et ceci dans le sens de la pente.

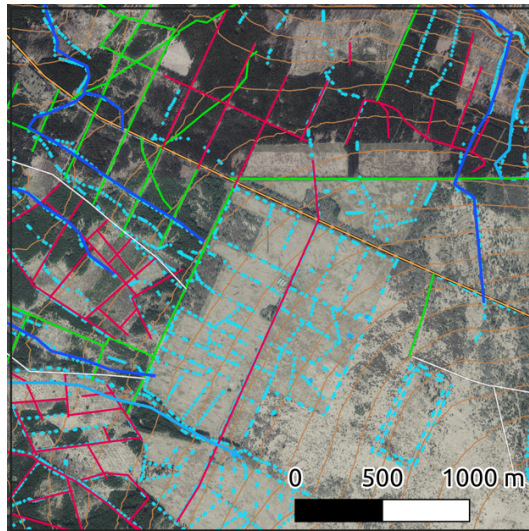


Figure 3. g.10 – Vue aérienne et réseau hydrographique actuel, incluant les eaux courantes cartographiées sur la couplée d’OTS et UTS (bleu ciel).

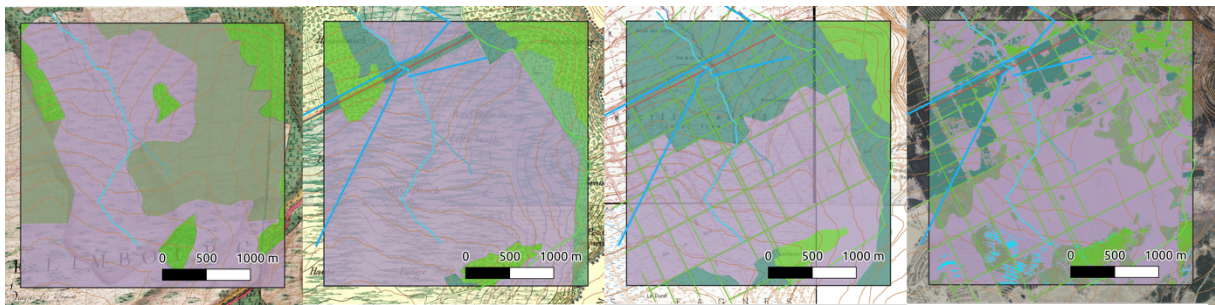


Figure 3. g.11 – Évolution de l’occupation du sol, du réseau routier et hydrographique du quadra 20 de 1778 à aujourd’hui. Panel 1 : 1780 ; panel 2 : 1865 ; panel 3 : 1964 ; panel 4 : 2021. Légende : se référer à la Figure 3. g.9.

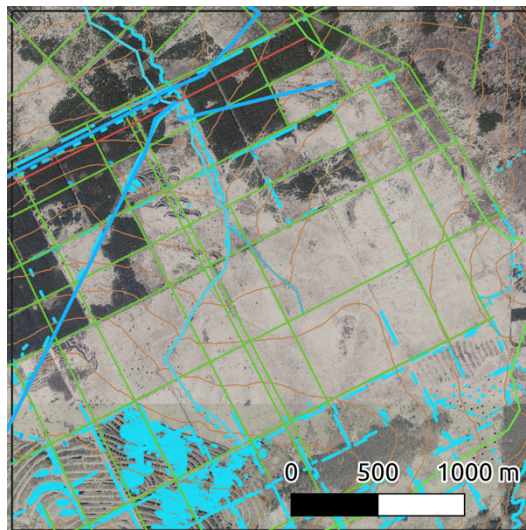


Figure 3. g.12 – Vue aérienne et réseau hydrographique actuel, incluant les eaux courantes cartographiées sur la couplée d’OTS et UTS.

iv. Discussion et conclusion

Évolution conjointe du couvert forestier et des zones humides des plateaux tourbeux

Le couvert forestier majoritairement présent dans la partie Est de la rive droite du bassin versant de la Vesdre a suivi une forte évolution entre le début du 19^{ème} et la fin du 20^{ème} siècle. Originellement constitué de feuillus (hêtraie, chênaie et boulaie), il a été rapidement (d'autant plus rapide au regard de l'échelle temporelle des arbres) converti en une forêt résineuse à des fins productives. En sus de la conversion, le territoire couvert s'est agrandi vers les hauteurs, moyennant l'implantation sur des sols hydromorphes et *paratourbeux*. Actuellement les 6600 ha de sols tourbeux sont pour presque moitié couvert en résineux. L'évolution semble s'estomper en ce début du 21^{ème} siècle, voire être en récession, du fait d'une faible rentabilité actuelle et de sa vulnérabilité au changement climatique (déprissement des résineux lors des sécheresses successives).

La transformation du paysage s'est effectuée au moyen d'aménagement du territoire incluant une mise en place de chemins forestiers denses et de drainages artificiels (ou collecteurs). Ils induisent une multiplication du réseau des eaux de surface et un abaissement de la nappe (qui était l'objectif recherché). En conséquence également, la détérioration des sols tourbeux, des services *écosystémiques*, et de la biodiversité inhérente aux tourbières.

Aujourd'hui le code forestier (<http://environnement.wallonie.be>) protège les sols marginaux que sont les tourbières, en interdisant la mise en place de drainage (Art. 43.) ou de nouvelles plantations de résineux (Art. 71, alinéa 1^{er}, 5°). Les sols tourbeux actuellement enrésinés sont au nombre de 2 700 ha dont 630 ha sur la Hoëgne amont et 1 200 ha en amont de la retenue de Eupen. Ces deux bassins versants ici sont explicitement cités de par la vulnérabilité aux crues (absence de dispositif écrêteur et capacité limitée du barrage de Eupen), et par conséquent devraient figurer comme des sous bassins versants prioritaires en termes d'aménagement hydrologique.

Ainsi, de par le haut potentiel écologique des tourbières, la faible rentabilité actuelle de production sylvicole sur sols hydromorphes ou tourbeux, un consensus vers un aménagement naturel des têtes de versant visant un double objectif de l'atténuation des ruissellements et la restauration d'un habitat d'intérêt pourrait être envisagé pour viser une meilleure résilience du bassin tant d'un point de vue hydrologique qu'environnementale.

Évolution des zones humides des plaines alluviales

L'étude de la plaine alluviale de Theux peut être généralisée à celle de toutes les villes historiques ayant profité de la révolution industrielle du bassin de la Vesdre : Verviers, Eupen, Spa pour ne citer que les principales. On observe un fort développement urbain le long des rives empêchant une connexion entre lit mineur et lit majeur. Le développement des villes se fait de manière longitudinale le long de la Vesdre ou des affluents, contraignant d'autant plus la morphologie et l'hydraulique des rivières. Ces villes couvrent les plaines alluviales aux endroits où celles-ci sont les plus larges. En résulte peu d'espace pour des débordements en lit majeur étendu, où les crues pourraient temporiser.

Quelques plaines alluviales néanmoins localisées en amont des affluents sont susceptibles d'exercer ce rôle tampon lors des hautes eaux. Des études hydromorphologiques ciblées seraient intéressantes à mener sur ces zones afin de : i) s'assurer de la bonne connectivité entre lit mineur – lit majeur en cas de crue même modérée (de l'ordre de 1 à 2 années de retour) ; ii) le cas échéant de proposer des modifications de renaturation pour améliorer la connectivité ; iii) répondre aux objectifs environnementaux de restauration d'habitat d'intérêt tel que des prairies humides ; et enfin : iv) de quantifier l'impact d'une renaturation afin d'intégrer pleinement ce type d'aménagement dans un plan de gestion de crue.

Évolution des paysages agricoles

L'étude montre un paysage agricole fortement morcelé depuis le 18^{ème} siècle. Le parcellement a quelque peu diminué avec des superficies de parcelles multipliées par deux en deux siècles. Néanmoins les structures linéaires, même si un peu estompées restent fortement présentes et les superficies des parcelles sont relativement petites si l'on compare aux grandes régions agricoles de Wallonie. La majeure évolution d'après-guerre s'avère finalement être l'urbanisation des paysages agricoles, grignotant de manière significative les terres pour les besoins résidentiels et de transport.

L'élevage et production laitière sont les principales activités agricoles. En résulte une majorité de prairies permanentes et très peu de cultures, essentiellement céréalières principalement tournées vers la culture de maïs fourrager. On observe par ailleurs très peu de rotation de cultures, notamment pour la culture du maïs. En conséquence, les sols cultivés présentent une vulnérabilité aux ruissellements (car les sols sont à nu sur une majeure partie de l'année) qui amplifie la problématique des ruissellements liée au taux d'artificialisation important des sols. Néanmoins le parcellement élevé peut relativiser la contribution en eau des cultures, si les éléments structurants fortement présents (haies, talus) empêchent la connectivité aux réseaux hydrologique et d'eau de pluie des zones résidentielles.

v. Références

- Allott, T., Auñón, J., Dunn, C., Evans, M., Labadz, J., Lunt, P., MacDonald, M., Nisbet, T., Owen, R., Pilkington, M., Proctor, S., Shuttleworth, E., & Walker, J. (2019). Peatland Catchments and Natural Flood Management. IUCN UK Peatland Programme.
- Brazier, R.E., Angus, M., Benaud, P., Gatis, N., Luscombe, D.J., Anderson, K., Ashe, J., Barrowclough, C., Carless, D., Freeman, G., Gillard, M., Grand-Clement, E., Hand, A., Malone, E., McAleer, A. and Smith, D. (2020) Mires on the Moors: Science and Evidence Report 2020, University of Exeter, Exeter, UK.
- CPDT, 2007. Atlas des paysages de Wallonie, l'Entre Vesdre et Meuse. Ed. Maréchal L., Ministère de la région wallonne.
- Gatis, N., Grand-Clement, E., Luscombe, D.J., Anderson, K., Hartley, I., Ashe, J., Benaud, P., Jenkins, T. & Brazier, R.E. 2015. Mires Monitoring Results: Final Report March 2015. Report by the University of Exeter to South West Water.
- Menberu, M. W., Haghighi, A. T., Ronkanen, A.-K., Marttila, H., & Kløve, B. (2018). Effects of Drainage and Subsequent Restoration on Peatland Hydrological Processes at Catchment Scale. *Water Resources Research*, 54(7), 4479–4497. <https://doi.org/https://doi.org/10.1029/2017WR022362>
- Shuttleworth, E.L., Evans, M.G., Pilkington, M., Walker, J., Milledge, D. & Allott, T.E.H. (2019). Restoration of blanket peat moorland delays stormflow from hillslopes and reduces peak discharge. *Journal of Hydrology*, DOI: 10.1016/j.hydroa.2018.100006

h. Croisement des analyses d'évolutions des zones urbanisées et naturelles

Auteurs : Martina Barcellona Corte et Audrey Douinot, Université de Liège.

i. Introduction

Expertise thématique mobilisée

Analyse croisée, sur les quadras 5 et 8 du Transect C, des deux analyses déjà réalisées dans les sections 3.d. (évolution des zones urbanisées et du tracé des principaux cours d'eau) et 3.e. (évolution des zones naturelles, paysages forestiers et agricoles).

Objectif

Analyse interdisciplinaire des deux quadras (5, 8) précédemment analysés.

ii. Méthodologie

La méthodologie correspond à la combinaison des deux méthodologies déjà décrites dans les sections 3.d. et 3.e. Les analyses faites dans les sections 3.d. et 3.e. ont été discutées et réinterprétées par la suite à travers une approche interdisciplinaire (urbanisme/ingénierie environnementale).

iii. Résultats

L'analyse effectuée permet de mieux comprendre, à travers une approche interdisciplinaire, les logiques (formes urbaines, rectifications des cours d'eau, évolution des zones naturelles, paysages forestiers et agricoles) sous-jacentes aux deux vagues d'urbanisation décrites précédemment : la première développée entre 1870 et 1930 surtout dans le fond de vallée (quadra 8) et la deuxième développée entre les années 1960 et 2000 surtout sur les plateaux (quadra 5). Grâce à l'approche interdisciplinaire, l'analyse permet aussi de mieux comprendre (par rapport aux analyses déjà effectuées) les dynamiques qui, au fil du temps, ont « construit » la condition de risque d'inondation.

Plateaux (Herve) / quadra 5

Le plateau, riche en sources et petits cours d'eau et habité de manière extensive depuis le XVIII^{ème} siècle, a été fortement transformé depuis les années 1960 par une dynamique double : d'une part une forte accélération de l'urbanisation (voir section 3.d.), et d'autre part une « simplification » du paysage agricole (voir section 3.e.). Les deux transformations, avec leurs logiques/rationalités distinctes, ont produit une détérioration du fonctionnement hydraulique du plateau, également en raison de leur effet cumulatif. L'analyse qui suit vise à identifier – ensemble – les éléments principaux de cette dynamique double.

XVIII^{ème} siècle : une structure territoriale « quasi-isotrope »

A l' « époque Ferraris » (avant 1777), la distribution quasi-isotrope de l'habitat dans le plateau semble correspondre à la présence des petits cours d'eau et de sources à côté desquelles les premiers noyaux (surtout des fermes agricoles) se sont installés et répartis sur le territoire (voir section 3.d.). Rassemblées en petits groupes ou isolées, les fermes sont le plus souvent construites à mi-versant de vallon, au niveau de contact entre la craie perméable et l'argile imperméable sous-jacente. On peut en déduire une forte relation (physique et fonctionnelle) entre les sources/cours d'eau et les établissements bâtis (voir section 3.d.). A cette époque, le paysage environnant est couvert en majorité de prairies (65%-76%) et de vergers (20%-27%), le parcellement en petites surfaces est majoritaire avec une utilisation quasi-exclusive de haies pour marquer les séparations des vergers et cultures. Un maillage de chemins distribue les habitations parmi les vergers, les champs et les prairies, en suivant la topographie. De nombreux petits cours d'eau prennent leur source dans le plateau et le traversent.

La transformation 1960-2020

Depuis les années 1960, la configuration décrite (déjà modifiée mais de façon non substantielle) connaîtra une double et forte transformation, celle des milieux urbain et agricole. Ces deux transformations produites au cours des mêmes années sont toutes deux liées à l'accès aisé aux hydrocarbures (essence, diesel) et à la généralisation des moyens de transport (voitures, tracteurs), mais restent cependant indépendantes spatialement et stratégiquement (en termes d'objectifs).

L'urbanisation du plateau (Figure 3. h.1), facilitée par la mise en service des autoroutes E40 et E42, modifiera fortement le paysage et son fonctionnement hydraulique. La densification des noyaux et des filaments bâtis existants, accompagnée de la création (1) de nouveaux filaments, (2) de maisons pavillonnaires (surtout en lotissements) et (3) des grandes zones d'activité économique, à travers une réduction de l'espace des cours d'eau (surtout canalisation) et une occupation progressive des axes de ruissellement, des vallées sèches, etc., entraînera une modification importante du paysage et du fonctionnement hydraulique du plateau. Les grandes infrastructures telles que les autoroutes (notamment en raison de la construction du talus) vont également modifier les dynamiques de ruissellement et d'infiltration. Durant cette période, l'urbanisation ne semble pas accorder une attention particulière aux dynamiques hydrauliques pour définir les choix d'implantation.



Figure 3. h.1 – Plateau de Herve : évolution de l'urbanisation entre 1960-2020 (IGN 1964 ; Plan PICC 2021).

Le paysage agricole subit – en parallèle – un appauvrissement. Les orthophotomosaiques de 1971 et 2022 montrent un parcellaire assez semblable avec cependant un appauvrissement des haies. Dans le quadra analysé, les longueurs de haies passent de 92,5 km en 1971 à 76,1 km en 2022, soit une diminution de 17% (Figure 3. h.2 et Tableau 3. h.1). Cette dynamique n'est pas uniforme le long du plateau de Herve, elle devient – en effet – beaucoup plus évidente dans d'autres zones, comme par exemple au nord de Verviers (quadra 9). A noter que cette diminution est en partie liée à l'urbanisation et par conséquent à la suppression de surfaces agricoles.

Dans le quadra analysé (5), même si le parcellaire en petites surfaces est toujours existant, au fil du temps on constate une augmentation progressive en superficie des parcelles passant d'une moyenne de 1,19 ha pour les prairies au 18^{ème} siècle à une moyenne de 2.81 ha au 20^{ème} siècle. La diminution des éléments linéaires des haies s'accompagne d'une (plus importante) diminution de l'épaisseur/de la structure des éléments restants (Figure 3. h.3). La structure « traditionnelle » (encore présente dans les années 1970) des « haies vives » (haies épaisses / arborées – avec « arbres de haut jet, têtards ou des fruitiers, refuge à une faune très variée ») a été considérablement appauvrie. Traditionnellement, la haie faisait entièrement partie du système de production agricole par plusieurs fonctions complémentaires à celle de clôture qui lui était initialement dévolue : régulation hydrique, climatique, production de bois, de fruits, ainsi que réservoir d'espèces auxiliaires, luttant naturellement contre les ravageurs des cultures voisines.

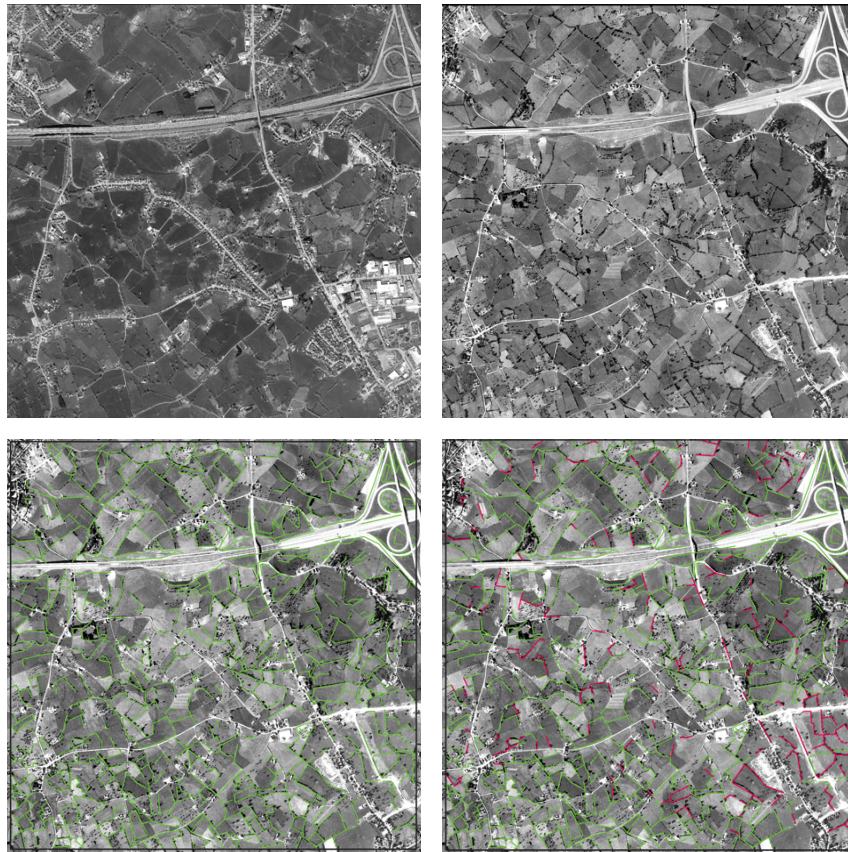


Figure 3. h.2 – Plateau de Herve : urbanisation et appauvrissement du système de haies 1970–2020 (quadra 5). Haut : orthophotos 1971 (gauche) et 2021 (droite). Bas : représentation schématique de la disparition des haies en 1971 avec les haies présentes en vert (gauche) et en 2021 avec les haies présentes en vert et les haies disparues en rose (droite).

Linéaire structurant	1770-1778	1971	2022
[km]	165,2	92,5	76,1
[km/km ²]	18,4	10,3	8,5

Tableau 3. h.1 – Longueurs de haies dans le quadra 5 à trois époques différentes.



Figure 3. h.3 – Plateau de Herve : simplification du paysage agricole 1960-2000 (Atlas des Paysages de Wallonie : L'Entre-Vesdre-et-Meuse ; association d'images par MF Godart).

Parallèlement à l'augmentation de la taille des parcelles et à la diminution des haies, une très forte diminution (disparition presque totale) des vergers peut aussi être observée entre les années 60 et 2020 (voir Figure 3. h.3, Figure 3. h.4 et Tableau 3. h.2). Les vergers hautes tiges sont en effet peu à peu abandonnés et les arbres fruitiers ne sont pas remplacés, laissant place à des prairies enherbées sans ombrage.

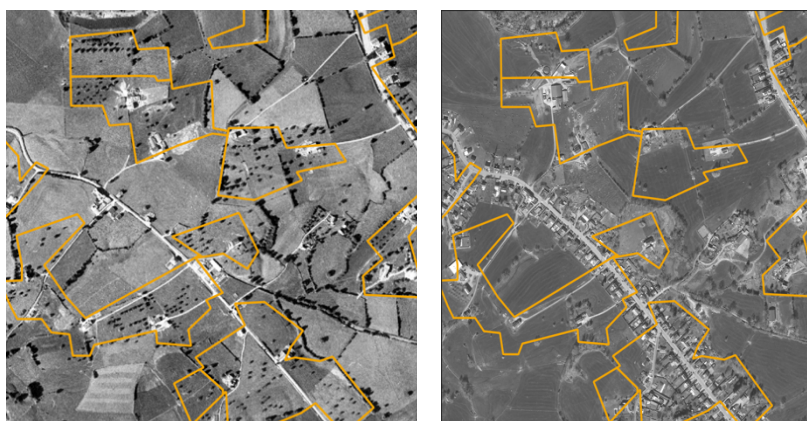


Figure 3. h.4 – Plateau de Herve : disparition des vergers 1970–2020 (zoom dans le quadra 5).
Vergers mis en évidence par la ligne orange. Orthophotos 1971 à gauche ; 2022 à droite.

Occupation	1770-1778	1964	2022
Résidentiel*	3,1%	4,0%	26,3%
Prairies	66,7%	69,0%	64,5%
Vergers	27,6%	26,3%	0, %
Cultures	2,0%	0,2%	1,1%
Futaies/landes	0,4%	0,5%	9,1%

Tableau 3. h.2 – Répartition de l'occupation du quadra 5 à trois époques différentes.

(*) La surface résidentielle comprend 9,9 % de surface herbagère (jardins et parcs).

Plaine alluviale (Theux)

Dans le bassin versant de la Vesdre, les plaines alluviales ont subi une forte urbanisation au début du 19^{ème} siècle surtout entre 1880 et 1964 (voir section 3.d.). L'occupation progressive du lit majeur s'est faite par (1) l'installation d'infrastructures (surtout routes nationales et chemin de fer), (2) la densification du bâti existant, (3) l'implantation de lotissements résidentiels et (4) d'industries. Le graduel rétrécissement du lit mineur et le recouvrement d'une grande partie des biefs préexistants ont accompagné et renforcé cette occupation. Aujourd'hui, les aires urbaines couvrent pas moins de 25 % des 20 km² de plaines alluviales (Figure 3. h.5). L'urbanisation se concentre aux endroits où la plaine alluviale est plus large comme illustré dans le cas de Theux ou Pepinster (voir section 3.d. / quadras 7 et 8).

En conséquence, il existe très peu de plaines alluviales étendues qui permettraient un étalement des crues et leur ralentissement sur la partie inférieure du bassin en aval de Limbourg et de Theux lorsque le besoin est plus important (en aval de la confluence de la Vesdre avec la Helle et la Hoëgne). En amont, les rives sont restées peu aménagées et bien que les plaines y soient moins larges, elles peuvent jouer leur rôle d'écrêteur de crue.

Dans le quadra 8, alors qu'approximativement 1,6 km des 3,3 km des rives de la Hoëgne étaient urbanisés au 18^{ème} et 19^{ème} siècles, l'urbanisation s'est ensuite étendue en amont et en aval bordant quasi-intégralement les berges (rive droite et rive gauche) de la Hoëgne, mais aussi du Wayai, qui étaient originellement vierges d'habitat (Figure 3. h.6). Le tissu urbain de la plaine, développé à grande vitesse surtout pendant la première moitié du 20^{ème} siècle, présente des typologies bâties extrêmement différentes avec une relation entre espaces ouverts et espaces construits très variable (Figure 3. h.7). Une première hypothèse (à vérifier dans la prochaine phase) peut être formulée sur l'existence d'une relation entre certaines typologies bâties (mitoyenne, quartier ouvrier, cité sociale etc.) et leur proximité à l'eau.

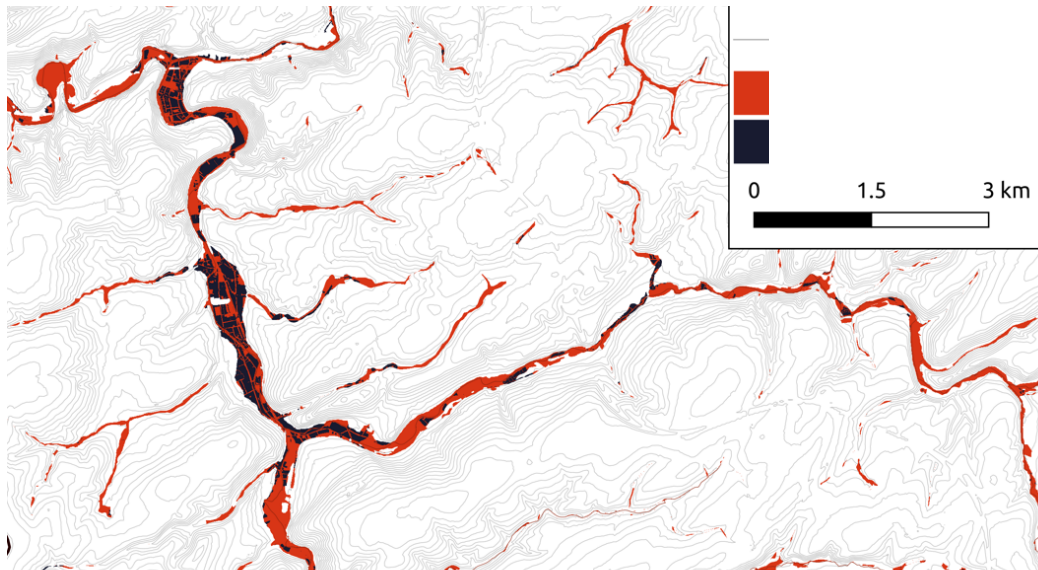


Figure 3. h.5 – Bassin versant de la Vesdre – plaine alluviale (2021).
 Rouge : plaine alluviale inondable non-bâtie, Bleu : plaine alluviale inondable bâtie.

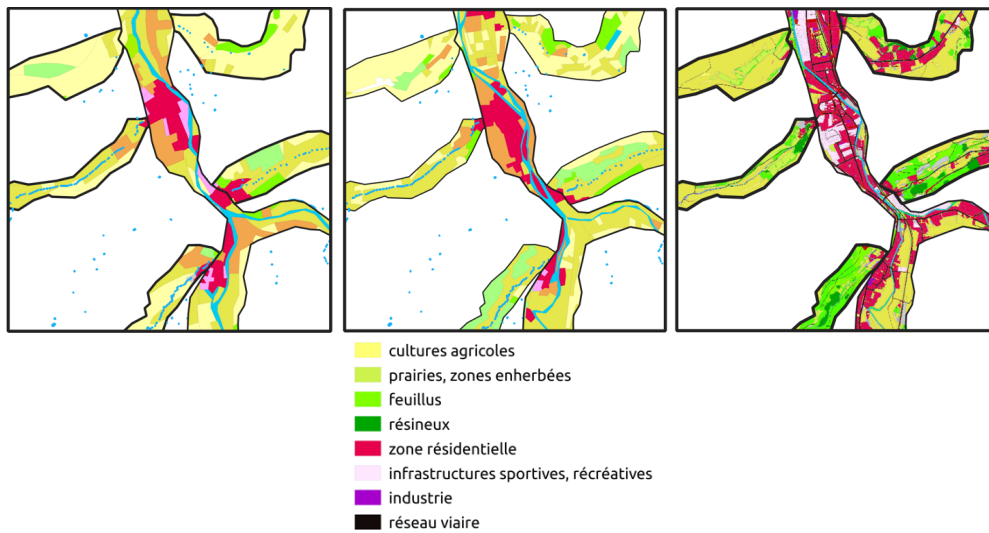


Figure 3. h.6 – Évolution de l'occupation du sol de la plaine alluviale à la confluence de la Hoëgne et du Wayai à Theux.
 Gauche : d'après les cartes Ferraris (1778) ; centre : d'après la carte du dépôt de la guerre (1865) ; droite : occupation du sol actuelle.

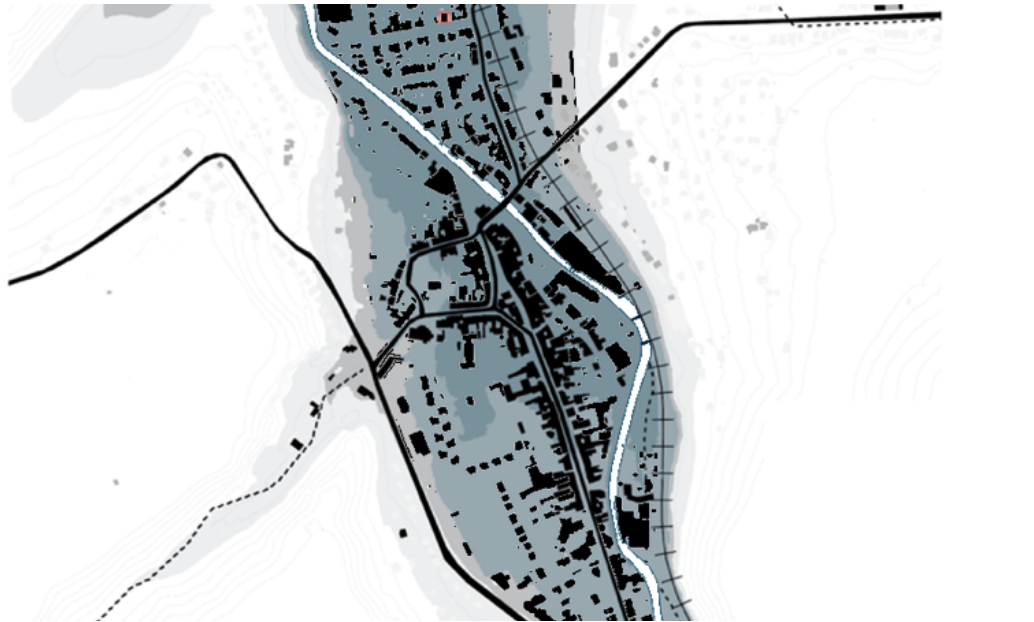


Figure 3. h.7 – Urbanisation : formes urbaines de la plaine alluviale (quadra 8/zoom).
Bâties et infrastructures en noir, Hoëgne en blanc, plaine alluviale en niveaux de gris en fonction de la topographie.

iv. Discussion et conclusion

Plateau

La double dynamique (forte urbanisation du plateau / « simplification » du paysage agricole) décrite ci-dessus met en évidence d'un côté la détérioration (surtout pendant la deuxième moitié du XX^{ème} siècle) du fonctionnement hydraulique du plateau et, de l'autre, sa fragmentation (manque de cohérence territoriale). L'analyse souligne – donc – d'un côté (1) la nécessité de réparer cette détérioration par une série d'actions tant en milieu agricole qu'en milieu urbain (plantation de haies vives et/ou rangées d'arbres entre parcelles agricoles – voir par exemple l'initiative régionale <https://yesweplant.wallonie.be/home.html> –, perméabilisation/dépavage des sols urbains imperméables où possible, dépavage/démolition sur les axes de ruissellement et/ou vallées sèches où possible), et de l'autre (2) la nécessité de considérer les deux milieux (urbain et agricole) ensemble, au sein d'une même stratégie territoriale et à la lumière d'un même régime hydraulique.

Plaine alluviale

Compte tenu de l'occupation actuelle de la plaine alluviale, une double stratégie semble nécessaire pour permettre l'étalement des crues et leur ralentissement : d'abord (1) identifier et aménager en conséquence les portions de plaine qui sont encore non urbanisées (prairies herbagères, etc.) ; ensuite (2) identifier et aménager en conséquence les portions urbanisées de plaine qui en occupent – désormais – une surface conséquente (en 2021, 57% de la surface de la plaine alluviale dans le quadra 8). Les différents tissus urbains – si adaptés – peuvent accueillir, dans une certaine mesure, les crues et constituer un système de soutien pour le système herbager. La priorité devra être accordée aux espaces publics (y compris places et parcs), mais les espaces privés (cours, jardins, espaces ouverts, etc.) ne doivent pas être exclus de la réflexion. Les friches SAR-ISA décrites dans la section 7.e. participent pleinement à cette réflexion.

4. Analyse multifactorielle des causes des inondations

a. Analyse chronologique des événements de juillet 2021

Auteurs : Pierre Archambeau, Sébastien Erpicum, Benjamin Dewals et Michel Piroton, HECE ; Clémentine Schelings, LEMA, Université de Liège.

i. Introduction

Cette section constitue premièrement une synthèse opérationnelle de l'« Analyse indépendante sur la gestion des voies hydrauliques lors des intempéries de la semaine du 12 juillet 2021 », délivrée en octobre 2021 et communément appelée le « Rapport Stucky ». Ce rapport commandé par le Cabinet du Ministre Philippe Henry a été piloté par le bureau Stucky pour les analyses techniques, en collaboration avec les laboratoires LEMA et SPIRAL de l'Université de Liège pour les aspects de consultation citoyenne et de gestion de crise respectivement. L'étude comporte deux lots, (1) factualisation et (2) recommandations, et s'applique à l'ensemble du territoire wallon, en particulier aux bassins versants de la Vesdre, de l'Ourthe et de la Meuse jusque l'île Monsin.

Dans le cadre du schéma stratégique et en cette phase préliminaire de diagnostic, nous nous intéressons principalement aux analyses techniques du lot 1 de manière à retracer la chronologie et à décrire les caractéristiques de l'épisode de crue, tout en conservant uniquement les informations relatives au bassin versant de la Vesdre. Ce résumé non exhaustif a donc pour objectif principal de synthétiser les observations et résultats pertinents pour la suite de notre étude. Les résultats, figures et tableaux présentés ici proviennent donc tous directement du Rapport Stucky, qui peut être consulté pour plus de détails quant aux données utilisées, aux méthodologies déployées et aux analyses réalisées (2021).

Plusieurs éléments additionnels sont ensuite fournis sur base des études réalisées par le HECE.

ii. Résultats principaux issus des analyses techniques

Les inondations du bassin versant de la Vesdre ont eu lieu entre le 12 juillet et le 16 juillet 2021 à la suite de précipitations exceptionnelles. Ces événements ont causé de graves dégâts matériels (mobiliers, immobiliers, économiques) et humains (décès et dommages psychologiques). Afin de dresser un état des lieux et de mieux comprendre l'évènement, plusieurs analyses complémentaires ont été réalisées mobilisant des données météorologiques, hydrologiques, hydrauliques et relatives aux barrages.

Analyse météorologique

L'objectif de l'analyse météorologique était d'abord de contextualiser l'évènement en termes de distribution spatiale, d'intensité, de période de retour, de temporalité, etc., puis de comparer les observations avec les prévisions. Les données qui ont été utilisées sont les mesures issues des stations pluviométriques et des radars, les courbes statistiques intensité-durée-fréquence (IDF) régionalisées avec un modèle GEV (General Extreme Value) et les prévisions météorologiques ALARO et ECMWF.

L'analyse des **cumuls de précipitations** a été réalisée entre le 13 et le 16 juillet. La quantité de pluie tombée pendant ces 72 heures a été mesurée par 33 pluviomètres en Wallonie, dont 4 ont enregistré des valeurs cumulées particulièrement élevées (291,7 mm à Jalhay ; 229,9 mm à Spa Aéroport ; 213mm à Mont-Rigi et 208,9 mm à Ternell). Le hétérogramme à ces quatre stations a permis d'identifier quatre pics de précipitations : le 13 juillet à 22-23 h, le 14 juillet vers 4-5 h du matin, le 14 juillet à 13 h et le 14 juillet à 20-21 h (Figure 4. a.1). En outre, environ 90% des précipitations sont tombées en seulement 48 h (entre le 13 juillet à midi et le 15 juillet à midi).

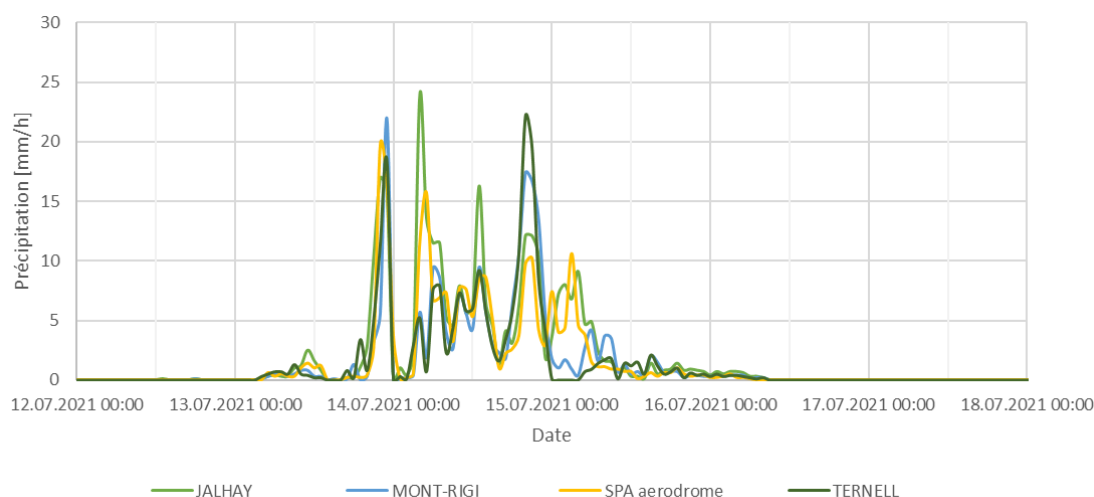


Figure 4. a.1 – Hyétogramme des précipitations de juillet 2021 aux quatre stations situées au cœur de l'évènement.

Trois approches ont été utilisées pour estimer les **périodes de retour** de l'évènement en considérant pour chaque approche les cumuls sur 24 h, 48 h et 72 h (Figure 4. a.1). La station de Jalhay a été retenue pour l'analyse statistique, car les trois autres stations ne disposaient pas de données pluviométriques sur une durée suffisante (au moins 30 ans). Il est important de noter que les analyses statistiques s'accompagnent d'incertitudes d'autant plus grandes que l'évènement est extrême. En outre, l'influence du changement climatique n'a pas été prise en compte dans cette analyse. Les estimations fournies par le Rapport Stucky positionnent l'évènement de juillet 2021 dans une fourchette très large comprise entre 100 et plus de 1000 ans. Aucune des méthodes employées n'est cependant absente de biais et il est proposé logiquement que l'IRM procède à une actualisation des statistiques sur d'un échantillon complété, intégrant 2021.

Approche	Période de retour	Incertitudes à considérer
Approche 1 basée sur les courbes IDF fournies par l'IRM (de 1986 à 2012)	Période de retour supérieure à 200 ans pour les cumuls de 48 h	Pas de prise en compte des évènements récents (de 2012 à 2021)
Approche 2 ajustant les courbes IDF en ajoutant les observations pluviométriques récentes mais en excluant 2021	Probabilité faible à très faible pour les cumuls de 48 h Cumuls de 48 h : 700 ans	Grande incertitude due à des intervalles de confiance très larges
Approche 2 ajustant les courbes IDF en ajoutant les observations pluviométriques récentes et en incluant 2021	Probabilité faible pour les cumuls de 48 h – 72 h Cumuls de 48 h : 100 ans Cumuls de 72 h : ~ 100 ans	Grande incertitude due à des intervalles de confiance très larges L'inclusion de l'évènement de juillet 2021 laisse supposer qu'il correspond au même phénomène météorologique que les séries historiques

Tableau 4. a.1 – Estimations des périodes de retour selon trois approches pour les cumuls de 48h et 72h, considérés comme les plus représentatifs de l'évènement de juillet 2021.

En outre, les données mesurées ponctuellement par les pluviomètres ont été comparées avec les données radar (RAD-CLIM) afin de vérifier si la station de Jalhay avait bien capté le cœur de l'évènement. La Figure 4. a.2 est une superposition des mesures issues des stations pluviométriques et des radars.

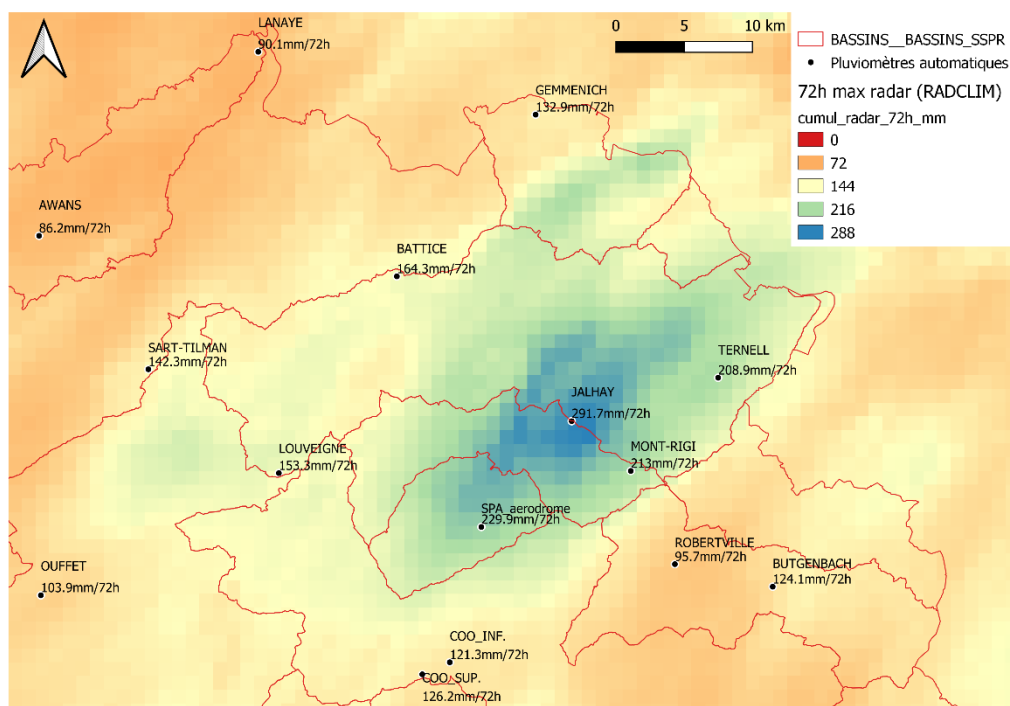


Figure 4. a.2 – Superposition des cumuls de 72 h des précipitations mesurées par les pluviomètres et les radars.

Cette superposition montre que la station de Jalhay était bien localisée au centre de l'évènement, de même que le bassin versant du lac de la Gileppe qui a reçu légèrement plus de précipitations que le bassin versant du barrage d'Eupen. Dans la vallée de la Vesdre, la quantité de pluie tombée est 3 à 4 fois supérieure à la valeur maximale enregistrée dans les séries historiques. Par ailleurs, l'évènement est caractérisé par son étendue géographique importante compte tenu de l'intensité de pluie, ainsi que par sa relative stationnarité, son centre ne s'étant pratiquement pas déplacé en 72 h. Ces spécificités de l'évènement ont conduit à le qualifier de rare à très rare. Il est également important de souligner que le calcul des périodes de retour ne tient pas compte de la distribution spatiale de l'évènement, à laquelle un temps de retour pourrait également être attribué pour affiner l'analyse statistique.

Enfin, les observations et les prévisions météorologiques ont été comparées. La comparaison des cumuls de 48 heures selon les données RAD-CLIM et le modèle ALARO démontrent que les prévisions ont sous-estimé les précipitations d'environ 145 mm/48 h à la station de Jalhay. En ce qui concerne le modèle ECMWF, les prévisions ont également sous-estimé les cumuls de précipitations d'environ 75 mm/48 h par rapport aux données réellement enregistrées. Par ailleurs, les prévisions successives des runs menées par l'IRM variaient de manière importante à la baisse et à la hausse

Analyse hydrologique

L'analyse hydrologique s'est basée sur deux types de données principales : les mesures des 18 stations hydrométriques du bassin versant de la Vesdre fournies par le Service Public de Wallonie Mobilité et Infrastructures (SPW MI) ainsi que les mesures des stations limnimétriques en amont et au niveau des lacs d'Eupen et de la Gileppe ; les relevés de laisses de crue réalisées par le bureau Stucky en septembre 2021 et par le SPW Géomatique en août 2021. Il est à noter que de nombreuses stations de mesure ont été endommagées au cours de l'inondation et ont cessé de fonctionner entre le 10 et le 20 juillet 2021. Seule la station de Forêt a enregistré un pic de crue correspondant à un débit de 43 m³/s sur la Magne le 14 juillet à 18 h.

L'analyse hydrologique visait donc à synthétiser les mesures de débits disponibles et à reconstituer les débits de pointe non mesurés via quatre techniques d'estimation. La combinaison de plusieurs approches visait à assurer la cohérence des ordres de grandeur estimés.

Premièrement, les débits de pointe ont été calculés sur base des relevés de **laisses de crue**, qui fournissent les hauteurs d'eau maximales atteintes et l'emprise au sol des inondations. Des hauteurs d'eau de 2 m et plus ont été relevées en différents endroits du bassin versant. Un calcul de hauteur uniforme avec la loi de frottement de Manning-Strickler permet de convertir ces hauteurs d'eau en débits en tenant compte de la topographie, de la présence d'ouvrages et de la rugosité du sol. Le coefficient de rugosité a été très difficile à évaluer pour chaque section étudiée étant donné la variété de couvertures au sol (berges, routes, forêts, prairies, zones urbanisées...), ce qui génère une grande incertitude quant aux résultats obtenus. Une autre source d'incertitude provient des conditions d'écoulement en aval, où des embâcles ont pu générer une surélévation du plan d'eau en amont et induire une surestimation des débits réellement atteints. Un intervalle de confiance de 30% a donc été attribué aux valeurs de débits calculées via la technique des laisses de crue, qui a d'ailleurs donné lieu à des résultats parfois très différents entre deux points géographiquement proches. Afin de sélectionner les valeurs les plus cohérentes, les débits calculés via les laisses de crue ont ensuite été superposés et comparés aux hydrogrammes partiels mesurés aux stations hydrométriques proches des points relevés.

Deuxièmement, les **hydrogrammes ont été reconstitués** sur base des débits mesurés à des stations géographiquement proches. Une relation existe entre deux stations proches si le bassin versant est homogène en termes de forme, de pente et de couverture. Afin de tenir compte des spécificités locales d'une station à l'autre, un ratio des surfaces drainées et une pondération de la quantité de pluie reçue ont été appliqués.

Troisièmement, la **méthode rationnelle** a été utilisée pour déterminer les débits de pointe aux stations pour lesquelles les mesures n'étaient pas disponibles directement, ni disponibles aux stations proches.

Quatrièmement, une **comparaison** a été effectuée avec les débits modélisés par l'Université de Liège dans son rapport d'août 2021.

Notons que le débit déversé au niveau du barrage d'Eupen a été reconstitué sur base des niveaux d'eau du lac (« Reconstitution Vesdre ») et des manœuvres d'organes mobiles gérés par le SPW. Plus de détails sont disponibles dans l'analyse relative aux barrages exposée ci-après.

Sans rentrer dans le détail de chacune de ces analyses, le Tableau 4. a.2 résume les différentes valeurs de débit obtenues via les quatre techniques décrites ci-dessus. Les débits inscrits en gras sont ceux qui ont été retenus et utilisés pour l'analyse statistique d'estimation des périodes de retour de l'évènement. Cette sélection a été réalisée de manière hiérarchique, en privilégiant d'abord les débits mesurés lorsqu'ils étaient disponibles (ex : Forêt) ; puis les mesures reconstituées lorsque les données manquantes correspondaient à une courte période et que des mesures étaient disponibles aux stations proches (ex : Polleur, Belleheid, Theux) ; et enfin les débits calculés via les laisses de crue (ex : Bellevaux, Trooz, Verviers, Spixhe). Pour Chaudfontaine, étant donné l'intervalle de confiance important à appliquer au débit calculé via les laisses de crues, le débit modélisé par l'Université de Liège est choisi. Les débits issus de la méthode rationnelle n'ont finalement pas été utilisés pour le bassin versant de la Vesdre, car les autres techniques ont toujours permis d'obtenir une valeur.

Station	Rivière	Débit de pointe Qh_pic [m ³ /s]					Temps de retour T_r [ans]
		Mesure station	Mesure reconstituée	Laisse de crue	Méthode rationnelle	Rapport ULiège	
Restitution Vesdre (Stucky)	Vesdre	-	196			190	
Polleur	Hoëgne	-	228		100	145	(80)*
Belleheid	Hoëgne	-	106	-	130	60	50.000
Theux	Hoëgne	-	367	265-650	200	260	20.000
Forêt	Magne	43			60	58	(20.000)*
Bellevaux	Vesdre	-		420-530	50		-
Trooz	Vesdre	-		535	400		(>10.000)*
Verviers	Vesdre	-		440-575		410	200
Chaufontaine	Vesdre	-		650		580-660	>100.000
Spixhe	Wayai	-		50-200	150	140	120

Tableau 4. a.2 – Débits de pointe mesurés et estimés aux stations hydrométriques par quatre techniques différentes ; et estimation de leurs temps de retour aux stations disposant d'une série de données suffisamment longue.

*T_r fournis à titre indicatif pour les séries de données courtes.

Après reconstitution des débits, deux résultats principaux ont été mis en évidence. Premièrement, le pic de la crue n'a pas pu être identifié avec précision, mais la temporalité de l'évènement indique plutôt deux pics de crues qui ont probablement eu lieu successivement, le 14 juillet en fin de journée au niveau de la Hoëgne (entre Theux et Pepinster) puis dans la nuit du 14 au 15 juillet en aval du lac d'Eupen. Deuxièmement, en croisant les différents résultats obtenus sur la Hoëgne, un débit compris entre 200 et 400 m³/s est passé au niveau de la confluence de la Hoëgne et de la Vesdre à Pepinster.

La dernière étape de l'analyse hydrologique visait à estimer les périodes de retour des débits de juillet 2021 via la méthode GEV. Les stations de Polleur, Forêt, Bellevaux et Trooz ne disposaient pas de données hydrométriques sur une durée suffisante (au moins 10 ans) et les analyses statistiques ont donc été réalisées pour les autres stations disposant de données sur une période de 17 à 54 ans. Il est toutefois important de noter qu'une série de mesures de « x » années ne peut être utilisée que pour mesurer un temps de retour inférieur ou égal à « 3x » années. Un intervalle de confiance de 95% a été appliqué pour tenir compte de cette incertitude importante sur l'estimation de la période de retour. Les temps de retour des débits de pointe ont été reportés dans le Tableau 4. a.2 et ont été qualifiés de faibles à très faibles, en particulier en aval de la Vesdre où l'on retrouve des valeurs extrêmes.

En gardant à l'esprit la grande incertitude des estimations des temps de retour et la possibilité que ces temps de retour soient plus courts, les débits de pointe mesurés ou calculés s'avèrent exceptionnels en comparaison avec les séries historiques enregistrées. En cohérence avec les conclusions de l'analyse météorologique, l'évènement a donc été considéré comme rare à très rare.

Analyse hydraulique

L'analyse hydraulique visait dans un premier temps à deux processus aggravants observés sur le terrain de manière qualitative. La **présence d'ouvrages de franchissement** sur la Vesdre et ses affluents a créé des phénomènes d'embâcles à plusieurs endroits. En effet, l'espace sous les ponts et les passerelles a souvent été

obstrué par des déchets emportés par le courant et des matériaux de construction arrachés aux berges et charriés par le cours d'eau. Au cours de l'inondation, le gabarit hydraulique sous les ouvrages a donc été fortement réduit, créant ainsi une grande différence de niveaux d'eau entre l'amont et l'aval des ouvrages obstrués. En outre, l'augmentation locale de la hauteur d'eau a eu pour effet de solliciter davantage la structure de l'ouvrage et de générer des dégâts importants (érosion du lit du cours d'eau, déstabilisation des fondations des berges et des ouvrages, arrachement des garde-corps...). Sous la pression d'eau, certains tabliers de ponts ont même été fortement endommagés, provoquant des ruptures d'embâcles dont l'impact sur la situation en aval a néanmoins été considéré comme faible. Outre ces embâcles réduisant la capacité hydraulique déjà limitée du lit mineur de la Vesdre (correspondant en moyenne à un temps de retour de 25 ans), le **transport solide** des matériaux charriés par le cours d'eau a également aggravé la situation. En particulier, les terres et gravats arrachés aux berges ont été emportés puis déposés plus loin en aval. Les principaux dégâts visibles sont surtout l'érosion des berges et l'affouillement des fondations des ouvrages, mais les dépôts de sédiments peuvent également avoir réhaussé le lit du cours d'eau.

Dans un second temps, l'analyse hydraulique avait pour objectif d'évaluer la capacité hydraulique du lit mineur de la Vesdre. La Figure 4. a.3 présente les capacités obtenues ponctuellement sur base d'une analyse de hauteurs uniformes avec la formule de Manning-Strickler.

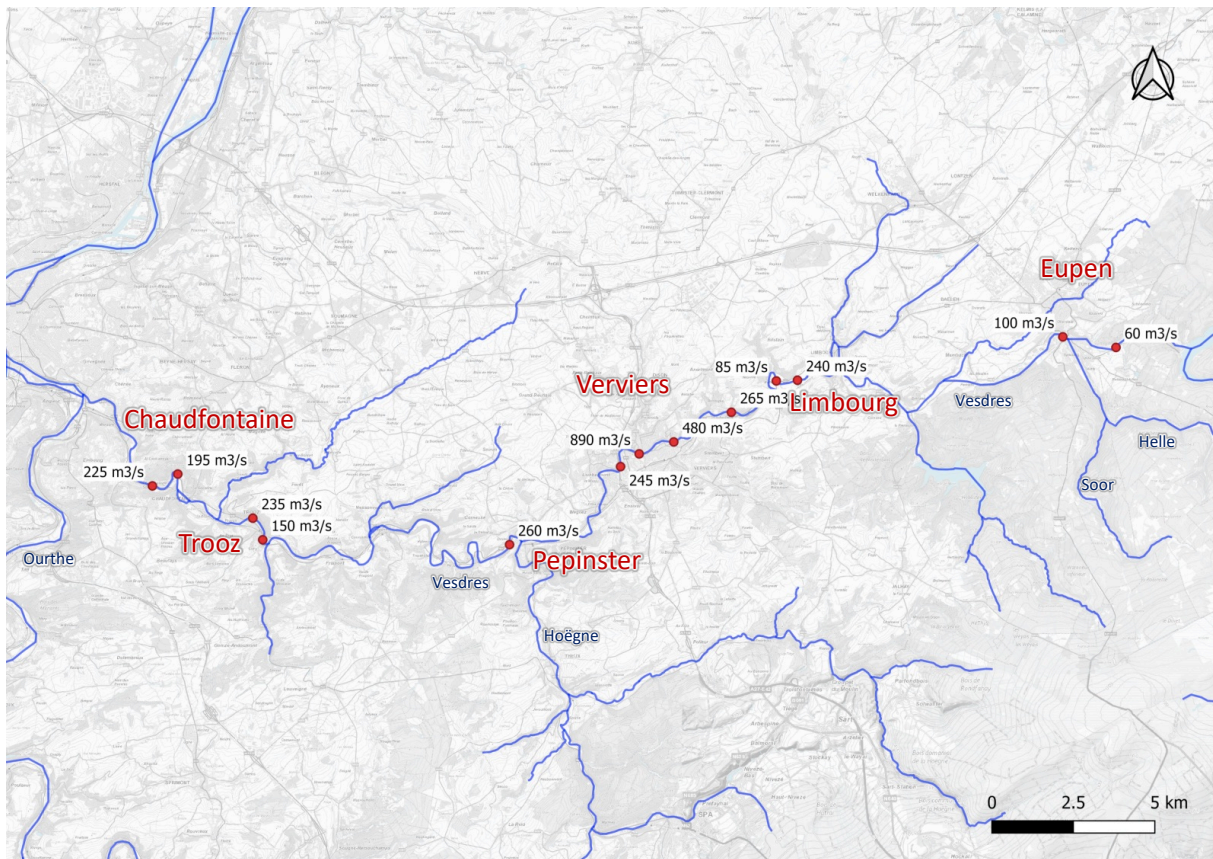


Figure 4. a.3 – Estimation des capacités hydrauliques en différents points du lit mineur de la Vesdre.

Sur base de la Figure 4. a.3 reprenant les capacités hydrauliques du lit mineur de la Vesdre, les ordres de grandeur suivants ont été retenus : moins de 100 m³/s à l'amont d'Eupen avant la confluence de la Helle (des problèmes d'infiltration apparaissent d'ailleurs déjà dès 30 m³/s) ; en moyenne 200 à 250 m³/s entre Limbourg et Verviers ; entre 450 et 890 m³/s dans la traversée de Verviers ; et en moyenne 150 à 200 m³/s à l'aval de Verviers.

Le croisement des capacités hydrauliques et des périodes de retour des débits observés en juillet 2021 peut donner une indication quant à la vulnérabilité des zones urbanisées du territoire. Les capacités obtenues sont cohérentes avec la carte des zones inondables (version antérieure aux inondations de juillet 2021) reprenant l'étendue des zones potentiellement inondées selon quatre périodes de retour (25, 50, 100 ans et une période extrême supérieure à 100 ans pour les événements exceptionnels). Par rapport à la carte des zones inondables, les estimations confirment les sous-capacités à Limbourg et entre Trooz et Chênée qui sont vulnérables dès une période de retour de 25 ans. Les autres points identifiés sur la carte ne sont vraiment vulnérables que pour des événements avec un temps de retour de 100 ans voire plus.

Vu le faible niveau de détail des valeurs de capacité fournies ici, celles-ci ne doivent néanmoins pas être utilisées pour établir la carte d'aléa d'inondation, qui nécessitera une étude hydraulique approfondie. Au niveau des ouvrages notamment, les capacités sont probablement inférieures et méritent une estimation plus précise.

Analyse relative aux barrages

Le bassin versant de la Vesdre comprend deux barrages réservoirs qui ont un impact sur les débits de la Vesdre et de certains de ces affluents (Gileppe, Soor, Helle et Getzbach) (Figure 4. a.4).

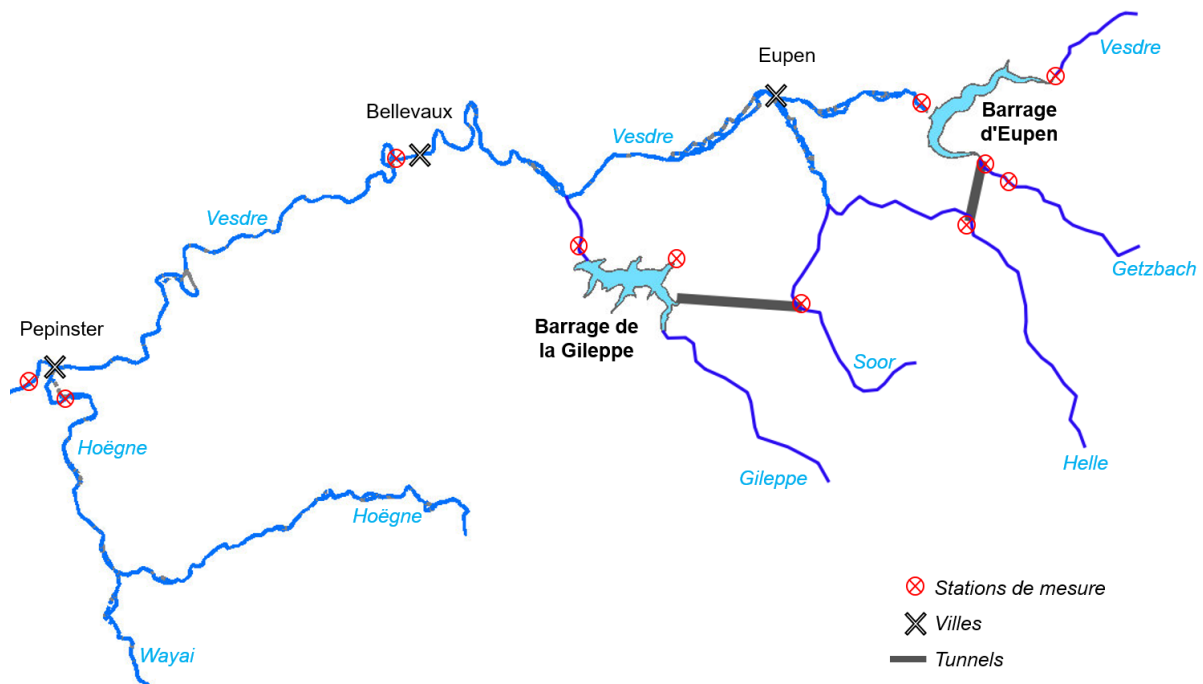


Figure 4. a.4 – Situation des barrages de la Gileppe et d'Eupen dans le bassin versant de la Vesdre.

L'objectif de l'analyse au niveau des barrages était de reconstituer les débits entrants, les débits évacués pouvant être obtenus sur base de formules théoriques et de niveaux mesurés, pour les deux ouvrages et de comparer leur gestion. La Figure 4. a.5 synthétise ces débits entrants et sortants pour le barrage d'Eupen. Notons que cette donnée a été affinée dans le rapport de l'ULiège sur base de nouvelles informations relatives aux manœuvres d'organes de barrages (HECE, 2022).

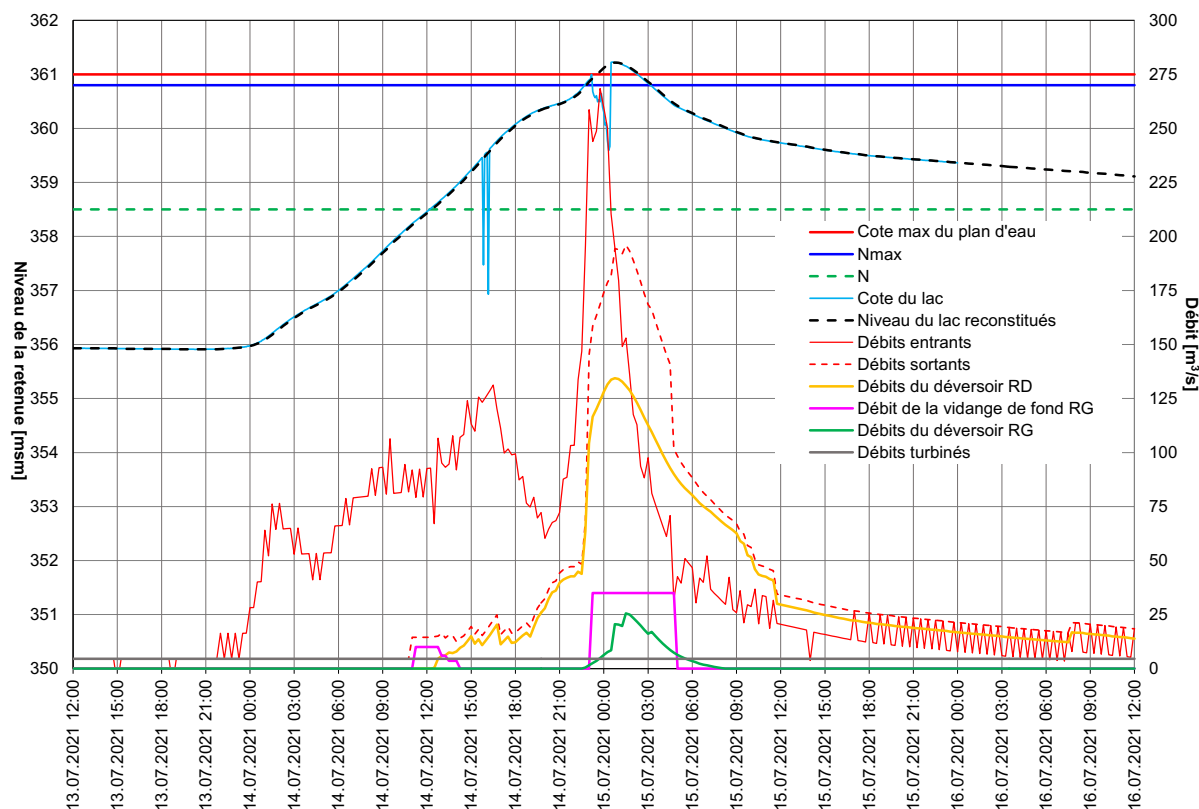


Figure 4. a.5 – Évolution du niveau du lac d’Eupen (courbe bleu ciel), des débits entrants reconstitués (courbe rouge) et des débits sortants calculés (courbe trait-tillée rouge) au cours des évènements de juillet 2021.

N est la cote de référence à ne pas dépasser en régime normal (ligne trait-tillée verte) ; Nmax est la cote critique à ne pas dépasser en cas de crue (ligne bleu foncé) ; Cote max est la cote maximale du plan d’eau (ligne rouge).

Les débits entrants ont été reconstitués par continuité sur base de l’évolution du niveau d’eau du bassin d’Eupen et des débits sortants évalués sur base de la débitance de tous les organes mobiles. Les données utilisées pour cette analyse sont les courbes hauteur-volume et hauteur-surface du bassin fournies par le SPW MI, qui ont permis de déduire directement une troisième courbe cote-surface. Cette relation entre la cote et la surface du lac a permis de déterminer la différence de hauteur d’eau à chaque pas de temps, et donc le débit entrant correspondant. L’hydrogramme obtenu a permis d’identifier le pic du débit entrant à $268 \text{ m}^3/\text{s}$.

Les débits sortants ont été reconstitués sur base des manœuvres réalisées pendant la crue au niveau des quatre organes de décharge (4 turbines Francis dont une dans le circuit de soutirage, un débit de dotation constant, 2 vannes papillons de vidange de fond, un déversoir de crue avec 2 pertuis vannés). Sans rentrer dans le détail des calculs réalisés, les données mobilisées sont notamment les niveaux de crête des vannes mobiles du déversoir (calcul de débitance de seuils déversants) et les débits des vidanges de fond au cours de l’évènement de juillet 2021. Le pic du débit sortant calculé a eu lieu le 15 juillet à 1 h 30 du matin et s’élevait à $196 \text{ m}^3/\text{s}$, valeur qui a été reportée dans le Tableau 4. a.2 présenté ci-avant dans l’analyse hydrologique.

Comme illustré à la Figure 4. a.6, le barrage d’Eupen a assuré un rôle de laminage de la crue de juillet 2021, en stockant environ 6 millions de m^3 , ce qui équivaut à près de la moitié du volume d’eau tombé au cours de l’évènement. Le barrage a ainsi permis de retarder la montée des eaux dans le bassin versant de la Vesdre.

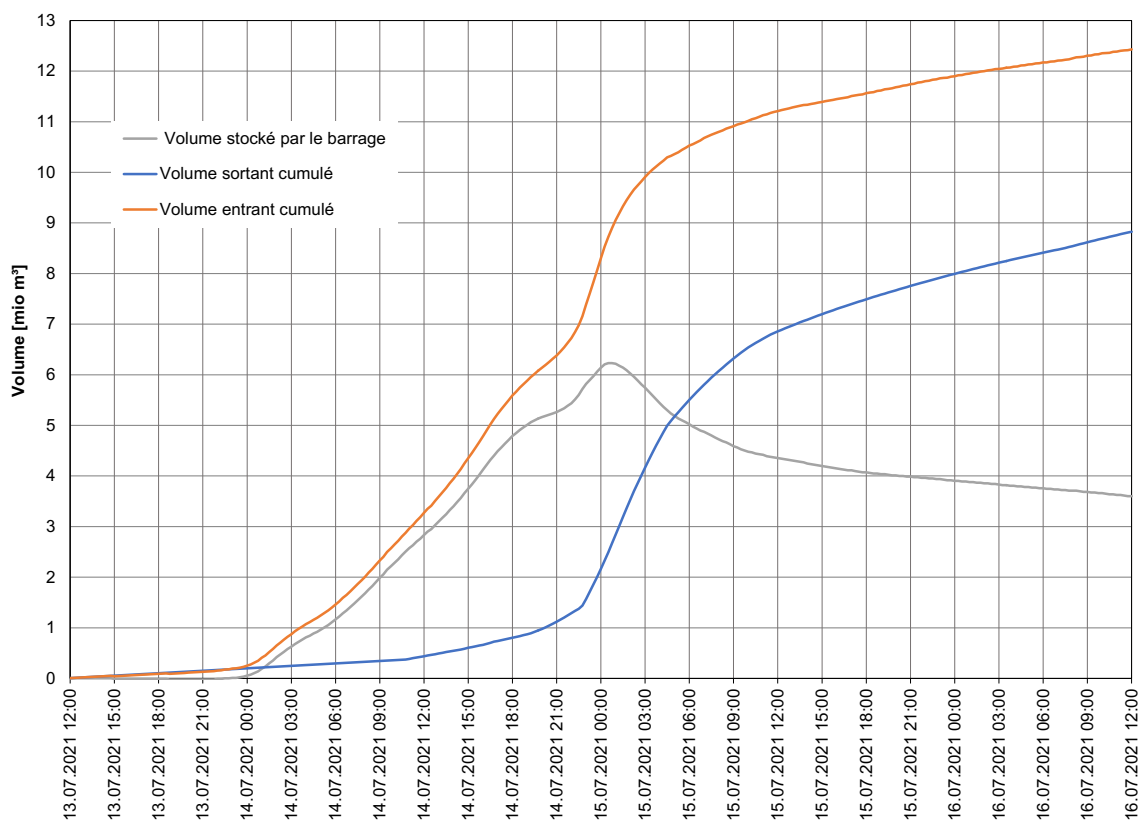


Figure 4. a.6 – Volumes d’eau stocké (courbe grise) et déversé (courbe bleue) par rapport au volume d’eau tombé au cours de la crue (courbe orange) en millions de m³.

En ce qui concerne le barrage de la Gileppe, la quasi-totalité de la crue (7,6 millions de m³) a pu être stockée par le barrage de la Gileppe et le volume déversé a été limité à 10 m³/s à partir du 15 juillet en fin de matinée. Cette différence de gestion par rapport au barrage d’Eupen s’explique principalement par la taille des bassins versants concernés. Pour une même capacité de stockage (environ 25 millions de m³), la superficie du bassin versant d’Eupen fait le double de celle du bassin versant de la Gileppe.

Au barrage d’Eupen, le mode de gestion « alarme de crue » a été enclenché le 13 juillet vers 23 h à partir du moment où la réserve d’empotement (stockage) est devenue inférieure au volume d’eau conventionnel qui risquait d’entrer dans le lac d’Eupen compte tenu de la pluviosité mesurée. Selon la note de manutention, le dépassement de ce seuil impose alors au gestionnaire du barrage de surveiller le niveau du lac et de porter le turbinage à sa valeur maximale, afin de rester sous la cote critique N_{max}. A cette étape, le tunnel de la Helle doit normalement être fermé, ce qui n’a pas été le cas pendant les événements de juillet 2021. Une fois l’alarme « BT dépassé » atteinte, il y a lieu de surveiller les débits (entrants, avals et de sorties) et si nécessaire et possible d’augmenter le débit de restitution aval. Lorsque le plan d’eau atteint N_{max}, la crue doit être évacuée (débit entrant = débit sortant).

Le gestionnaire de barrage a effectué des lâchers préventifs qui n’ont pas suffi à absorber la montée du niveau d’eau du lac d’Eupen. Pour retarder le remplissage du lac, un lâcher progressif, d’une amplitude supérieure à celle préconisée, a été annoncé et mis en œuvre avec un délai d’évacuation des personnes à l’aval. Au dernier pic de la crue, la cote maximale du lac a été atteinte et dépassée, et la vidange de fond a dû être rouverte, en sus du déversoir en rive droite et du déversoir en rive gauche pour préserver la stabilité de l’ouvrage, conformément à la note de manutention.

Étendue des inondations

Le rapport Stucky comporte également un chapitre relatif à l'emprise de la zone inondée en juillet 2021, fournie par le SPW Géomatique, et en particulier sa comparaison avec la carte d'aléa d'inondation par débordement. De manière générale, l'emprise de la zone inondée correspond bien à la couverture de la carte d'aléa, à l'exception de Verviers où la zone d'aléa correspond plutôt au lit mineur du cours d'eau sensiblement capable à cet endroit de contenir un débit centennal (Figure 4. a.7). Une analyse plus fine du cas de la commune de Verviers a d'ailleurs été réalisée récemment par le SPW Géomatique. Dans toutes les communes, les hauteurs d'eau relevées en juillet 2021 sont largement supérieures aux niveaux repris par les cartes d'aléas.

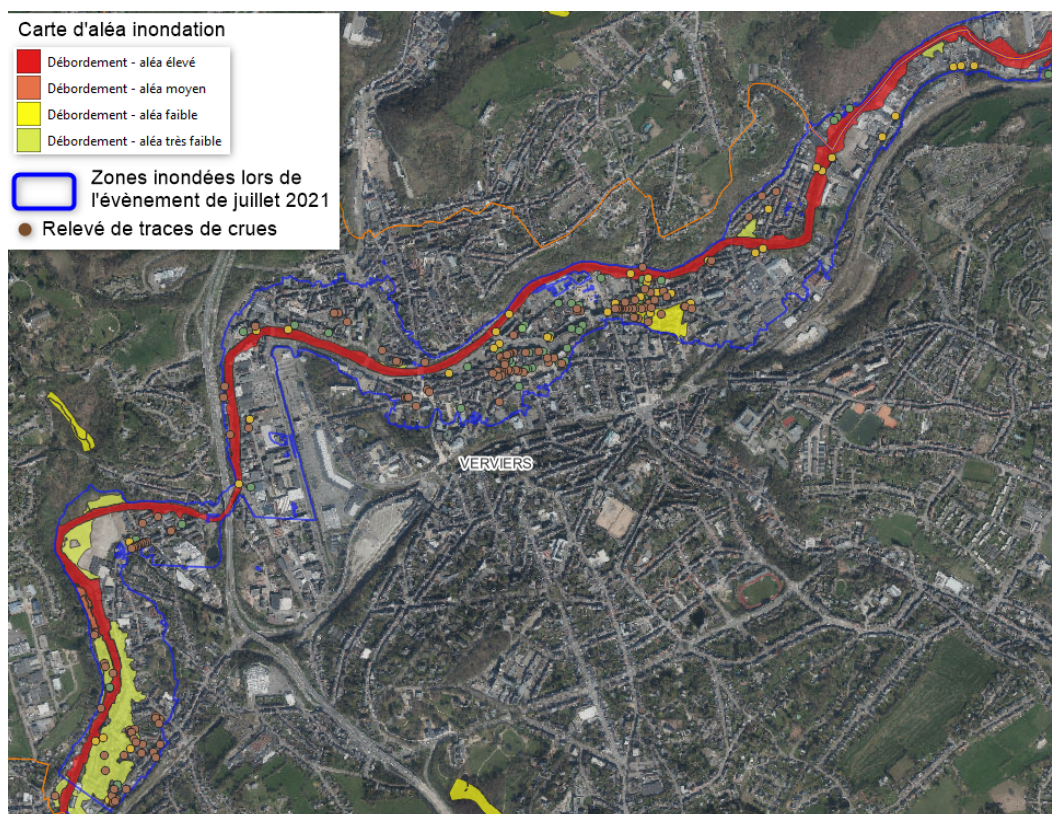


Figure 4. a.7 – Comparaison de l'étendue de l'inondation et de la carte d'aléa à Verviers.

iii. Éléments complémentaires

La référence numéro 4 du rapport Stucky mentionne une note de reconstitution datée d'août 2021 et émise par le HECE de l'ULiège. Ce document a été transmis et présenté aux autorités compétentes dans la foulée de son élaboration, tout comme une seconde version amendée, émise en janvier 2022 à la suite d'informations fournies soit corrigées, soit complémentaires.

Cette section a pour but de fournir quelques éléments additionnels à la synthèse opérationnelle précédente. Ils proviennent ainsi d'une première reconstitution, menée juste après l'évènement et qui était destinée à fournir des ordres de grandeur de débits atteints aux différents ouvrages et points du réseau hydrographique du bassin de la Vesdre. Pour y parvenir, une filière d'analyse a été implémentée en trois étapes qui exploitent la suite logicielle WOLF. Cette implémentation se voulait pragmatique, basée sur des hypothèses relativement simples, compte tenu de données incomplètes et du peu d'éléments de validation.

- En précipitant sur une matrice topographique numérisée les signaux temporels de pluies mesurées, une première étape hydrologique (WOLFHYDRO), basée sur la pédologie, a permis de reconstituer l'évolution

temporelle des apports tant dans les retenues régulées que ceux distribués le long du réseau hydrographique. La pertinence de l'approche est établie sur base de l'évolution des niveaux de lac.

- La propagation hydraulique de ces signaux d'apports dans le réseau a ensuite permis, en prenant en compte les manœuvres des ouvrages, et les propriétés du lit des rivières, d'obtenir l'évolution des débits en différents points caractéristiques du réseau, notamment au niveau des stations détruites. Une analyse des signaux obtenus démontre le réalisme des résultats.
- Enfin, une simulation hydrodynamique quasi-tridimensionnelle a été menée pour objectiver l'évolution temporelle des hauteurs d'eau dans toute la vallée, la qualité des résultats étant discutée en comparaison des emprises relevées après l'évènement et en fonction de témoignages.

La suite du document respecte la chronologie de cette filière d'analyse pluies, hydrologie, hydraulique.

Analyse météorologique

Toutes les données, pluies horaires, tableaux QDF et coefficients de Montana, exploitées dans cette partie de rapport ont été extraites des sites internet publics du SPW-MI et de l'IRM.

La pluviométrie enregistrée au cours de l'évènement de juillet 2021 a été la plus importante aux stations de Jalhay (code 63038) et de Ternell (code 63023). Les figures suivantes comparent la dynamique de la pluie à ces deux stations (Figure 4. a.8 et Figure 4. a.9).

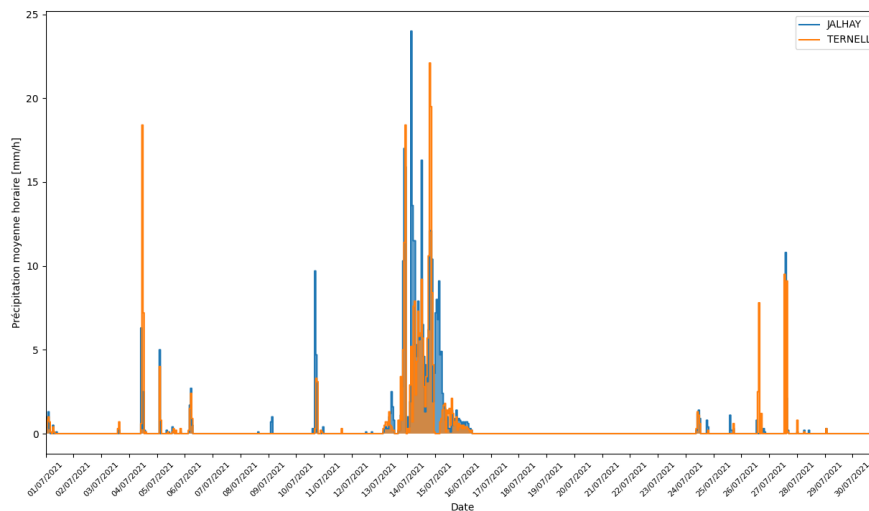


Figure 4. a.8 – Hyétoigrammes de pluies aux stations de Ternell et de Jalhay pendant le mois de juillet 2021.

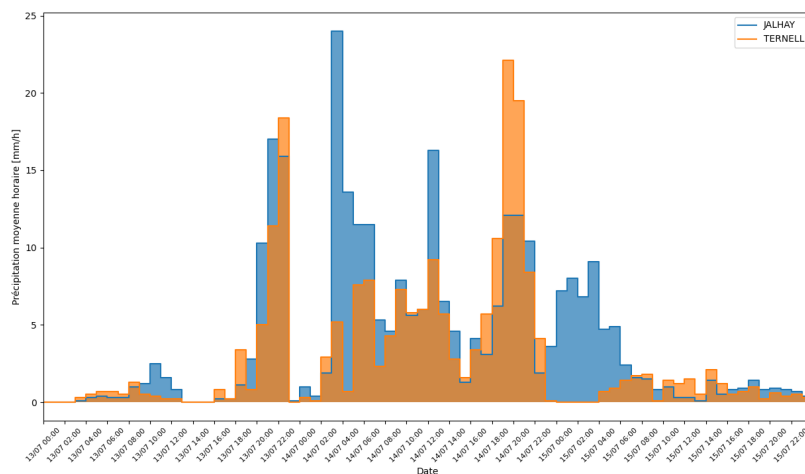


Figure 4. a.9 – Hyétoigrammes de pluies aux stations de Ternell et de Jalhay du 13 au 16 juillet 2021.

On y constate une succession de pics qui ont contribué dans un premier temps à saturer les terrains puis à induire des épisodes successifs de ruissellements importants dont la dynamique de concentration, comme le montrent les résultats hydrodynamiques, est assez inédite. La variabilité temporelle de ces deux stations, confirmée sur les autres installations de mesure, indique par ailleurs qu'une approche hydrologique distribuée spatialement et temporellement s'impose pour capter les spécificités de combinaisons d'hydrogrammes, et juger des gradients de crue et décrues successives constatées par la population.

Les figures suivantes positionnent les mesures de la pluie à ces deux stations dans le contexte spécifique des relations QDF et IDF établies par l'IRM, et ce pour différentes durées entre 1 heure et 30 jours et pour différentes périodes de retour entre 2 ans et 200 ans.

Il est remarquable de constater que l'événement présente une période de retour sensiblement différente en fonction de la durée d'analyse. Pour 1 heure, la période de retour n'a rien d'exceptionnel (entre 2 et 5 ans). Elle évolue cependant rapidement pour dépasser 50 ans dès 6 heures de cumul. Il faut attendre 12 heures pour atteindre voire dépasser les dernières valeurs établies pour 200 ans. A Jalhay, les cumuls restent supérieurs à cette borne de 200 ans jusqu'au maximum de durée de 30 jours (Figure 4. a.11). Cependant, à Ternell, la dynamique d'une pluie centennale est presque parfaitement respectée dès 10 jours de cumul (Figure 4. a.10).

Il apparaît donc clairement que la pluie de juillet n'est pas une pluie monofréquence, c'est-à-dire que la fréquence ou la période de retour est identique quelle que soit la durée, telle que celle couramment employée dans une perspective de dimensionnement. Dès lors que l'intensité moyenne de la pluie diminue lorsque la durée augmente, les pluies de longue durée, si elles tombent uniformément sur un bassin versant, sont de nature à majorer les débits dans le réseau hydrographique de bassins tels que celui de la Vesdre en comparaison de pluies plus courtes mais plus intenses induisant des ruissellements majeurs. Pour rappel, ce dernier cas de figure est typiquement celui rencontré au Sart-Tilman lors de l'orage de 2008, raison pour laquelle il a été choisi à titre de comparaison, d'autant que la localisation du phénomène n'est pas très éloignée du bassin de la Vesdre.

Le caractère exceptionnel des pluies de juillet, sollicitant tout le bassin pendant de longues durées, explique les inondations par saturation du réseau hydrographique correspondant.

Une estimation de période de retour, complémentaire à celles réalisées dans le rapport Stucky, pour les durées de 2 jours et de 3 jours, les plus éloignées des courbes de l'IRM existantes, peut être réalisée en ajustant une loi GEV aux données. Sur base des seules valeurs moyennes, on obtient des périodes de retour largement supérieures à 100.000 ans pour Jalhay et à 1.000 ans pour Ternell. Il est cependant encore une fois nécessaire de rappeler que de telles extrapolations sont extrêmement délicates et que les intervalles de confiance nuancent fortement des conclusions parfois trop facilement tirées. A titre d'exemple, pour la station de Jalhay, la valeur de pluviosité moyenne pour une durée de 2 jours et une période de retour de 200 ans est de 138,6 mm avec comme bornes d'intervalle à 95% 122,7 mm et 154,5 mm, soit un intervalle de variation d'environ 25%.

On ne peut donc qu'appuyer le souhait de voir ces statistiques remises à jour par l'IRM et, pourquoi pas, en envisageant un mélange de lois des extrêmes sur base d'une différenciation de l'origine climatique/météorologique des phénomènes afin de respecter les hypothèses fondamentales d'homogénéité et d'indépendance à la base de l'applicabilité de telles méthodes.

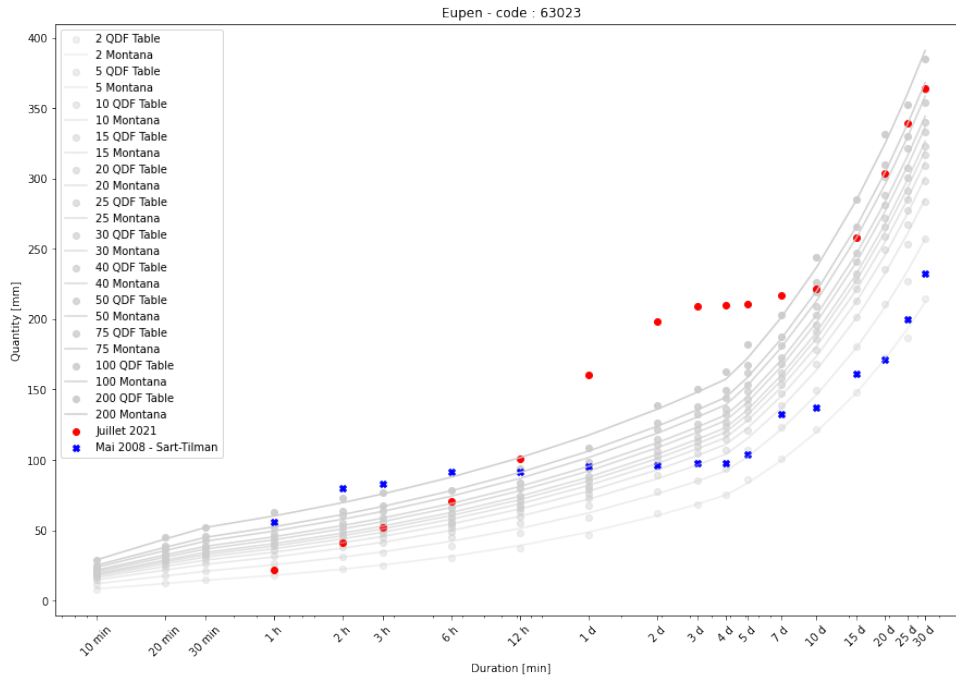


Figure 4. a.10 – Positionnement de l'événement de juillet 2021 (points rouges) à la station de Ternell et de l'événement de 2008 à la station du Sart-Tilman (croix bleues) vis-à-vis des relations QDF de l'IRM (valeurs tabulaires ou relation de Montana) pour la commune d'Eupen.

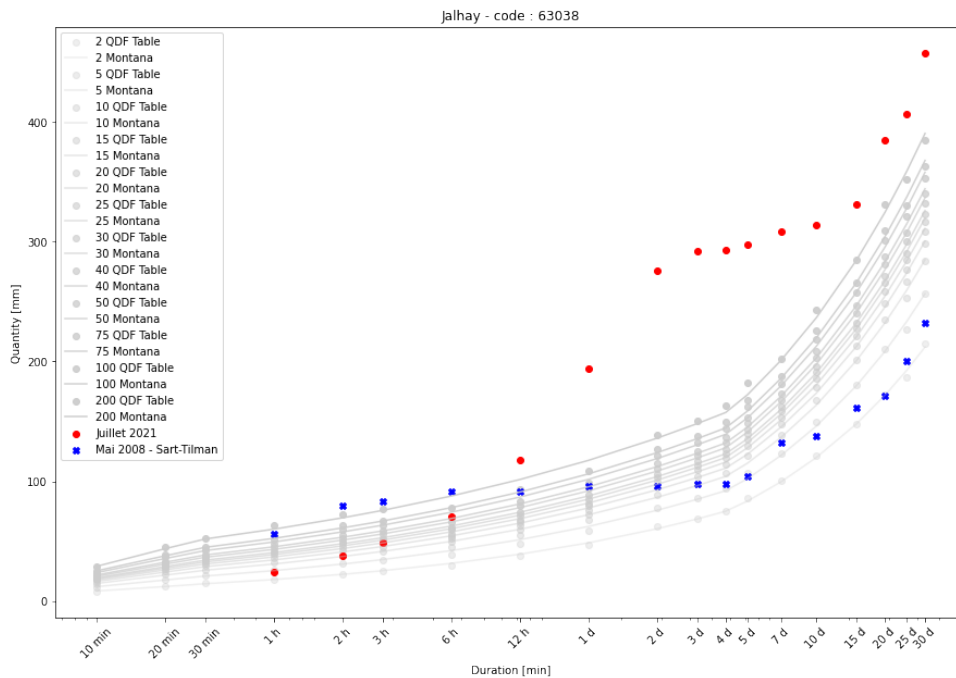


Figure 4. a.11 – Positionnement de l'événement de juillet 2021 (points rouges) à la station de Jalhay et de l'événement de 2008 à la station du Sart-Tilman (croix bleues) vis-à-vis des relations QDF de l'IRM (valeurs tabulaires ou relation de Montana) pour la commune de Jalhay.

Toujours sur base des données publiques, les figures suivantes comparent l'événement de juillet 2021 (points rouges) aux années antérieures (2002 à 2020) (Figure 4. a.12 et Figure 4. a.13). On constate une nouvelle fois que l'événement est totalement inédit sur des durées supérieures à 1 jour, en comparaison notamment des épisodes de 2013, 2014, 2016 ou 2018 qui restaient tous dans le faisceau de courbes tracées pour des périodes de retour inférieures ou égales à 200 ans. Il serait intéressant de mettre à jour ce graphique sur base de l'historique validé le plus long disponible actuellement, à la base du calcul des relations QDF par l'IRM.

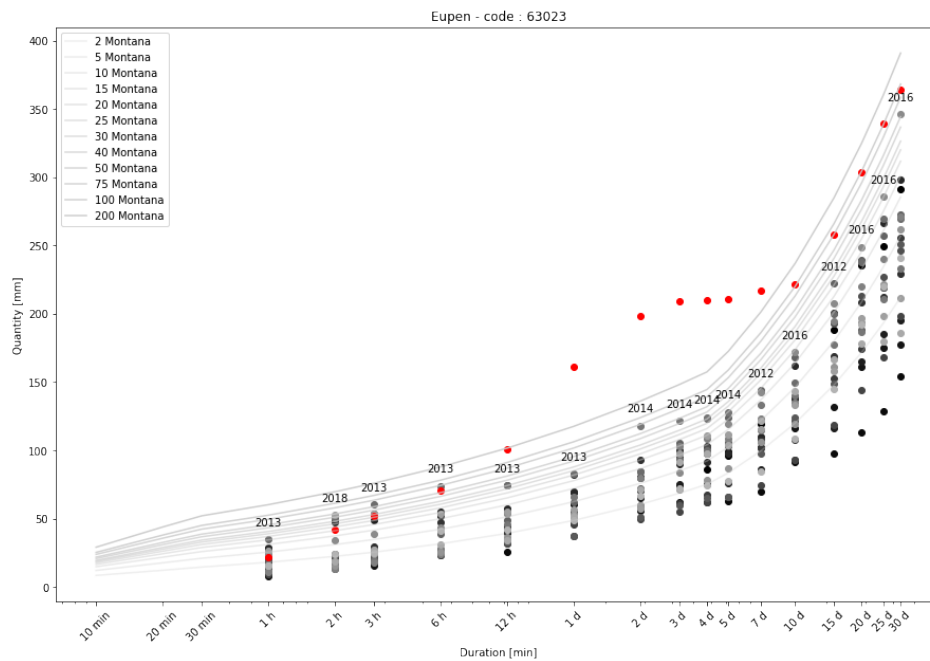


Figure 4. a.12 – Positionnement de l'événement de juillet 2021 (points rouges) et des années 2002 à 2020 à la station de Ternell vis-à-vis des relations QDF de l'IRM (relation de Montana) de la commune d'Eupen.

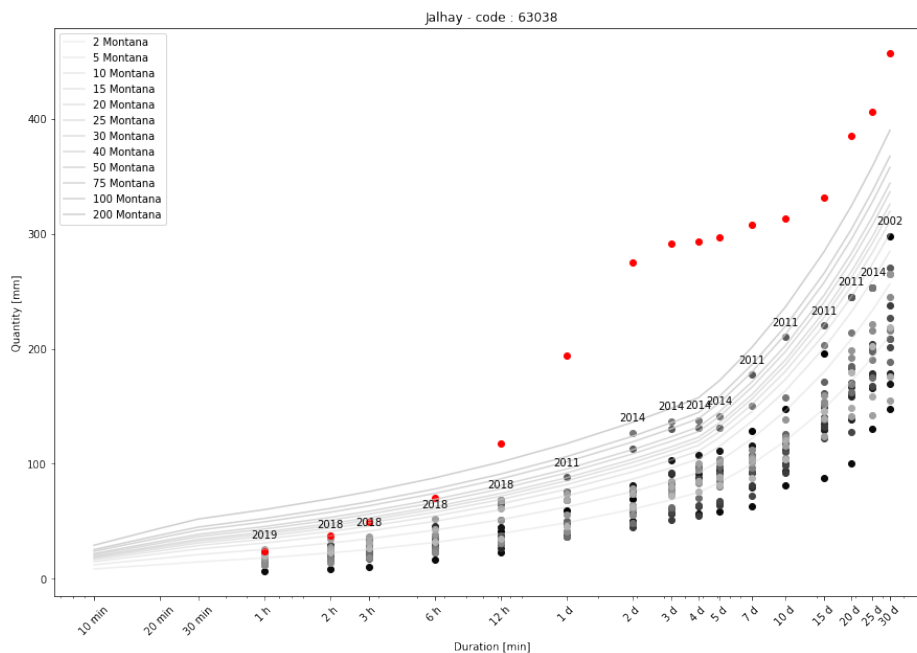


Figure 4. a.13 – Positionnement de l'événement de juillet 2021 (points rouges) et des années 2002 à 2020 à la station de Jalhay vis-à-vis des relations QDF de l'IRM (relation de Montana) de la commune de Jalhay.

Les figures suivantes objectivent l'importance de l'approche QDF-IDF pour juger des pluies critiques en fonction du bassin versant concerné par l'épisode pluvieux. L'événement de mai 2008 (croix bleues) aux pluies très intenses est ici replacé dans un graphe comparatif des mesures à Seraing : on constate qu'il est exceptionnel pour les courtes durées, induisant des dégâts par ruissellement (déchaussement de chaussées, ravinements...) sur un bassin de taille réduite comme le Sart-Tilman, sans incidence majeure sur l'Ourthe, alors que l'évènement de juillet sur la même figure est exceptionnel, même pour Seraing, pour des périodes plus longues avec des lames d'eau précipitées plus importantes (Figure 4. a. 14 à Figure 4. a. 17).

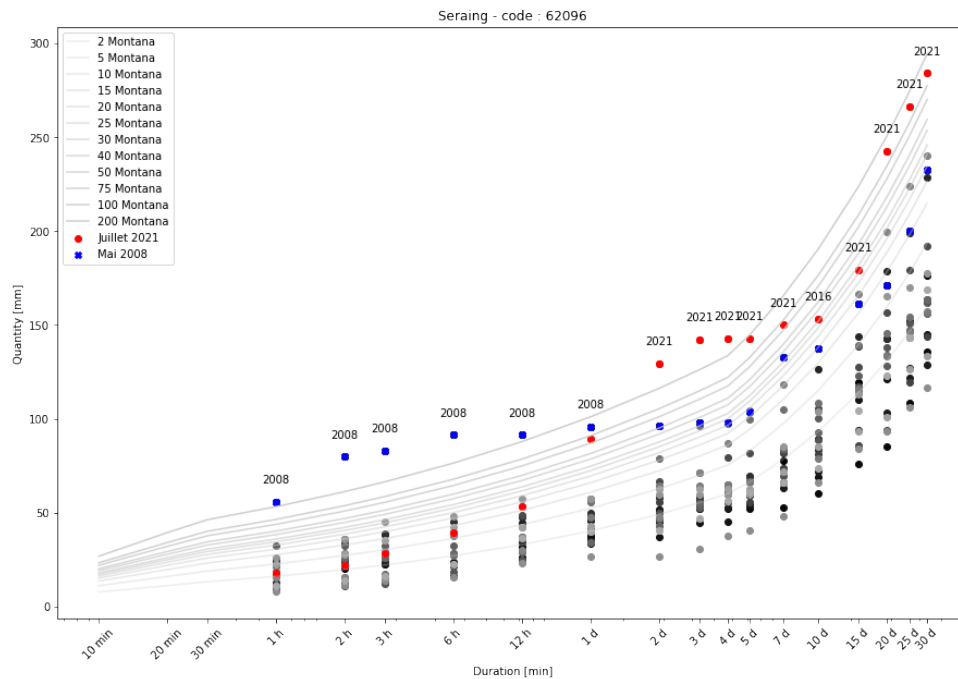


Figure 4. a. 14 – Positionnement de l'évènement de juillet 2021 (points rouges) et de mai 2008 (croix bleues) et des années 2002 à 2021 à la station du Sart-Tilman vis-à-vis des relations QDF de l'IRM (relation de Montana) de la commune de Seraing.

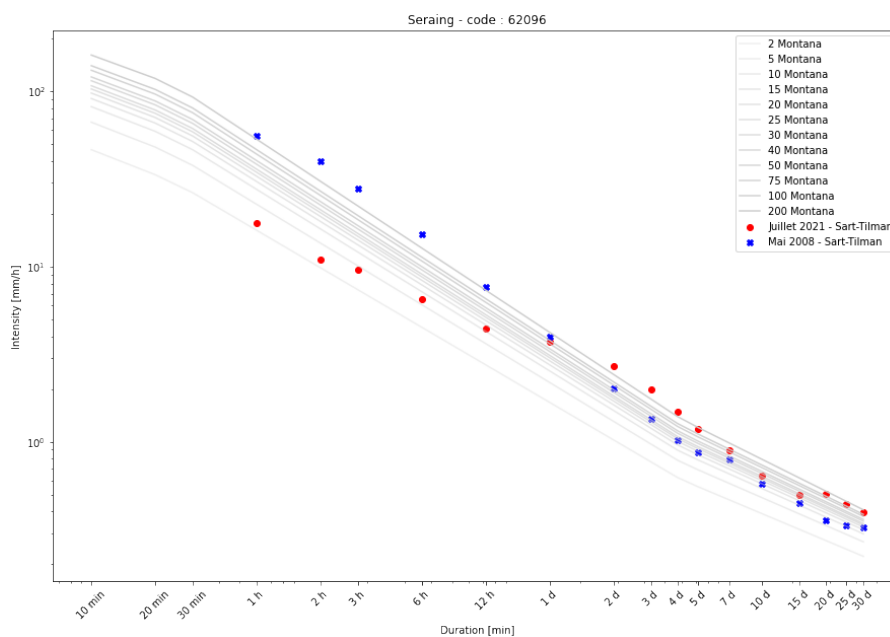


Figure 4. a. 15 – Positionnement de l'évènement de juillet 2021 (points rouges) et de mai 2008 (croix bleues) à la station du Sart-Tilman vis-à-vis des relations IDF de l'IRM (relation de Montana) de la commune de Seraing.

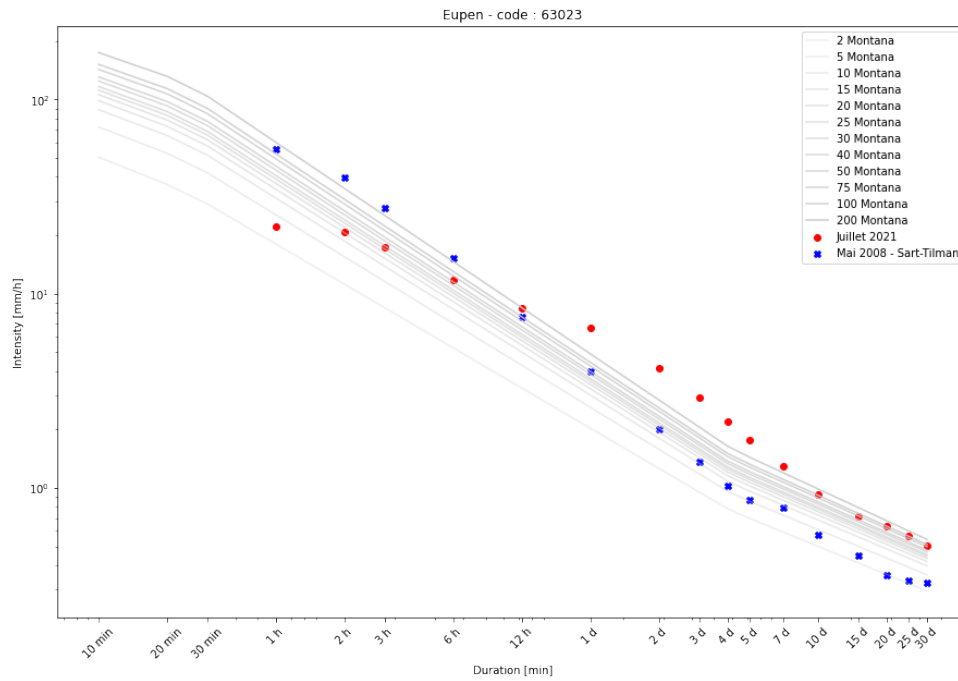


Figure 4. a.16 – Positionnement de l'événement de juillet 2021 (points rouges) à la station de Ternell et de mai 2008 (croix bleues) à la station du Sart-Tilman vis-à-vis des relations IDF de l'IRM (relation de Montana) de la commune d'Eupen.

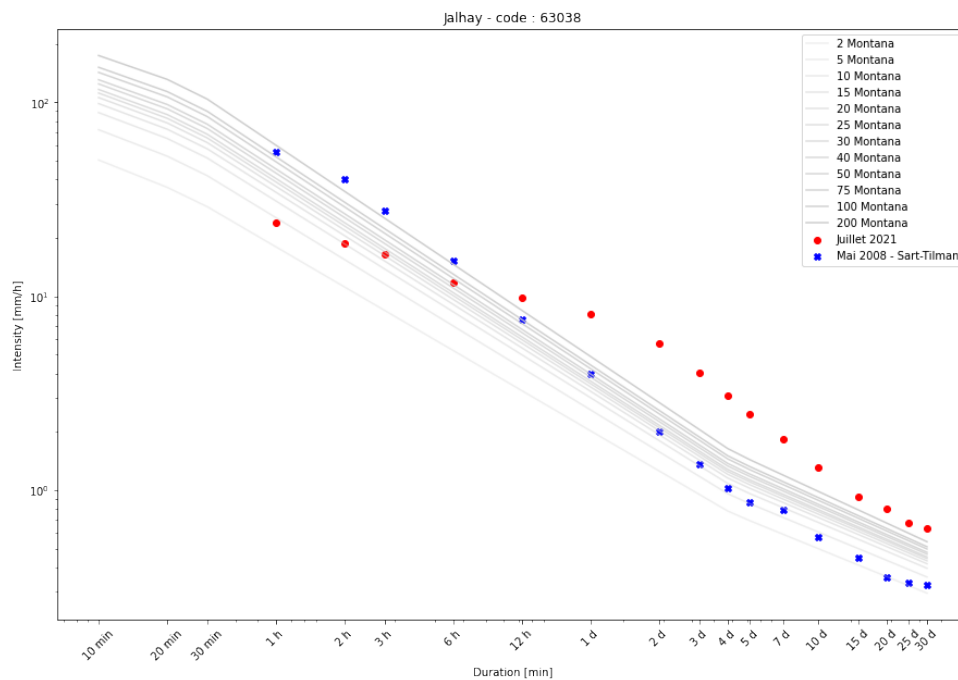


Figure 4. a.17 – Positionnement de l'événement de juillet 2021 (points rouges) à la station de Jalhay et de mai 2008 (croix bleues) à la station du Sart-Tilman vis-à-vis des relations IDF de l'IRM (relation de Montana) de la commune de Jalhay.

Les données de précipitations spatialisées RAD-QPE et RAD-CLIM seront analysées dans le cadre du modèle hydrologique, permettant de fournir une information intégrée par sous-bassin versant.

Analyse des prévisions météorologiques

L'IRM a transmis les prévisions ALARO, au format GRIB, effectuées entre le 12 juillet 00:00 et le 14 juillet 00:00. Les runs du 12 juillet n'avaient pas été analysés dans le rapport Stucky. Ces données reprennent, pour chaque *run* de calcul, les cumuls attendus sur les 48 prochaines heures. Il y a 2 runs chaque jour, le premier à minuit, l'autre à midi. La Figure 4. a.18 ci-dessous ne reprend que les points de grille utiles pour l'analyse du bassin de la Vesdre, dont l'emprise à Chaudfontaine est tracée en superposition des données maillées.

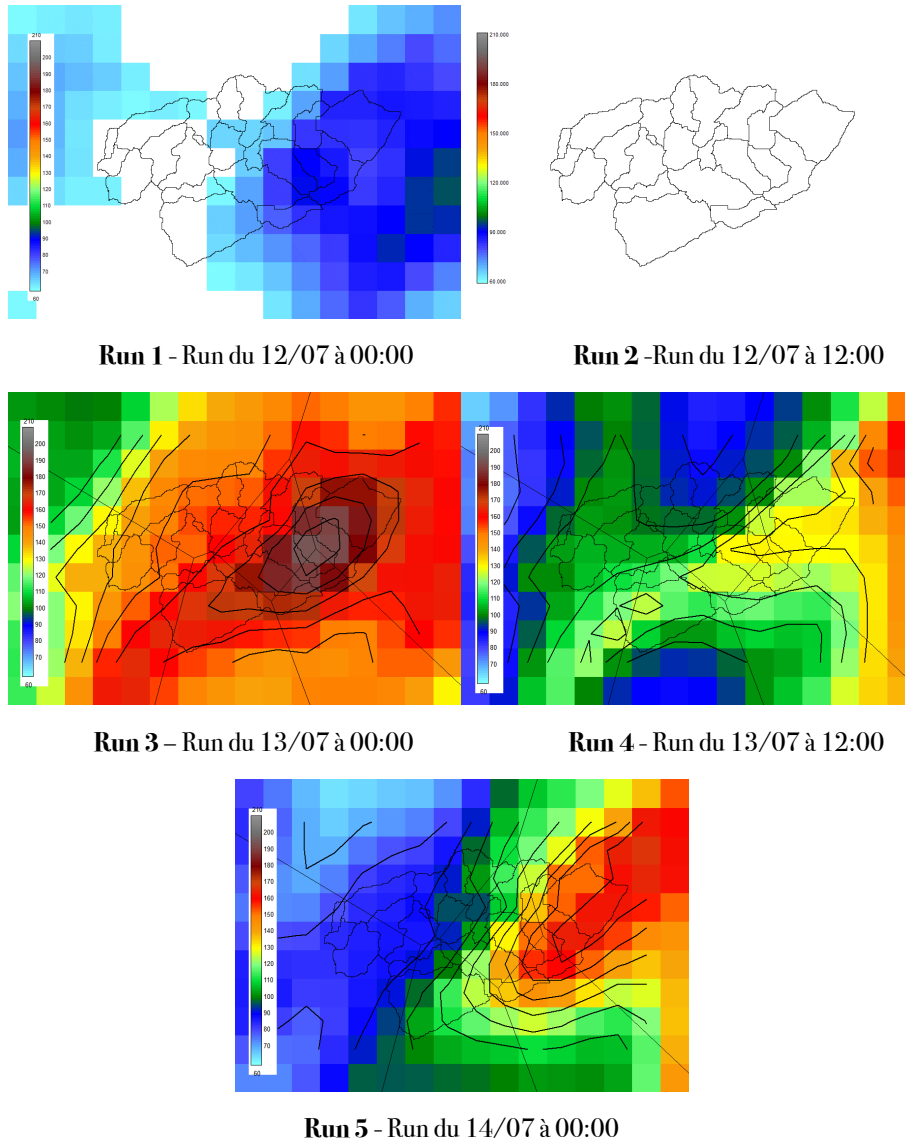


Figure 4. a.18 – Prévisions ALARO pour 5 *runs* consécutifs – Cumul sur 48 heures.
Fond d'échelle : min = 60 mm ; max = 210 mm.

Il est possible d'en extraire quelques valeurs synthétiques, notamment le minimum et le maximum attendus pour le bassin de la Vesdre (Tableau 4. a.3). Il ne faut toutefois pas oublier que les prévisions ALARO transmises sont des cumuls sur les 48 prochaines heures. Il faut donc additionner les valeurs réellement tombées, par exemple depuis le 12 juillet 00:00, pour les comparer aux mesures.

Une comparaison peut être faite pour les stations de Jalhay (Tableau 4. a.4) et de Ternell (Tableau 4. a.5).

		Date du run ALARO (H)	Minimum cumulé [mm] en H+48h	Maximum cumulé [mm] en H+48h
Run 1	Lundi	12-07-21 00:00	50,20	90,78
Run 2	Lundi	12-07-21 12:00	26,67	35,58
Run 3	Mardi	13-07-21 00:00	130,73	194,70
Run 4	Mardi	13-07-21 12:00	88,80	133,00
Run 5	Mercredi	14-07-21 00:00	79,35	164,40

Tableau 4. a.3 – Valeurs synthétiques pour le bassin versant de la Vesdre.

Cumul mesuré [mm] depuis 12/07 00:00	Cumul Max attendu [mm] entre le 12/07 00:00 et H+48h (CM)	Fin d'intervalle (H+48h)	Durée intervalle d'intégration [h]	Cumul mesuré [mm] sur intervalle (Cm)	Différence (Cm-CM) [mm]
0,0	90,78	14/07/21 00:00	48	56,2	-34,58
0,0	35,58	14/07/21 12:00	60	143,6	108,02
0,2	194,90	15/07/21 00:00	72	228,2	33,30
6,3	139,30	15/07/21 12:00	84	279,8	140,50
56,2	220,60	16/07/21 00:00	96	288,7	68,10

Tableau 4. a.4 – Comparaison à la station de Jalhay.

Cumul mesuré [mm] depuis 12/07 00:00	Cumul Max attendu [mm] entre le 12/07 00:00 et H+48h (CM)	Fin d'intervalle (H+48h)	Durée intervalle d'intégration [h]	Cumul mesuré [mm] sur intervalle (Cm)	Différence (Cm-CM) [mm]
0,0	90,78	14/07/21 00:00	48	45,3	-45,48
0,0	35,58	14/07/21 12:00	60	89,7	54,12
0,0	194,70	15/07/21 00:00	72	188,8	-5,90
4,9	137,90	15/07/21 12:00	84	196,9	59,00
45,3	209,70	16/07/21 00:00	96	207,3	-2,40

Tableau 4. a.5 – Comparaison à la station de Ternell.

On peut observer que les prévisions ont fortement fluctué au fur et à mesure des *runs*. Il y a globalement une sous-estimation des cumuls précipités pour la station de Jalhay, station de référence du barrage de la Gileppe, avec un déficit maximum de 140 mm. L'erreur est cependant plus faible pour Ternell, station de référence du barrage de la Vesdre.

Analyse hydrologique

Compte tenu de l'importance démontrée précédemment de prendre en compte la répartition spatiale et temporelle des apports, une approche hydrologique événementielle, distribuée spatialement (maillage de 100m x 100m) et temporellement (pas de temps de 10 minutes), a été choisie. Le bassin dont l'exutoire a été placé à Chaudfontaine, station de mesure la plus en aval, a été subdivisé en sous-bassins de manière à déterminer des apports explicites notamment à l'amont des ouvrages de régulation et tout le long du filaire de rivières (Figure

4. a.19). Dans chaque sous-bassin, le calcul des hydrogrammes effectué par WOLFHYDRO exploite la distribution spatiale à la fois de la topographie mais également de l'occupation des sols pour calculer le cheminement des flux (Figure 4. a.20).

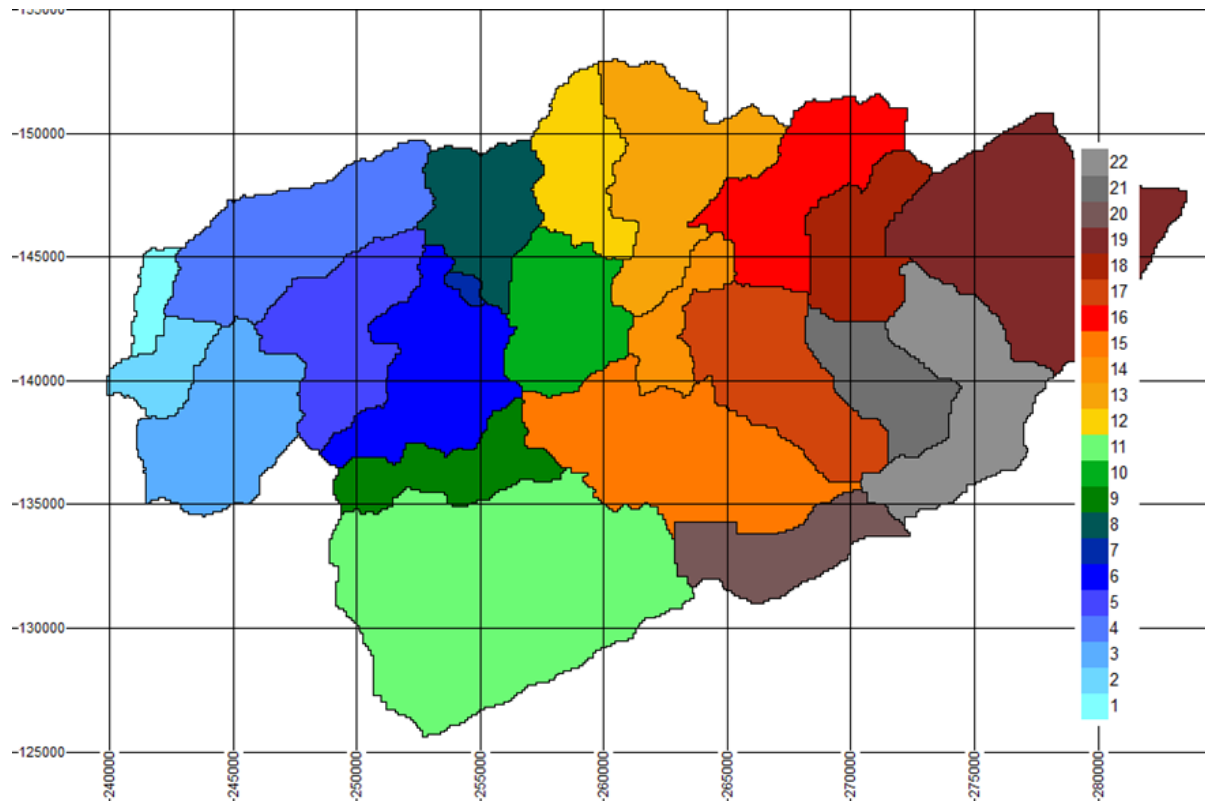


Figure 4. a.19 – Décomposition du BV de la Vesdre en 22 sous-bassin. Exutoire général situé en aval de Chaudfontaine.

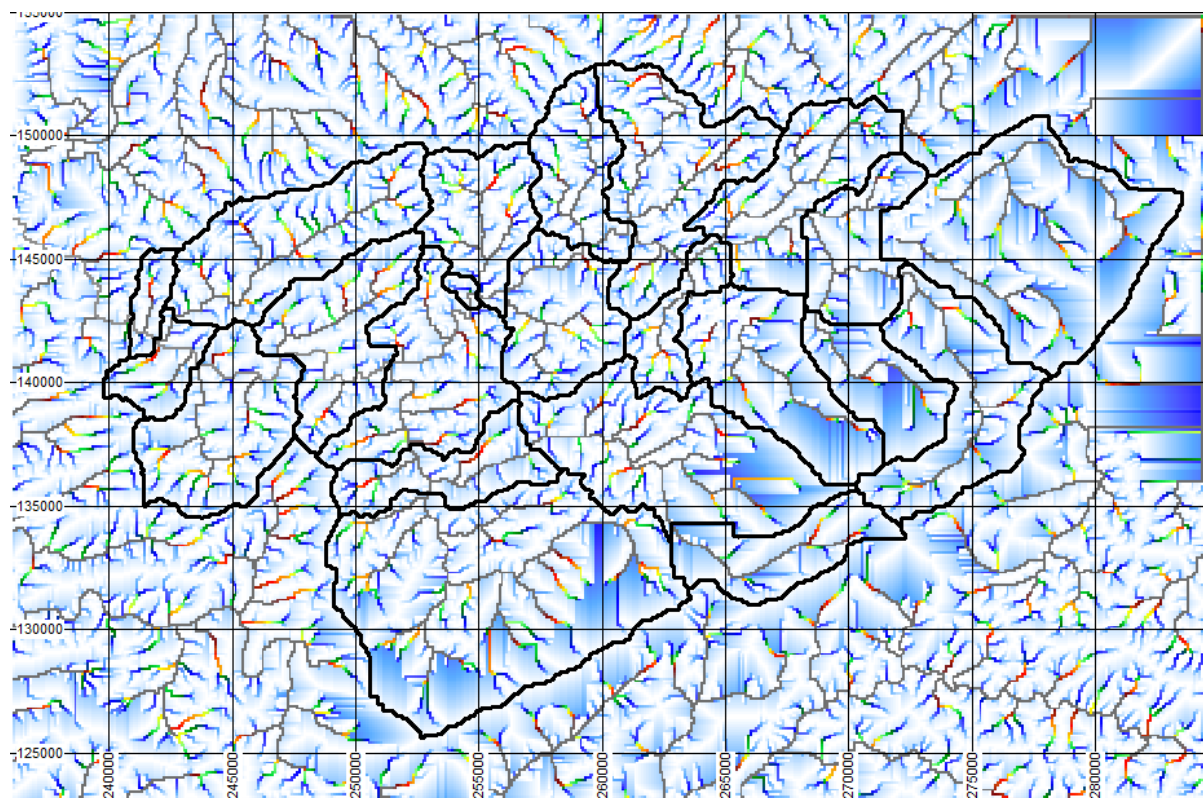


Figure 4. a.20 – Valeurs d'accumulation hydrologique sur l'ensemble de la zone sélectionnée.

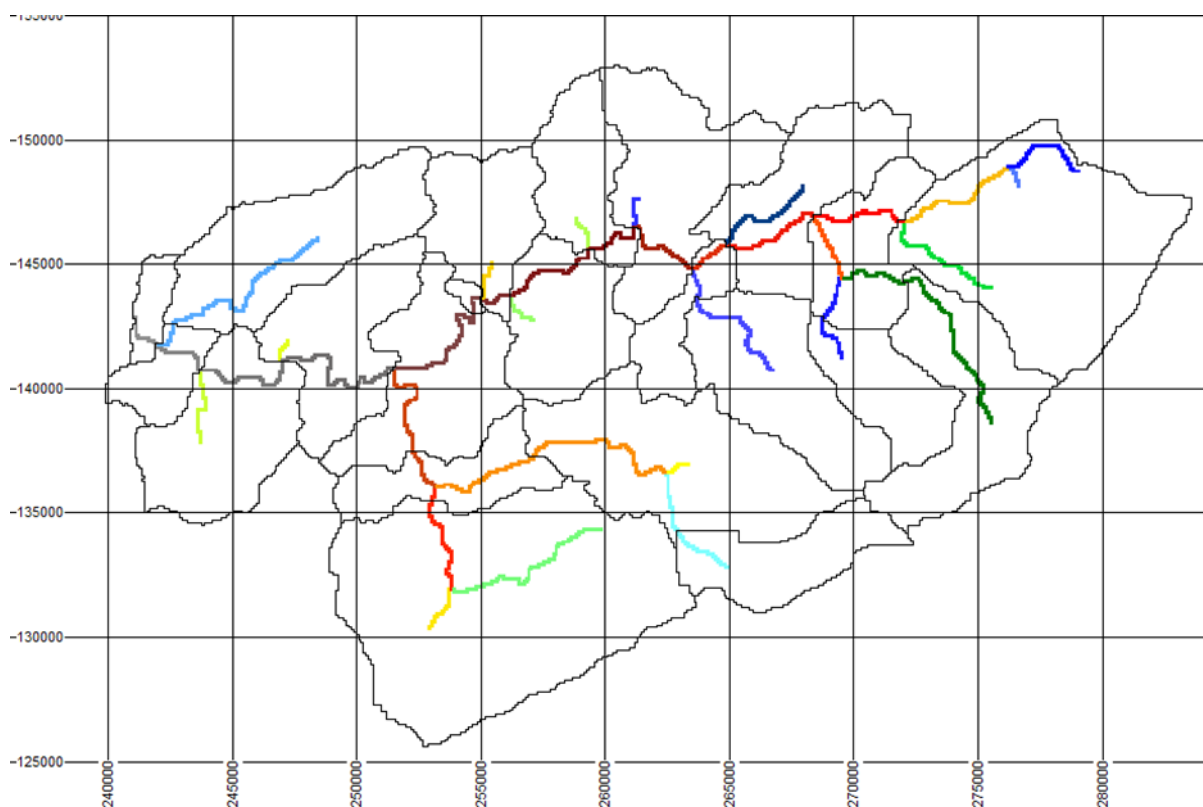


Figure 4. a.21 – Réseau hydrographique automatiquement généré sur base des accumulations et d'un seuil de 10 km².

La spatialisation de la pluie varie en fonction de la source. Pour les données venant des pluviographes du SPW MI, c'est la méthode des polygones de Thiessen qui est retenue (Figure 4. a.22). Pour les données fournies par l'IRM (RAD-CLIM et RAD-QPE), la grille géoréférencée de 1km² sert de base de calcul (Figure 4. a.23).

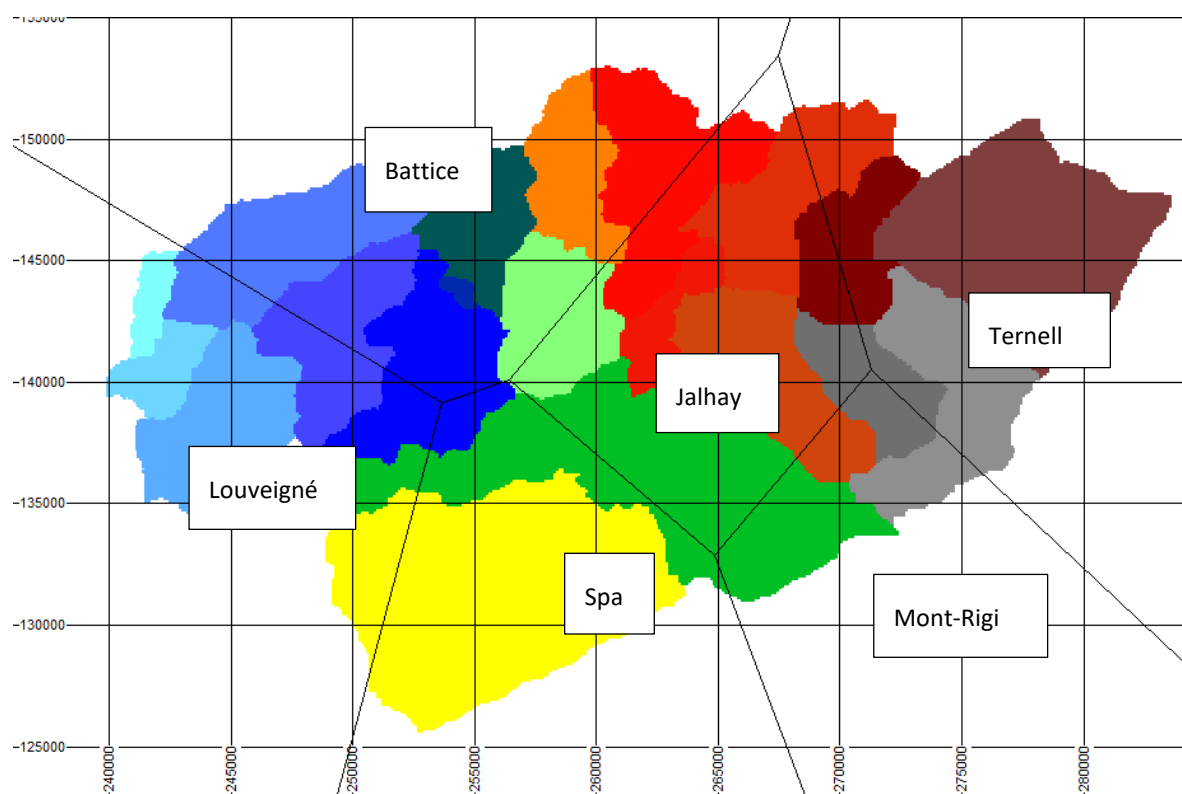


Figure 4. a.22 – Décomposition spatiale des 6 pluviomètres SPW MI sur base de polygones de Thiessen.

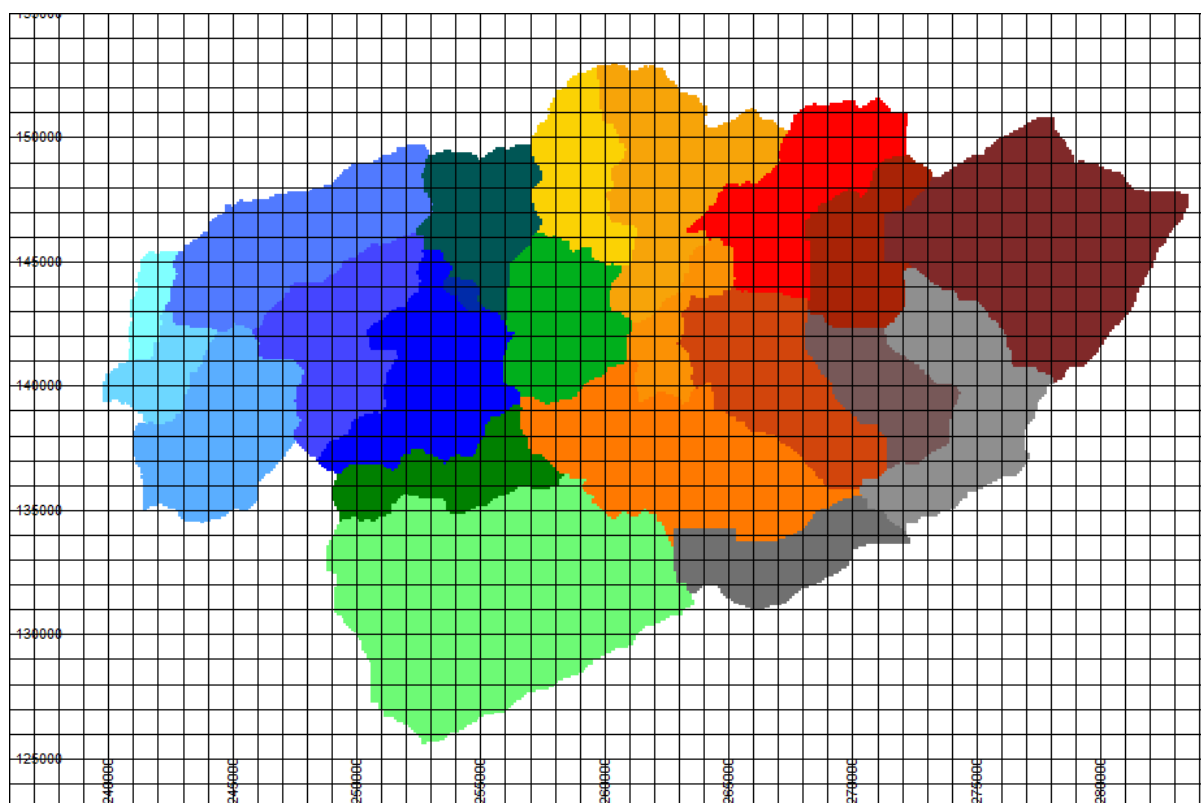


Figure 4. a.23 – Maillage (1km²) RAD-CLIM et RAD-QPE de l'IRM.

Ainsi, sur base des pluies spatialisées, chaque cellule de calcul du bassin versant reçoit un hyétogramme qui est pondéré par un coefficient de ruissellement évolutif au cours de l'épisode (loi d'infiltration événementielle).

Pour chacun des 22 sous-bassins, il est ainsi possible de calculer la « pluie de bassin », pluie correspondant à la moyenne pondérée de toutes les mailles qui le composent (Figure 4. a.24). Ces informations permettent d'abord d'objectiver que l'épisode pluvieux implique de façon exceptionnelle tout le bassin versant de la Vesdre. Elles permettent ensuite par ailleurs une comparaison des différentes sources de données.

On peut ainsi observer que les données RAD-QPE sous-estiment largement les volumes cumulés par rapport au produit RAD-CLIM (59% par exemple pour le bassin versant du barrage de la Gileppe). Comme mentionné dans le rapport Stucky, les traitements du produit RAD-QPE sont moins sophistiqués et surtout n'exploitent pas les données validées des différents pluviomètres. Cette raison avait d'ailleurs poussé le bureau Stucky à n'utiliser que le produit RAD-CLIM.

En exploitant les données RAD-CLIM, les pluies de bassin présentent des cumuls légèrement plus faibles que ceux obtenus sur base d'une spatialisation par polygones de Thiessen (Figure 4. a.25). Un coefficient d'abattement d'environ 90% est une valeur représentative de cette analyse de données.

Ainsi, ce sont les données RAD-CLIM qui ont finalement été utilisées comme forçage du modèle hydrologique pour les résultats présentés.

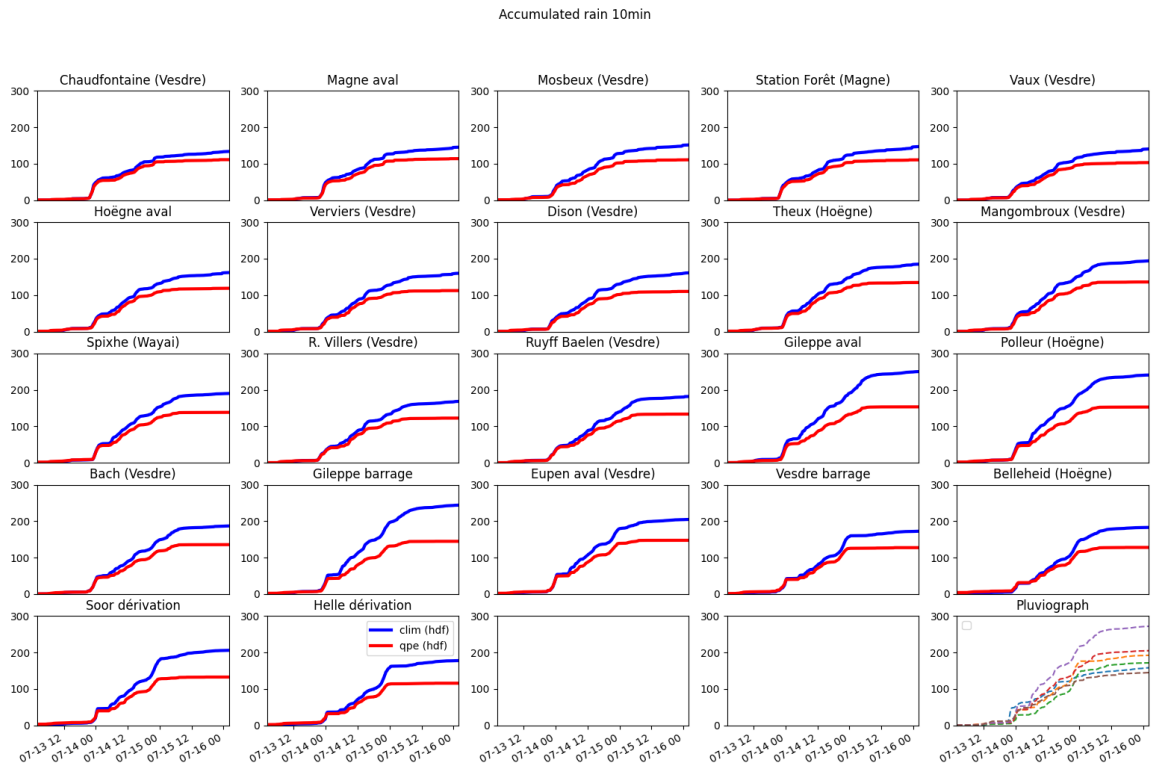


Figure 4. a.24 – Précipitations de bassin cumulées entre le 11/07/2021 et le 17/07/2021. Comparaison des données RAD-QPE (courbes en rouge) et RAD-CLIM (courbes en bleu).

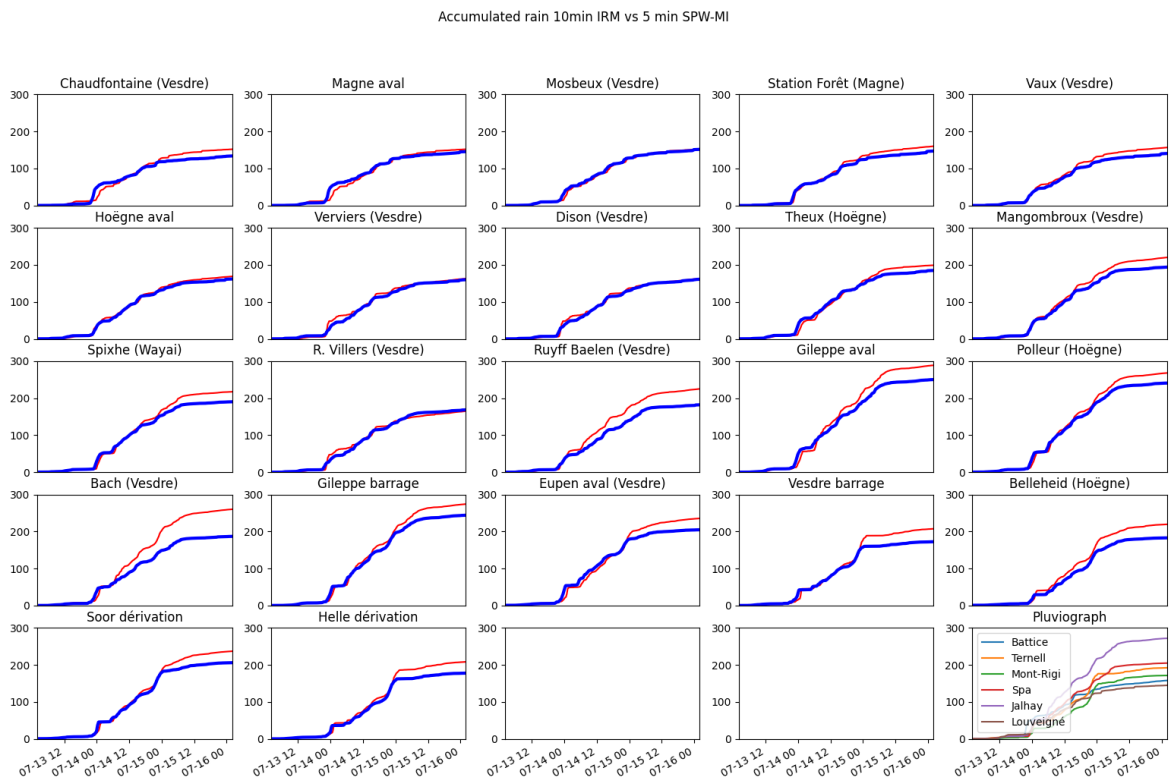


Figure 4. a.25 – Précipitations de bassin cumulées entre le 11/07/2021 et le 17/07/2021. Comparaison des pluies de bassin RAD-CLIM (courbes en bleu) avec les pluies de bassin SPW-MI (courbes en rouge)

Analyse hydraulique : calcul des hydrogrammes

Une première propagation dans le réseau hydrographique des apports calculés dans chaque sous-bassin doit permettre de déterminer l'évolution temporelle des débits dans tout le réseau. Pour y parvenir, il faut néanmoins disposer des hydrogrammes à l'aval des ouvrages régulés.

En l'absence de mesure directe fiable, les hydrogrammes sortants du barrage de la Vesdre et de la Gileppe ont été reconstitués sur base du turbinage, des manœuvres (fournies par le SPW) des organes de régulation (déversoirs de surface et vannes de fond). Des relations de débitance (dépendantes de la charge et du type de vanne), basées sur la littérature et l'expertise du HECE, ont conduit à la quantification des contributions spécifiques des évacuateurs de crue gauche et droit, pour une courbe globale de lâcher reprise en bleu sur la. Les débits évacués par les vannes de fond ont été quant à eux obtenus sur base de la position des vannes et de la loi de conversion fournie par le SPW-MI.

Une fois la distribution temporelle des volumes sortants de chaque retenue fixée, l'évolution temporelle des débits entrants dans les lacs peut être déduite par conservation de la masse, pour autant que la courbe des niveaux instantanés de lac soit mesurée (données fournies par le SPW), une relation hauteur/volume et l'hypothèse que la surface libre est horizontale. Cette courbe des débits entrants reconstitués, déduite du bilan de masse pour la retenue, est tracée en rouge à la Figure 4. a.26.

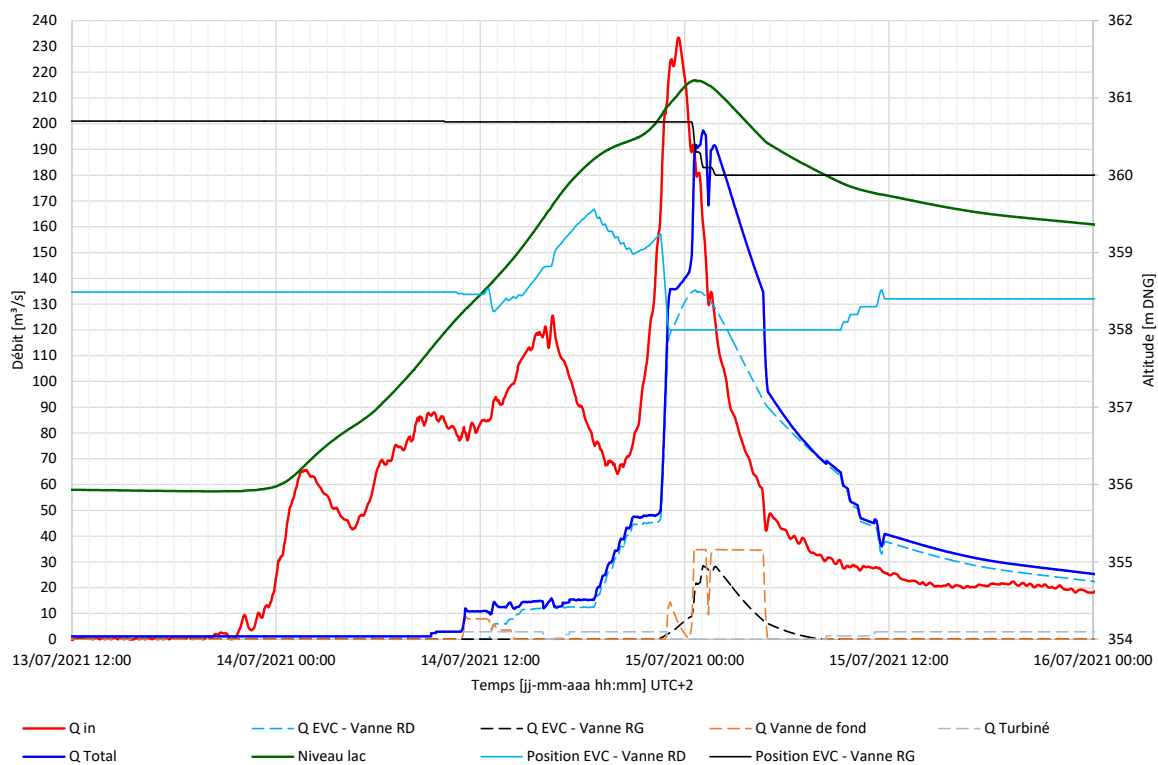


Figure 4. a.26 – Hydrogrammes mesurés et reconstitués au barrage de la Vesdre.

Une première version de ce graphique a été transmise au SPW en date du 02 août 2021 et la version mise à jour ci-dessus a été transmise le 28 septembre 2021.

Cette courbe rouge reconstituée peut être comparée à celle générée par WOLFHYDRO par évaluation des apports des sous-bassins versants correspondant à chaque barrage. Une incertitude subsiste quant aux fractions des bassins de la Helle et de la Soor réellement collectées par les barrages puisque des tunnels de dérivation existent, qui peuvent être fermés ou ouverts selon la gestion. Même si les tunnels sont décrits comme

constamment ouverts, leur fonctionnement a été restreint par les nombreux embâcles constatés à l'entrée de chacun d'entre eux. Leur non-fermeture a donc été relativisée quantitativement parlant dans la courbe globale des débits entrants simulés.

Cette comparaison, illustrée à la Figure 4. a.27, des débits entrants calculés et reconstitués pour le barrage de la Vesdre permet de juger de la pertinence de la modélisation hydrologique. La même comparaison sur le bilan de la retenue de la Gileppe confirme la qualité, obtenue par calage sur ces deux seules données, de la simulation hydrologique.

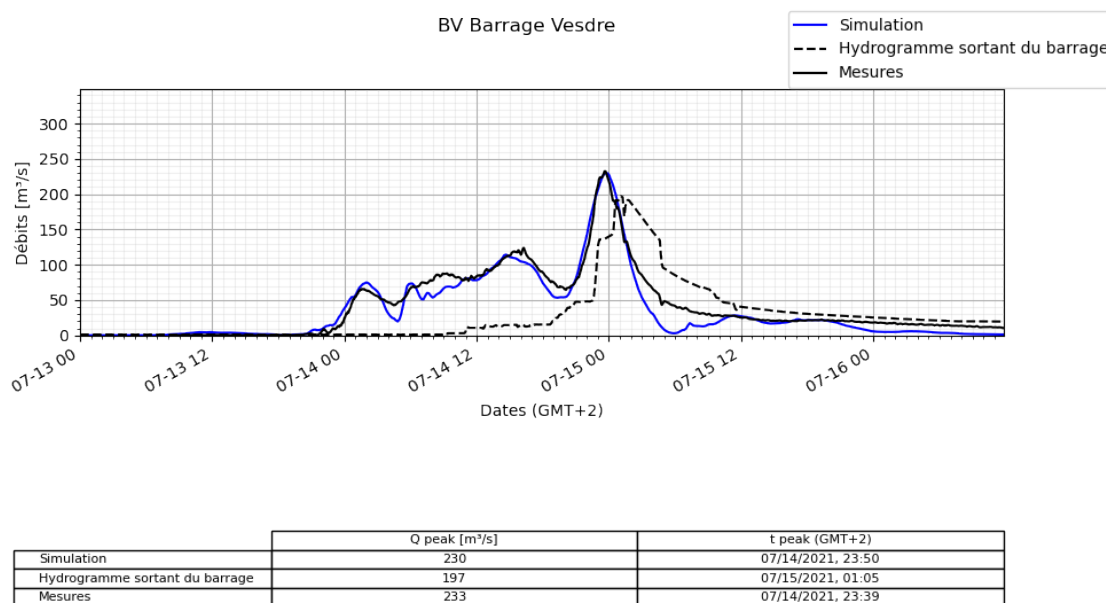
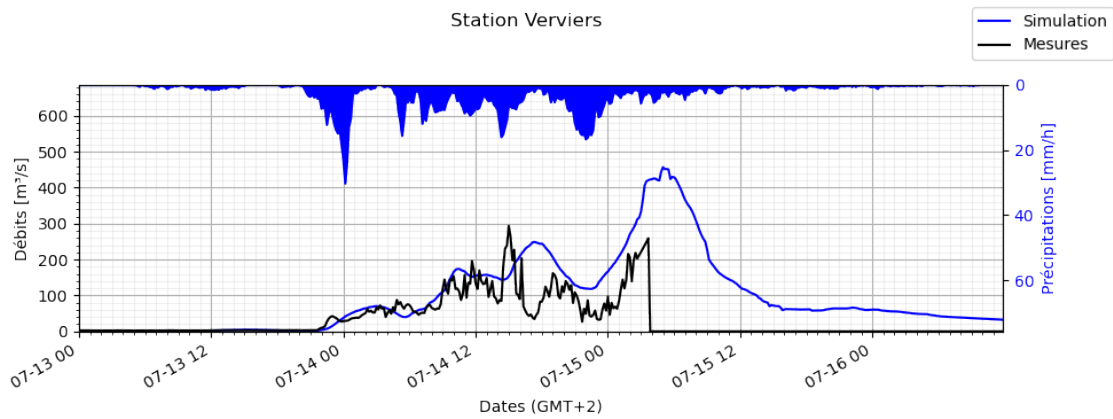


Figure 4. a.27 – Hydrogramme entrant et sortant - barrage de la Vesdre.

Sans autre calage, les hydrogrammes des lâchers et des apports intermédiaires sont propagés dans toute la vallée. Des déphasages sont appliqués sur base d'une estimation du temps de propagation en rivière pour fournir, par combinaison, une première estimation des débits à la fois aux différentes stations où ils sont comparés aux mesures partielles disponibles ainsi qu'aux confluences et exutoires les plus en aval.

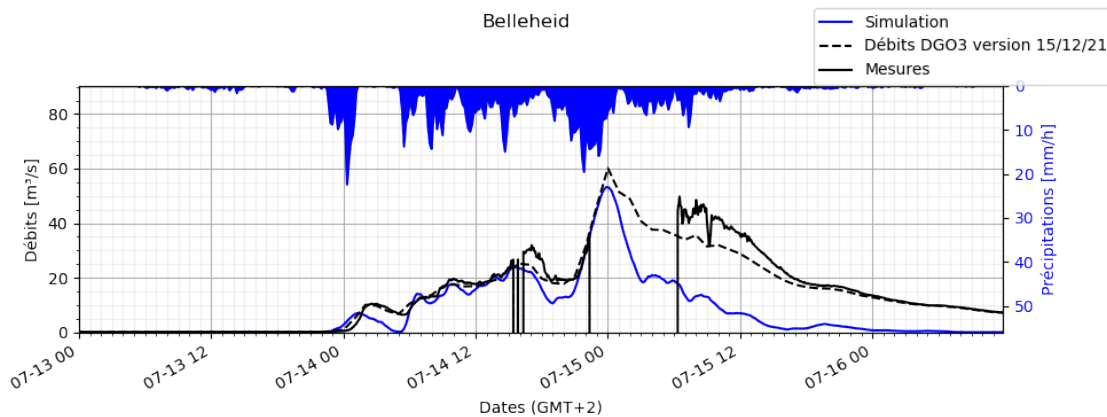
L'hydrogramme ainsi calculé au niveau de Verviers montre une bonne correspondance globale avant destruction de la station (Figure 4. a.28). Il montre un premier pic le 14/07 PM résultant des apports naturels en aval des barrages. Sa valeur est suffisamment limitée pour maintenir un passage en lit mineur dans la ville. Il est suivi d'une décrue puis d'un nouveau passage par un pic d'inondation plus conséquent le 15/07 AM qui combine apports naturels et lâchers au barrage d'Eupen, avec des valeurs excédant les capacités du lit mineur.

Cette estimation des débits transitant dans les vallées est également disponible pour la Hoëgne. Pour exemple, le résultat à Belleheid est illustré à la Figure 4. a.29. La comparaison aux mesures montre une légère sous-estimation à la fois en termes d'amplitude et de volume. Cependant, une estimation d'un coefficient de ruissellement moyen sur base des mesures de débit (valeurs de hauteurs d'eau continues converties en débits sur base d'une courbe de tarage - téléchargement depuis le site des voies hydrauliques en octobre et décembre 2021) fournit une valeur supérieure à l'unité, ce qui est inconsistant, à moins que les pluies ne soient fortement sous-évaluées. Ceci montre qu'il s'agit d'une première approche dont les valeurs sont à analyser avec prudence.



	Q peak [m³/s]	t peak (GMT+2)	Q cumul [mm]	P cumul [mm]	Ratio [-]
Simulation	457	07/15/2021, 05:00	89.047	223.155	0.399

Figure 4. a.28 – Hydrogramme à la station de mesures de Verviers (Vesdre).



	Q peak [m³/s]	t peak (GMT+2)	Q cumul [mm]	P cumul [mm]	Ratio [-]
Simulation	53	07/15/2021, 00:00	109.887	183.629	0.598
Débits DGO3 version 15/12/21	60	07/15/2021, 00:00	238.137	183.629	1.297

Figure 4. a.29 – Hydrogramme à la station de mesures de Belleheid (Hoëgne).

Globalement, la multiplication des comparaisons entre hydrogrammes reconstitués et mesurés, dans les plages temporelles où ils peuvent être considérés comme pertinents, permet de confirmer l'impression assez encourageante de la filière de modélisation, en termes de débits.

La combinaison des apports à la confluence de la Hoëgne et de la Vesdre à Pepinster permet de mieux comprendre la dynamique des bassins (Figure 4. a.30). Les deux premiers pics substantiels de la courbe noire (le 14/07 fin AM et PM) provoquant l'inondation résultent de la combinaison d'apports naturels du bassin de la Hoëgne (courbe bleue) d'une part et de la Vesdre (courbe orange). Jusqu'au soir du 14, les pics successifs sont assez bien corrélés et sont directement imputables à des événements successifs de pics de pluie.

Le pic le plus important, au matin du 15, est le résultat d'une nouvelle montée en crue de la Hoëgne avec une amplitude comparable aux pics précédents, combiné au pic majeur de la Vesdre, lui-même partiellement induit par les lâchers du barrage de la Vesdre.

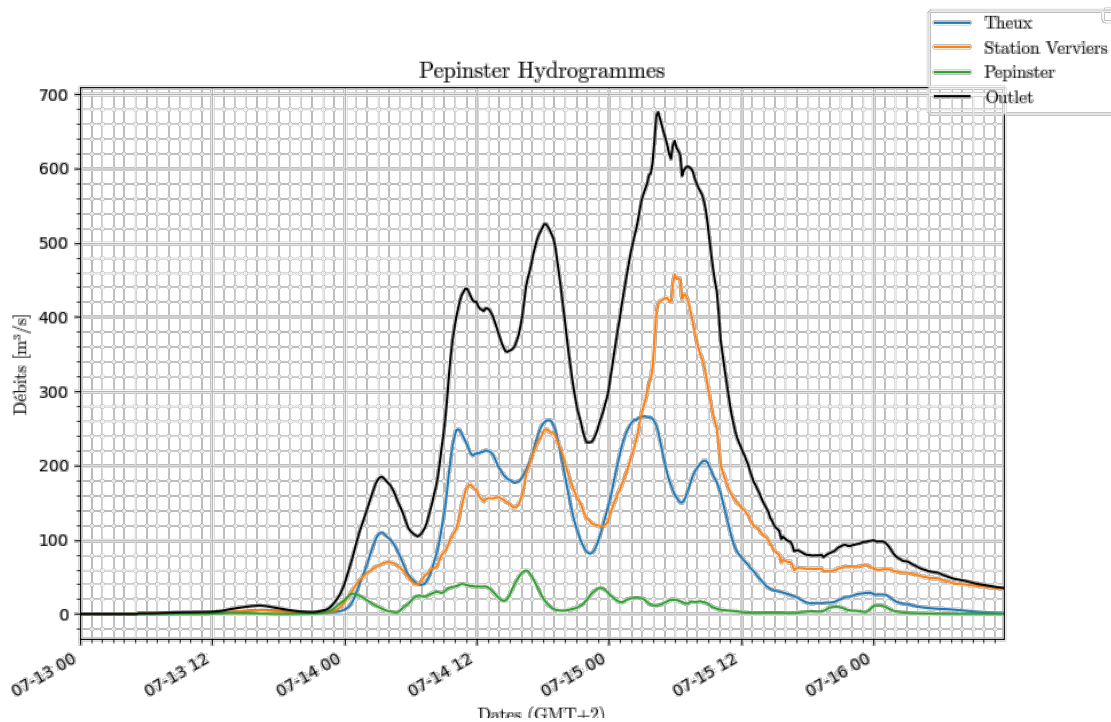


Figure 4. a.30 – Répartition temporelle des hydrogrammes à Pepinster.

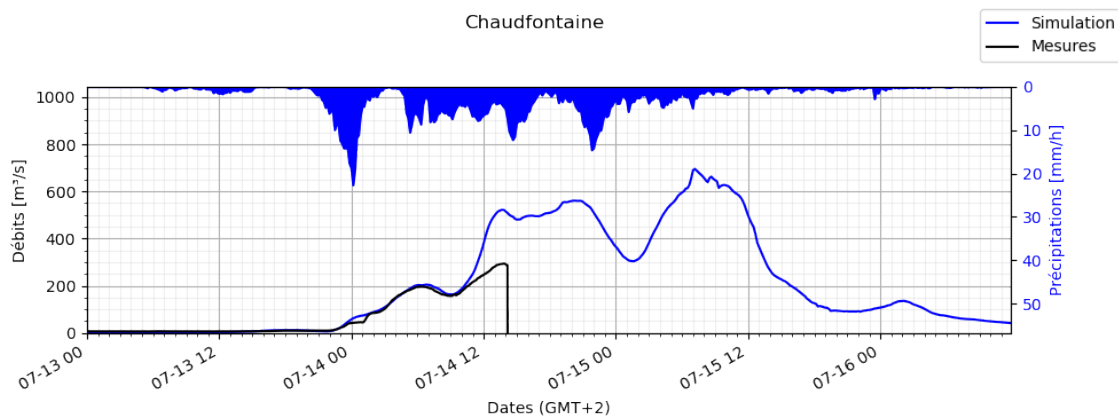
« Outlet » = Hydrogramme en Vesdre en aval de Pepinster = somme des hydrogrammes partiels

« Station Verviers » = Hydrogramme à Verviers

« Theux » = Hydrogramme de la Hoëgne à Theux

« Pepinster » = Hydrogramme partiel du sous-BV reprenant la surface drainée en aval des stations de Theux et de Verviers

L'hydrogramme calculé au niveau de Chaudfontaine (Figure 4. a.31) montre que les pics sont d'amplitude voisine, au contraire de Pepinster. En effet, la dynamique des apports d'affluents à l'aval de la confluence avec la Hoëgne explique que ces apports alimentent essentiellement les premiers pics constatés à Pepinster, le dernier étant suffisamment différé pour ne plus être surchargé.



	Q peak [m³/s]	t peak (GMT+2)	Q cumul [mm]	P cumul [mm]	Ratio [-]
Simulation	695	07/15/2021, 07:10	94.079	200.779	0.469

Figure 4. a.31 – Hydrogramme à la station de mesures de Chaudfontaine (Vesdre).

Analyse hydraulique : calcul des hauteurs de submersion

En injectant les hydrogrammes précédents pour alimenter le filaire de la Vesdre tout au long de son parcours, il est finalement possible d'opérer un calcul hydrodynamique instationnaire avec WOLF2D (conduisant à une première évaluation des hauteurs d'eau et emprises d'inondation) en travaillant sur un modèle numérique à la résolution de 5 m x 5 m (Figure 4. a.32). A cette échelle, on obtient une représentation acceptable des détails topographiques les plus importants, en ce compris les bâtiments et le lit mineur de la rivière.

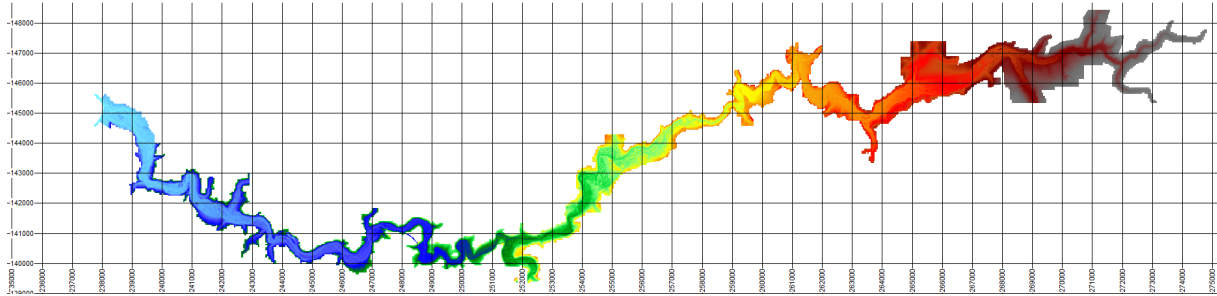


Figure 4. a.32 – Topographie du modèle 2D entre le barrage de la Vesdre et la confluence avec l'Ourthe à Chênée.

Le calcul est mené de façon totalement évolutive dans le temps avec un pas de sortie toutes les minutes. Les résultats de modélisation peuvent ainsi être exploités pour mettre en évidence certains phénomènes transitoires (évaluation de gradients de montée d'eau notamment) mais il est néanmoins plus synthétique de générer une carte de hauteurs maximales et de comparer l'extension inondée avec les données digitalisées (version 3) reçues du SPW ARNE.

Le calcul hydrodynamique inclut les bâtiments dans la donnée topographique. Ils sont donc considérés comme « imperméables ». Leur hauteur les rend difficilement submersibles. Cet élément peut mener à des différences visuelles lors de la comparaison avec les étendues inondées fournies par le SPW puisque ces mêmes bâtiments font partie intégrante, dans la trace jaune des figures suivantes, de la zone délimitée.

Deux constats émergent des figures suivantes : d'une part, les emprises s'avèrent globalement correspondantes tandis que les détails des hauteurs maximales atteintes en certains points, sur base de photos ou de laisses de crue, correspondent bien à l'ordre de grandeur des hauteurs calculées (Figure 4. a.33 à Figure 4. a.43).

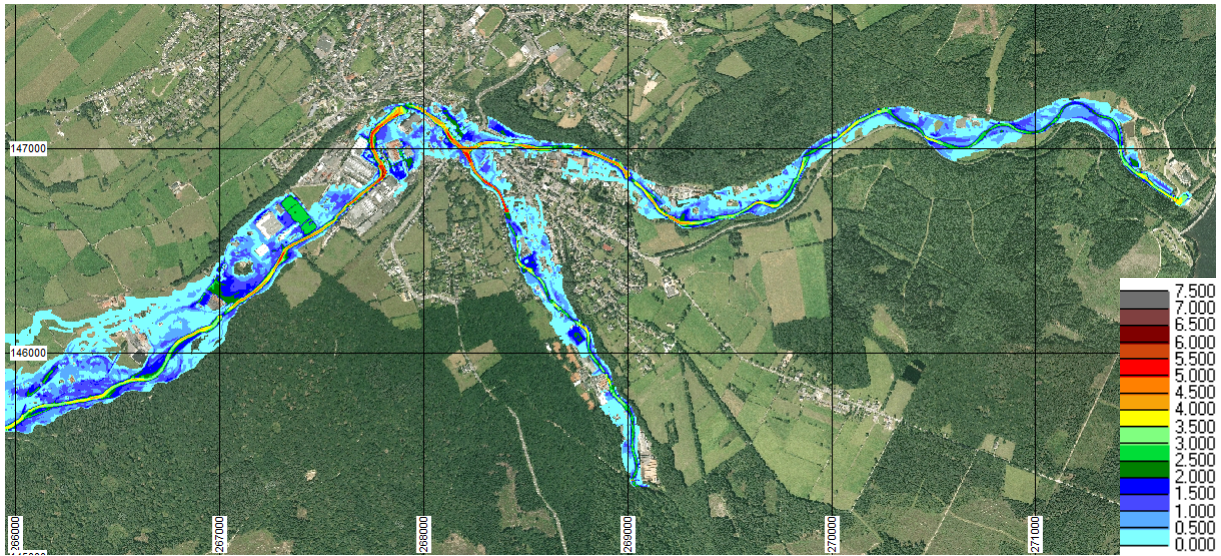


Figure 4. a.33 – Hauteurs maximales atteintes [m] – Aval Barrage de la Vesdre – Eupen.

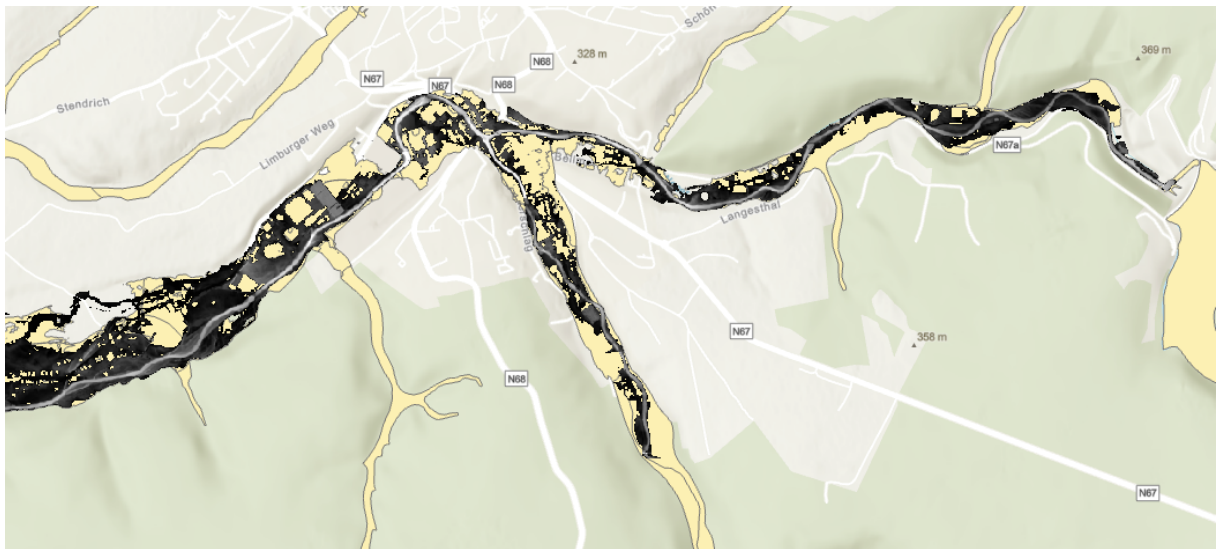


Figure 4. a.34 – Superposition à Eupen de l’emprise maximale modélisée (noir) et de la digitalisation DCENN (jaune).

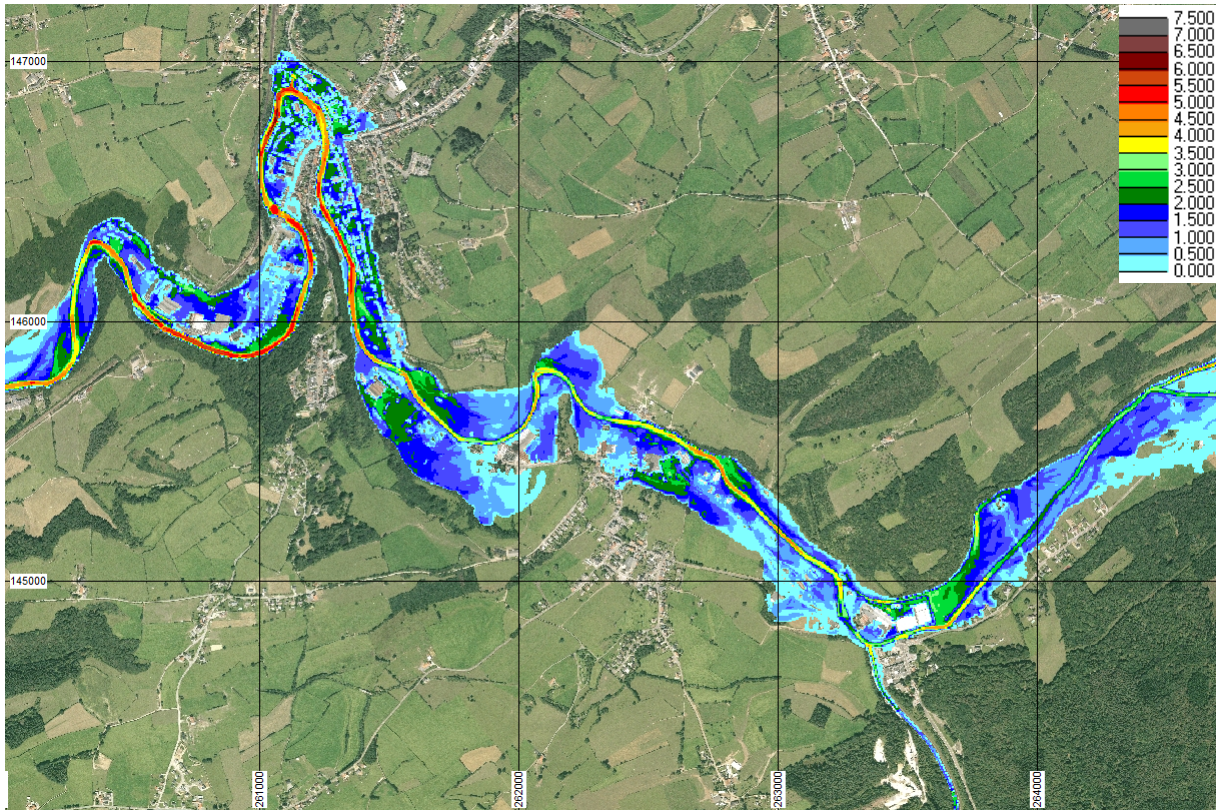


Figure 4. a.35 – Hauteurs maximales atteintes [m] – Aval Barrage de la Gileppe – Dolhain-Limbourg.

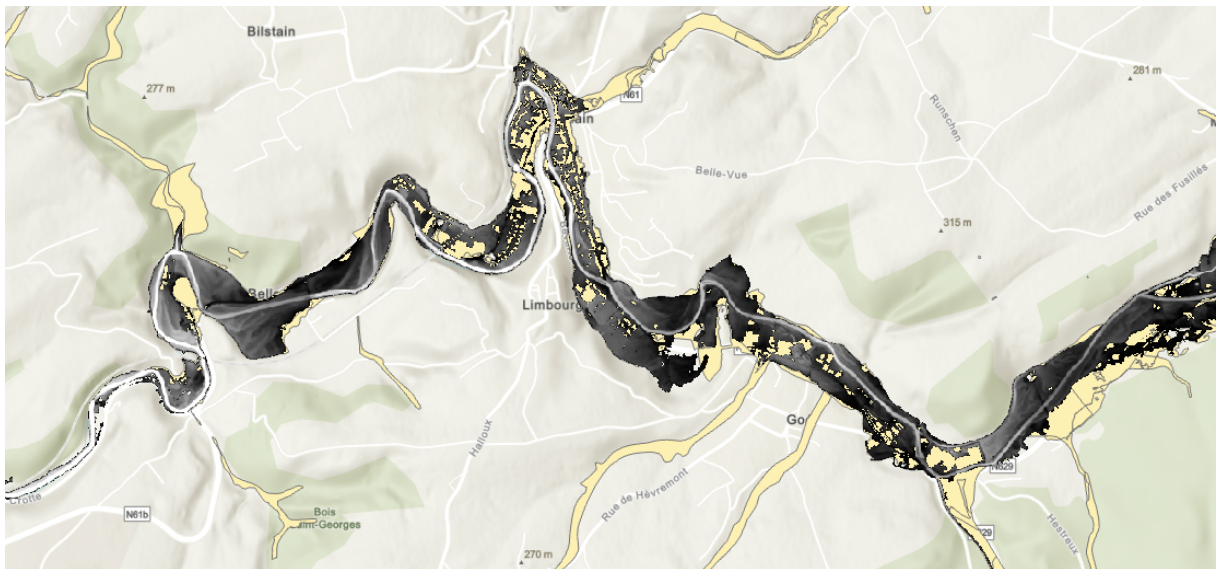


Figure 4. a.36 – Superposition à Dolhain de l'emprise maximale modélisée (noir) et de la digitalisation DCENN (jaune).

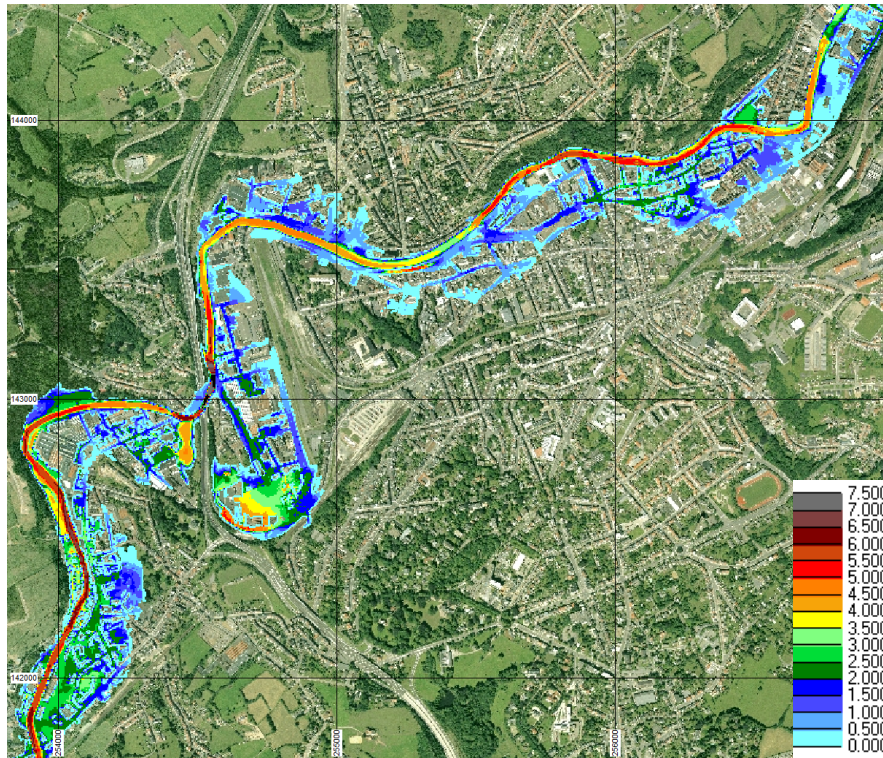


Figure 4. a.37 – Hauteurs maximales atteintes [m] – Verviers.

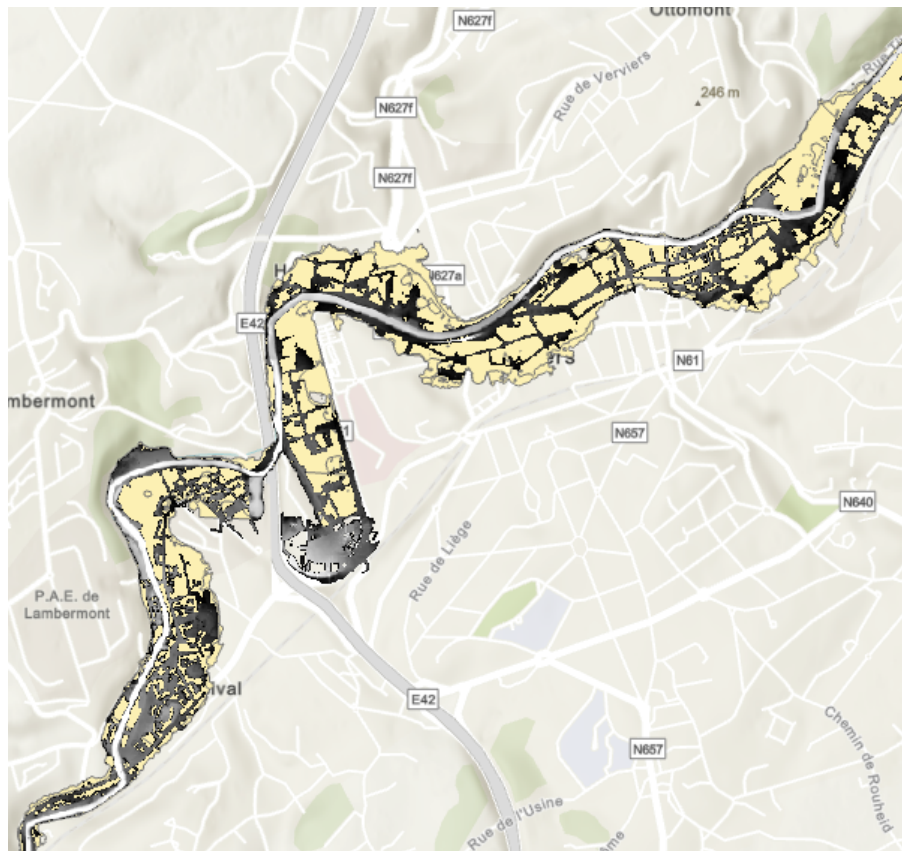


Figure 4. a.38 – Superposition à Verviers de l'emprise maximale modélisée (noir) et de la digitalisation DCENN (jaune).

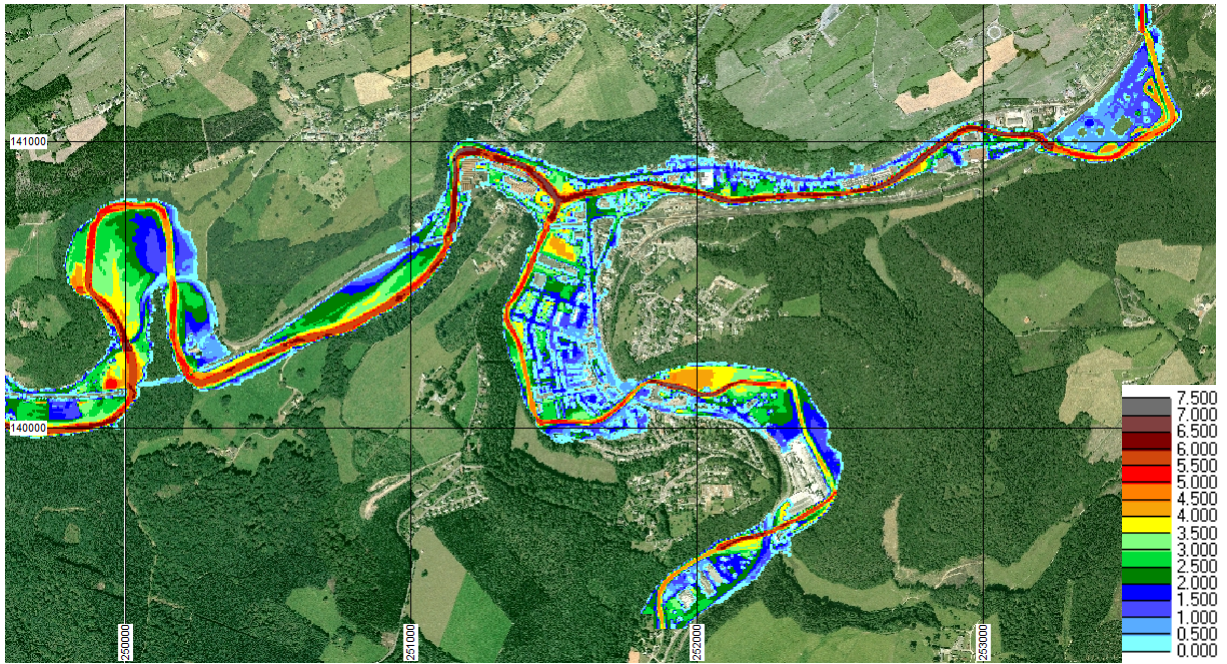


Figure 4. a.39 – Hauteurs maximales atteintes [m] – Pepinster.



Figure 4. a.40 – Superposition à Pepinster de l'emprise maximale modélisée (noir) et de la digitalisation DCENN (jaune).

Il est utile d'analyser ces résultats à la lumière des hypothèses émises, d'abord en rappelant que les zones inondées calculées ne peuvent résulter que du débordement des rivières et en aucun cas de l'accumulation par ruissellement ou refoulement d'égouts. Il faut par ailleurs rappeler le rôle sans doute sensible joué par les embâcles s'accumulant puis s'évacuant au gré des apports solides, avec création de chasses, impliquant une dynamique d'obstacles. Cet effet, du ressort actuellement de la recherche, est totalement ignoré dans cette première reconstitution.

Enfin, le détail de l'évolution des hauteurs d'eau en des mailles spécifiques, telle qu'illustrée à la Figure 4. a.41 montre le caractère transitoire du phénomène, avec des vitesses de montée particulièrement importantes, relatives par la population, ainsi que des alternances à remettre en perspective d'évocation de vagues.

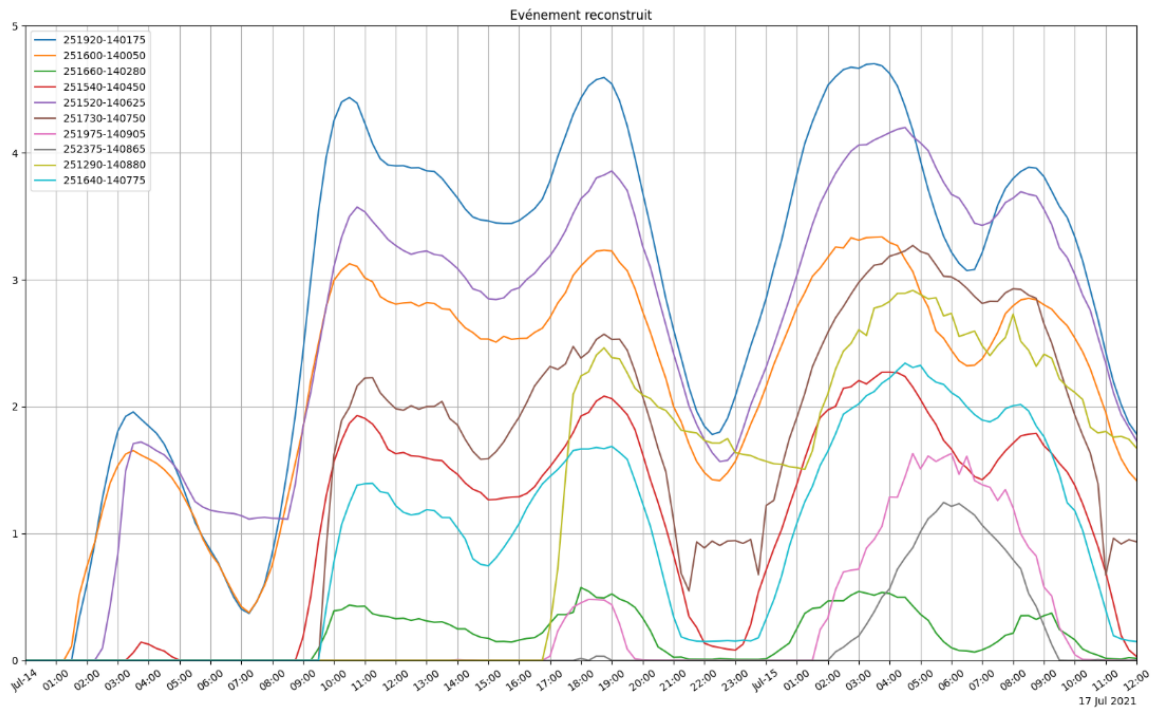


Figure 4. a.41 – Évolution des hauteurs d'eau en quelques points spécifiques à Pepinster.

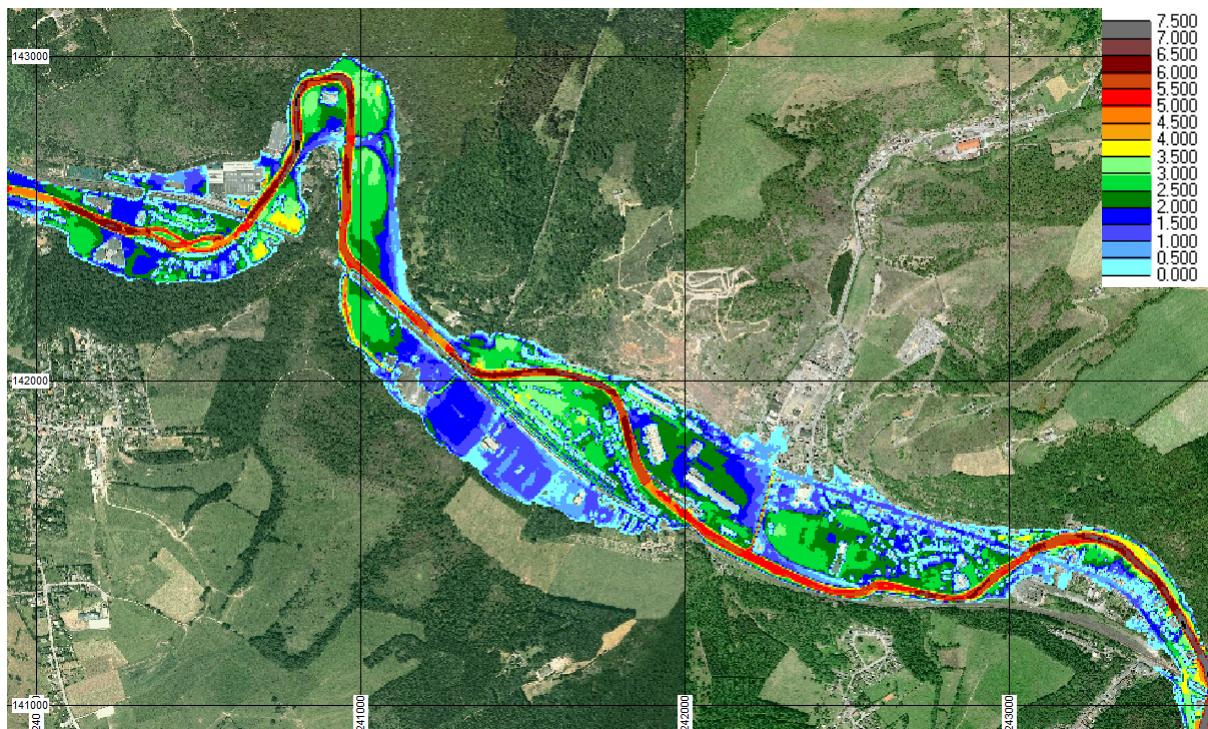


Figure 4. a.42 – Hauteurs maximales atteintes [m] – Chaudfontaine.



Figure 4. a.43 – Superposition à Chaudfontaine de l’emprise maximale modélisée (noir) et de la digitalisation DCENN (jaune).

iv. Conclusions

La présente analyse chronologique des événements de juillet 2021 se base sur le rapport Stucky et l'étude réalisée par le HECE, débutée directement après les événements et amendée en janvier 2022. La filière suit une logique physique en commençant avec les prévisions et mesures météorologiques, poursuivie par une phase de transformation hydrologique et finalement hydraulique, avec un regard particulier sur les grands ouvrages de rétention. Les approches suivies dans chacune des étapes sont variées ce qui permet d'obtenir différentes valeurs et de vérifier leur cohérence relative.

Au niveau des pluies, les quantités peuvent être considérées comme exceptionnelles pour des durées supérieures à la journée. La période de retour de l'événement est cependant difficile à déterminer étant donné la forte extrapolation des courbes théoriques et l'existence d'intervalles de confiance très larges.

La couverture spatiale sur le bassin versant est également très importante. Combinée à un événement de longue durée par rapport à sa surface, et donc de son temps de concentration, cela explique que le réseau hydrographique a été largement saturé. La formation/disparition d'embâcles en de nombreux endroits est également de nature à augmenter localement les hauteurs de submersion et les phénomènes transitoires.

Une première filière complète de modélisation a pu être mise en place. Cela comprend l'exploitation de plusieurs sources de données de pluies, leur transformation en hydrogrammes répartis dans la vallée et finalement la modélisation complètement transitoire de l'inondation. Les premiers résultats obtenus sont encourageants, en attestent les dynamiques d'hydrogrammes au droit des stations détruites et les extensions d'inondation. Le travail doit cependant être poursuivi et intensifié afin de généraliser l'approche en vue d'une reconstruction plus résiliente dans la vallée. Une première étape a déjà été franchie dans le fait que le Groupe Transversal Inondations (GTI) accepte que les débits reconstitués servent d'éléments à intégrer dans une première mise à jour de l'analyse statistique des débits dans la vallée. Ceci ne doit cependant pas empêcher de pouvoir revoir certaines conclusions sur base d'études plus approfondies qui seront menées complémentaires à ce Master Plan.

A cet égard, il importe de rappeler que les cartes d'aléa actuelles ont été établies sur l'historique des débits mesurés localement, donc en tenant compte des barrages et de leur influence positive en tant qu'ouvrage écrêteur de crue pour des crues de faible et moyenne importance. Cette hypothèse sur la méthode d'établissement des cartes d'aléa est aujourd'hui remise en question.

v. Glossaire

ALARO = Modèle météorologique de l'IRM.

ECMWF = "European Centre for Medium-Range Weather Forecasts".

GEV = General Extreme Value.

IDF = Intensité-Durée-Fréquence.

QDF = Quantité-Durée-Fréquence.

IRM = Institut Royal Météorologique de Belgique.

RAD-CLIM = Estimation quantitative à long terme des précipitations basée sur un radar à haute résolution pour la Belgique et ses environs (IRM).

RAD-QPE = Estimation quantitative des précipitations basée sur un radar haute résolution en temps réel pour la Belgique et ses environs (IRM).

vi. Références

Zeinmetz, F., Launay, M., Bourqui, P., Calixte, E., Fallon, C., Teller, J., Michaud, T. et André, S. (2021). *Analyse indépendante sur la gestion des voies hydrauliques lors des intempéries de la semaine du 12 juillet 2021* (lot 1 : factualisation). Bureau Stucky et Université de Liège.

HECE. (2022). *Reconstruction des valeurs hydrologiques associées aux événements de juillet 2021 dans la vallée de la Vesdre, sur base de données reçues du SPW (MI et ARNE) et de l'IRM* (Mise à jour de la note initiale du mois d'août 2021). Université de Liège, <https://orbi.uliege.be/handle/2268/267676>.

b. Analyse météorologique de l'évènement pluvieux de juillet 2021 et évolution climatique du bassin de la Vesdre

Auteurs : Xavier Fettweis et Sébastien Doutreloup, Laboratoire de Climatologie et Topoclimatologie, ULiège.

i. Introduction

Le bassin versant de la Vesdre a connu durant le mois de juillet 2021 un évènement pluvieux d'une ampleur inégalée jusqu'ici. Cette analyse a pour objectif de contextualiser cet évènement pluvieux de juillet 2021, de le comparer à des évènements similaires dans le passé récent ainsi que d'évaluer sa récurrence dans les prochaines décennies impactées par le réchauffement climatique.

Cette section porte également sur l'analyse de l'évolution future des autres risques climatiques que pourrait subir le bassin versant de la Vesdre comme le manque d'eau (sécheresse pluviométrique) ou le risque de températures extrêmes.

Dans le but d'obtenir des données météorologiques (passées et futures) à haute résolution spatiale afin d'obtenir une représentation du bassin versant de la Vesdre la plus fine possible, nous avons utilisé le Modèle Atmosphérique Régional (MAR), développé au sein du Laboratoire de Climatologie et Topoclimatologie de l'Université de Liège et que nous avons forcé ici par différents modèles et scénarios futurs afin de caractériser l'incertitude future de l'évolution climatique.

ii. Méthodologie

Modèle Atmosphérique Régional (MAR)

Le Modèle Atmosphérique Régional (dénommé ci-après « MAR ») est un modèle tridimensionnel qui permet de reconstituer à l'aide d'équations physiques l'état de l'atmosphère à hautes résolutions spatiale (5–10 km) et temporelle (15 min) sur une petite portion de territoire en le forçant à ses frontières latérales par des champs météo (température, vent et humidité) provenant de modèles climatiques globaux (couvrant la terre entière) à des résolutions typiquement de 100 km.

Ce modèle MAR a été largement validé par de nombreuses études sur la Belgique, tant au niveau des températures (Doutreloup et al., 2022) que des précipitations (Doutreloup et al., 2019), notamment liées à des inondations dans le bassin de l'Ourthe (Wynd et al., 2021), ou encore d'évènements météorologiques particuliers (pluie verglaçante) dans les Hautes Fagnes (Fettweis et al., 2017).

La configuration de MAR utilisée dans le cadre de cette étude est basée sur la version 3.12.0 du modèle et résout le climat au-dessus de la Belgique à la résolution spatiale de 7,5 km pour une résolution temporelle de 30 s (c'est-à-dire le pas de temps interne de la physique du modèle). La topographie de base utilisée pour créer la grille du MAR possède une résolution spatiale de 1 km (voir Figure 4. b.44) et est ensuite dégradée à 7,5 km afin de correspondre à la projection géographique du MAR. Le bassin versant de la Vesdre dans le modèle MAR à une résolution 7,5 km est constitué par un ensemble des 17 points de grille du MAR situés à proximité de la Vesdre et de ses affluents et est délimité par le polygone bleu sur la Figure 4. b.44.

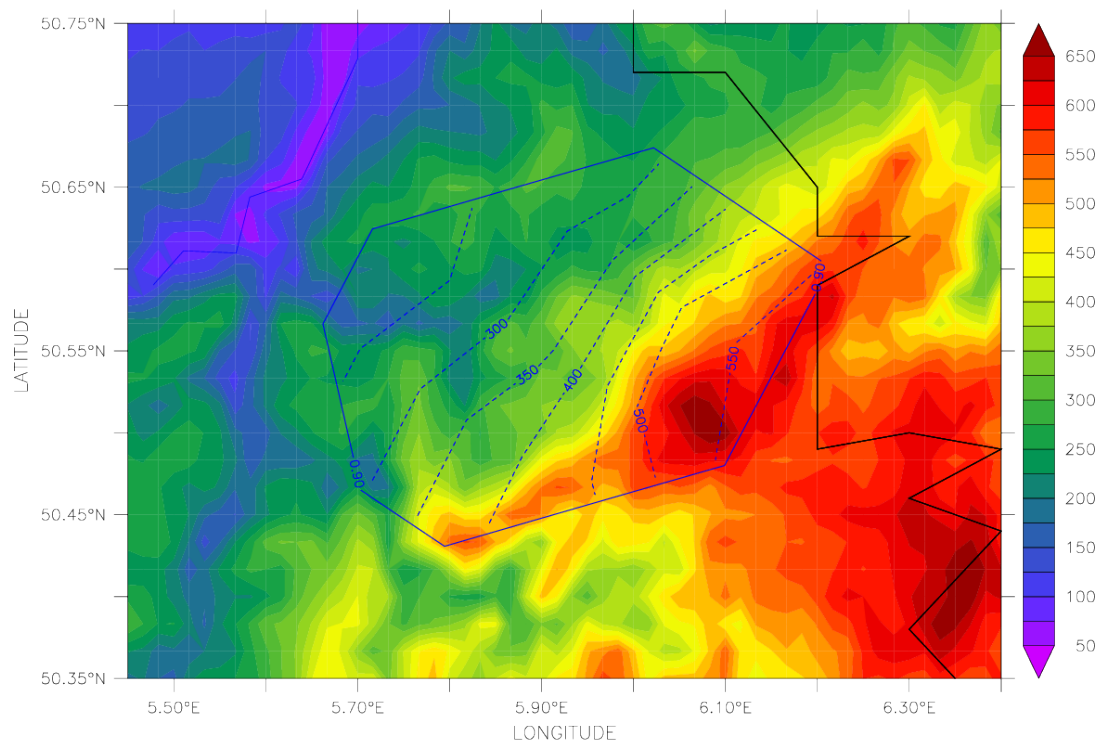


Figure 4. b.44 – Représentation de la topographie (en m) à 1 km (fond de couleur), à 7,5 km (lignes tiretées bleues) et délimitation des points de grille de MAR à 7,5 km inclus dans le bassin versant de la Vesdre (polygone bleu). La frontière entre la Belgique et l'Allemagne est représentée par une ligne noire continue. On peut par exemple y voir que les Fagnes culminent à ~ 550 m dans MAR à une résolution de 7,5 km.

Modèles de forçage (passés et futurs)

Afin de reconstituer le climat du passé lointain (1950) au passé récent (2021), MAR est forcé par les réanalyses ERA5 (Hersbach et al., 2020) ; cette simulation MAR est dénommée ci-après MAR-ERA5. Les réanalyses ERA5 sont une représentation la plus fidèle possible de l'atmosphère observée depuis 1950 qui est basée sur un modèle global dans lequel des observations (issues des stations météo, de données satellites, des ballons-sondes...) ont été assimilées toutes les 6 heures. La résolution spatiale des ERA5 brutes est de ~ 30 km et sa résolution temporelle de 3 heures. MAR-ERA5 permet donc d'obtenir une reconstitution des conditions atmosphériques spatialement et temporellement continues depuis 1950 à nos jours à une résolution spatiale et temporelle de meilleure qualité que dans les ERA5 brutes.

Pour évaluer les changements climatiques futurs, MAR est alors forcé par plusieurs modèles climatiques globaux (dénommés ci-dessous ESM pour « Earth System Model ») de la base de données CMIP6 utilisée dans le dernier rapport (AR6) du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) paru en août 2021. Ces ESM possèdent des résolutions spatiales encore plus grossières que les réanalyses ERA5, à savoir de l'ordre de ~ 80 – 100 km, et ils représentent les conditions atmosphériques moyennes que l'on pourrait avoir en fonction de différentes évolutions de concentrations de gaz à effet de serre imposées. Pour la période passée (scénario « historical » sur la période 1850-2014), les ESM sont forcés par les facteurs naturels observés influençant le climat comme les éruptions volcaniques ou l'activité solaire ainsi évidemment que par les concentrations de gaz à effet de serre d'origine anthropique observées jusqu'en 2014. Pour la période future, les ESM sont forcés par des évolutions de concentrations de gaz à effet de serre anthropiques tels que définies dans quatre scénarios socio-économiques (appelés SSP pour « Shared Socioeconomic Pathways » (Riahi et al., 2017 ; Figure 4. b.45), à savoir le scénario SSP5-8.5 (scénario que l'on peut qualifier de « business as usual »), le scénario SSP3-7.0 (scénario intermédiaire à émissions élevées de gaz à effet de serre), le scénario SSP2-4.5 (scénario si respect des accords de la COP26 de Glasgow) et SSP1-2.6 (scénario si respect des accords de la COP21 de Paris).

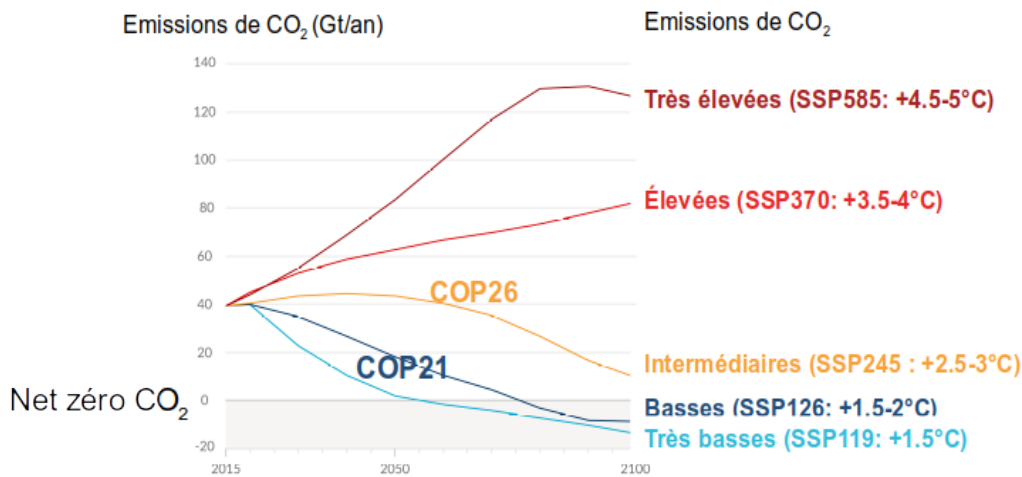


Figure 4. b.45 – Scénarios SSP d'émission de gaz à effet de serre (en équivalent CO₂). Entre parenthèses, il est indiqué le réchauffement global en 2100 associé à chacun de ces scénarios. (Figure modifiée à partir de IPCC, 2021).

Au sein du sixième projet d'inter-comparaison de modèles couplés (CMIP6) (Eyring et al., 2016), qui a servi à l'élaboration du dernier rapport du GIEC (IPCC, 2021), il existe une trentaine d'ESM pour chaque scénario. L'utilisation de plusieurs ESM et scénarios comme forçage du MAR permet de caractériser l'incertitude provenant aussi bien des modèles globaux (notamment leur sensibilité climatique à une concentration de gaz à effet de serre donnée) que du scénario utilisé. Toutefois, pour une question de temps de calcul, MAR a été forcé par, au maximum, six ESM (sélectionnés par EURO-CORDEX comme les ESM les plus représentatifs pour réaliser des projections futures sur l'Europe) et ce pour les quatre principaux scénarios (repris au Tableau 4. b.6).

Nom de l'ESM	Abréviation (Pays d'origine des modèle)	Scénarios disponibles	Références
BCC-CSM2-MR	BCC (Chine)	SSP5-8.5	(Wu et al., 2019)
MPI-ESM1-2-HR	MPI (Allemagne)	SSP1-2.6 SSP2-4.5 SSP3-7.0 SSP5-8.5	(Gutjahr et al., 2019)
MIROC6	MIR (Japon)	SSP1-2.6 SSP2-4.5 SSP3-7.0 SSP5-8.5	(Tatebe et al., 2019)
UKESM1	UKE (Angleterre)	SSP1-2.6 SSP2-4.5 SSP3-7.0 SSP5-8.5	(Sellar et al., 2019)
NorESM2	NOR (Norvège)	SSP1-2.6 SSP2-4.5 SSP3-7.0 SSP5-8.5	(Seland et al., 2020)
CNRM-ESM2	CNR (France)	SSP2-4.5 SSP5-8.5	(Séférian et al., 2019)

Tableau 4. b.6 - Modèles climatiques globaux utilisés dans cette analyse, accompagnés de leurs abréviations, des scénarios utilisés pour chacun d'eux et de leurs références. Les trois modèles en gras (**MPI-ESM1-2-HR**, **MIROC6** et **NorESM2**) sont les modèles de référence utilisés dans ce travail. Le modèle anglais est trop sensible climatiquement et donc peu représentatif de la moyenne d'ensemble des autres modèles.

Données d'observation

Les données d'observation *in situ* que nous allons utiliser ci-après pour évaluer la capacité du modèle MAR à simuler des événements pluvieux extrêmes dans le bassin de la Vesdre proviennent de 16 stations du réseau pluviométrique du SPW, à savoir les stations de Gemmenich, Awans, Battice (BV Vesdre), Lanaye, Ternell (BV Vesdre), Mont-Rigi, Balmoral (BV Vesdre), Spa Aéroport (BV Vesdre), Jalhay (BV Vesdre), Louveigné, Coos inf., Coos sup., Robertville, Butgenbach, Sart-Tilman et Bierset pour lesquelles on dispose de données horaires.

Néanmoins, les données de ces stations ne sont ni continues dans le temps, ni disponibles 100 % du temps. Par exemple, seule la station de Robertville est disponible de 1982 à 1985. De 1986 à 1995, seules les données des stations de Robertville, Louveigné, Jalhay, Balmoral et Battice sont disponibles. Enfin, de 1996 à 2021, certaines nouvelles stations se sont ajoutées progressivement dans le réseau alors qu'en 2021, les stations de Balmoral et Bierset ne comportent plus aucune donnée. Il est donc relativement compliqué de pouvoir mener une étude complète sur ces données d'observation. Dès lors, elles nous serviront exclusivement comme données de validation du modèle MAR sur sa capacité à représenter les récents événements de pluviosité extrêmes observés dans le bassin versant de la Vesdre.

Structure de l'analyse

Dans un premier temps, les précipitations simulées par MAR sont confrontées aux données d'observation pour quelques événements spécifiques récents en fonction de la disponibilité des données d'observation. Ensuite, à l'aide uniquement de MAR-ERA5 moyenné sur l'ensemble du bassin versant de la Vesdre, une analyse des événements pluvieux passés est réalisée afin de positionner statistiquement l'événement de juillet dernier. Grâce aux ESM et scénarios futurs, une analyse des événements pluvieux futurs est réalisée afin de déterminer la récurrence dans les prochaines décennies de ce type de pluie extrême en fonction du scénario de concentrations en gaz à effet de serre emprunté et ce en comptabilisant le nombre d'événements similaires à celui de juillet 2021 simulés par le modèle MAR jusqu'en 2100 (à ne pas confondre avec une période de retour, cf. sous-section « *Note par rapport à l'analyse hydraulique* » à la fin de la section iii. Résultats). Enfin, outre les précipitations maximales, annuelles ou estivales, d'autres variables atmosphériques sont également analysées à l'échelle du bassin versant de la Vesdre telles que la température moyenne annuelle, la température moyenne et maximale estivale, le nombre de jours où la température maximum journalière est supérieure à 30 °C et 35 °C, le nombre de jours où la température minimum journalière est supérieure à 20 °C, ou encore le nombre de jours sans pluie en été. Enfin, des discussions sur les limites de cette analyse sont présentées dans la dernière sous-section.

iii. Résultats

Événements pluviométriques intenses (1950-2021)

L'événement de précipitations intenses ayant eu lieu du 13 au 15 juillet 2021 est le résultat d'une combinaison de facteurs aggravants et cumulatifs sur une région géographique restreinte. La situation météorologique générale sur l'Europe de l'Ouest était dirigée par une dépression centrée sur l'Allemagne envoyant sur nos régions un flux de nord-est (Figure 4. b.46). Un front pluvieux occlus quasi-stationnaire associé à cette dépression a traversé le bassin de la Vesdre sur sa longueur en restant sur place pendant trois jours consécutifs ce qui constitue le premier facteur aggravant. Un deuxième facteur aggravant est que la dépression possédait un cœur froid (ce que l'on appelle une « goutte froide »). Cet air froid d'altitude a alors attisé la production de précipitations en favorisant des mouvements convectifs ascendants dans la masse d'air et donc la condensation de celle-ci. Un troisième facteur aggravant est la topographie de la région qui a joué un « effet de barrière » aux précipitations. Le bassin versant de la Vesdre draine toutes les précipitations s'abattant sur le versant nord de l'Ardenne et des Hautes Fagnes. La perturbation pluvieuse provenant du nord-est a été forcée, en rencontrant le massif ardennais, à s'élever sur ce relief en se condensant davantage pour finalement mener à une pluviométrie

dite orographique. Un quatrième facteur aggravant est que cette dépression était, par moments, instable favorisant la formation d’averses convectives (intenses et courtes dans le temps) voire d’orages. Enfin, le rapport Copernicus « [European State of the Climate 2021](#) » souligne que les sols étaient saturés suite à des pluies abondantes dans nos régions et en Allemagne début juillet 2021.

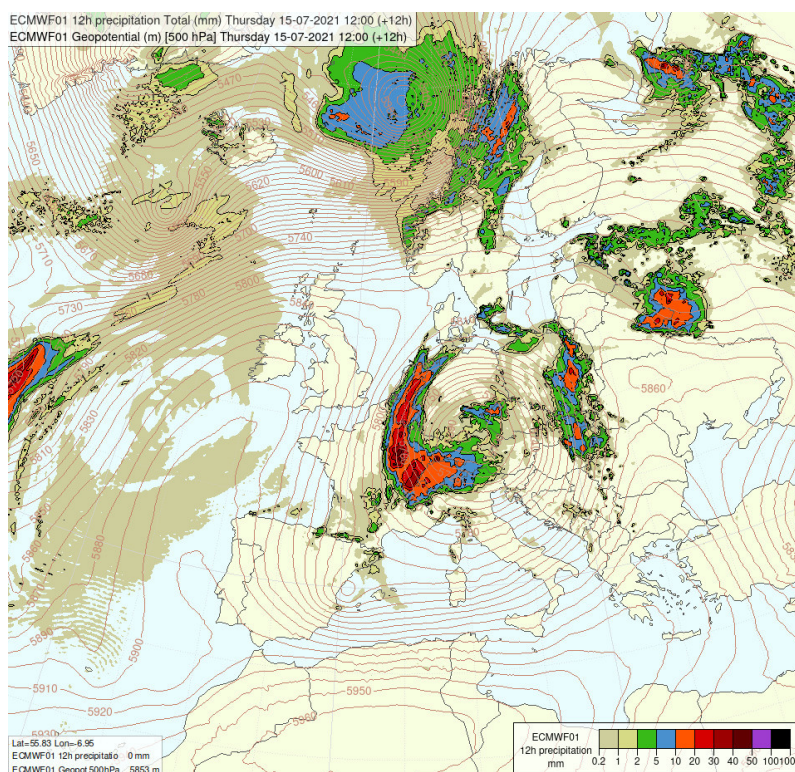


Figure 4. b.46 – Situation météo du 15 juillet à 12 h UTC simulé par le modèle de prévision européen ECMWF : Géopotential à 500 hPa (isolignes) et champs du cumul de précipitations sur 12 h (zones colorées) (Institut Royal Météorologique, 2021).

A posteriori, MAR a été forcé par les réanalyses ERA5 afin de reconstituer le cumul pluviométrique sur les trois jours concernés (du 13 au 15 juillet 2021). Cet évènement est très bien simulé par MAR-ERA5 comme le montre la Figure 4. b.47 où tant la répartition spatiale que les quantités des cumuls de précipitations simulés sur les trois jours correspondent à ce qui a été observé aux différentes stations pluviométriques du réseau du SPW (Figure 4. b.47 et Tableau 4. b.7). On observe toutefois que MAR a tendance à sous-estimer en moyenne la quantité de précipitations observées, notamment aux stations situées à proximité de la crête topographique. Néanmoins, rien qu’en faisant tourner MAR à une résolution de 5 km (à la place de 7,5 km ici), on arrive à réduire cette sous-estimation d’un facteur deux, montrant l’effet très important de la barrière topographique des Hautes Fagnes dans cet évènement. Rappelons qu’à une résolution spatiale de 7,5 km (respectivement 5km), le plateau des Hautes Fagnes culmine à ~ 550m (respectivement ~ 600m) dans MAR. Enfin, il est important de noter qu’il est tombé pendant ces trois jours deux fois la quantité moyenne de précipitations d’un mois de juillet.

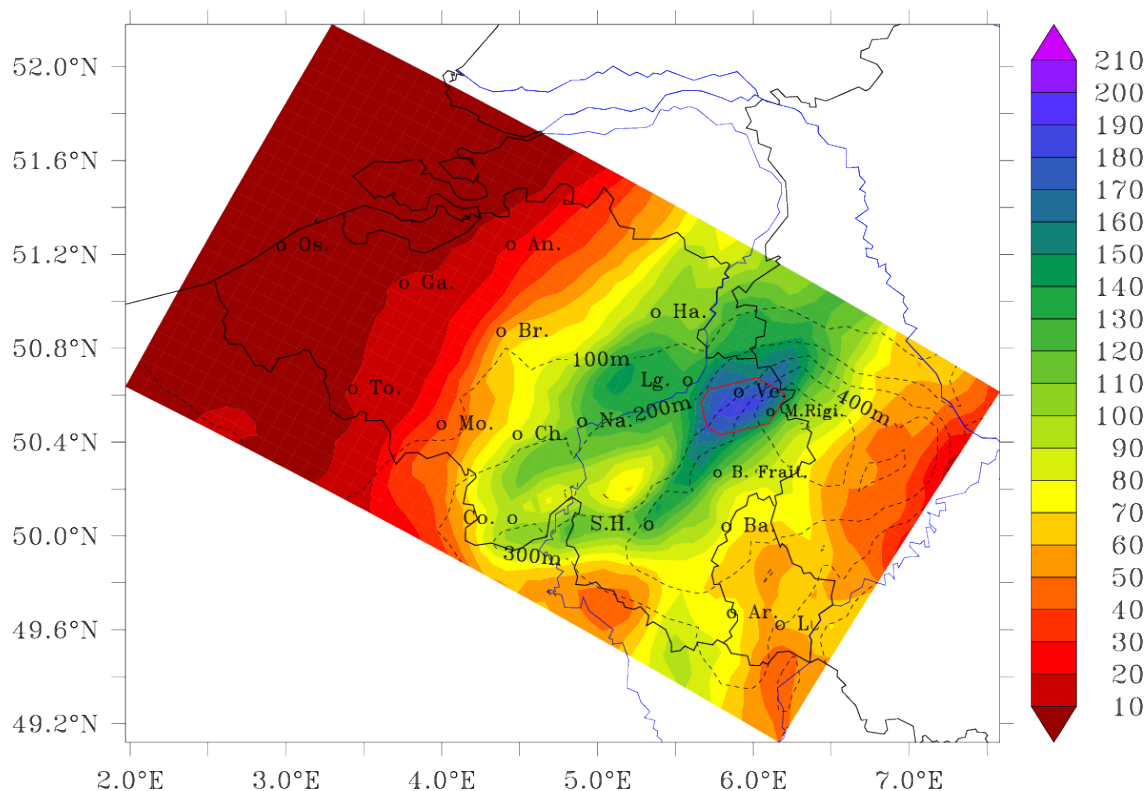


Figure 4. b.47 – Cumuls de précipitations (en mm/3jours) du 13 au 15 juillet 2021 sur la Belgique simulés par le modèle MAR forcé par les réanalyses ERA5 (fond en couleur). La délimitation du bassin versant de la Vesdre est le polygone rouge.

	12-14 septembre 1998		13-15 juillet 2021		
	SPW	MAR 7,5 km	SPW	MAR 7,5 km	MAR 5 km
Awans		90	85	132	119
Balmoral	186	117		182	187
Battice	130	102	164	162	168
Butgenbach	126	127	124	104	107
Coo inf.	131	112	121	136	137
Coo sup.	104	112	125	136	155
Gemmenich		102	132	139	161
Jalhay	136	134	290	173	199
Lanaye		91	89	109	130
Louveigné	74	102	152	175	173
Mont-Rigi		134	212	173	162
Robertville	161	127	95	104	118
Sart-Tilman	120	93	142	132	160
Spa aérodrome		111	229	174	173
Ternell	158	140	208	149	178
<i>Biais (en %)</i>		-12		-10	-3
<i>Erreur quadratique moyenne (en %)</i>		23		26	24

Tableau 4. b.7 – Quantité de précipitations (en mm/3 jours) observées par le réseau du SPW et simulées par le modèle MAR pour les deux événements extrêmes de septembre 1998 et juillet 2021.

Les bâtonnets bleus de la Figure 4. b.48 indiquent les cumuls annuels maxima de précipitations sur trois jours consécutifs simulés par MAR-ERA5 depuis 1950 à 2021 en moyenne sur le bassin versant de la Vesdre tel que défini dans la grille de MAR (Figure 4. b.44). Pour 2021, cette valeur est de 164 mm et correspond aux trois jours de précipitations intenses de juillet 2021. D'importants précédents cumuls maxima sur trois jours sont également présents comme du 12 au 14 septembre 1998 ou du 7 au 9 octobre 1982 où les cumuls de précipitations atteignent respectivement 102 mm et 117 mm sur trois jours et où des inondations avaient aussi été observées dans le bassin de la Vesdre (Figure 4. b.49).

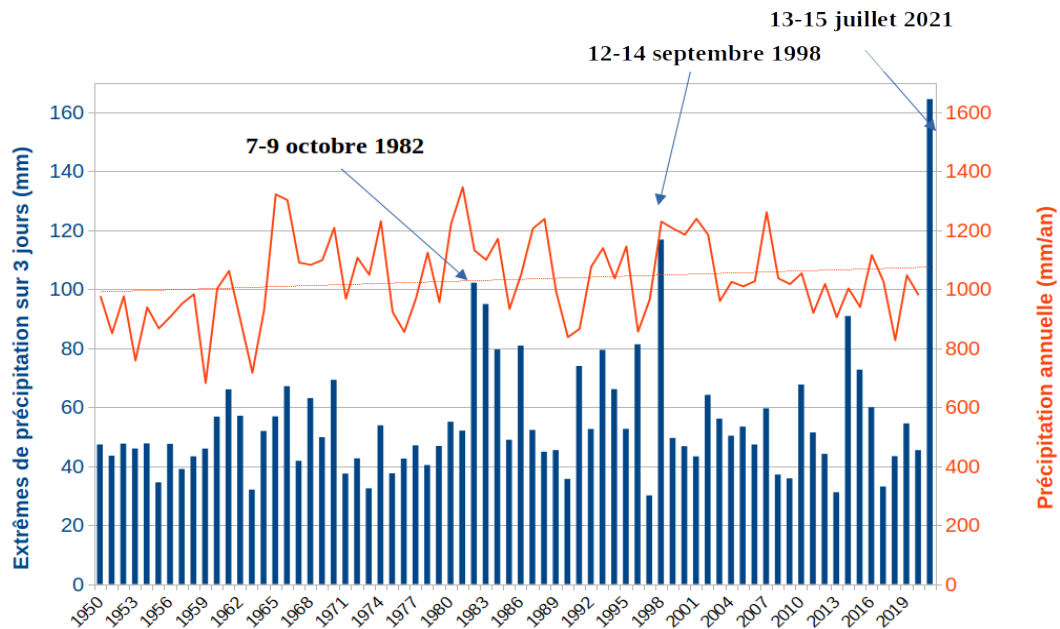


Figure 4. b.48 – Cumuls maxima de précipitations sur trois jours pour chaque année, simulés par MAR-ERA5 (bâtonnets bleus) et précipitations annuelles moyennes (ligne rouge) *moyennées* sur le bassin versant de la Vesdre sur la période 1950–2021.

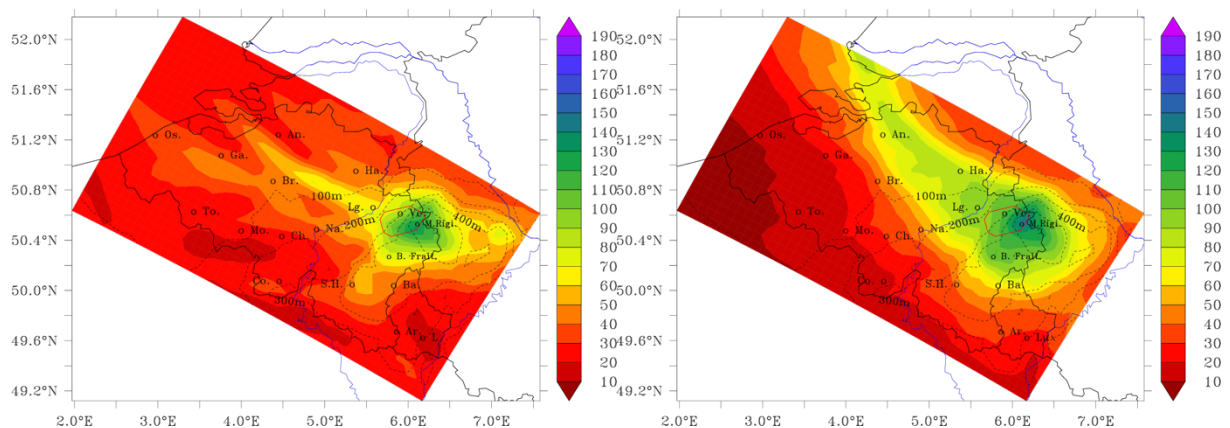


Figure 4. b.49 – Quantités de précipitations (en mm/3 jours) simulées par le modèle MAR pour les événements extrêmes du 7-9 octobre 1982 (à gauche) et du 12-14 septembre 1998 (à droite).

Une rapide analyse des situations météorologiques de ces deux autres évènements de précipitations intenses montre qu'ils sont très similaires à l'évènement de juillet 2021 avec également une addition des mêmes facteurs aggravants comme l'effet de barrière topographique des Hautes Fagnes et un système météo quasi-stationnaire (associé à une dépression centrée proche de la Belgique). Cependant, ces deux autres évènements se sont produits en automne où il fait plus froid. Les cumuls de précipitations sont donc plus faibles, car la teneur maximale en eau de l'atmosphère est directement dépendante de la température de l'air (plus l'air est chaud, plus il sait accueillir de la vapeur d'eau potentiellement précipitable).

Si l'on souhaite qualifier cet évènement pluvieux d'un point de vue statistique, les précipitations à l'échelle annuelle ou mensuelle peuvent être considérées comme ayant une distribution gaussienne (De Jongh et al., 2006 ; Dupriez & Sneyers, 1978). En revanche, ce n'est pas le cas pour un évènement pluvieux isolé comme celui de juillet 2021. Néanmoins, en faisant l'hypothèse d'une distribution gaussienne des maximums annuels de précipitation sur 3 jours, on remarque que l'évènement de 1982 serait au-delà de 2 écarts-types (2σ), celui de 1998 au-delà de 3 écarts-types et celui de juillet 2021 au-delà de 6 écarts-types (Figure 4. b.50). Ceci rendrait cet évènement de 2021 tout à fait exceptionnel et même statistiquement improbable depuis 1950 si le climat n'avait pas été perturbé par le réchauffement global (Kreienkamp et al., 2021). Bien sûr, cette analyse est à prendre avec précaution étant donné l'hypothèse utilisée.

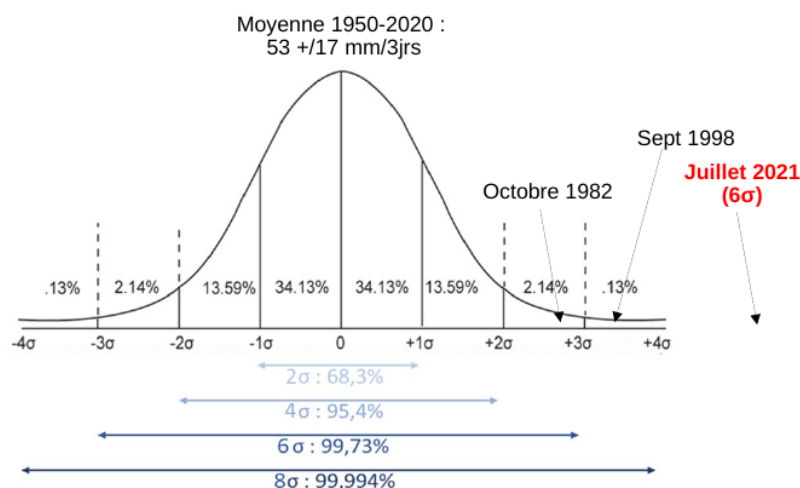


Figure 4. b.50 – Distribution des précipitations et position des trois évènements extrêmes de 2021, 1998 et 1982.

Évolution climatique future (2030-2100) du bassin versant de la Vesdre

Afin d'être le plus complet possible, nous commencerons par discuter des changements climatiques moyens prévus pour le bassin versant de la Vesdre.

Tout d'abord, sur la Figure 4. b.51, on peut observer que l'augmentation de température sera plus élevée en été qu'à l'échelle annuelle à cause d'une diminution de la nébulosité en été augmentant l'ensoleillement et amplifiant donc le réchauffement. On peut aussi constater que les changements prévus sont plus faibles en Flandre qu'en Ardenne à cause de la proximité de la Mer du Nord qui joue un effet de tampon thermique.

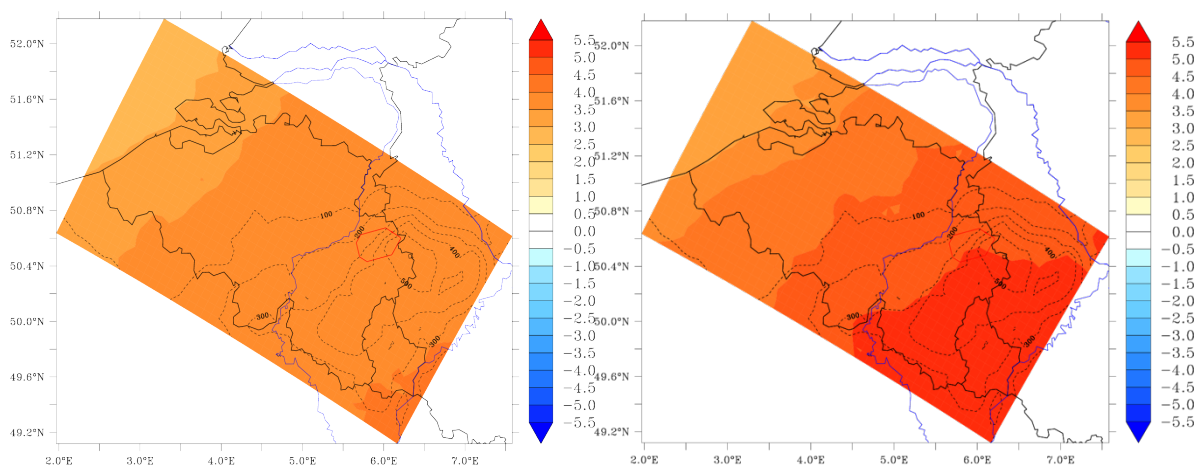


Figure 4. b.51 – Changements de température annuelle (à gauche) et en été (à droite) projetés par MAR pour les années 2081-2100 par rapport à 1981-2010 selon le scénario SSP5-8.5 (moyenne des 3 simulations de référence).

En ce qui concerne les précipitations (Figure 4. b.52), la moyenne des trois simulations MAR selon le SSP5-8.5 ne suggère aucun changement significatif de la quantité annuelle de précipitations mais bien une diminution significative des précipitations estivales. Les étés seront globalement plus ensoleillés et secs qu'actuellement, en plus d'être plus chauds.

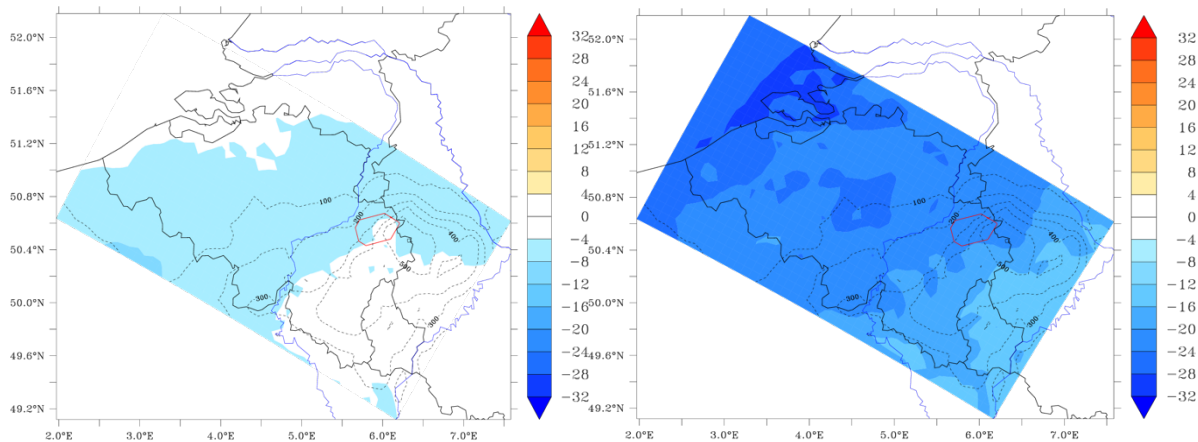


Figure 4. b.52 – Changements de précipitations annuelles (à gauche) et en été (à droite) projetés par MAR pour les années 2081-2100 par rapport à 1981-2010 selon le scénario SSP5-8.5 (moyenne des 3 simulations de référence).

Sur les deux figures précédentes, seul le scénario SSP5-8.5 est illustré, mais comme on peut le voir à la Figure 4. b.53, le signe des changements projetés est globalement indépendant du scénario et des modèles utilisés. Seules les amplitudes diffèrent. On peut par exemple constater que les simulations MAR forcées par le modèle anglais UKESM1 suggèrent des réchauffements beaucoup plus importants que celles forcées par nos trois modèles de référence (MPI-ESM1, MIROC6 et NorESM2). De plus, MAR forcé par CNRM-ESM2 ne simule pas de diminution de précipitations alors que c'est le cas avec les autres ESM.

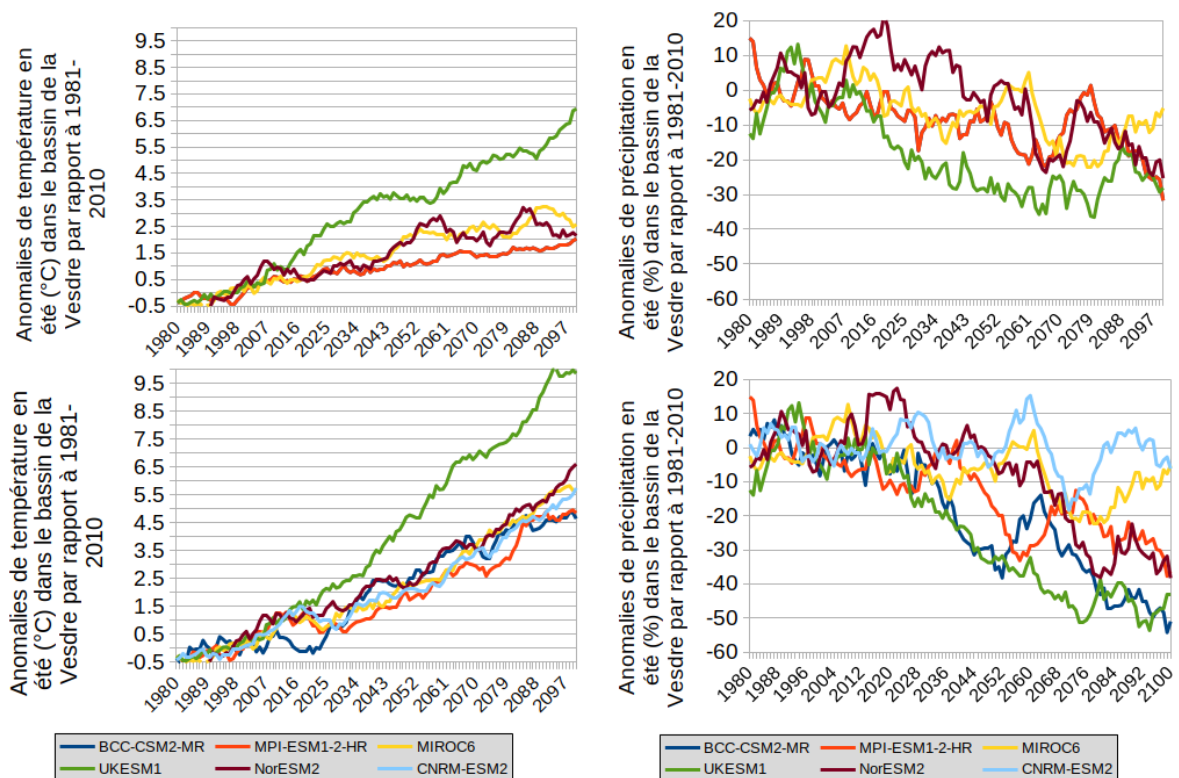


Figure 4. b.53 – Changements de température et de précipitations en été par rapport à 1981-2010 selon les scénarios SSP2-4.5 (au-dessus) et SSP5-8.5 (en-dessous).

Au travers de ces figures, au-delà du risque de précipitations extrêmes discuté dans la sous-section suivante, le risque de sécheresse météorologique estivale (déficit pluviométrique) augmente étant donné que les précipitations estivales diminuent concomitamment à une augmentation des températures et donc de l'évapotranspiration, ce qui aura tendance à assécher les couches du sol proches de la surface en été. Contrairement au risque de précipitations extrêmes qui est un risque ponctuel, le risque de sécheresse s'installe progressivement et s'inscrit dans la durée impactant à la fin du siècle tous nos étés. Par exemple, en 2100, le premier mètre de sol sera 10 à 30 % plus sec qu'actuellement selon le scénario SSP5-8.5. Ces changements sont cependant fortement dépendants du scénario de réchauffement emprunté : au plus le climat se réchauffera, au plus le risque de sécheresse estivale augmentera. Enfin, il est important de noter que ce risque augmentant de sécheresse estivale, cumulée à des températures estivales élevées, pourrait favoriser à terme des feux de forêts comme on peut en observer actuellement au Sud de la France ou au Canada.

Le Tableau 4. b.8 renseigne l'anomalie moyenne et la variabilité interannuelle (écart-type) autour de cette anomalie moyenne en se basant sur les simulations MAR forcées par MPI-ESM1, MIROC6 et NorESM2 pour le scénario SSP5-8.5, et ce pour quatre échéances futures (2030, 2050, 2070 et 2090). Le Tableau 4. b.9 renseigne les mêmes statistiques mais pour le scénario SSP2-4.5.

	2030 (2020-2040)		2050 (2040-2060)		2070 (2060-2080)		2090 (2080-2100)	
	Moyenne	Incertitude	Moy.	Inc.	Moy.	Inc.	Moy.	Inc.
	Température journalière annuelle	1	0,7	1,6	0,7	2,6	0,8	3,8
Température en été	1,2	1,2	2,2	1	3,5	1,3	5	1,1
Température maximale en été	1,3	1,4	2,4	1,2	3,8	1,5	5,4	1,3
Nombre de jours où Tmax > 30 °C	2,1	4	5,5	5,3	10,5	8,4	18,8	8,8
Nombre de jours où Tmax > 35 °C	0,2	0,7	0,5	1,1	1,9	3,1	3,9	3,9
Nombre de jours où Tmin > 20 °C	1,5	3,2	4,5	4,3	9,9	7,7	19,2	9,3
Nombre de jours sans pluie en été	2,4	7,9	5,2	7,5	9,2	9	11,4	10,3
Précipitations annuelles (%)	1,3	14,3	-1,5	11,9	-0,8	12,5	-4,2	12,9
Précipitations en été (%)	-4,1	25,5	-10,8	23,8	-17,8	23,7	-24	27,6
Nombre de canicules	0,9	2,3	2,8	3,5	6,1	6,6	11,3	7,8

Tableau 4. b.8 – Anomalie moyenne de variables (et incertitude) simulées par MAR forcé par différents ESM pour le bassin versant de la Vesdre par rapport à la période 1981-2010 pour le scénario SSP5-8.5.

	2030 (2020-2040)		2050 (2040-2060)		2070 (2060-2080)		2090 (2080-2100)	
	Moyenne	Incertitude	Moy.	Inc.	Moy.	Inc.	Moy.	Inc.
	Température journalière annuelle	0,8	0,7	1,2	0,7	1,5	0,6	1,7
Température en été	1,1	1	1,8	1,3	2,1	1,1	2,5	1,2
Température maximale en été	1,1	1,2	2	1,5	2,3	1,3	2,7	1,4
Nombre de jours où Tmax > 30 °C	2,1	3	3,7	4,1	5	5,1	6,7	5,6
Nombre de jours où Tmax > 35 °C	0,1	0,4	0,2	0,6	0,2	0,5	0,4	0,8
Nombre de jours où Tmin > 20 °C	1,8	2,7	3,4	4	5	4,9	5,9	5,5
Nombre de jours sans pluie en été	2,2	8,2	5,1	8,6	6,8	8,2	7,9	9
Précipitations annuelles (%)	6	17,1	-1	14,2	-2,8	11,8	-1,4	11,4
Précipitations en été (%)	-1,1	27,9	-7,4	23,3	-8	22,7	-15,3	23,2
Nombre de canicules	0,6	1,5	1,6	2,8	2,8	3,9	3	3,8

Tableau 4. b.9 – Anomalie moyenne de variables (et incertitude) simulées par MAR forcé par différents ESM pour le bassin versant de la Vesdre par rapport à la période 1981-2010 pour le scénario SSP2-4.5.

Si la variabilité interannuelle est supérieure aux changements projetés, cela suggère que ces changements n'auront pas lieu systématiquement tous les étés. Par contre, si l'anomalie est supérieure à la variabilité interannuelle, cela suggère que tous les étés de la période de 20 ans considérée seront impactés par ces changements. Par exemple, pour la température annuelle en 2080-2100 selon SSP5-8.5, une anomalie de $+3,8^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ suggère que l'anomalie de température annuelle sera entre $+3,1^{\circ}\text{C}$ et $4,5^{\circ}\text{C}$ selon que les années seront plus chaudes ou plus froides que la moyenne 2080-2100.

Les changements de température annuelle et estivale, ainsi que les précipitations annuelles et estivales, ont déjà été discutés ci-dessus. La température maximale estivale suit tout logiquement la même tendance que la température moyenne estivale avec une augmentation moyenne de $+5,4^{\circ}\text{C} (\pm 1,3^{\circ}\text{C})$ en 2090 avec le scénario SSP5-8.5 et de $+2,7^{\circ}\text{C} (\pm 1,4^{\circ}\text{C})$ par rapport à la période 1981-2010.

Comme pour la température maximale, le nombre de jours avec des températures chaudes ($T_{\text{max}} > 30^{\circ}\text{C}$), très chaudes ($T_{\text{max}} > 35^{\circ}\text{C}$) ou des nuits tropicales ($T_{\text{min}} > 20^{\circ}\text{C}$) augmente également pour la fin du siècle mais les conclusions sont différentes en fonction du scénario utilisé et doivent être analysées au regard de l'incertitude :

- Pour le scénario SSP5-8.5 (Tableau 4. b.8), le nombre de jours chauds augmente de $+18,8$ jours ($\pm 8,8$) en moyenne et le nombre de jours très chauds augmente de $+3,9$ jours ($\pm 3,9$) à l'horizon 2100 par rapport à la période 1981-2010. Cependant, comme la variabilité interannuelle concernant les jours très chauds est aussi grande que le changement attendu et même parfois plus grande encore pour les trois autres échéances futures considérées ici, cela suggère que tous les étés ne seront pas systématiquement affectés par des jours très chauds.
- Pour le scénario SSP2-4.5 (Tableau 4. b.9), le nombre de jours chauds augmente de $+6,7$ jours ($\pm 5,6$) et les jours très chauds augmentent de $+0,4$ jour ($\pm 0,8$) à l'horizon 2100 par rapport à la période 1981-2010. Comme pour les jours très chauds selon SSP5-8.5, les anomalies de températures extrêmes ne caractériseront pas systématiquement tous les étés.
- Aussi bien pour le scénario SSP5-8.5 (Tableau 4. b.8) que le scénario SSP2-4.5 (Tableau 4. b.9), le nombre de nuits tropicales augmente également et celles-ci caractériseront tous les étés pour la fin du siècle avec le scénario SSP5-8.5 où l'augmentation est de $+19,2$ jours ($\pm 9,3$) pour 2100 par rapport à la période 1981-2010.
- Enfin, le nombre de jours sans pluie en été semble lui aussi augmenter aussi bien pour le scénario SSP5-8.5 (Tableau 4. b.8) que pour le scénario SSP2-4.5 (Tableau 4. b.9), mais cette augmentation n'aura pas lieu systématiquement tous les étés.

Événements pluviométriques intenses futurs (2050-2100)

Le dernier rapport du GIEC (IPCC, 2021) annonce une augmentation des événements pluvieux extrêmes sur l'Europe de l'Ouest mais cette augmentation est fortement dépendante du scénario utilisé. Ainsi, à l'échéance 2100, les précipitations maximales sur 5 jours augmenteront de $+4\%$ avec le scénario le moins réchauffant (SSP1-2.8) et jusqu'à $+20\%$ avec le scénario le plus réchauffant (SSP5-8.5) par rapport à la période 1981-2010 (Gutiérrez, J.M. et al., 2021).

Cependant, ces projections climatiques sont réalisées à une résolution spatiale très large (> 80 km). Afin d'obtenir une résolution spatiale plus fine permettant ainsi de distinguer le bassin versant de la Vesdre, le modèle climatique régional MAR a été utilisé afin d'augmenter la résolution spatiale de ces projections futures en passant à une grille à $7,5$ km. En guise d'exemple, la Figure 4. b.54 compare les résultats bruts du ESM allemand MPI-ESM1-2-HR pour un épisode de pluviosité extrême sur 3 jours, projeté en 2034 et similaire à celui de juillet 2021 avec les sorties du modèle MAR forcé par ce même ESM pour ce même événement pluvieux. Alors que

MPI-ESM1-2-HR ne simule que de fortes précipitations, MAR-MPI suggère un événement comparable à celui de juillet 2021 en tenant compte du relief qui, comme on l'a vu, est un facteur aggravant pour le bassin versant de la Vesdre.

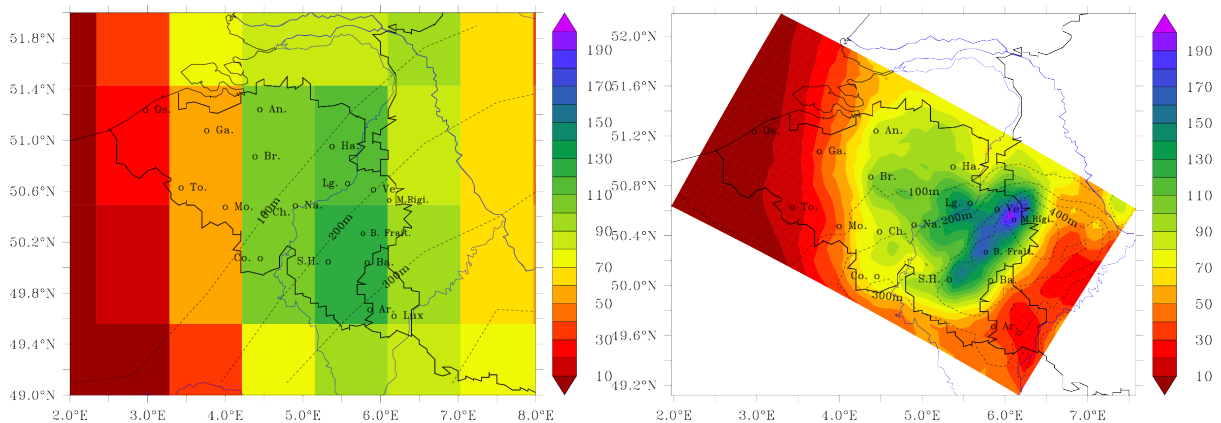


Figure 4. b.54 – Exemple d'évènement de pluviosité extrême sur 3 jours projeté en juillet 2034, simulé par l'ESM MPI-ESM1-2-HR (à gauche) et par MAR forcé par MPI-ESM1-2-HR (à droite). La topographie utilisée dans les deux modèles est indiquée en tireté. On peut observer par exemple que les Hautes Fagnes culminent à 200m d'altitude dans MPI-ESM1-2-HR.

Pour chaque scénario issu de MAR forcé par MPI-ESM1-2-HR, les cumuls maxima annuels de précipitations sur trois jours consécutifs sont affichés sur Figure 4. b.55 (bâtonnets bleus sur les graphiques de droite).

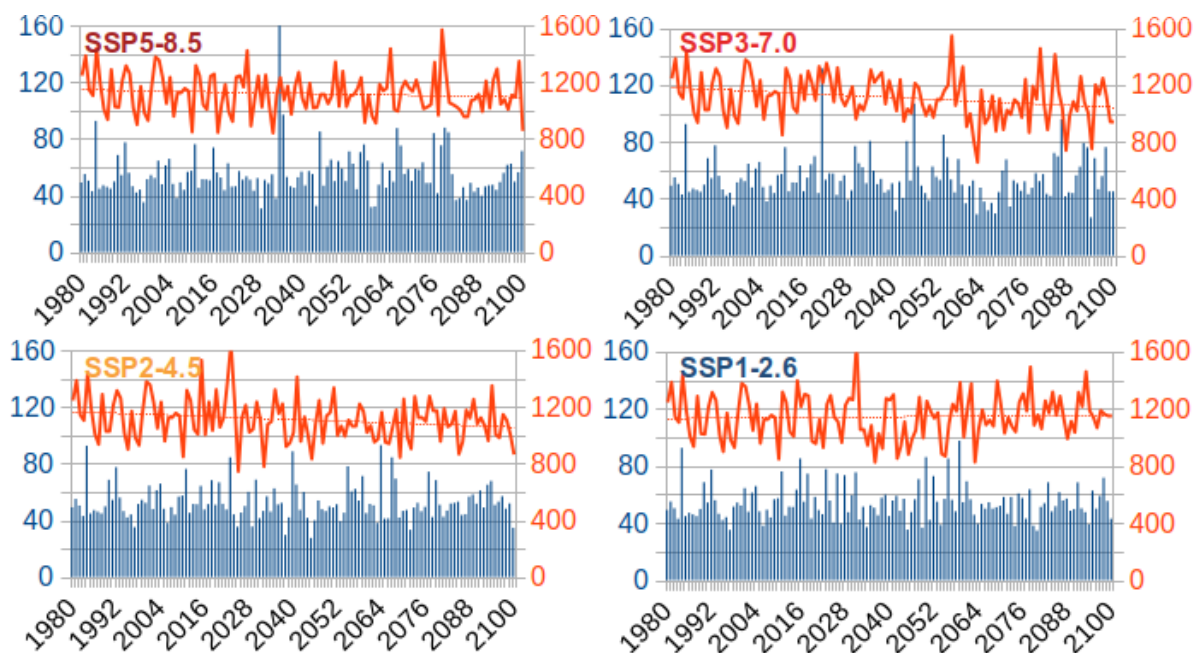


Figure 4. b.55 – Cumuls maxima de précipitations sur trois jours pour chaque année (bâtonnets bleus) et précipitations annuelles moyennes (lignes rouges) simulés par MAR forcé par MPI-ESM1-2-HR.

Il en ressort que MAR-MPI suggère que des évènements de précipitations extrêmes comme celui de juillet 2021 pourraient se produire avec une intensité similaire pour les deux scénarios les plus réchauffants SSP5-8.5 et SSP3-7.0 alors que pour les deux autres scénarios, les précipitations extrêmes sur trois jours consécutifs ne sont jamais supérieures à 100 mm/3 jours. Ces résultats toutefois ne proviennent que d'un seul modèle, à savoir MAR-MPI, forcé par les quatre scénarios. Afin de synthétiser les résultats produits par MAR forcé par les autres modèles, les occurrences de cumuls pluvieux sur 3 jours consécutifs > 100 mm / 3 jours et > 150 mm / 3 jours pour les différents modèles, scénarios et périodes dans le futur sont recensés au Tableau 4. b.10.

		< 2015 historical > 100 mm/3jrs	2030 (2020-2040)		2050 (2040-2060)		2070 (2060-2080)		2090 (2080-2100)	
			> 100 mm/3jrs	> 150 mm/3jrs	> 100 mm/3jrs	> 150 mm/3jrs	> 100 mm/3jrs	> 150 mm/3jrs	> 100 mm/3jrs	> 150 mm/3jrs
SSP5-8.5 (total=13)	BCC-CSM2-MR	1					2			
	MPI-ESM1-2-HR			1						
	MIROC6	2	1	2						
	UKESM1	3	1	1						
	NorESM2	1				2				
	CNRM-ESM2		1		1					1
SSP3-7.0 (total=9)	MPI-ESM1-2-HR		1	1						
	MIROC6			1		1		1		
	UKESM1									
	NorESM2					2	1	1		
SSP2-4.5 (total=9)	MPI-ESM1-2-HR									
	MIROC6		1			1	1			
	UKESM1			1						
	NorESM2		1	1					2	
SSP1-2.6 (total=15)	MPI-ESM1-2-HR									
	MIROC6		3	2		2	1	1	1	
	UKESM1									
	NorESM2		1			2		2		
<i>Total</i>		7	9	3	9	0	12	3	7	1

Tableau 4. b.10 – Occurrence d'événements pluvieux extrêmes semblables à ceux de juillet 2021 simulés par l'ensemble des modèles utilisés dans cette analyse et selon les quatre scénarios futurs. En rouge, ce sont des événements pires que celui de juillet 2021.

Il ressort de ce tableau que les simulations provenant des deux scénarios les plus réchauffants, SSP5-8.5 et SSP3-7.0, suggèrent un événement pluvieux extrême de >150 mm / 3 jours dans un futur proche (2030-2040), et 1 ou 2 événements pluvieux de >100 mm / 3 jours jusqu'à un futur moyen (2040-2060) suivant le scénario ou modèle utilisé. Pour la fin du siècle (>2080), MAR ne suggère quasiment plus aucun événement pluvieux extrême.

Concernant le scénario de réchauffement moyen (SSP2-4.5), les simulations suggèrent 1 ou 2 événements de >100 mm / 3 jours entre 2040 et 2080, voire encore le risque d'un événement de >150 mm / 3 jours d'ici 2070. Enfin, avec le scénario le moins réchauffant, SSP1-2.6, alors que MAR-MPI ne suggère aucun événement, MAR-MIR et MAR-NOR suggèrent au contraire d'ici 2100 plusieurs événements (typiquement un événement tous les 10 à 20 ans) semblables à celui de juillet 2021.

Ce qui est intéressant à souligner à ce stade est que les simulations MAR suggèrent au moins un événement pluvieux intense dans les prochaines décennies quel que soit le scénario futur utilisé. Ces simulations MAR suggèrent même des événements plus importants pour le futur proche dans un scénario à fort réchauffement alors que ces événements pluvieux sont plutôt simulés vers la fin du siècle pour des scénarios à réchauffement moins important. Cette dépendance au scénario montre clairement que le climat des prochaines décennies est loin d'être stabilisé et s'explique par le fait que plus il fait chaud, plus les étés sont secs et si le réchauffement devient trop important, les étés deviendraient alors trop secs pour pouvoir générer de tels événements pluvieux. Le même constat peut être établi concernant l'intensité de l'événement : les événements pluvieux les plus intenses (>150 mm / 3 jours) sont davantage simulés durant la première moitié du siècle que durant la fin du siècle avec un scénario à fort réchauffement et ils sont davantage simulés pour la fin du siècle avec un scénario à

réchauffement modéré ou faible. Enfin, il est important de savoir que ces projections climatiques constituent probablement la fourchette basse, car à tout événement extrême, il est plus que souvent associé des circulations atmosphériques extrêmes (à savoir un système atmosphérique stationnaire) que les modèles du climat, à l'heure actuelle, sont peu ou pas capables de représenter spécifiquement sur l'Europe de l'Ouest (Eyring et al., 2021). Par conséquent, le fait que ces projections futures prédisent de tels événements, parfois même plus extrêmes que celui de juillet 2021, dans le futur et non sur la période historique, suggère que l'on sous-estime ce type d'évènement et donc qu'il est plus que probable que l'on aille vers un climat favorable à ce genre d'évènements, qui pourraient alors se répéter tous les 10-30 ans suivant le scénario/ESM utilisé. Au final, cela confirme que sans le réchauffement climatique déjà observé, l'évènement de juillet 2021 aurait été plus que probablement moins intense (Kreienkamp et al., 2021).

Note par rapport à l'analyse hydraulique

Par rapport à la section relative aux zones d'aléa présentée au début du rapport de diagnostic, il est important de préciser que l'analyse hydraulique mentionne des périodes de retour de débits ($T = 300$ à 400 ans) alors que l'analyse climatique identifie plutôt les occurrences d'évènements pluvieux similaires à celui de juillet 2021 dans les prochaines décennies en comptabilisant les événements similaires simulés par le modèle MAR jusqu'en 2100 en fonction de différents scénarios/ESM. Il s'agit en réalité de deux approches scientifiques distinctes, qui mènent certes à des résultats différents, mais complémentaires. L'analyse climatique envisage des projections futures prenant en compte les changements climatiques (notamment dans le régime et extrêmes des précipitations) sur base des scénarios climatiques en termes d'émission de GES, alors que l'analyse hydraulique se base sur des données statistiques historiques en supposant que le climat du passé reste représentatif pour les prochaines décennies. Dans l'analyse hydraulique, chaque nouvel évènement, à l'instar de l'inondation de juillet 2021, modifiera donc les séries historiques. L'analyse statistique des débits montre que cela a du sens de prendre en compte l'évènement de juillet 2021 dans l'échantillon (il n'est pas hors cadre et reste en cohérence avec des valeurs observées à l'international, notamment en Allemagne). La période de retour de 300-400 ans correspond donc à la probabilité qu'un tel évènement se reproduise sur base des données passées. A noter qu'une probabilité Q100 signifie que chaque année il y a une chance sur 100 pour qu'un débit (Q) similaire soit enregistré. En outre, les deux analyses se basent sur des statistiques différentes : des statistiques de pluies et de débits. Ainsi, l'occurrence d'un évènement pluvieux simulé par MAR (analyse climatique) n'est pas directement associée au temps de retour d'un certain débit sur le cours d'eau (analyse hydraulique).

iv. Discussion

Au travers de ces résultats, plusieurs discussions peuvent être entamées :

Avant tout, il convient de garder à l'esprit qu'une limite intrinsèque à la modélisation atmosphérique est que les résultats de la simulation ne sont pas la réalité, ce sont des résultats moyennés sur un point de grille en l'occurrence de la dimension de 7,5 km de côté, soit une valeur météo pour une surface de 56,25 km². Sur une telle surface, dans la réalité, il peut exister des disparités locales considérables. D'autant plus quand le relief est accidenté comme c'est le cas pour le bassin versant de la Vesdre.

Ensuite, les résultats des simulations dans le futur ne constituent pas des « prévisions météo ». Ce sont des résultats issus de plusieurs modèles climatiques forcés uniquement par des concentrations en gaz à effet de serre et autres influences anthropogéniques (aérosols, ozone...). Les résultats des modèles globaux, et *a fortiori* de MAR forcé par ces modèles globaux, n'indiquent qu'une variation moyenne du climat. C'est pour cette raison que l'analyse est orientée principalement en anomalie assortie d'une incertitude par rapport à une époque passée. Cette méthode permet de se rendre compte du changement attendu avec tel ou tel scénario/modèle.

De plus, nous n'avons sélectionné pour cette analyse que trois ESM sur la trentaine de disponible. Plusieurs raisons expliquent ce choix :

1. Cette analyse a dû se réaliser dans des temps très courts (trois mois), or la simulation d'un scénario prend déjà une petite semaine de calcul sur les supercalculateurs du [CECI](#) ;
2. Toutes les variables nécessaires pour forcer MAR ne sont pas toujours disponibles pour tous les modèles globaux, ainsi, nous ne pouvons pas forcément les utiliser tous ;
3. Tous les modèles globaux ne sont pas tous bons à utiliser car ils ne représentent pas correctement le climat actuel sur l'Europe de l'Ouest.

Ces trois raisons résument notre choix de seulement 3 modèles globaux. Cependant une analyse plus robuste voudrait que l'on utilise l'ensemble des modèles disponibles en faisant un tri *a posteriori* (comme ce qui a été fait ici avec le modèle anglais) afin d'obtenir les meilleures évaluations des changements climatiques futurs et des incertitudes sur ces changements.

Enfin, cette analyse se base exclusivement sur l'utilisation de notre modèle régional MAR. Il est évident qu'en plus d'une dépendance au scénario/modèle global utilisé comme forçage, les résultats peuvent aussi dépendre du modèle régional utilisé pour régionaliser (« downscaler ») ces projections sur la Belgique (Termonia et al., 2018). Il serait intéressant de forcer d'autres modèles régionaux (comme le modèle AROME de l'IRM) pour évaluer la dépendance au modèle régional utilisé, en particulier pour la détection des événements pluvieux extrêmes.

v. Conclusion

Cette analyse climatique menée à l'aide du modèle atmosphérique régional MAR développé à l'ULiège met en évidence plusieurs changements climatiques futurs pour la Belgique et en particulier pour le bassin versant de la Vesdre :

- Une augmentation des températures moyennes annuelles et estivales, ainsi que des températures extrêmes chaudes de jour comme de nuit. Cette augmentation sera plus marquée en Ardenne qu'en Flandre (à cause de la proximité de la Mer de Nord qui va jouer un rôle de tampon face au réchauffement) et plus important en été qu'en hiver (car les étés seront aussi plus secs et ensoleillés, ce qui va amplifier en quelque sorte l'augmentation prévue des températures) ;
- Pas de changement significatif du cumul annuel des précipitations, mais par contre une diminution significative du cumul estival des précipitations à l'horizon 2100 ;
- Une augmentation des sécheresses pluviométriques estivales à cause de la diminution des précipitations et de l'augmentation de l'évapo(transpi)ration. De plus, il est important de noter que ces conditions à la fois plus chaudes et sèches en été pourraient à terme favoriser des feux de forêts dans nos régions comme ceux observés actuellement au Sud de la France ou au Canada ;
- Une augmentation significative du nombre de canicules en été ;
- Une augmentation des précipitations extrêmes avec un risque important d'observer plusieurs événements similaires à celui qui a touché le bassin versant de la Vesdre en juillet 2021 dans les prochaines décennies (ex : 1 à 2 événements similaires sont suggérés par le modèle MAR d'ici 2050). Toutefois, si le réchauffement est trop important d'ici la fin de ce siècle, les étés pourraient devenir trop secs pour pouvoir générer de tels événements pluvieux (n'excluant toutefois pas le risque d'autres types d'inondations comme les inondations hivernales ou celles générées par un orage local) ; alors que notre climat pourrait devenir favorable à ce genre d'événements à la fin du siècle avec un réchauffement global modéré (limitant la hausse de la température globale à +1,5 °C en 2100).

Il est très important de noter que tous ces changements climatiques sont très dépendants du scénario socio-économique que nous allons emprunter. Par exemple, un réchauffement faible favoriserait des événements pluvieux extrêmes comme celui de juillet 2021 pour la fin du siècle alors qu'avec un réchauffement élevé, durant l'été, nous devrions plutôt faire face aux problèmes des sécheresses et aux éventuels feux de forêts associés. De manière plus générale, plus le scénario provoque un réchauffement planétaire rapide, plus ces évolutions et événements climatiques futurs se produiront dans un futur proche avec une intensité égale ou supérieure à ce que l'on connaît actuellement. Inversement, plus nous nous trouverons sur un scénario menant à un faible réchauffement planétaire, plus ces évolutions ou événements climatiques se produiront dans un futur lointain avec une intensité moindre et souvent une incertitude suffisamment élevée pour indiquer que ces événements ne se produiront pas chaque année.

L'atténuation du réchauffement climatique est donc un enjeu important afin de reporter ces évolutions et probabilités d'événements climatiques extrêmes dans un futur lointain, de même que la résilience de notre territoire par rapport à ces événements climatiques (ex : sécheresses et événements pluvieux extrêmes) qui se produiront/reproduiront de toute façon peu importe le scénario.

vi. Références

- De Jongh, I. L. M., Verhoest, N. E. C., & De Troch, F. P. (2006). Analysis Of A 105-year time series of precipitation observed at Uccle, Belgium. *International Journal of Climatology*, 26(14), 2023–2039. <https://doi.org/10.1002/joc.1352>
- Doutreloup, S., Bois, B., Pohl, B., Zito, S., & Richard, Y. (2022). Climatic comparison between Belgium, Champagne, Alsace, Jura, and Bourgogne for wine production using the regional model MAR. *OENO One*, (in review).
- Doutreloup, S., Wyard, C., Amory, C., Kittel, C., Erpicum, M., & Fettweis, X. (2019). Sensitivity to Convective Schemes on Precipitation Simulated by the Regional Climate Model MAR over Belgium (1987–2017). *Atmosphere*, 10(1), 34. <https://doi.org/10.3390/atmos10010034>
- Dupriez, G. L., & Sneyers, R. (1978). Les normales du réseau pluviométrique belge. Institut Royal Météorologique, Série A.
- Eyring, V., Bony, S., Meehl, G. A., Senior, C. A., Stevens, B., Stouffer, R. J., & Taylor, K. E. (2016). Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. *Geoscientific Model Development*, 9(5), 1937–1958. <https://doi.org/10.5194/gmd-9-1937-2016>
- Eyring, V., N.P. Gillett, K.M. Achuta Rao, R. Barimalala, M. Barreiro Parrillo, N. Bellouin, C. Cassou, P.J. Durack, Y. Kosaka, S. McGregor, S. Min, O. Morgenstern, and Y. Sun, 2021: Human Influence on the Climate System. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 423–552, doi:10.1017/9781009157896.005.
- Fettweis, X., Wyard, C., Doutreloup, S., & Belleflamme, A. (2017). Noël 2010 en Belgique: Neige en Flandre et pluie en Haute-Ardenne. *Bulletin de La Société Géographique de Liège*, 68, 97–107. [https://interactive-atlas.ipcc.ch/atlas](https://doi.org/10.25518/0770-7576.4568Gutiérrez, J.M., R.G. Jones, & G.T. Narisma, L.M. Alves, M. Anjad, I.V. Gorodetskaya, M. Grose, N.A.B. Klutse, S. Krakovska, J. Li, D. Martínez-Castro, L.O. Mearns, S.H. Mernild, T. Ngo-Duc, B. van den Hurk, and J.-H. Yoon. (2021). IPCC AR6-WGI Atlas. In <i>Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change</i> [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (Eds.)]. <a href=)
- Gutjahr, O., Putrasahan, D., Lohmann, K., Jungclaus, J. H., von Storch, J.-S., Brüggemann, N., Haak, H., & Stössel, A. (2019). Max Planck Institute Earth System Model (MPI-ESM1.2) for the High-Resolution Model Intercomparison Project (HighResMIP). *Geoscientific Model Development*, 12(7), 3241–3281. <https://doi.org/10.5194/gmd-12-3241-2019>
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Abdalla, S., Abellan, X., Balsamo, G., Bechtold, P., Biavati, G., Bidlot, J., Bonavita, M., ... Thépaut, J.-N. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146(730), 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>
- Institut Royal Météorologique. (2021, July 16). Ce que l'on sait sur les pluies exceptionnelles des 14 et 15 juillet 2021. <https://www.meteo.be/fr/infos/actualite/ce-que-lon-sait-sur-les-pluies-exceptionnelles-des-14-et-15-juillet-2021>
- IPCC, Masson Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M., & Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou. (2021). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- Kreienkamp, Frank, et al. “Rapid Attribution of Heavy Rainfall Events Leading to the Severe Flooding in Western Europe during July 2021.” *World Weather Attribution*, 2021.
- Riahi, K., van Vuuren, D. P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B. C., Fujimori, S., Bauer, N., Calvin, K., Dellink, R., Fricko, O., Lutz, W., Popp, A., Cuaresma, J. C., Kc, S., Leimbach, M., Jiang, L., Kram, T., Rao, S., Emmerling, J., ... Tavoni, M. (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change*, 42, 153–168. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009>

- Séférian, R., Nabat, P., Michou, M., Saint-Martin, D., Voldoire, A., Colin, J., Decharme, B., Delire, C., Berthet, S., Chevallier, M., Sénési, S., Franchisteguy, L., Vial, J., Mallet, M., Joetzjer, E., Geoffroy, O., Guérémy, J.-F., Moine, M.-P., Msadek, R., ... Madec, G. (2019). Evaluation of CNRM Earth System Model, CNRM-ESM2-1: Role of Earth System Processes in Present-Day and Future Climate. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 11(12), 4182–4227. <https://doi.org/10.1029/2019MS001791>
- Seland, Ø., Bentsen, M., Seland Graff, L., Olivié, D., Toniazzo, T., Gjermundsen, A., Debernard, J. B., Gupta, A. K., He, Y., Kirkevåg, A., Schwinger, J., Tjiputra, J., Schancke Aas, K., Bethke, I., Fan, Y., Griesfeller, J., Grini, A., Guo, C., Ilicak, M., ... Schulz, M. (2020). The Norwegian Earth System Model, NorESM2 – Evaluation of the CMIP6 DECK and historical simulations [Preprint]. *Climate and Earth System Modeling*. <https://doi.org/10.5194/gmd-2019-378>
- Sellar, A. A., Jones, C. G., Mulcahy, J. P., Tang, Y., Yool, A., Wiltshire, A., O'Connor, F. M., Stringer, M., Hill, R., Palmieri, J., Woodward, S., de Mora, L., Kuhlbrodt, T., Rumbold, S. T., Kelley, D. I., Ellis, R., Johnson, C. E., Walton, J., Abraham, N. L., ... Zerroukat, M. (2019). UKESM1: Description and Evaluation of the U.K. Earth System Model. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 11(12), 4513–4558. <https://doi.org/10.1029/2019MS001739>
- Tatebe, H., Ogura, T., Nitta, T., Komuro, Y., Ogochi, K., Takemura, T., Sudo, K., Sekiguchi, M., Abe, M., Saito, F., Chikira, M., Watanabe, S., Mori, M., Hirota, N., Kawatani, Y., Mochizuki, T., Yoshimura, K., Takata, K., O'ishi, R., ... Kimoto, M. (2019). Description and basic evaluation of simulated mean state, internal variability, and climate sensitivity in MIROC6. *Geoscientific Model Development*, 12(7), 2727–2765. <https://doi.org/10.5194/gmd-12-2727-2019>
- Termonia, P., Van Schaeybroeck, B., De Cruz, L., De Troch, R., Caluwaerts, S., Giot, O., Hamdi, R., Vannitsem, S., Duchêne, F., Willems, P., Tabari, H., Van Uytven, E., Hosseinzadehtalaei, P., Van Lipzig, N., Wouters, H., Vanden Broucke, S., van Ypersele, J.-P., Marbaix, P., Villanueva-Birriel, C., Fettweis, X., Wyard, C., Scholzen, C., Doutreloup, S., De Ridder, K., Gobbin, A., Lauwaet, D., Stavrakou, T., Bauwens, M., Müller, J.-F., Luyten, P., Ponsar, S., Van den Eynde, D., & Pottiaux, E. (2018). The CORDEX.be initiative as a foundation for climate services in Belgium. *Climate Services*, 11, 49-61.
- Wu, T., Lu, Y., Fang, Y., Xin, X., Li, L., Li, W., Jie, W., Zhang, J., Liu, Y., Zhang, L., Zhang, F., Zhang, Y., Wu, F., Li, J., Chu, M., Wang, Z., Shi, X., Liu, X., Wei, M., ... Liu, X. (2019). The Beijing Climate Center Climate System Model (BCC-CSM): The main progress from CMIP5 to CMIP6. *Geoscientific Model Development*, 12(4), 1573–1600. <https://doi.org/10.5194/gmd-12-1573-2019>
- Wyard, C., Scholzen, C., Doutreloup, S., Hallot, É., & Fettweis, X. (2021). Future evolution of the hydroclimatic conditions favouring floods in the south-east of Belgium by 2100 using a regional climate model. *International Journal of Climatology*, 41(1), 647–662. <https://doi.org/10.1002/joc.6642>

c. Analyse hydrologique des capacités d'infiltration des sols du bassin versant

Auteurs : Aurore Degré et Noé Hanciaux, GxABT, Université de Liège.

i. Introduction

Les sols jouent un rôle crucial dans la régulation des flux hydrologiques. Ils interviennent à deux niveaux. Tout d'abord, ils infiltrent une partie des précipitations et réduisent dès lors la quantité d'eau qui ruisselle dans le bassin versant. Ensuite, ils sont le support de végétation qui peut contribuer au ralentissement du ruissellement des eaux et retardent ainsi l'arrivée de la crue.

D'un point de vue hydrologique, les sols sont caractérisés essentiellement par leur capacité d'infiltration et de rétention. Il existe un nombre important de facteurs qui vont influencer ces propriétés, comme la texture ou la profondeur des sols. Parmi ces facteurs, certains sont invariables localement ; d'autres sont modifiables par une gestion adaptée.

Ainsi, un sol sableux possède une texture grossière, ce qui favorise l'infiltration des eaux dans ces sols et leur drainage interne, limitant le ruissellement. Un autre facteur majeur est la profondeur des sols car elle donne un aperçu global de la quantité d'eau que le sol pourra emmagasiner. La profondeur d'un sol peut résulter de la présence d'une couche moins perméable en profondeur ou de la présence d'une nappe phréatique à faible profondeur.

Par ailleurs, il existe des facteurs pouvant jouer un rôle dans la prévention des inondations (structure, teneur en matière organique, couverture végétale...) qui sont influençables par la gestion des territoires (pratiques agricoles ou gestion des espaces naturels). Notons que le pouvoir drainant des sols peut être endommagé considérablement, et sur le long terme, si ceux-ci sont gérés de façon non durable. Par ailleurs, les zones urbaines et leur expansion jouent un rôle extrêmement néfaste sur la capacité des sols à remplir leur rôle de ralentissement des ruissellements en raison de l'imperméabilisation.

Le but de ce rapport est de déterminer, sur base de différentes données cartographiques, le potentiel des sols du bassin de la Vesdre dans la lutte contre de futurs épisodes d'inondations tels que ceux s'étant déroulés durant le mois de juillet 2021. Cette approche permettra de cartographier la diversité des potentiels d'infiltration et de rétention des eaux dans les sols. Toutefois, il est important de souligner que cette analyse est purement qualitative et ne peut en aucun cas se substituer à une analyse quantitative plus poussée.

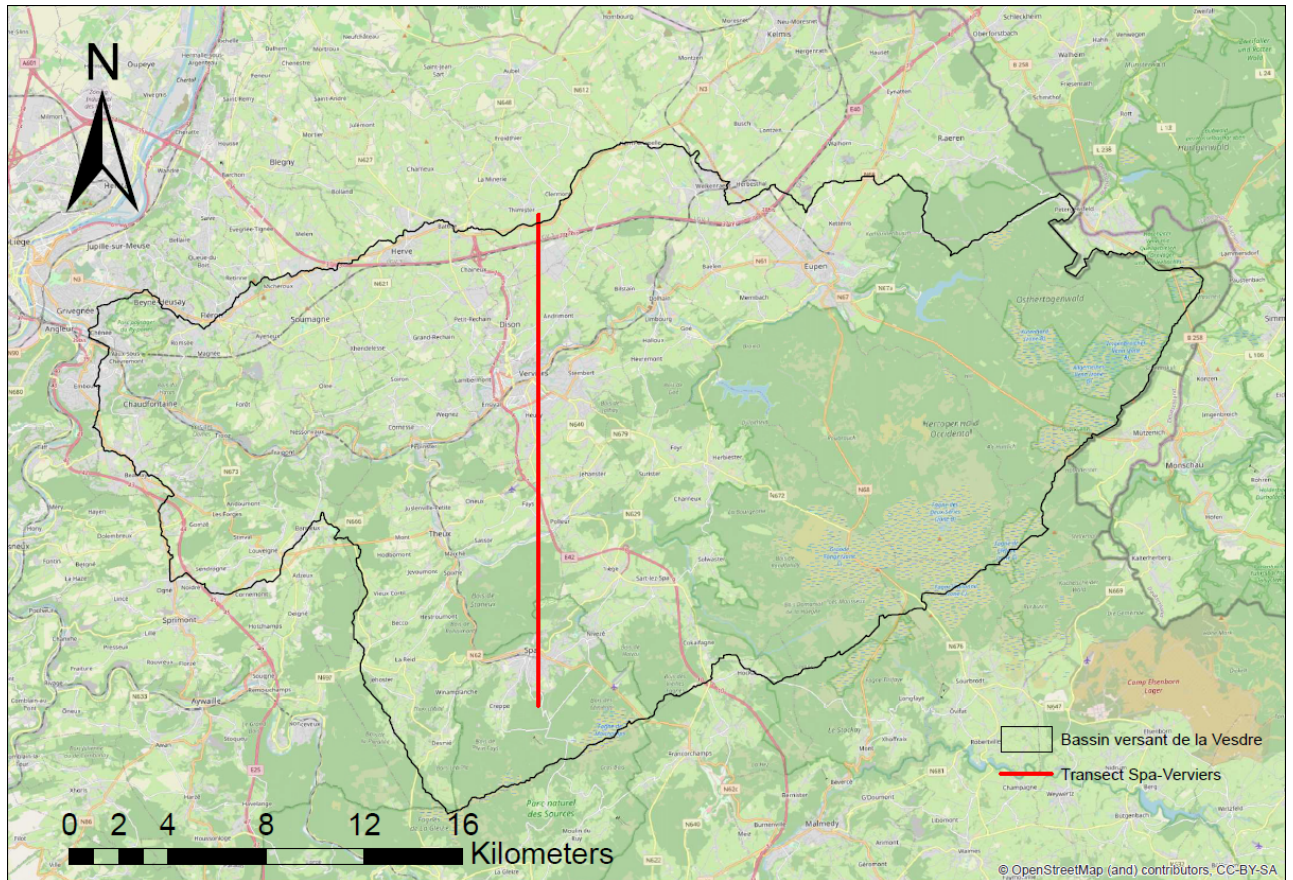
ii. Méthodologie

Plusieurs facteurs interviennent dans la capacité d'infiltration des sols. Ceux qui vont être étudiés dans ce rapport sont la texture principale, la classe de drainage, la profondeur des sols et la profondeur minimale de la nappe phréatique.

Ces facteurs peuvent être déterminés sur base de la Carte Numérique des Sols de Wallonie (CNSW). Celle-ci est constituée de plusieurs planchettes qui, sur l'étendue du bassin de la Vesdre, ont été réalisées et révisées entre 1950 et 1970. La texture et les classes de drainage sont extraites directement grâce à la symbologie de la CNSW tandis que la profondeur des sols et la profondeur minimale de la nappe phréatique résultent respectivement des travaux de Legrain *et al.* (2017) et de Meersmans *et al.* (2008) et sont ainsi à interpréter avec précaution.

Afin de déterminer le pouvoir d'infiltration des sols, la méthodologie SCS-CN est utilisée (Boughton, 1989). Celle-ci permet notamment de classer les sols selon quatre catégories allant de A pour les sols ayant les plus grandes capacités d'infiltration, à D qui regroupe les sols les moins perméables. Ce rapport utilise l'approche de Demarcin *et al.* (2011) qui permet de classer les sols de la CNSW selon les catégories du SCS.

Si les propriétés hydrologiques seront évaluées sur l'ensemble du bassin versant de la Vesdre, une attention particulière sera mise sur l'évolution spatiale de ces propriétés le long d'un transect Sud-Nord croisant les villes de Spa et Verviers (Carte 4. c.1).

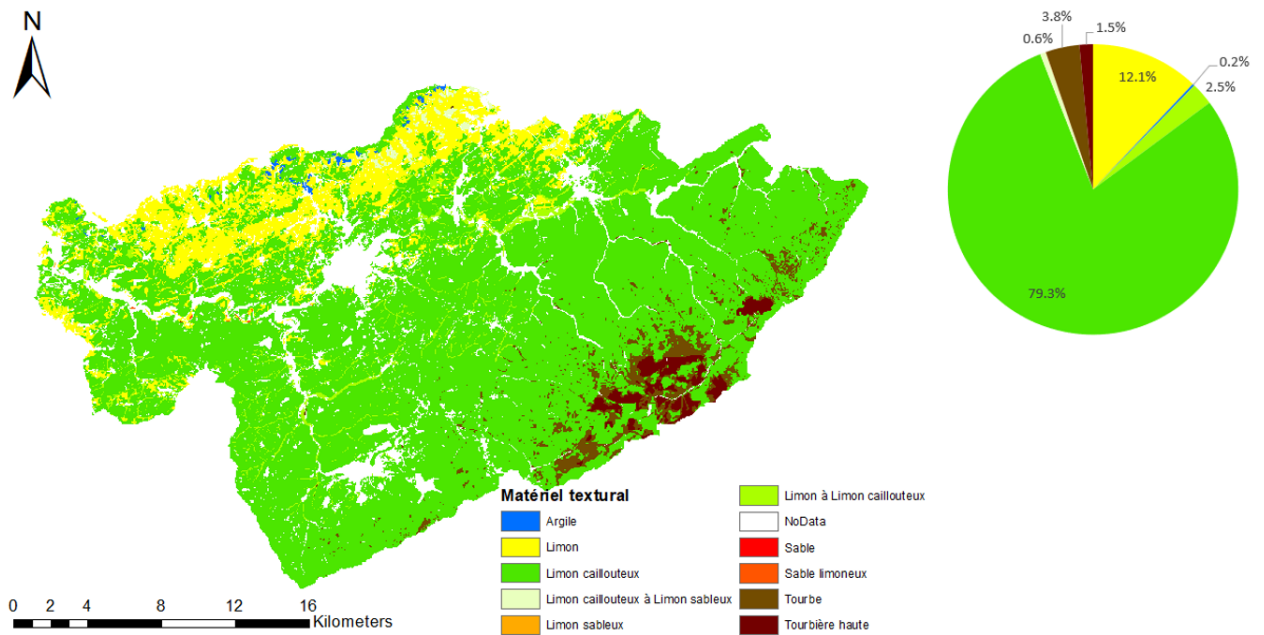


Carte 4. c.1 – Présentation générale du bassin versant de la Vesdre et transect Sud-Nord.

iii. Résultats

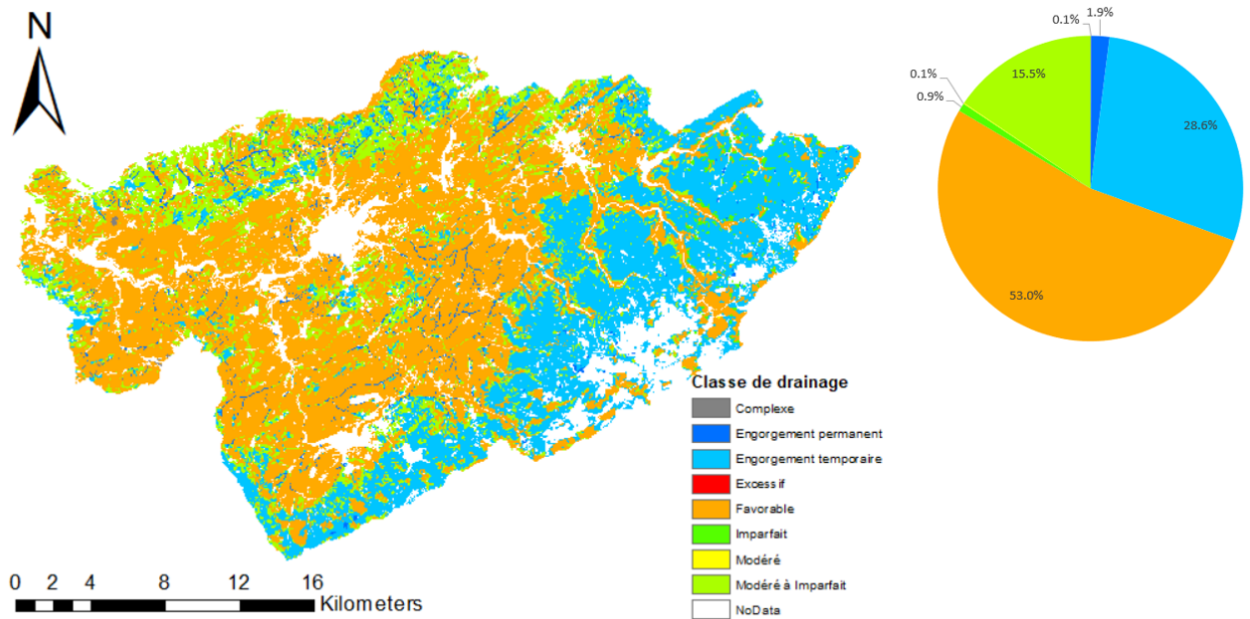
Aperçu général du bassin versant de la Vesdre

La Carte 4. c.2 reprend la distribution de la texture sur le bassin versant. La texture limoneuse caillouteuse domine le paysage à hauteur de 80%. Nous remarquons néanmoins une zone limoneuse non caillouteuse dans le nord ainsi que la présence de tourbe et tourbières dans le sud-est.



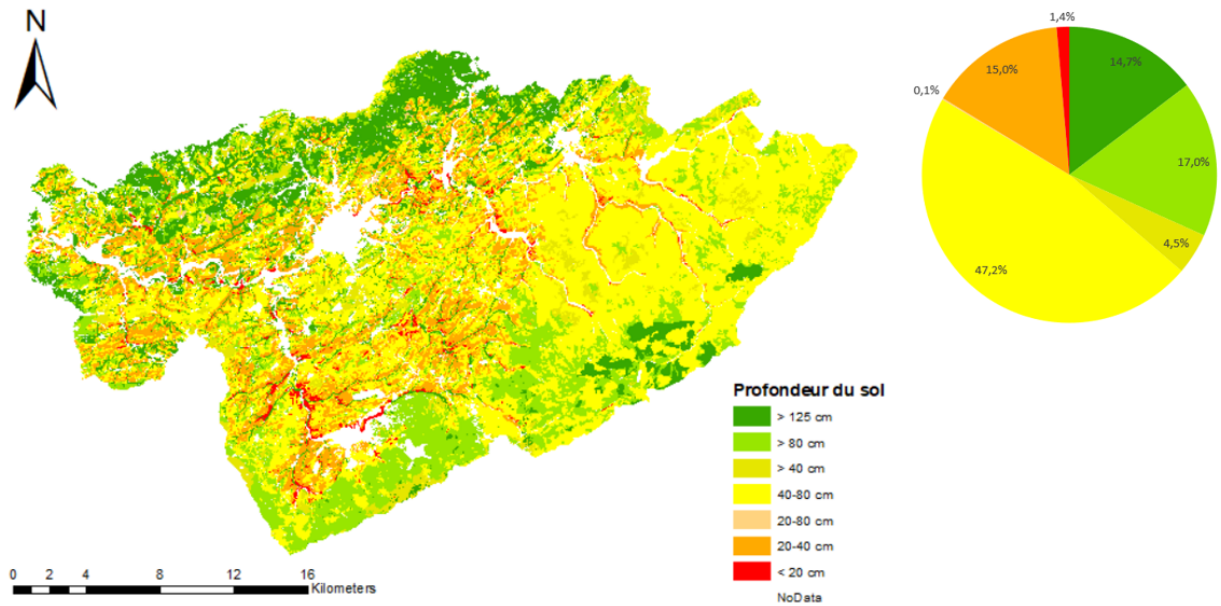
Carte 4. c.2 – Distribution des classes de texture au sein du bassin versant de la Vesdre.

Le drainage est globalement favorable avec néanmoins des zones présentant des engorgements temporaires sur le sud et l’est du bassin (Carte 4. c.3). Les sols avec un pouvoir drainant modéré à imparfait sont quant à eux localisés principalement dans le nord.



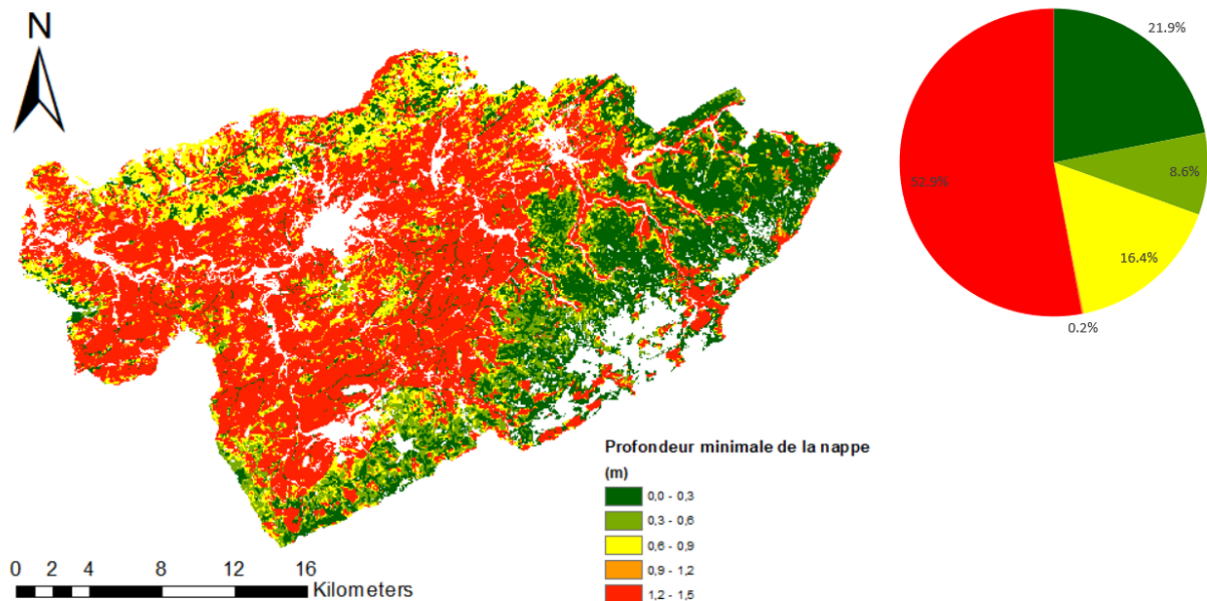
Carte 4. c.3 – Distribution des classes de drainage au sein du bassin versant de la Vesdre.

Les travaux de Legrain *et al.* (2017) montrent la présence de sols de grande profondeur dans la partie nord et sud du bassin ainsi qu’au niveau des zones tourbeuses tandis que les sols les plus superficiels se situent le long des rivières (Carte 4. c.4).



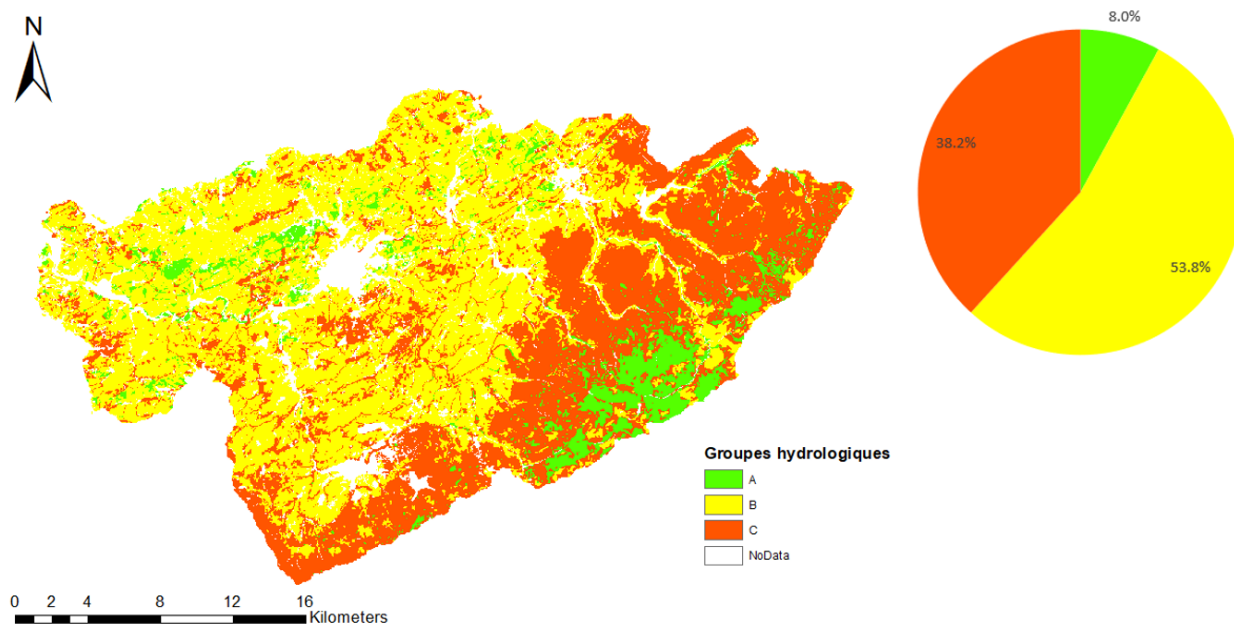
Carte 4. c.4 – Distribution des classes de profondeur de sol au sein du bassin versant de la Vesdre.

La profondeur minimale des nappes suit assez fidèlement la répartition des classes de drainage. Le centre du bassin présente des nappes phréatiques dépassant 1,2 m de profondeur tandis que celles des zones sud et est sont superficielles et peuvent mêmes facilement résurgir à la surface en cas de précipitation importantes, ce qui peut être une des sources de ruissellement (Carte 4. c.5).



Carte 4. c.5 – Distribution des classes de profondeur minimale de la nappe phréatique au sein du bassin versant de la Vesdre.

Enfin, la méthodologie de Demarcin *et al.* (2011) montre des pouvoirs d'infiltration des sols différents au sein du bassin (Carte 4. c.6). Les sols les moins favorables à l'infiltration (C) se retrouvent dans les zones sud et est tandis que les zones avec le plus grand pouvoir d'infiltration (A) correspondent principalement aux tourbières du sud-est du bassin.



Carte 4. c.6 – Distribution des groupes hydrologiques au sein du bassin versant de la Vesdre.

Évolution des propriétés hydrologiques le long du transect Spa-Verviers

La Figure 4. c.1 montre l'évolution des classes de drainage et de profondeur du sol le long du transect Spa-Verviers. Celui-ci est très vallonné avec des altitudes fluctuant entre 160 et 380 mètres.

Profil altimétrique du transect Spa-Verviers (distance du Sud vers le Nord)

La ligne bleue représente la différence entre l'altitude (m) et la profondeur maximale du sol (dm)

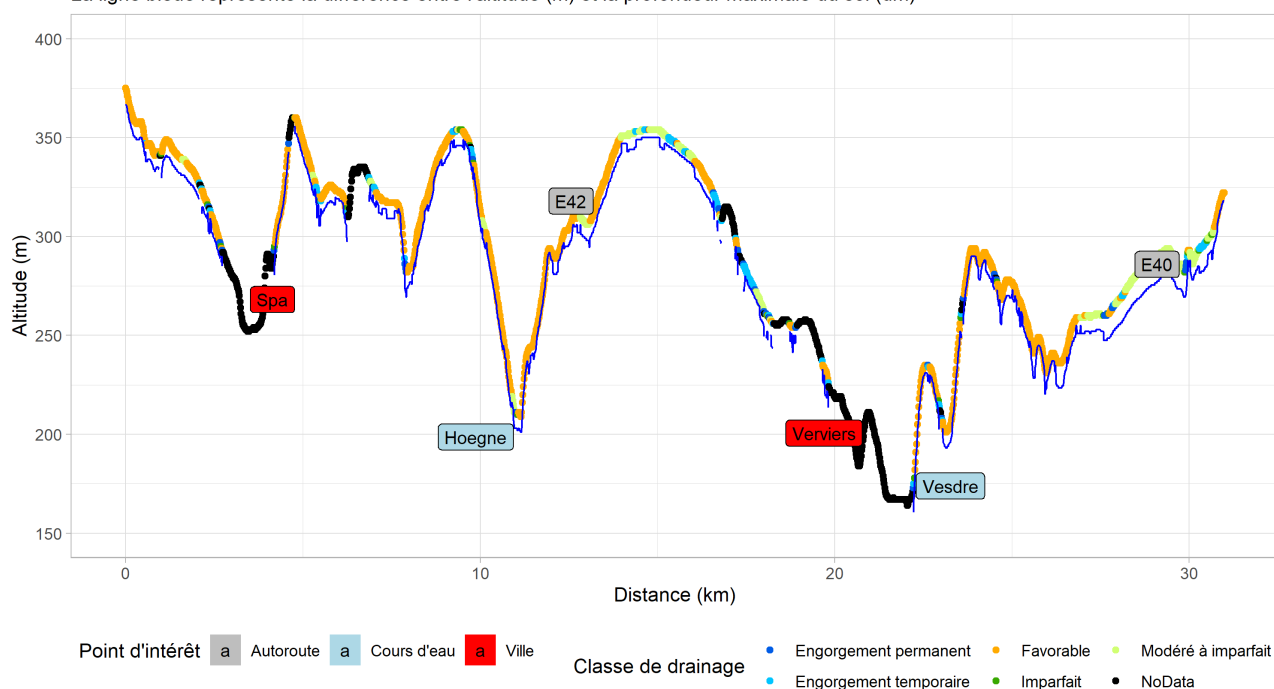


Figure 4. c.1 – Transect Spa-Verviers.

Les zones sans données équivalent aux zones imperméabilisées à l'époque du levé de la carte, dans lesquelles figurent notamment les villes de Spa et de Verviers. Sans surprise, les cours d'eau comme la Hoëgne et la Vesdre occupent les minima locaux du profil.

Le drainage est globalement favorable avec des secteurs à mi-distance et au nord ayant un drainage moins favorable, entre modéré et imparfait. Les sols les plus profonds sont préférentiellement situés aux sommets, lorsque la dénivellation est la plus faible, et dans le nord du profil. Au contraire, les zones à forte pente ont globalement des sols superficiels.

iv. Conclusion

Conclusion générale

L'analyse générale du bassin versant de la Vesdre montre de claires disparités hydrologiques au sein du paysage. Sur les hauteurs (situées à l'est et au sud du bassin versant), les sols ont une capacité d'infiltration restreinte montrant fréquemment des engorgements en eau au cours de l'année.

A l'inverse, le nord du bassin présente un pouvoir drainant, quoique peu favorable, meilleur que les sols à l'est et au sud. Ces sols sont également beaucoup plus profonds (dépassant les 120 cm de profondeur) et la nappe phréatique est moins superficielle. Ces facteurs semblent montrer que le nord est donc une zone plus propice à l'usage des sols dans un objectif de régulation hydrologique.

La présence de tourbières dans le sud-est montre qu'il existe un stock potentiel en eau important qui pourrait jouer un rôle dans la prévention des inondations. Toutefois, ceci n'est valable que si ce stock n'est pas déjà rempli à l'heure actuelle. Une étude plus approfondie sur ces zones tourbeuses est donc nécessaire.

Limites de l'approche

Comme mentionné précédemment, la cartographie des profondeurs de sol et des profondeurs de nappe phréatique reposent respectivement sur les travaux de Legrain *et al.* (2017) et Meersmans *et al.* (2008). Ces cartes ne sont pas donc pas issues de données brutes et doivent être considérées avec prudence.

La cartographie numérique des sols de Wallonie repose sur des relevés datant de 1950 à 1970 qui ont été menés dans l'objectif principal de quantifier les capacités agronomiques des sols. L'interprétation hydrologique de ces cartes doit donc rester prudente. De plus, il est probable que certaines tourbières hautes se soient détériorées depuis la période de relevés, modifiant donc leurs propriétés hydrologiques.

Toutefois, les cartographies présentées permettent de spatialiser les propriétés hydrologiques d'infiltration (vitesse de pénétration de l'eau dans le sol) et de stockage (porosité et profondeur). Ces deux aspects doivent impérativement être analysés de manière conjointe pour la bonne compréhension de l'hydrologie du bassin.

Pour conclure, il est important de rappeler que ces observations et interprétations découlent de données qui sont purement qualitatives et ne transmettent donc aucune valeur chiffrée utilisable pour une analyse plus détaillée du bassin versant de la Vesdre. Une approche quantitative dépasse toutefois le périmètre du présent projet.

v. Références

Boughton WC (1989) A review of the USDA SCS curve number method. *Soil Research* **27**, 511-523.

Demarcin P., Sohier C., Mokadem AI. et al (2011). Essai de cartographie des classes d'infiltrabilité des sols de Wallonie. In: *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. 15(1), 119-128.

Meersmans, J., De Ridder, F., Canters, F., De Baets, S., & Van Molle, M. (2008). A multiple regression approach to assess the spatial distribution of Soil Organic Carbon (SOC) at the regional scale (Flanders, Belgium). *Geoderma*, 143(1-2), 1-13.

Legrain X., Michel B. & Colinet G., 2017. *Carte de l'épaisseur de la couverture meuble en Wallonie*. Valorisation de la Carte Numérique des Sols de Wallonie 2016. Subvention financée par le Service Public de Wallonie (DGARNE). Axe EESP, GxABT, ULiège.

d. Analyse des conditions hydrogéologiques

Auteur : Alain Dassargues, Hydrogéologie et Géologie de l'Environnement, ULiège.

i. Introduction

Les conditions géologiques et en particulier hydrogéologiques peuvent avoir des conséquences locales importantes sur les inondations provoquées par de fortes précipitations. L'hydrogéologie qui consiste à comprendre comment le stockage et l'écoulement de l'eau se fait en milieu souterrain dépend étroitement d'une combinaison de facteurs topographiques, lithologiques (i.e., nature géologique des couches du sous-sol) et structuraux (e.g., présence de failles, direction des couches). Le sous-sol est toujours saturé à partir d'une certaine profondeur (à partir de la surface), néanmoins l'interprétation hydrogéologique réunit les différents facteurs cités ci-dessus pour en déduire les écoulements principaux, les stockages principaux et surtout les zones potentiellement exploitables pour pomper/drainer de l'eau souterraine pour divers usages. *La circulation et le stockage des eaux souterraines peuvent être considérés comme le résultat de processus hydrauliques dans un milieu de grande hétérogénéité (propriétés spatiales très variables) principalement influencée par la géologie* (Dassargues, 2020). Deux propriétés des milieux géologiques sont à considérer : leur capacité à stocker de l'eau appelée 'coefficient d'emmagasinement' (qui dans certaines conditions peut être assimilé à une porosité efficace de drainage) et leur aptitude à conduire de l'eau appelée coefficient de perméabilité ou conductivité hydraulique. Les contrastes entre ces deux propriétés, largement influencés par l'hétérogénéité géologique et structurale, conduisent à une infinité de 'contextes hydrogéologiques' en termes d'infiltration, de profondeur d'eau, de sources ou d'exutoires naturels d'eau souterraine, de capacité de stockage, d'efficacité de pompage et drainage, d'interconnexion entre différentes unités géologiques, et d'interactions avec les eaux de surface.

Le bassin versant de la Vesdre, est géologiquement très hétérogène. Globalement, et de l'amont vers l'aval, on passe de roches indurées fracturées très anciennes du socle cambro-silurien, puis ensuite aux roches plissées et fracturées du Dévonien et du Carbonifère. Les roches du Cambrien et du Silurien sont des quartzites, des phyllades et des quarto-phyllades très peu perméables. Le Dévonien et le Carbonifère sont composés d'alternances schisto-gréseuses et calcaires. Il est clair qu'une attention toute particulière doit être portée au rôle des terrains calcaires karstifiés par rapport aux inondations via notamment les parcours rapides et spécifiques des eaux souterraines dans ces massifs où la karstification est la cause de l'existence de systèmes de 'pertes' - 'vallées sèches' - 'résurgences' dont le fonctionnement en conditions extrêmes de précipitations a provoqué des inondations dans les 'vallées sèches' ainsi qu'en amont et aval des pertes et résurgences.

L'analyse ci-dessous reprendra une description des processus en relation avec les différentes lithologies du sous-sol que les précipitations extrêmes de juillet 2021 ont provoqué. Les cheminements très différenciés des eaux souterraines selon ces lithologies sont décrits de façon générale et quelques exemples locaux et emblématiques notamment dans des zones karstiques seront épinglés pour illustration.

ii. Méthodologie

Les données utilisées sont principalement les cartes hydrogéologiques concernées par le bassin de la Vesdre, à savoir (de l'amont vers l'aval) : Reinartzhof – Hoscheilt 43/7-8, Limbourg – Eupen 43/5-6, Sart – Xhoffrai 50/1-2, Henri-Chapelle – Raeren 43/1-2, Fléron – Verviers 42/7-8, Louveigné – Spa 49/3-4, Seraing – Chênée 42/5-6. Ces cartes ont l'avantage de déjà synthétiser une série de données en provenance des cartes géologiques (anciennes et/ou nouvelles), de l'atlas du karst, des études de zones de prévention autour des captages et une série d'autres données spécifiques pouvant avoir une influence sur les écoulements souterrains comme, par exemple, des données sur les anciennes mines.

iii. Résultats

Conditions hydrogéologiques du bassin versant

En amont du bassin, le plateau des Hautes Fagnes, est tout à fait spécifique avec des tourbes saturées, et des plantations d'épicéa ayant requis le creusement de nombreux drains en surface. Les tourbières sont l'occupation majeure du sol et constituent la première couche de sol. Le drainage naturel est très limité. Si les tourbes se développent c'est justement parce que l'eau très peu mobile ne permet pas aux micro-organismes de décomposer rapidement la matière organique en conditions anaérobies (Ruthy & Dassargues 2015). Ces dépôts tourbeux surmontant des substrats peu perméables qui occupent le plateau des Fagnes n'ont qu'une très faible capacité de réserve en eau et sont très peu perméables (Wastiaux, 2008 ; Gilson et al., 2012). Le rôle des tourbières dans le cycle hydrologique, et plus particulièrement leur impact sur le régime des cours d'eau, a été l'objet de maintes études, parfois controversées. D'après Wastiaux (2008), *'les tourbières n'assurent ni un effet tampon sur les crues, ni un soutien d'étiage qui soient significatifs'. 'En période de précipitations, le niveau hydrostatique reste très proche de la surface. Parallèlement, les pics de crues se succèdent. La tourbière est (quasi) saturée. Tout excédent de précipitations ne peut donc s'infiltrer, mais seulement ruisseler selon la pente, à travers la végétation de surface'*.

Dans la partie du Dévonien 'schisto-gréseux', les alternances de « schistes » (au sens de siltites et argilites affectées par une schistosité) et de grès à bancs de quartzite, le caractère aquifère du sous-sol dépend de la présence et du degré de fissuration des roches gréseuses et quartzitiques d'une part et de l'importance du manteau d'altération d'autre part (Dassargues et al., 2020). Dans ce type de contexte, il n'y a pas d'aquifère continu mais l'occurrence de deux types de zones aquifères : les aquifères profonds et les aquifères du manteau d'altération (Derycke et al., 1982). Notons que le terme aquifère est utilisé ici de façon relative car une formation aquifère de faible perméabilité peut être considérée comme un aquifère lorsque, localement, toutes les formations géologiques environnantes sont moins perméables et que la formation considérée peut être utilisée pour l'approvisionnement en eau (Dassargues, 2018).

Les aquifères du manteau d'altération et/ou des zones de tourbières sont superficiels et correspondent à des zones saturées perchées dont l'écoulement est dirigé vers les cours d'eau qui les drainent et dont la hauteur saturée est très limitée (quelques mètres) et très variable dans le temps (Dassargues et al., 2020). Localement, des interconnexions avec des nappes alluviales existent. Ces aquifères sont peu productifs et souvent temporaires.

Il y a eu des études (LGIH, 1982) de petits sous-bassins (Robinette (affluent de la Soor), Waröneu-Dreiborn (affluent de La Gileppe), Soristène (affluent de la Helle)) montrant clairement la tendance très peu perméable favorisant des écoulements de ruissellement et hypodermiques importants. L'influence d'aquifères profonds est totalement négligeable sur le cycle hydrologique et en particulier sur les conditions très humides.

Dans les zones calcaires du Dévonien et du Carbonifère, de nombreuses traces de karstification sont visibles dans la géomorphologie et de nombreux processus particuliers sont en cours en relation avec la karstification actuelle et ancienne (paléokarst). En particulier, les systèmes karstiques avec 'pertes' et 'résurgences' présentent des axes d'écoulements souterrains privilégiés pas forcément en relation avec les conditions topographiques. Certains vallons secs (ou quasi-secs) en temps normal se retrouvent inondés ou avec un écoulement de surface très renforcé à cause de la limite d'engouffrement de l'eau dans les pertes (en amont). D'autre part, ces inondations dans les vallons secs karstiques sont souvent suivies d'instabilités de terrain dues au fait que les particules fines (argileuses) ont été emportées par des écoulements souterrains violents et que les massifs calcaires dont les fractures ont été 'nettoyées' peuvent 'collapser' en un enchevêtrement de blocs désolidarisés.

Par conséquent, dans ces zones karstiques, les systèmes ‘pertes’ - ‘vallées sèches’ - ‘résurgences’ ont pu provoquer des dégâts importants et parfois dans des zones habituellement peu touchées par des inondations.

Dans le bassin de la Vesdre, en juillet 2021, on a pu constater les faits généraux repris ci-après.

- De nombreuses pertes (dolines, chantoir, agolina...) n’ont pu engouffrer le flux exceptionnel de ruissellement convergent vers le point d’infiltration préférentiel dans le milieu souterrain qu’elles constituent. Ceci a entraîné des inondations de zones localisées directement en aval et même en amont de ces pertes.
- Des vallées habituellement sèches (i.e., sans cours d’eau) se sont retrouvées inondées avec l’apparition dans leur thalweg d’un cours d’eau au débit parfois très imposant ($100 \text{ L/s} < \text{débit} < \text{quelques m}^3/\text{s}$). Dans ce type de vallée sèche, l’occupation du sol n’est le plus souvent pas prévue pour un tel écoulement de surface.
- Une série d’émergences ont été réactivées, certaines de celles-ci sont des ‘résurgences perchées’ (en position perchée par rapport au réseau hydrographique actuel) qui ont pu être réactivées par les conditions de très hautes eaux (souterraines) dans les calcaires. D’autre part, des émergences habituelles ont pu passer d’un débit de quelques L/s à des m^3/s avec toutes les conséquences en aval immédiat.
- Des dolines (dépressions topographiques dues à la karstification du sous-sol) ont été remblayées (comblement anthropique), d’autres s’agrandissent progressivement et d’autres encore sont apparues récemment. Certaines de ces dépressions correspondent également à d’anciens sites d’extraction de sables ou de marnes. Toutes ces dépressions ont été affectées par les ruissellements exceptionnels et ces derniers ont provoqué des changements importants dans leur évolution soit accentuation du creusement, soit comblement partiel (temporaire ou à plus long terme) par des sédiments.
- Dans la vallée de la Vesdre, des trajets souterrains de recoupement de méandres ont été activés ou réactivés de façon parfois très importante avec des résurgences très importantes dans le lit ou en bordure de la Vesdre.

La liste suivante de sites karstiques ou miniers ayant pu provoquer des problèmes lors des précipitations exceptionnelles de juillet 2012 est reprise ci-dessous. Faute de documentation exhaustive des zones où des problèmes ont été rencontrés à cause de ces processus décrits ci-dessus, quelques exemples typiques, emblématiques et partiellement documentés sont repris au paragraphe suivant.

Sites karstiques ou miniers ayant pu provoquer des problèmes

Carte Limbourg – Eupen 43/5-6 (Ruthy & Dassargues, 2013)

9. Petit synclinal calcaire de Baelen : perte et source liés à la karstification entre Heuvel et Medael
10. Au Nord de Limbourg : pertes, chantoir et résurgences (chantoir du ruisseau des Queues, pertes du Champ de Wô, double perte du rû de Bilstain, et résurgences du Champ de Wô et du rû de Bilstain)
11. En aval de Limbourg, près de Nasproué, grottes et réseau karstique important recoupant les méandres de la Vesdre, pertes et résurgences variées entre Bellevaux et Renoupré (plus d’une vingtaine de cavités sont dénombrées sur ce tronçon de la Vesdre) (plus de détail, cfr ci-dessous).
12. A l’est de Stembert, en direction de Hévreumont, un vaste champ de dolines se situe au droit de la bande des calcaires dévoniens. Vallée sèche et parcours souterrain de l’eau non connu jusqu’à la résurgence de Bronde.
13. Au sud de Goé, trois rus se perdent dès leur arrivée sur les calcaires dévoniens formant les chantoirs de la Pierresse, des vallées sèches sont visibles dans la topographie en direction de Goé, mais les résurgences ne sont pas identifiées.
14. Dans la même bande calcaire du Dévonien, à l’est de Goé, se situe le système karstique de Béthane. A ce jour, les entrées et sorties actives de ce recoupement souterrain de méandre ne sont pas connues. La perte de Béthane n’est active que lors des très grosses crues de la Vesdre et constituerait l’une des entrées du

réseau karstique (Polrot 2010). Il a été signalé (EcoKarst 2021) que la perte de Béthane avait été complètement ‘nettoyée’ par le gros débit qui s’y est engouffré en juillet 2021.

15. Entre Jehanster et Surister, un vaste champ de dolines est observé sur les calcaires dévoniens. Un chantoir (Perte de Fohalle) récolte les eaux qui ruissellent dans cette cuvette. Perpendiculairement à l’axe d’écoulement principal, dirigé vers le NE, quelques vallons secs ont été signalés, où temporairement des zones humides se développent. Le karst dans cette zone semble être très actif (CWEPSS 1995-2005).

Carte Henri-Chapelle – Raeren 43/1-2 (Ruthy & Dassargues, 2009)

16. Au sud-ouest de Welkenraedt, au lieu-dit des ‘Quatre Chemins’, deux liaisons entre des pertes, sans doute d’origine anthropique (anciennes exploitations de marnes ou minières métallifères) et la résurgence de la Haute Folie (CWEPSS 1995-2005). Toutes ces pertes semblent s’aligner sur l’axe de l’anticlinal où le calcaire affleure en surface ou n’est recouvert que par une couche mince de schiste houiller. Donc attention dans les zones en dépression situées entre les pertes et les résurgences.

Carte Fléron – Verviers 42/7-8 (Ruthy & Dassargues, 2013b)

17. Le complexe karstique de Flère, situé sur la Vesdre entre Pepinster et Nessonvaux, est un bel exemple d’un recouplement de méandres. En période de hautes eaux, une partie des eaux de la Vesdre pénètrent dans le sous-sol via quatre pertes alignées sur une soixantaine de mètres en rive droite de la rivière (pertes de Flère). Après un parcours souterrain d’environ 1 km dans les calcaires dévoniens, ces eaux ressortent à la résurgence de Goffontaine; dans la berge en rive droite de la Vesdre (CWEPSS 1995-2005).
18. Dans la région d’Olne, plusieurs phénomènes karstiques sont observés. Topographiquement, les eaux ruisselant depuis les terrains houillers au nord devraient alimenter le ruisseau ‘Hazienn-Bola’. Les vallons de Froidbermont, Turlurette-Mohontier, sont secs la majorité du temps, et peuvent potentiellement se retrouver inondés en cas de précipitations et crues importantes. Le ruisseau Hazienn-Bola’ se perd dans les calcaires tournaisiens (perte du Ry de Soiron). Débordement en juillet 2021 des pertes et chantoirs ont provoqué des inondations (plus de détail, cfr ci-dessous). La résurgence au fond du parc de la villa des Hirondelles, a atteint un débit énorme (EcoKarst 2021).
19. A l’ouest du système karstique d’Olne-Xhendelesse, dans la zone Magnée-Forêt. Le ruisseau de la Magne s’écoule depuis le nord sur les terrains schisteux du Houiller et rejoint le Vesdre à Prayon. A son arrivée sur les calcaires, une partie des eaux s’infiltrant dans le sol, par l’intermédiaire de quelques pertes, vers le réseau souterrain du Wuinant. Elles refont surface environ 1 km en aval, à vol d’oiseau, à la Grotte de la Résurgence et à l’Emergence du Wuinant. Une partie non négligeable du cours d’eau ne s’écoule plus dans son lit aérien (CWEPSS 1995-2005).
20. A l’est du réseau karstique d’Olne-Xhendelesse, à Grand-Rechain, une liaison karstique entre l’agolina de Grand-Rechain (perte) et la résurgence du Bola est supposée. Ce système a été fortement modifié : les eaux de ruissellement ne se perdent plus mais continuent leur chemin en surface jusqu’à la route où elles sont canalisées.
21. Au nord-est de Dison, le ruisseau des Prés du Mont s’écoule du nord vers le sud, d’abord sur les terrains du Houiller, dès son entrée sur les calcaires, les eaux s’infiltrant dans le sol par les chantoirs de Clisore. En aval, la grotte de Bebronne sert de résurgence de crue. En juillet 2021, de gros débits du ruisseau sont restés en surface (EcoKarst 2021). A partir de la grotte de Bebronne, les eaux s’écoulent alors une vingtaine de mètres en surface, avant de s’engouffrer à nouveau via la perte du Troquay dans le sous-sol pour ressortir à la résurgence du même nom. Quand le débit est plus important, l’eau reste en surface depuis la Grotte Bebronne, la perte ne pouvant plus absorber tout le débit.
22. Au sud d’Heusy, dans le synclinal calcaire dévonien, un vaste champ de dolines d’effondrement et de tassement est observé. Ces dolines sont alignées au droit de vallons secs. En période de fortes pluies, des

mares résiduelles apparaissent dans quelques-unes et un ruisseau non pérenne s'écoule avant de se perdre de manière diffuse. Ces observations attestent de la présence d'une circulation d'eau souterraine. En outre, l'activité karstique n'est pas négligeable comme en témoigne les nombreuses traces de phénomènes karstiques récentes (CWEPSS, 1995-2005). Ce site est aussi appelé "La Bouquette" ou "Moraifosse".

Sud de la carte Fléron – Verviers 42/7-8 (Ruthy & Dassargues, 2013b) et nord de la carte Louveigné – Spa 49/3-4 (Ruthy & Dassargues, 2014)

23. A Jusleville (carte Fléron – Verviers), une résurgence sort depuis les calcaires carbonifères dans la vallée de la Hoëgne. Il s'agit d'une diffluence souterraine, l'eau sort de 5 endroits différents étalés sur 30 m environ. La zone est marécageuse. En juillet 2021, les eaux se seraient engouffrées dans les chantoirs de Wislé– Rond-Haie (carte Louveigné – Spa) mais les vallons habituellement secs ont été inondés (EcoKarst 2021).
24. A Hammier, le ruisseau de Wisgrifond se perd au contact des calcaires givetiens. L'entrée du système, le chantoir du Hammier, n'est actif qu'en périodes de forts débits. Cette perte remonte vers l'amont, attestant d'un karst toujours actif. La zone en amont du chantoir, à hauteur de la route, est marécageuse. La résurgence de ce système se situe environ à 500 m du chantoir (Nys 1930).

Carte Louveigné – Spa 49/3-4 (Ruthy & Dassargues, 2014)

25. Le système karstique du château de Gomzé-Andoumont montre des pertes totales ou intermittentes, des dolines, souvent remblayées ainsi qu'une résurgence. Des vallées sèches et aveugles sont observées. Ainsi, le ruisseau de Froide Fontaine s'engouffre au droit de la perte du château pour réapparaître à la résurgence du Trou du Renard (ou Résurgence des Forges), située près du ry de Mosbeux (Nys 1929a, 1929b). Cette résurgence est sans doute également alimentée par les eaux qui se perdent dans d'autres chantoirs situés dans la partie septentrionale de la bande calcaire. Vers l'ouest (carte Esneux 49/2), les chantoirs de Gros Confin participent aussi à l'alimentation de cette résurgence. Tout le système a été fortement perturbé dans la partie amont par les constructions de l'autoroute E25 (qui passe à environ 3 km à l'ouest de la résurgence). En effet, les eaux pluviales de l'autoroute sont envoyées, via des tuyaux en béton, vers ces points d'infiltration.
26. A Stinval, le niveau de base du réseau est donné par la résurgence 'Fontaine de Borboux' ou de Stinval, située à 204 m d'altitude. La plus haute perte connue se trouve à 253 m, les calcaires culminant à 262 m (Bernard & Polrot, 2000). De nombreux chantoirs, en majorité échelonnés le long de la bordure méridionale des calcaires alimentent ce système : lors de fortes précipitations, certaines pertes ne sont pas capables d'absorber tout le débit et un écoulement de surface temporaire se produit. Les eaux infiltrées réapparaissent en plusieurs petites résurgences donnant naissance au ruisseau de Stinval et à un plan d'eau (Briffoz 1980). Le ruisseau de Stinval draine plus que son bassin versant de surface et d'autre part toutes les vallées sèches en amont sont susceptibles d'être inondées en période de crue. Ce système a été fortement remanié par l'homme (Bernard & Polrot, 2000) : canalisation des écoulements de surface, comblement de dolines et de pertes et par la création de pseudo-dolines issues de l'activité extractive (sables, argiles).
27. Directement au nord de La Reid, se localisent le Chantoir de La Reid et la Perte principale du ru de Jehoster. L'ensemble des phénomènes karstiques associés au ru de Jehoster semble être relativement actif (CWEPSS 1995-2005). En aval de la perte principale pérenne, des chantoirs de crue fonctionnent lors de fortes pluies, réactivant temporairement la vallée sèche. Les eaux absorbées par ces deux chantoirs ressortent à Hestroumont et à Spixhe (Meus, 1993) (plus de détail, cf. ci-dessous).

Carte Seraing – Chênée 42/5-6 (Ruthy & Dassargues, 2005)

28. A la Brouck, au sud-est de Chaudfontaine, l'écoulement souterrain de la Waltinne a été reconnu par traçage (CWEPSS, 1995-2005). Il se fait en direction de la vallée de la Vesdre au nord-est (Ruthy et al. 2014).

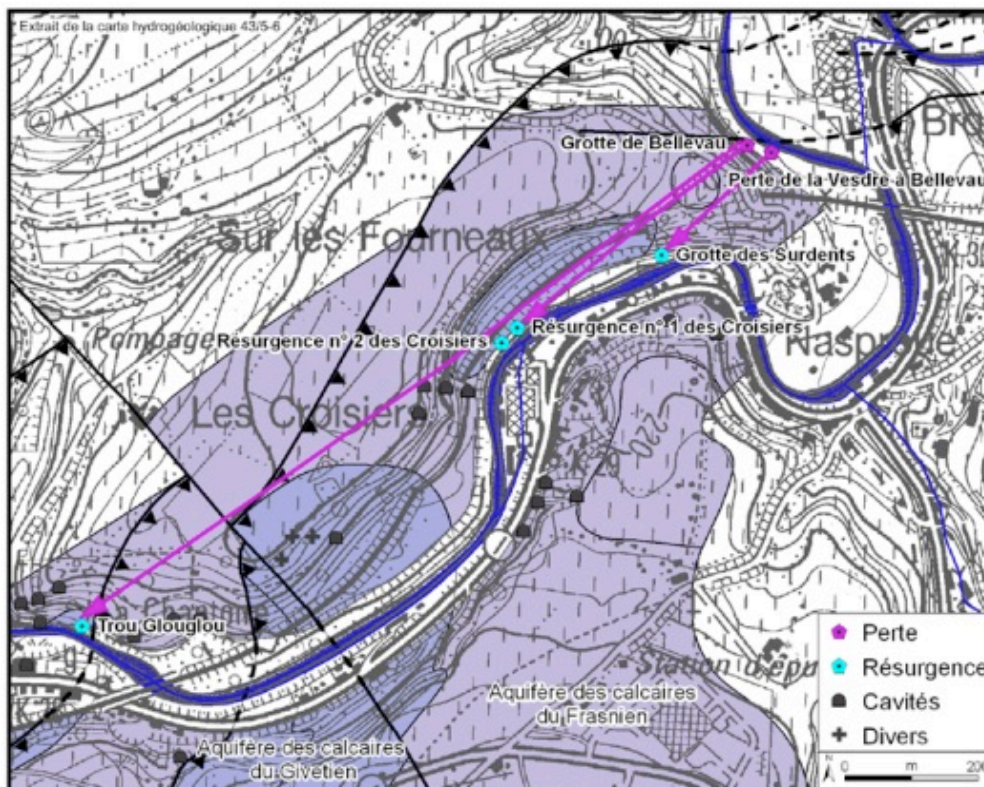
29. Une perte est localisée dans les calcaires carbonifères, à proximité de La Rochette près de Chaudfontaine.

Exemples

Nasproué

En aval de Limbourg (point 3 ci-dessus), près de Nasproué, plus d'une vingtaine de cavités sont dénombrées le long de la Vesdre témoignant d'un réseau karstique important recoupant les méandres de la Vesdre (Carte 4. d.1). Ce système développe plus de 1500 m de galeries, salles, conduits, étroitures, cavités souterraines (réseau connu) (Polrot, 2005). La grotte et la perte de Bellevaux, avec un porche monumental, correspondent à de très grosses pertes de la Vesdre. La Vesdre avait été endiguée artificiellement pour préserver son débit. Entre la digue et les pertes, il y a eu remblaiement artificiel, si bien que ces pertes de Bellevaux, ne sont actives qu'en périodes de grandes crues. A cet endroit, durant la crue de juillet 2021, le niveau de la Vesdre a atteint un niveau record estimé à +6,7 m par rapport à la normale provoquant un engouffrement énorme et le submergemenent de toute la zone (Figure 4. d.1).

Les exutoires semblent être essentiellement la résurgence des Croisiers et l'émergence de la Chantoire (aussi appelée « Trou des Sottais » et située à 100 m à l'est du « Trou Glouglou ») (Carte 4. d.1). En temps normal, l'eau rencontrée dans la grotte des Surdents ne semble pas être en relation avec celle rencontrée dans la grotte de Bellevaux. L'exploration du réseau souterrain de la grotte de Bellevaux a permis d'atteindre une circulation souterraine majeure dont le niveau (en période d'été) se situe environ 3,5 m sous le niveau du lit en surface de la Vesdre. Le cours de la rivière en surface se retrouve ainsi en position perchée sur ses alluvions et au-dessus des circulations souterraines (Polrot, 1989, Bernard & Polrot, 1994).



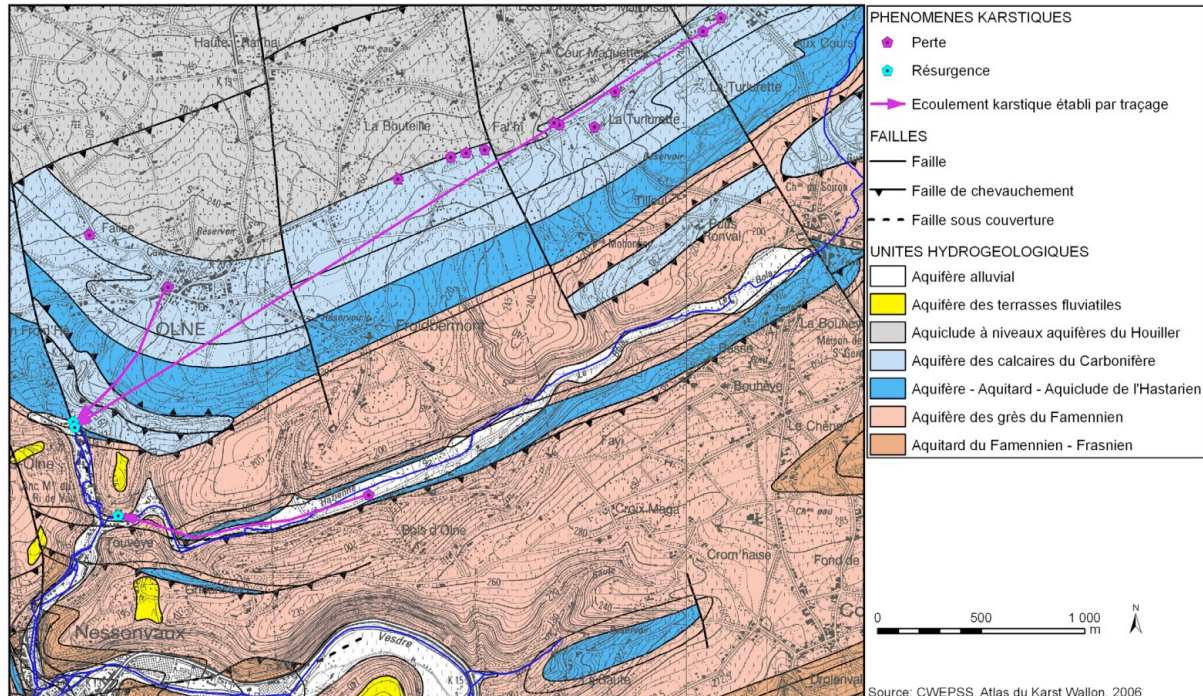
Carte 4. d.1 – Recoupement de méandres de la Vesdre via un écoulement souterrain karstique dans la zone de Nasproué (Extrait de la carte hydrogéologique Limbourg – Eupen 43/5-6, Ruthy & Dassargues 2013).



Figure 4. d.1 – La grotte et la perte de Bellevaux à Nasproué, en période normale (à gauche) l’endiguement artificiel et le remblaiement de la plaine alluviale empêche la perte d’engouffrer le débit de la Vesdre, en période de crue (à droite) l’engouffrement est important. Le trait rouge indique le niveau maximum qui aurait été atteint en juillet 2021 (EcoKarst 2021). Photos C.R. Vestre et C. Dupuis (EcoKarst 2021).

Vaux Sous-Olné

Dans les bandes de calcaires carbonifères de la région d’Olné, plusieurs phénomènes karstiques sont observés. Topographiquement, les eaux ruisselant depuis les terrains houillers au nord devraient alimenter le ruisseau ‘Hazienne-Bola’. Cependant, les quelques vallons recensés, dont Froidbermont, Turlurette-Mohontier, sont secs. Aucun écoulement de surface pérenne n’y est observé. En effet, sur l’axe partant de Xhendelesse vers Olné et orientée NE-SW, de nombreux chantoirs et dolines-pertes ont été reconnus (Xhendelesse, La Turlurette, La Bouteille) (Carte 4. d.2). Tous ces vallons ‘secs’ se retrouvent inondés en cas de précipitations et crues importantes.



Carte 4. d.2 – Écoulements karstiques préférentiels prenant globalement la direction des couches calcaires dans la zone d’Olné, depuis le sud de Xhendelesse jusqu’aux résurgences près de Vaux Sous-Olné (Extrait de la carte hydrogéologique Fléron - Verviers 42/7-8, Ruthy & Dassargues 2013b).

En juillet 2021, les débordements des pertes et chantoirs ont provoqué des inondations, notamment à la perte de Xhendelesse et au chantoir de la Falise à Olne, provoquant des inondations violentes dans les villas aux alentours (EcoKarst 2021). A l'agolona du Bief de Xhendelesse des inondations en amont et en aval par rapport à la perte ont été observées (EcoKarst 2021). La résurgence au fond du parc de la villa des Hirondelles, a atteint un débit énorme (Figure 4. d.2, EcoKarst 2021).



Figure 4. d.2 – Résurgence au fond du parc de la villa des Hirondelles, résurgence énorme qualifiée de ‘Vauclusienne’) à la grotte-mine des Hirondelles (Photo F.Polrot 14 juillet 2021, EcoKarst 2021).

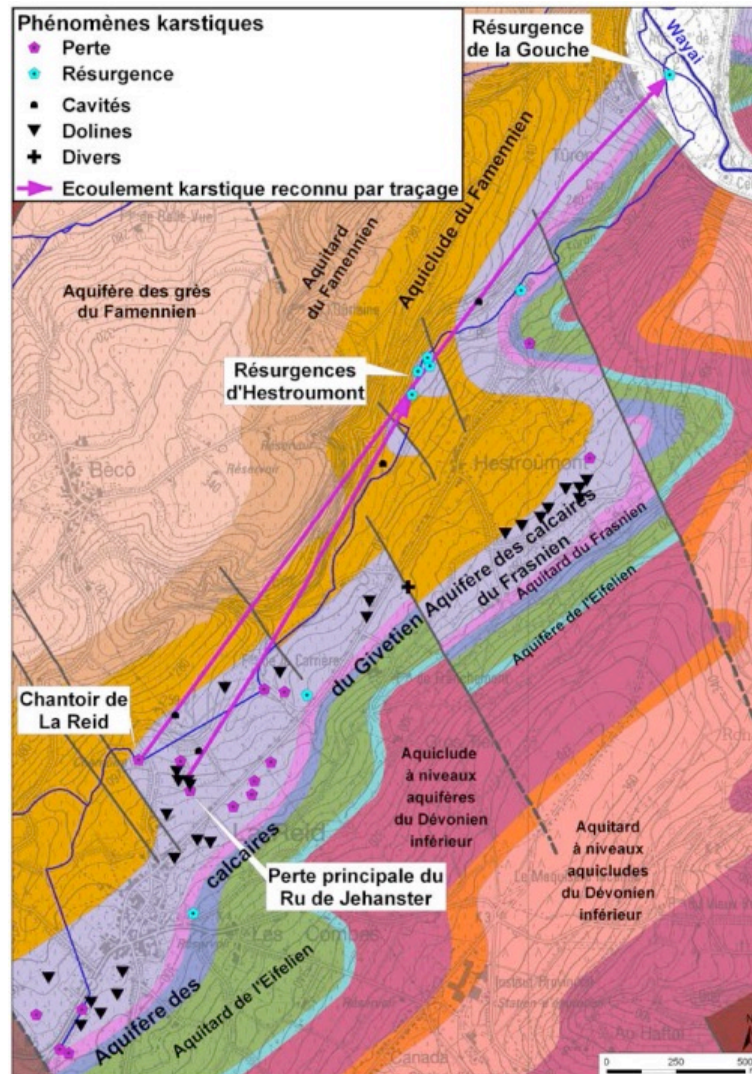
Il est clair que le vallon de Vaux Sous-Olne a particulièrement souffert des débits énormes fournis par ces résurgences. Au sud de ces sites, s'écoule le ruisseau 'Hazienne-Bola', qui après un parcours sur les grès du Famennien, se perd dans les calcaires tournaisiens (perte du Ry de Soiron) : les vallons habituellement secs du Bola, de Falhez, et de la Hazienne ont été inondés. Après un parcours souterrain d'un peu plus d'un kilomètre, les eaux ressortent via la résurgence de Touvoye (Nys et Linsman, 1930).

La Reid-Hestroumont

Dans le système karstique de La Reid-Hestroumont (Carte 4. d.3), la vallée du Turon parcourt les calcaires dévoniens parallèlement à la direction des couches en direction du Wayai. Les pertes et dolines situées au sud du système drainent les eaux issues de deux vallons débutant à Queue-du-Bois et Fraineux. Des traces d'effondrement sont visibles dans certaines dépressions, de même que certaines dolines ont été, partiellement ou complètement, remblayées (Ruthy & Dassargues 2014).

Directement au nord de La Reid se localisent le Chantoir de La Reid et la Perte principale du ru de Jehoster. Le premier, composé de multiples points d'absorption, fonctionne de manière pérenne (perte totale du ruisseau de Bierleux). Les phénomènes karstiques associés au ru de Jehoster semblent être relativement actifs (CWEPPSS 1995-2005). En aval de la perte principale pérenne, des chantoirs de crue fonctionnent lors de fortes pluies, réactivant temporairement la vallée sèche. Les eaux absorbées par ces deux chantoirs ressortent à Hestroumont et à Spixhe (Meus, 1993). A hauteur d'Hestroumont, les eaux ressortent sous pression à la faveur de failles transversales, ramenant les calcaires frasniens en surface. Quelques-unes de ces émergences ne fonctionnent qu'en périodes de fortes crues. Ce système perte-résurgence ne semble fonctionner que lors de fortes précipitations. Il faut aussi noter que ces résurgences jaillissent au sommet de petits cônes de limon, de 2 à 2,5 m de haut (Roland & Marion, 1987). Ces cônes de limons herbues sont appelés localement les borboux (bourbiers) (Polrot, 2005).

Dans le lit du Turon, en amont de la confluence avec le Wayai, se localise un second exutoire de ce système karstique : la résurgence pérenne de la Gouche à Spixhe (Carte 4. d.3).



Carte 4. d.3 – Phénomènes karstiques et circulations d’eau souterraines karstiques dans la zone de La Reid-Hestroumont (Extrait de la carte hydrogéologique Louveigné – Spa 49/3-4, Ruthy & Dassargues 2014).

iv. Conclusion

Dans les zones mentionnées, une attention particulière devra être accordée à ces processus d’écoulements souterrains et de surface en zone karstique provoquant des inondations soudaines dans les vallées sèches, en amont et en aval des pertes, et en aval des résurgences qui changent drastiquement de débit lors des crues. Il faudra par conséquent tenir compte de ces processus dans le cadre du schéma stratégique territorial du bassin de la Vesdre (phase 2), notamment, pour l’évaluation des zones « à rendre », pour l’identification des infrastructures à modifier/créer, ainsi que pour les conseils en termes de modifications de pratiques en matière d’aménagement.

v. Références

- Bernard, C., & Polrot, F. (1994). Les karsts du bassin de la Vesdre, aperçu sommaire d’une étude en cours, Bulletin. *Société royale belge d’études géologiques et archéologiques: les Chercheurs de la Wallonie*, Tome XXXIV, 27-32.
- Bernard, C., & Polrot, F. (2000). Le système karstique de Louveigné (Sprimont-B). *Spéleo Info-REGARDS*, 39, 27-35.
- Briffoz, A., (1980). Coloration à Sendrogne-Stinval vers le bassin de la Vesdre, *CRSOA Info*, 182, nov-déc.

- CWEPSS (1995-2005) Commission Wallonne d'Etude et de Protection des Sites Souterrains (de Broyer C., Delaby S., Michel G., Thys G.), FPMs Faculté Polytechnique de Mons, ULiège Université de Liège. *Etude cartographique numérique des périmètres de contraintes physiques inhérentes au karst wallon*. Convention subsidiée par la DGATLP (RW).
- Dassargues, A., (2018). *Hydrogeology: groundwater science and engineering*. Boca Raton, Taylor & Francis CRC press.
- Dassargues, A. (2020). *Hydrogéologie appliquée : science et ingénierie des eaux souterraines*, Paris, Dunod.
- Dassargues, A., Colbach, R., Rorive, A., Ramon, S., & Hallet V. (2020). Ressources aquifères du massif ardennais. Dans F. Meilliez & E. Goemaere (Coord.) Le Massif ardennais: un jeune massif ancien, *Géochronique* 154: 43-46.
- Derycke, F., Laga, P.G., & Neybergh, N. (1982). Bilan des ressources en eau souterraine de la Belgique. Rapport final, contrat ENV/223/74-F, Rev. 2. Service géologique de Belgique.
- EcoKarst (2021). Spécial Inondations n° 126, Décembre.
- Gilson, M., Briers, P., Ruthy, I., & Dassargues, A. (2012). Carte hydrogéologique de Wallonie, Sart-Xhoffrai 50/1-2, 1/25.000: [notice explicative + carte]. Namur, Belgique: Service Public de Wallonie, DGRNE.
- LGIH (1982). Etudes intégrées des problèmes hydrologiques et forestiers sur le versant nord occidental de la région des Hautes-Fagnes: étude hydrologique et hydrogéologique. HF/822
- Meus, P. (1993). *Hydrogéologie d'un aquifère karstique du calcaire carbonifère en Belgique (Néblon - Anthisnes)*. Apport des traçages à la connaissance des milieux fissurés et karstifiés. Thèse de doctorat. Université de Liège.
- Nys, L. (1929a). Le Chantoir du Château de Gomzée. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, 52, B98-B100.
- Nys, L. (1929b). Observations sur l'hydrologie des calcaires dans la région de Sprimont-Chanxhe. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, 52, B219-B220.
- Nys, L. (1930). Le Chantoir du Hammier. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, 53, B143-B144.
- Nys, L., & Linsman, M. (1930). Observations sur l'hydrologie des calcaires dans la région d'Olne et de Soiron. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, 53, B57-B60.
- Polrot, F. (1989). Le karst des Croisiers. *Regard n°6, Bull. Union Belge Spéléologie*, 5-19.
- Polrot, F. (2005). Les sites karstiques et l'eau dans le bassin de la Vesdre, Contrat de Rivière Vesdre, 33 p + 18 figures. <http://www.crvesdre.be/>
- Polrot, F. (2010). Le système de Béthane. *EcoKarst*. CWEPSS. 80 (2° trimestre 2010), 2-6.
- Roland, C. & Marion, J-M. (1987). Phénomènes karstiques et cônes de limon formés aux résurgences à La Reid. *Bull.Soc.Géogr.Liège*, 22-23, 149-159.
- Ruthy, I., & Dassargues, A. (2005). Carte hydrogéologique de Wallonie, Seraing - Chênée 42/5-6, 1/25.000: [notice + carte] Namur, Belgique: Ministère de la Région wallonne, DGRNE.
- Ruthy, I., & Dassargues, A. (2009). Carte hydrogéologique de Wallonie, Gemmenich - Botzelaar 35/5-6, Henri-Chapelle - Raeren 43/1-2, Petergensfeld 43/3. Namur, Belgique: Service public de Wallonie, DGRNE.
- Ruthy, I., & Dassargues, A. (2013). Carte Hydrogéologique de Wallonie, Limbourg - Eupen 43/5-6, 1/25.000: [notice explicative et carte]. Namur, Belgique: Service Public de Wallonie, DGRNE.
- Ruthy, I., & Dassargues, A. (2013b). Carte hydrogéologique de Wallonie, Fléron-Verviers 42/7-8, 1/25.000: [notice explicative et carte] Namur, Belgique: Service Public de Wallonie, DGRNE.
- Ruthy, I., & Dassargues, A. (2014). Carte hydrogéologique de Wallonie, Louveigné-Spa, 49/3-4, 1/25.000: [notice explicative + carte] Namur, Belgique: Service Public de Wallonie, DGRNE.
- Ruthy, I., Biron, J-P., & Dassargues, A. (2014). Calcaires et grès des bassins de la Vesdre et de la Geule. Dans A.Dassargues & K. Walraevens. *Watervoerende lagen & grondwater in België - Aquifères & eaux souterraines en Belgique*, Partie 1, Chapitre 21, 245-256. Academia Press.
- Ruthy, I., & Dassargues, A. (2015). Carte hydrogéologique de Wallonie, Reinartzhof - Hoscheit 43/7-8, 1/25.000: [notice explicative et carte]. Namur, Belgique: Service Public de Wallonie, DGRNE.
- Wastiaux, C. (2008). Les tourbières sont-elles des éponges régularisant l'écoulement? *Bull. Soc. Géogr. Liège*, 50, 57-66.

5. Identification des zones sinistrées

Auteurs : Andy Eme, Bruno Bianchet, Clémentine Schelings, Jacques Teller, ULiège.

a. Enrichissement de la modélisation de la zone inondée/inondable

i. Introduction

Cette partie du travail consiste à enrichir la modélisation de la zone inondée/inondable proposée par le SPW Géomatique. Des étudiants se sont rendus sur le terrain à la fin du mois de mars 2022 pour relever des laisses de crue aux endroits où peu de points avaient été relevés par le SPW Géomatique et où la hauteur du plan d'eau avait été extrapolée, en particulier le long des affluents secondaires de la Vesdre. Cette section a été rédigée sur base du travail fourni par les étudiants, dont les rapports complets ont été remis à la fin du mois de mai 2022 et pourront être consultés sur demande.

ii. Méthodologie

Enrichissement de la modélisation proposée par le SPW Géomatique

À la suite des événements de juillet 2021, le SPW Géomatique a proposé une première modélisation des zones inondées sur base de différentes sources de données : des photos aériennes de l'IGN et du SPW-DCENN et des relevés topographiques des hauteurs d'eau dans les zones urbaines. Cette digitalisation a ensuite été complétée à l'aide de la carte de l'aléa d'inondation et d'une interpolation du plan d'eau sur base de l'altitude des laisses de crue. Un important travail de terrain a enfin enrichi cette modélisation : l'enquête « Survey Géomatique » a été réalisée d'août à septembre 2021, grâce aux nombreux volontaires du SPW qui ont encodé les hauteurs d'eau de près de 30 000 points du bassin versant via une application Smartphone.

La base de données ainsi mise à disposition par le Survey Géomatique nous a notamment permis d'évaluer les dégâts sur les bâtiments privés résidentiels (Section 6.c.) ainsi que sur les bâtiments publics et infrastructures publiques (Section 6.f.). Ce travail constitue donc une ressource précieuse dans le cadre de cette étude. Toutefois, le Survey Géomatique s'est principalement focalisé sur les communes de catégories 1 et 2 et en particulier sur les zones urbaines, et n'identifie donc pas certaines zones sinistrées le long des affluents secondaires et entre les pôles urbanisés. C'est pourquoi cette section vise à enrichir la modélisation proposée par le SPW Géomatique en intégrant de nouveaux points via de nouveaux relevés de laisses de crue (cf. sous-section suivante).

Par ailleurs, notons que le Survey Géomatique n'intègre pas spécifiquement d'informations relatives aux activités économiques (Sections 6.d. et 6.e.), aux établissements et équipements touristiques (Section 6.g.) ou aux milieux naturels (Section 6.i.). Pour ces trois thématiques, un travail de terrain supplémentaire a donc été nécessaire afin de relever les dégâts de manière précise. De plus, pour les thématiques du logement (privé et public) ainsi que des bâtiments et infrastructures publiques, une enquête a été lancée auprès des 25 communes du bassin versant afin de compléter les données fournies par le Survey Géomatique. En effet, la zone inondée construite sur base des hauteurs d'eau nous permet d'avoir une vision globale du territoire, mais une consultation des communes était encore nécessaire pour tenir compte des communes non-enquêtées, préciser l'état des éléments endommagés et mettre à jour leur statut (démoli, soumis à un arrêté d'inhabitabilité/de dangerosité, etc.) près d'un an après les inondations.

Nouveaux relevés de laisses de crue

En avril 2022, 21 étudiants se sont rendus sur le terrain afin de photographier des laisses de crue non répertoriées via le Survey (Figure 5. a.1).



Figure 5. a.1 – Relevés des laisses de crue.

Ils ont couvert 40 zones identifiées comme peu (voire pas) prospectées par le Survey Géomatiques et susceptibles d’avoit subi les inondations de juillet 2021 (Figure 5. a.2).

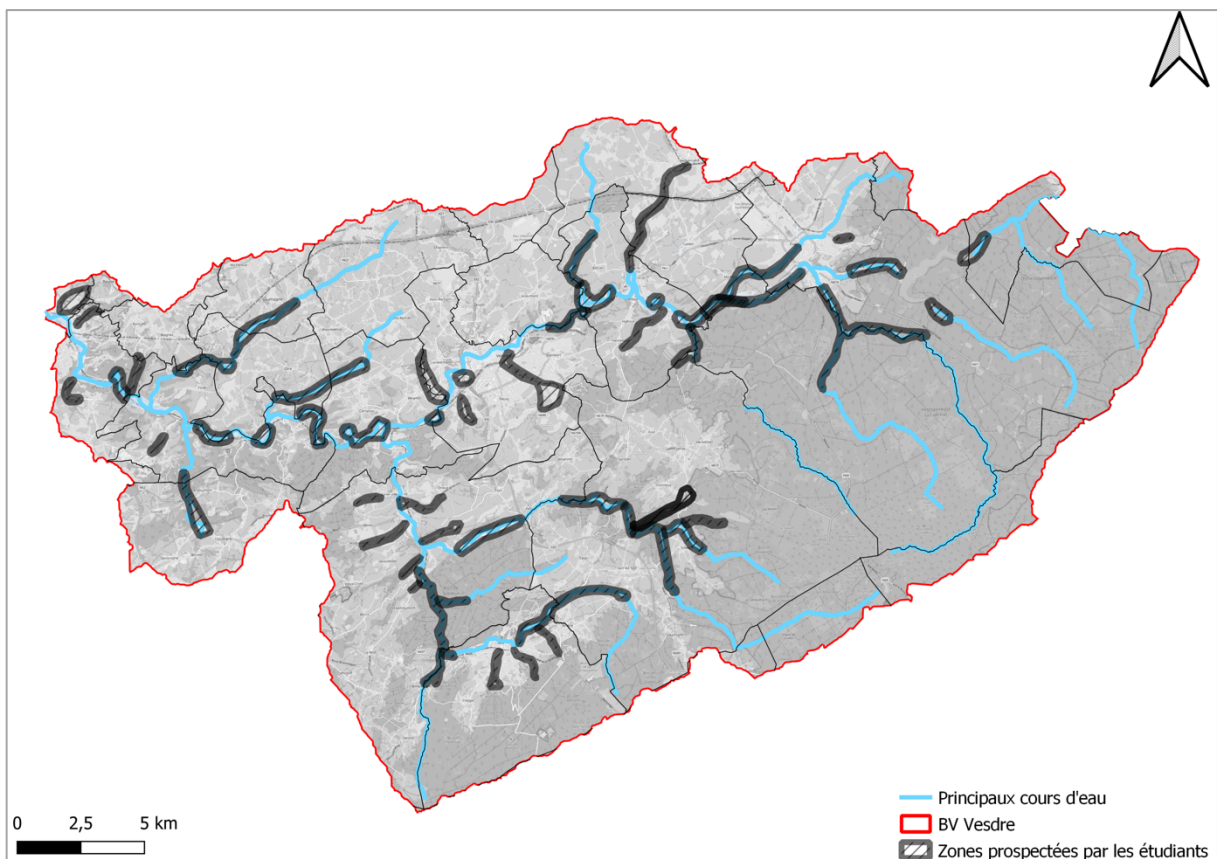


Figure 5. a.2 – Cartographie des zones prospectées par les étudiants en avril 2022.

Les laisses de crue observées ont ensuite été cartographiées en encodant leur hauteur d’eau ainsi qu’un critère de fiabilité. Cette indication de la fiabilité est importante pour deux raisons : (1) plus de 9 mois après les inondations, certaines laisses de crue n’étaient plus aussi visibles qu’en août 2021, car de nombreux endroits

ont déjà été nettoyés, et (2) les zones prospectées étant généralement en dehors des milieux urbains, elles étaient parfois moins accessibles et ne permettaient pas toujours une prise de mesure précise tout en garantissant la sécurité des étudiants. En cas d'incertitude, les relevés ont été encodés à la baisse et les valeurs doivent donc être considérées comme des seuils inférieurs de niveaux d'eau.

iii. Résultats

Relevés des laisses de crues

La Figure 5. a.3 reprend les laisses de crues observées en avril 2022.

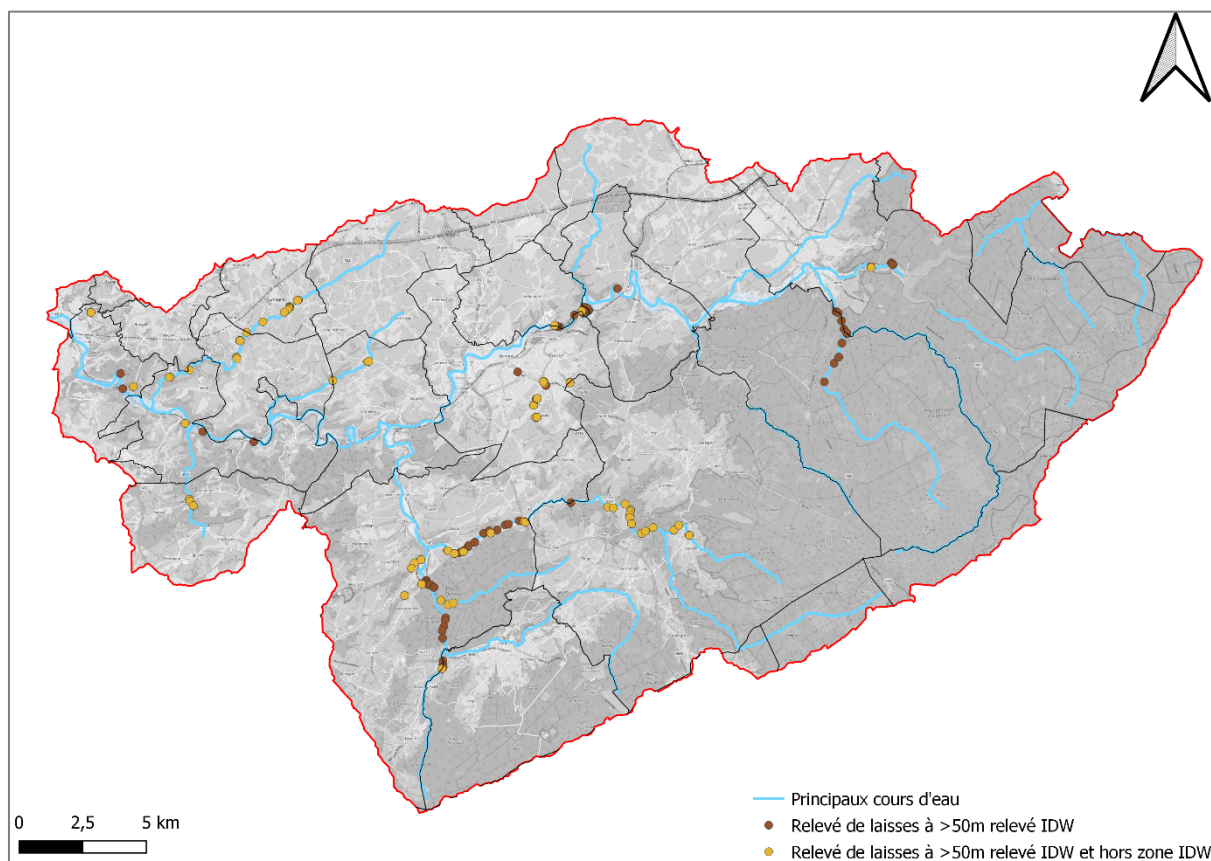


Figure 5. a.3 – Cartographie des laisses de crue observées par les étudiants en avril 2022.

Au total, 208 laisses de crues ont été relevées, dont 164 sont situées dans des zones éloignées des zones prospectées (à plus de 50 mètres) par le Survey Géomatique et 76 dans des zones non reprises ni dans le Survey ni dans la modélisation IDW (interpolation de la zone inondée sur base des hauteurs d'eau ponctuelles). Parmi ces 76 laisses de crue figurant en dehors de la modélisation zone inondée du SPW, des hauteurs d'eau importantes ont parfois été enregistrées (Tableau 5. a.1). En outre, 88% des relevés effectués sont indiqués comme très fiables à fiables.

Hauteur d'eau (h)	Nombre de laisses de crues observées
$h \leq 1\text{m}$	27 (35%)
$1\text{m} < h \leq 2\text{m}$	17 (23%)
$h > 2\text{m}$	32 (42%)
Total	76

Tableau 5. a.1 – Hauteur d'eau des 76 laisses de crue figurant en dehors du Survey et de la modélisation IDW.

Enrichissement de la modélisation sur base des relevés

Plusieurs essais de modélisation et lissage ont été effectués. Parmi les tests effectués, nous retenons deux approches dont nous présentons les limites et avantages ainsi que les résultats finalement obtenus sous forme de cartographies.

La première méthodologie consiste à procéder à la régénération d'un modèle de surface d'eau de la même manière que celle effectuée par le SPW. Le travail réalisé comporte deux étapes principales. En premier lieu, nos observations de laisses de crues, avec leurs hauteurs d'eau, sont additionnées au MNT (Modèle Numérique de terrain). Ainsi, nous obtenons l'altitude du plan d'eau théorique. Autrement dit, nous savons que sur tous les lieux où l'on a observé une laisse de crue, l'eau a au moins atteint cette altitude, plus ou moins la précision des possibles vaguelettes de surface. En deuxième lieu, des essais ont été menés par interpolation et extrapolation afin d'obtenir un nouveau modèle compilé au calcul du SPW, et d'élargir la zone atteinte par l'eau. Toutefois, les tests réalisés se sont révélés peu concluants étant donné le faible nombre d'observations. La méthodologie aurait pu fonctionner avec des laisses plus dispersées et plus nombreuses, qui auraient permis au modèle de mieux calculer la surface d'eau, mais les données ayant été collectées 9 mois après la crue, de nombreuses laisses ont disparu et leur précision est moindre. La méthodologie de prospection a même tendance à sous-estimer les hauteurs, car les laisses observées sont des niveaux minimums atteints. Parfois les niveaux observés peuvent être justes, et d'autres fois ils peuvent être inférieurs aux niveaux réellement atteints, si la laisse a été nettoyée en partie par exemple.

La seconde méthodologie, à défaut de pouvoir effectuer un modèle de surface d'eau global, consiste à indiquer une zone théorique autour de chaque laisse prospectée, comme « zone potentielle d'inondation ». Il ne s'agit en aucun cas d'une zone dans laquelle tous les biens ont obligatoirement été inondés, mais d'une estimation de la zone exposée au risque d'inondation. Il serait compliqué par exemple d'identifier la hauteur d'eau dans le cas où une petite digue ou un mur de protection serait adossé à une maison et constituerait une limite au-delà de laquelle les bâtiments suivants n'ont pas été inondés. L'identification d'une zone potentiellement inondable mise à jour sur base des nouvelles laisses de crue permet tout de même d'émettre des recommandations et d'identifier les zones propices à être inondées de nouveau. Deux rayons (« buffers ») différents ont été utilisés, le premier, de 50 mètres permettra d'indiquer les zones potentiellement inondées, et le second, de 100 mètres permettra d'émettre des recommandations vis-à-vis d'une exposition potentielle à l'inondation.

La méthodologie adoptée présente l'avantage de minimiser les risques d'erreurs de jugement sur de trop grandes surfaces et de disposer de deux graduations. Comme l'illustre la Figure 5. a.4, un périmètre tampon de 50 mètres autour de chaque laisse de crue a été tracé. Dans les zones tampons obtenues, un maillage régulier de 5 mètres a été tracé, comme l'illustre la Figure 5. a.5. Pour l'exemple de la commune de Soumagne (que nous savons sinistrée, et non présente dans la modélisation IDW), aucun relevé n'était présent. Les relevés étudiants ont permis d'identifier des hauteurs d'eaux non négligeables aux abords de la Magne.

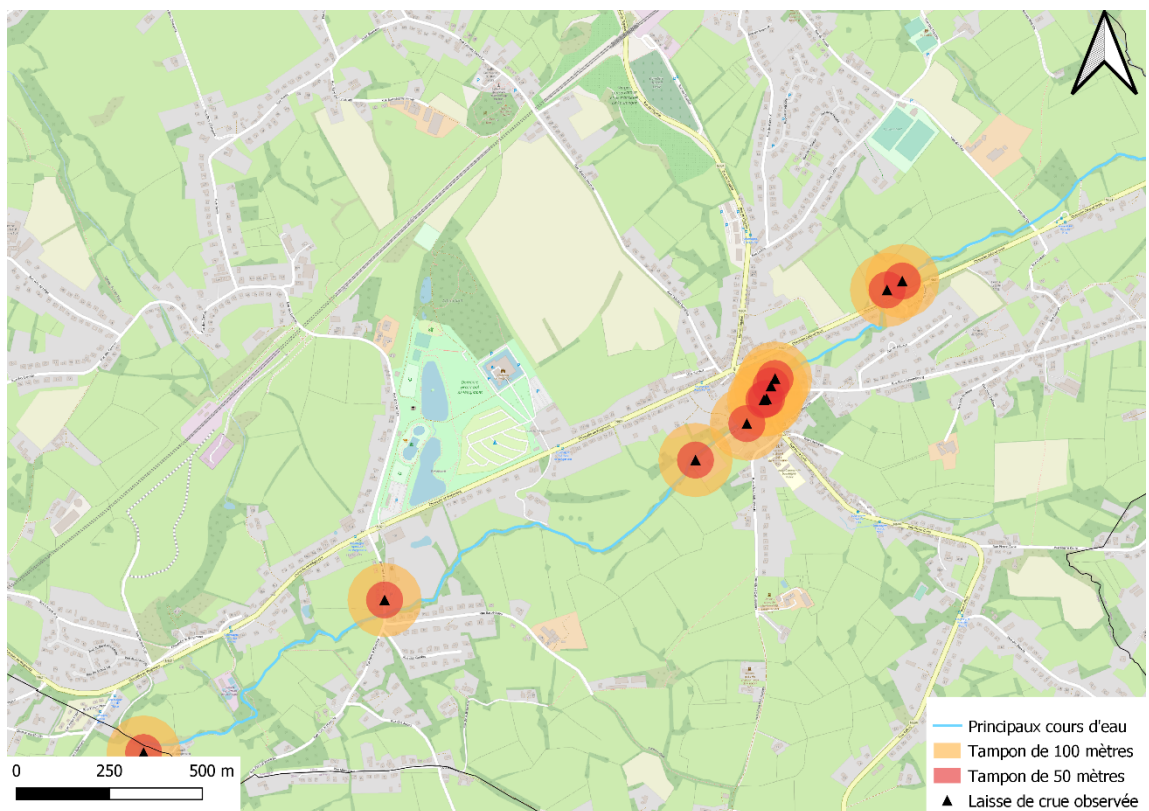


Figure 5. a.4 – Cartographie des zones tampons autour des laisses observées (commune de Soumagne).

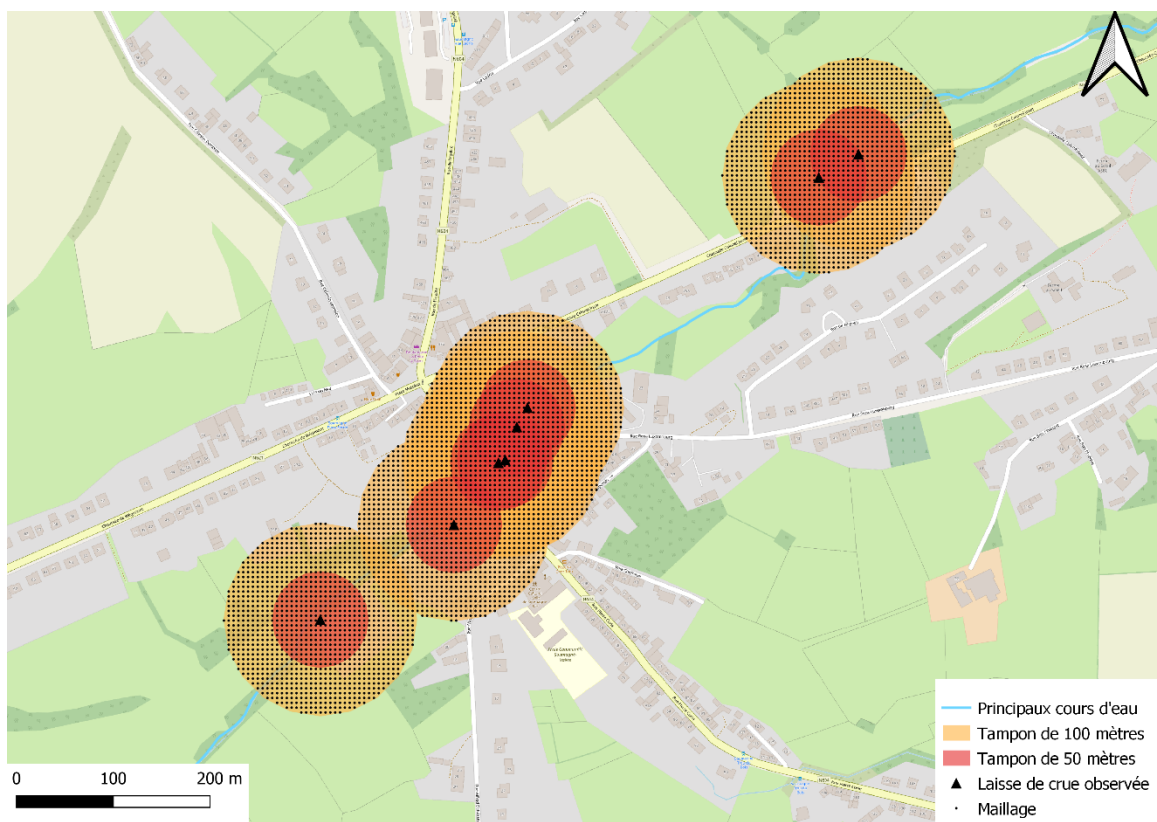


Figure 5. a.5 – Cartographie des zones tampons autour des laisses observées avec maillages de 5 mètres (commune de Soumagne).

Pour chaque point du maillage, nous avons tout d'abord récupéré son altitude réelle sur le MNT. De cette façon, nous connaissons l'altitude réelle pour chaque point des zones tampons autour des laisses identifiées. Nous avons ensuite attribué à chaque zone tampon l'altitude de la laisse de crue observée et qui correspond à la surface minimale atteinte par l'eau. Cette donnée est obtenue en additionnant l'altitude réelle (mesure issue du MNT à l'endroit de la laisse) à la hauteur d'eau relevée sur le terrain (mesure de la distance au sol de la laisse). De cette manière, nous savons que l'eau est montée à cette hauteur sur cette portion du terrain (sans prendre en compte les grandes différences de reliefs). Il est alors enfin possible d'avoir une indication sur les hauteurs d'eaux atteintes en chaque point du maillage, par comparaison des altitudes des points du MNT et des altitudes de la surface d'eau ainsi calculée sur chaque maille. A titre d'exemple, la Figure 5. a.6 présente les résultats obtenus dans une des zones tampons identifiées à Soumagne, avec affichage uniquement des mailles pour lesquelles l'altitude calculée du plan d'eau est supérieure à l'altitude du MNT.

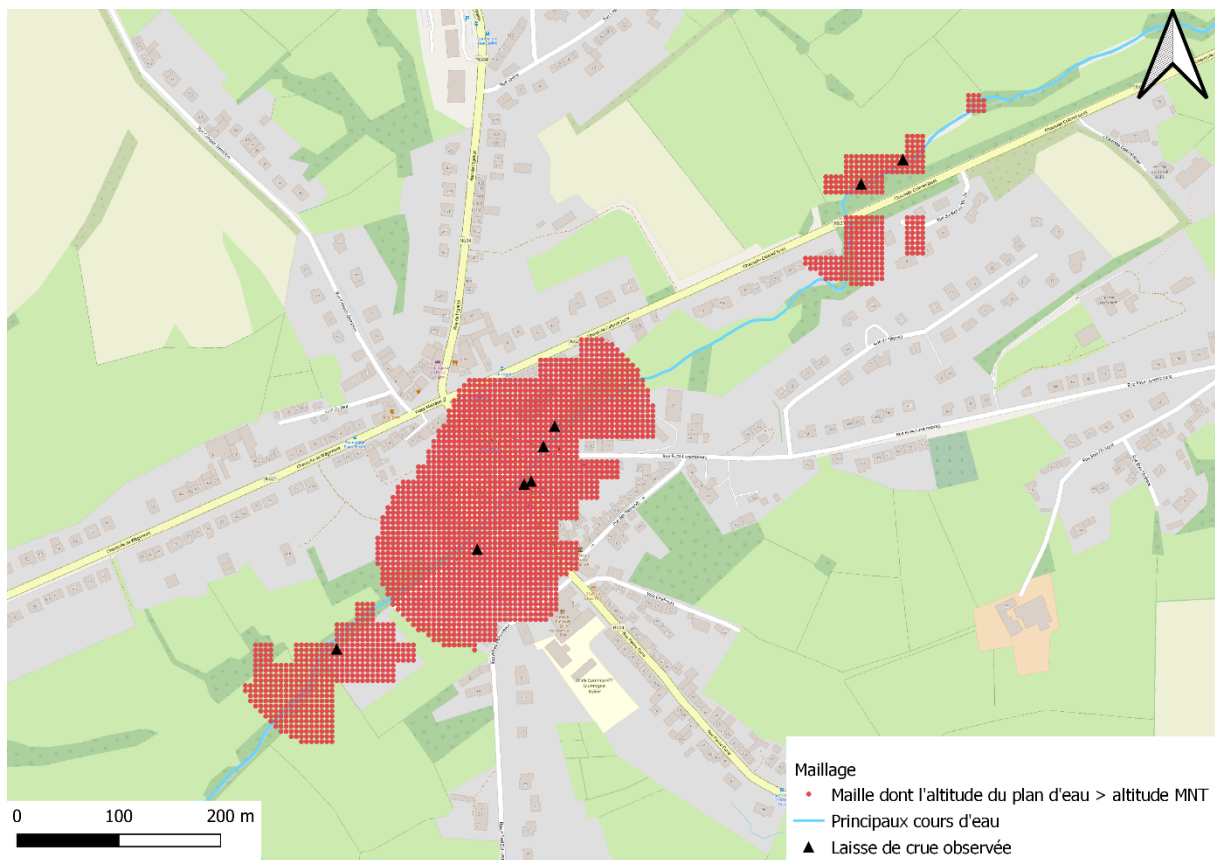


Figure 5. a.6 – Cartographie des hauteurs d'eau calculées dans les zones tampons autour des laisses observées.

Grâce à cette cartographie, nous avons la possibilité d'identifier deux types de zones, en fonction des paramètres. La première, plus restreinte (buffer de 50 mètres), correspond à la zone potentiellement inondée, où les effets de bords en cartographie sont les moins prononcés, et la deuxième (buffer de 100 mètres) correspond à une exposition potentielle à l'inondation.

De là, il est possible de fusionner les maillages, ce qui permettra de connaître les bâtis cadastrés qui sont dans l'un ou l'autre des zonages, comme le montre la Figure 5. a.7.

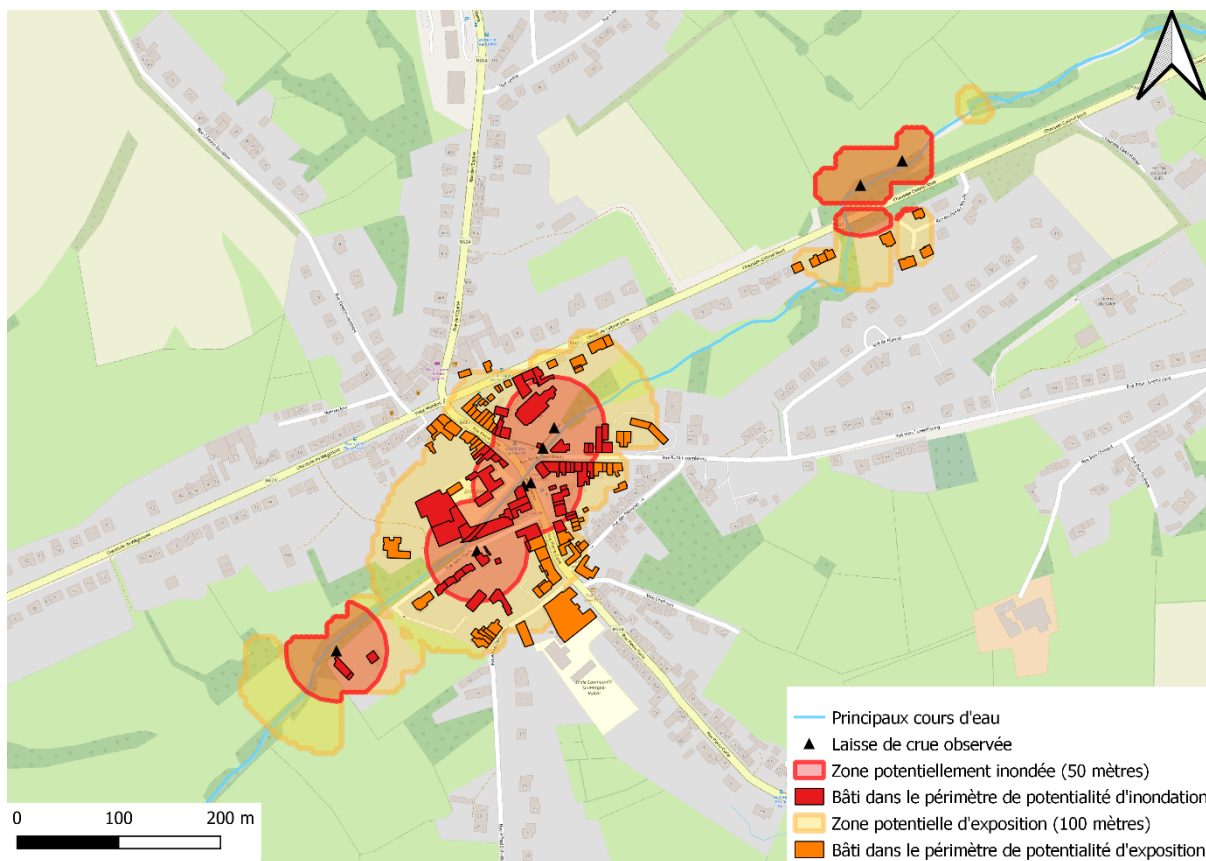


Figure 5. a.7 – Cartographie bâtis inclus dans les périmètres calculés d’inondation et d’exposition

Grâce à ce traitement, un recalcul des bâtis cadastrés inclus dans les zones définies a été possible. Il a fallu à cela exclure les biens déjà inclus dans l’emprise de la modélisation IDW, et nous avons obtenu un total de 204 bâtiments cadastrés inclus dans la « zone de potentialité d’inondation », et 449 dans la « zone de potentialité d’exposition ».

iv. Discussion et conclusion

A travers le travail de terrain réalisé, la modélisation du SPW Géomatique peut être enrichie dans la limite de la précision des données collectées. Des laisses de crue ont en effet été relevées sur des nombreux affluents qui n’avaient pas été intégrés dans le Survey Géomatique (en toute logique étant donné l’urgence et la nécessité de prioriser les communes de catégorie 1), et qui ont pourtant été impactés de manière significative. Étant donné le petit nombre de laisses de crues encore observables 9 mois après les inondations, la modélisation de la zone inondée proposée par le SPW a été enrichie en calculant les hauteurs d’eau de mailles de 5 x 5 m au sein de zones tampons de 50 m et 100 m autour des laisses de crue prospectées. Les résultats obtenus témoignent d’une sous-estimation des dégâts dans la modélisation proposée par le SPW, en particulier dans les zones non bâties mais aussi dans des zones urbanisées (le long de la Magne notamment, cf. Section 5.b.). Cependant, les périmètres identifiés sont bien à considérer en tant que périmètres potentiels, le traitement utilisé ne prenant en compte que l’altitude de la laisse observée, ce qui entraîne un biais dans les zones à relief.

b. Distribution des zones sinistrées

i. Introduction

Sur base de la section 5.a., une analyse plus détaillée des zones sinistrées peut être réalisée sur base des hauteurs d'eau obtenues via la modélisation enrichie. Cette section ne vise pas à détailler tous les points relevés précédemment, mais plutôt à expliquer comment les données collectées via le relevé des laisses de crue pourront être utilisées dans la suite de l'étude.

ii. Méthodologie et résultats

Suivant la méthodologie présentée à la section précédent, les étudiants ont rédigé des rapports détaillées pour les 40 zones prospectées. Ces rapports ont ensuite été comparés avec le travail du SPW Géomatique de manière à compléter la base de données. Sans entrer dans le détail de chaque zone prospectée, cette comparaison a permis de préciser l'emprise des zones inondées. Par exemple, on observe une complémentarité entre les relevés du SPW Géomatique réalisés sur la partie aval de la Magne et les nouvelles laisses de crues observées plus en amont vers l'Église de Soumagne, avec des hauteurs d'eau comprises entre 0,50m et 1,50m (Figure 5. b.1). Les relevés de laisses de crue permettent donc d'étendre le périmètre inondé en tenant compte d'endroits non prospectés tant en environnement bâti (le long de la Magne par exemple) qu'en zone non bâtie (le long de la Helle et de la Soor par exemple ; Figure 5. b.2).

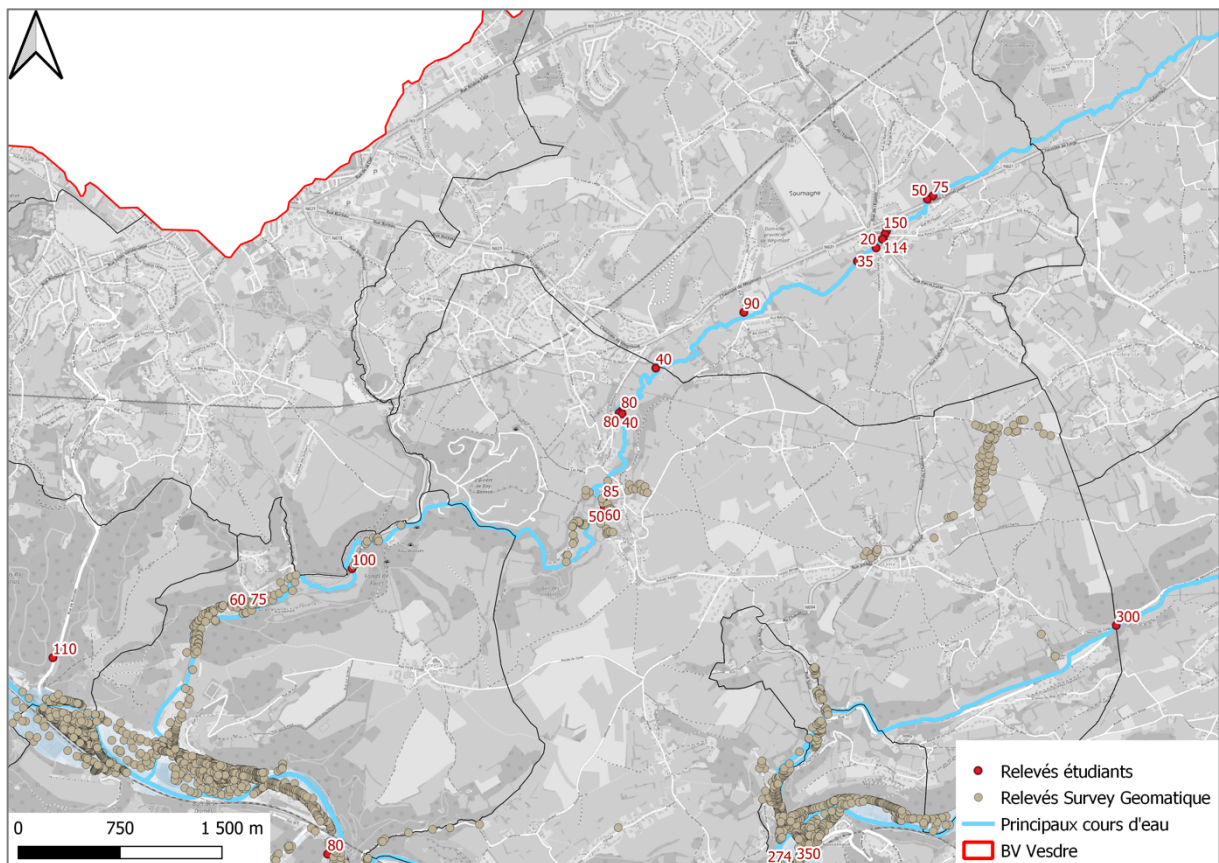


Figure 5. b.1 – Cartographie comparative des laisses de crue observées par les étudiants et des relevés du SPW sur la Magne.

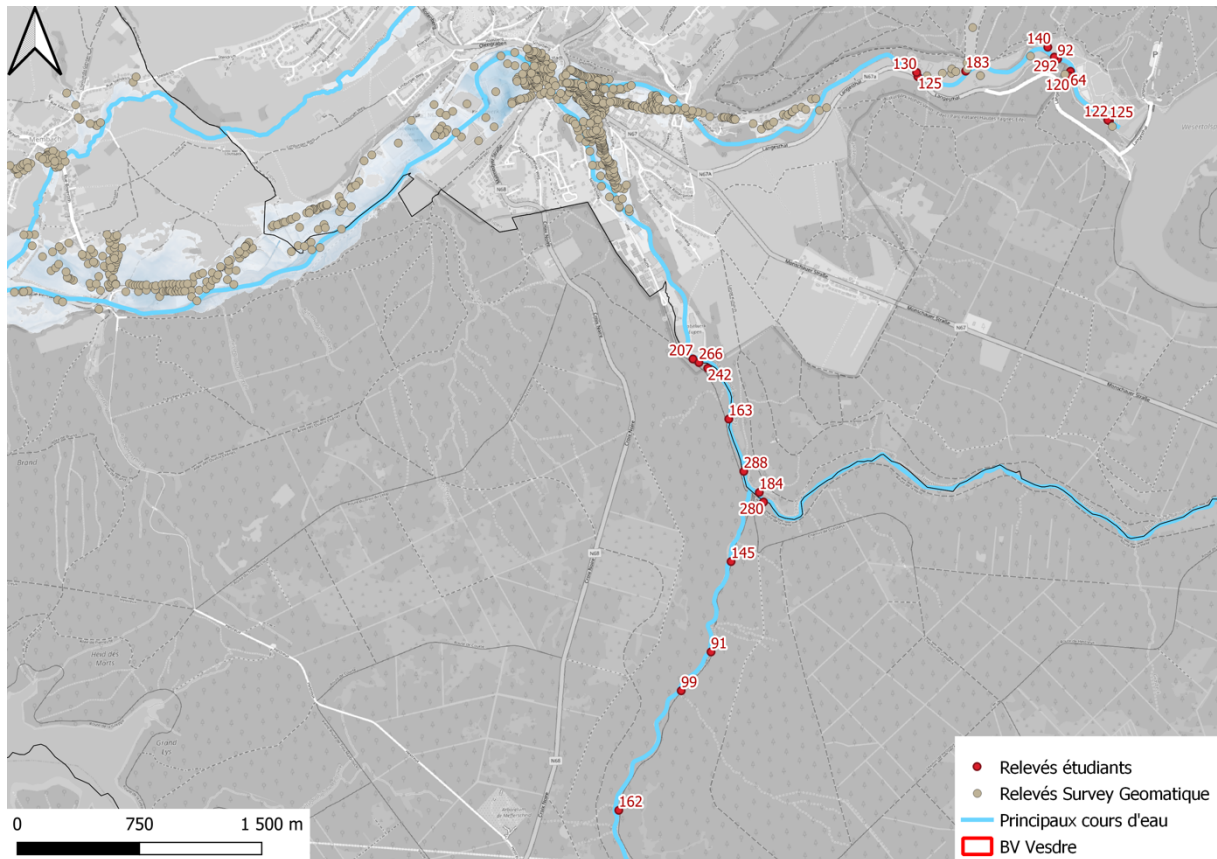


Figure 5. b.2 – Cartographie comparative des laisses de crue observées par les étudiants et des relevés du SPW sur la Helle et la Soor.

Les nouvelles données obtenues sur le terrain ont effectivement bien permis d’observer des zones supplémentaires d’attention, où des bâtiments résidentiels/industriels ont très probablement été touchés avec des dégâts probablement proportionnels à la hauteur d’eau mesurée. Cependant, dans les endroits où il manque encore des données, nous ne pouvons pas déterminer l’intensité que la crue a pu avoir, ni même si la crue a touché ces lieux et provoqué des dommages. Un principe de prudence s’applique donc toujours aux espaces en dehors des zones tampons pour lesquelles nous ne pouvons ni conclure directement à l’absence de dégâts, ni préciser davantage les effets réels de la crue.

Le travail réalisé permet néanmoins de préciser et d’élargir l’emprise des zones sinistrées. Un des meilleurs exemples est donné par l’apport des relevés supplémentaires sur la confluence entre la Helle et la Soor, visualisé dans la Figure 5. b.2. D’après la modélisation initiale du SPW, la zone ne semblait pas être touchée, or des laisses de crues ont été trouvées sur la Helle à des hauteurs comprises entre 0,91 m et 1,62 m sur la partie amont, et jusqu’à 2,88 m en s’approchant de la Soor. Ceci peut se justifier par la confluence, où deux cours d’eaux drainant une grande partie de forêts se rejoignent, en un point où le relief est plus propice aux embâcles et barrages naturels orthogonalement au cours d’eau.

iii. Discussion et conclusion

Les résultats obtenus ont été ajoutés à la modélisation du SPW Géomatique et croisés avec le MNT afin de consolider la modélisation et d’élargir la zone considérée comme sinistrée. Des hauteurs d’eau parfois importantes ont ainsi été réintégrées à la modélisation et permettent de tenir compte de zones sinistrées qui avaient été ignorées jusqu’à présent. Celles-ci pourront donc être considérées dans les étapes suivantes de l’étude (scénarios et plans d’aménagement).

6. Identification des dégâts

a. Vulnérabilité de la population

i. Introduction

L'objectif de ce volet est de préciser la contextualisation socio-économico-démographique du bassin versant de la Vesdre (section 3.a) du point de vue de la vulnérabilité de la population, c'est-à-dire de sa fragilité sociale intrinsèque.

ii. Méthodologie

Cet examen repose uniquement sur le traitement de statistiques existantes, complété par l'exploitation de l'une ou l'autre analyses menées dans d'autres cadres de recherche. Il a été mené à deux échelles :

- La commune : données présentées dans le tableau repris ci-dessous. En fonction de la disponibilité des données, celles-ci ont été calculées à l'échelle du bassin versant, au départ des secteurs statistiques, éventuellement via une extrapolation ;
- Le secteur statistique : données présentées sous forme de cartes reprises ci-dessous. A cette échelle, nous avons, en complément, utilisé un « indice synthétique de précarité » construit au départ d'une analyse en composantes principales sur vingt variables provenant de la Banque Carrefour de la Sécurité sociale qui a permis d'identifier quatre facteurs dont la somme des valeurs pour chaque secteur constitue l'indice. Celui-ci doit être interprété comme un indicateur relatif permettant un classement discriminant des secteurs. Pour une présentation détaillée, nous renvoyons à l'étude menée par la CPDT (https://cpdt.wallonie.be/sites/default/files/2016_localisation_rapport_sc_1.pdf).

iii. Résultats

A l'échelle communale

Globalement, le bassin versant apparaît d'une plus grande vulnérabilité sociale et, singulièrement les entités de la vallée de la Vesdre, jusque Liège. Cette dernière se singularise même par la part de bénéficiaires d'un RIS la plus élevée de Wallonie, devant Dison (Tableau 6. a.1). A l'échelle du bassin versant, c'est Verviers qui totalise le plus grand nombre absolu de bénéficiaires d'un RIS, devant Dison. L'indice de richesse témoigne de grandes disparités entre les communes du bassin, avec comme extrêmes Chaudfontaine (129) et Dison (66). Notons également l'importance du taux de chômage administratif chez les jeunes à Liège et à Verviers.

Commune	%(E)RIS* 18-64 ans (2020)	%(E)RIS 18-24 ans (2020)	Nbre (E)RIS 18-64 ans BV*** (2020)	Indice de richesse ** (2019)	Taux de chômage administratif des 15-24 ans (2019)
Beyne-Heusay	3	8	10	88	25
Chaufontaine	2	5	121	129	22
Fléron	3	8	132	93	28
Liège	10	21	269	81	38
Soumagne	2	5	131	98	21
Sprimont	1	3	25	113	21
Trooz	3	6	145	100	26
Baelen	1	2	28	101	16
Dison	8	12	758	66	31
Eupen	4	8	523	99	16
Herve	2	5	143	104	18
Jalhay	1	3	63	112	14
Limbourg	2	3	63	95	19
Lontzen	1	2	1	101	12
Malmedy	3	6	0	95	18
Olne	1	2	26	119	17
Pepinster	2	5	139	91	20
Raeren	1	3	3	110	14
Spa	3	8	202	95	25
Stavelot	3	6	1	94	19
Theux	1	2	74	109	17
Verviers	7	13	2.375	77	33
Waimes	1	2	0	93	14
Welkenraedt	2	6	105	96	20
Thimister-Clermont	1	1	3	108	13
Total	4	8	5.339	90	28
Pr. de Liège	4	10	29.144	93	27
Wallonie	3	8	75.274	94	28

* RIS : Le Revenu d'intégration sociale (RIS) est un revenu minimum attribué par le CPAS aux personnes qui ne disposent pas de ressources suffisantes et ne peuvent y prétendre et qui ne sont pas en mesure de se les procurer, soit par leur effort personnel, soit par d'autres moyens (IWEPS)

** Indice de richesse : indice calculé par Statbel au départ de la distribution des revenus (moyenne belge = 100)

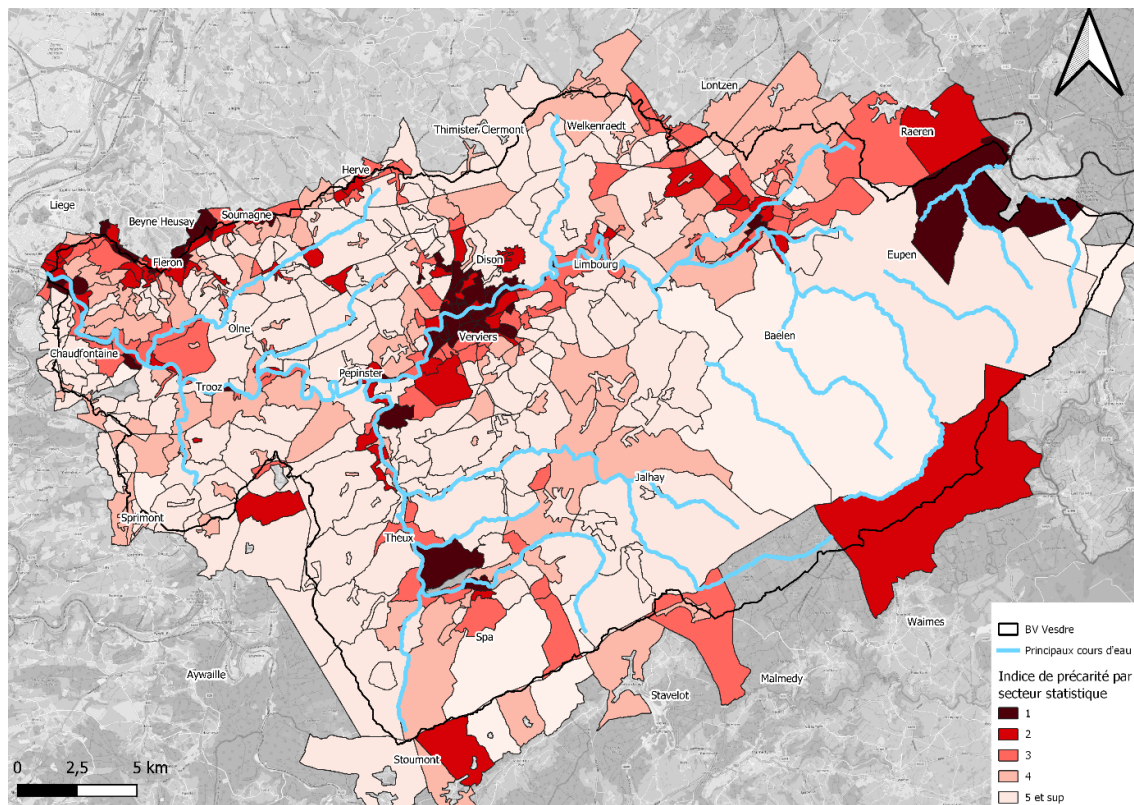
*** Extrapolation

Tableau 6. a.1 – Vulnérabilité sociale (IWEPS & Statbel).

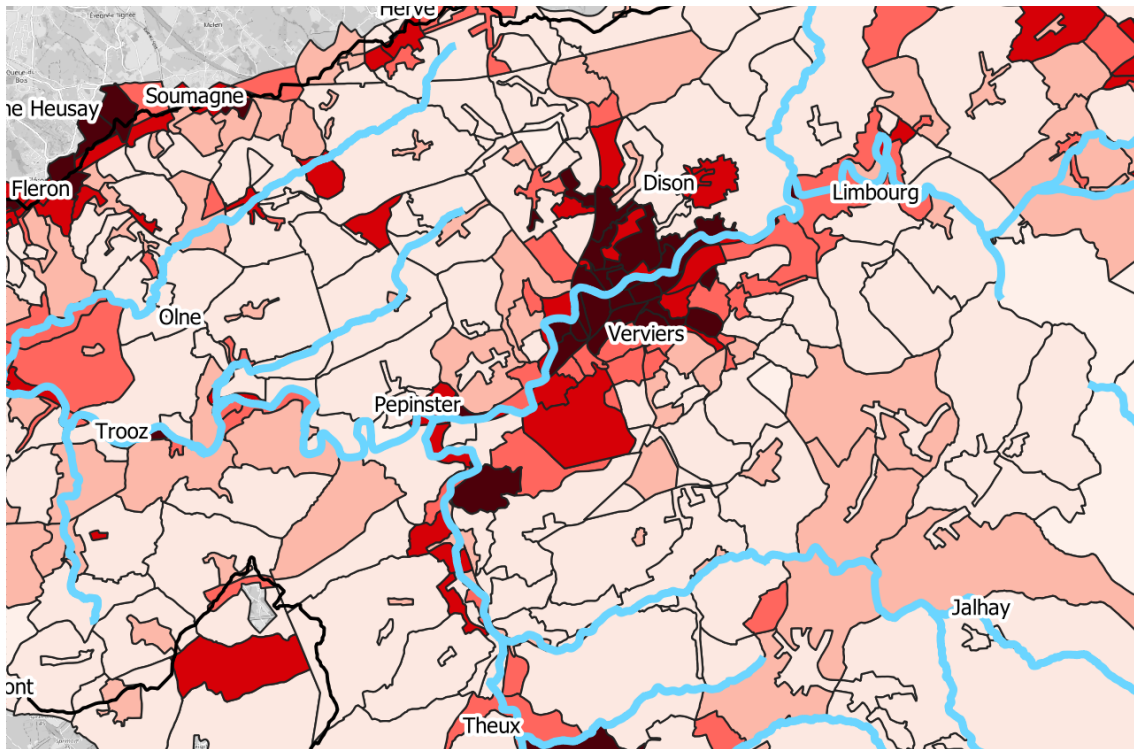
A l'échelle des secteurs statistiques

Comme souligné précédemment, cet indicateur de précarité résulte d'une analyse multi-variables et permet de discriminer les zones les plus en « difficulté » des zones les plus « favorisées » (Carte 6. a.1). Il faut examiner cet indice en relatif. Autrement dit, il n'y a pas de réelle valeur affectée à chaque secteur statistique. Ainsi, l'indice varie de 1 à 5, avec 1 comme l'indice le plus important, avec des importantes difficultés socio-économiques des populations, tandis qu'on pourra apparenter 5 aux populations les plus aisées. Cet indice permet, à une échelle fine, de préciser les zones les plus précaires socio-économiquement parlant.

On constate que la Vesdre traverse une majorité de secteurs statistiques avec des indices 1 et 2, ce qui signifie que les inondations du bassin versant de la Vesdre ont touché majoritairement des populations déjà en difficulté (Carte 6. a.2). C'est un enjeu majeur dans ce bassin versant, car cela confirme la présence des populations socio-économiquement fragilisées dans les fonds de vallées, tandis que les plus aisées privilégient les coteaux et les plateaux, moins exposés aux inondations. L'exposition au risque est corrélée avec la précarité déjà présente et marquée en fond de vallée. La résilience de ce type de population est amoindrie par leur niveau de vie. C'est surtout le cas à Verviers, Pepinster et Limbourg qui ont été fortement touchés, tandis qu'Eupen est un peu plus aisée globalement.



Carte 6. a.1 – Indice de précarité par secteur statistique (Lepur 2022).



Carte 6. a.2 – Indice de précarité par secteur statistique - Zoom vallée (Lepur 2022).

iv. Discussion

Le bassin versant présente un contexte social extrêmement diversifié et contrasté, avec d'une part, les couloirs de vallées de la Vesdre et, dans une moindre mesure, de la Hoëgne, au centre desquels se trouve le pôle urbain de Verviers, qui accueillent aujourd'hui les populations les plus fragilisées, avec de véritables îlots de précarité, et qui furent les plus sinistrés par les inondations, et, d'autre part, les versants et plateaux dont l'urbanisation est nettement plus récente et qui témoignent d'un contexte social nettement plus favorable.

v. Conclusion

L'inondation n'a pu que renforcer les disparités et la précarité d'une population d'ores et déjà fragilisée. Le processus d'élaboration du projet territorial veillera à intégrer cette réalité et à aller à la rencontre de la population la plus exposée afin d'éviter le renforcement du sentiment d'isolement.

vi. Références

Bianchet, B., Berger, N., Claeys, D., Maldague, H., & Massart, F. (2020). RECHERCHE N°2 : DYNAMIQUES ÉCONOMIQUES ÉMERGENTES ET NOUVEAUX ENJEUX TERRITORIAUX. Conférence Permanente du Développement Territorial. <https://hdl.handle.net/2268/256823>.

Bianchet, B., Claeys, D., Descamps, J., Mercenier, C., Ruelle, C., & Sandu, R. (2017). POLITIQUE DE LA VILLE - RENFORCEMENT DES CENTRALITES URBAINES ET DE LEUR ATTRACTIVITE SOUS L'ANGLE ECONOMIQUE. Belgium: Lepur – CPDT. <https://hdl.handle.net/2268/218028>.

b. Identification des dégâts sociaux et des enjeux médico-sociaux

Auteurs : Justine Contor, Hélène Dodion et Catherine Fallon, Spiral, ULiège.

Analyse de l'état des réseaux sociaux à travers la prise en compte des groupes de paroles d'habitants, des acteurs de première ligne (CPAS, CPS, intervenants médico-sociaux de première ligne) et des associations locales.

i. Introduction

L'objectif de ce travail de diagnostic vise à réaliser un état des lieux en ce qui concerne les réseaux sociaux et les enjeux médico-sociaux à travers la prise en compte des acteurs de première ligne et d'associations locales.

Pour étayer nos propos nous proposons de d'abord revenir sur nos choix méthodologiques au sein desquels nous abordons les **limites de notre travail** mais aussi des éléments de réflexivité et de cadrage qui ont accompagné nos analyses.

Bien que la situation exceptionnelle de juillet dernier ait profondément marqué les esprits, la vie avant les inondations, le rapport au territoire et la question des savoirs locaux nous ont semblé être un point d'entrée important. Point d'entrée qui n'a eu de cesse d'interroger la manière dont sont menées ces différentes actions par les politiques publiques.

Nous aborderons ensuite, succinctement, le moment « bascule » : la crue, la décrue et le chaos.

Enfin, nous présenterons les dégâts sociaux et les enjeux médico-sociaux en vue de proposer des éléments d'attention pour la phase de rétablissement individuel et collectif qui en est seulement à ses prémices.

ii. Avant-propos méthodologique

Pour réaliser ce travail d'évaluation des dégâts sociaux et enjeux médico-sociaux, nous avons mis en place une approche qualitative à travers différentes méthodes. Nous avons dans un premier temps mené une **analyse documentaire** composée à la fois de documents de travail tels que des rapports d'experts suite aux inondations, de publications scientifiques, et de publications journalistiques. Cette analyse documentaire nous a permis de prendre connaissance des spécificités socio-économiques du bassin versant de la Vesdre, mais également en termes de territoire et d'histoire.

Parallèlement à cette analyse documentaire, nous avons réalisé une **analyse thématique** de l'ensemble du corpus d'entretiens menés par l'équipe de Jacques Teller (LEMA – ULiège). Ce corpus de données reprenait 31 entretiens individuels, 4 focus groups réalisés en septembre 2021 et 17 interviews réalisées en février 2022 auprès de représentant.e.s de collectifs (citoyens ou d'ASBL préexistantes). Cette analyse de données de seconde main (travailler avec des données de seconde main présente différentes limites que nous abordons dans le point suivant), nous a permis de comprendre et d'identifier finement à la fois toutes une série de dégâts et de besoins dans le contexte des inondations, mais également de mieux saisir toute une série d'enjeux sur ce qui existait préalablement aux inondations de juillet 2021.

Cela a mis en évidence la question du *rapport au territoire* des habitants de la vallée de la Vesdre posant la question des *savoirs locaux* qui s'avèrent être une dimension d'analyse centrale (nous y reviendrons plus loin).

Nous nous sommes particulièrement intéressés à la ville de Trooz, parce que nous disposions de données préalables qui nous permettaient de couvrir des thèmes et des enjeux qui nous paraissaient essentiels, mais également car nous ne pouvions pas couvrir l'ensemble des communes compte tenu du temps court dont nous disposions et de l'étendue géographique à couvrir. En effet, le **travail d'enquête qualitative nécessite du temps** afin de prendre contact avec les personnes, d'observer et de saisir les enjeux et spécificités de terrain étudié.

En outre, la ville de Trooz est une commune de catégorie 1 (selon le fonds des calamités, voir : <https://www.wallonie.be/fr/actualites/inondations-202-communes-wallonnes-reconnues-comme-calamites-naturelles>) considérée comme étant l'une des communes les plus touchées par les inondations. Trooz a également la spécificité de se trouver géographiquement entre les communes rattachées à l'entité de Verviers d'un côté et aux communes appartenant à Liège de l'autre. Enfin, Trooz possède aussi la particularité (comme Ensival et Pepinster) que l'habitat se situe le long de l'eau, mais aussi que la commune est « coupée en deux » par les ponts qui la relient à Pepinster d'une part et Chaudfontaine d'autre part.

Nous avons donc réalisé trois entretiens complémentaires au sein du CPAS de Trooz, avec des collaborateurs du Réseau Wallon de Lutte contre la Pauvreté et avec un collaborateur de l'AVIQ en charge de la coordination régionale pour les besoins psychosociaux.

Enfin, une journée d'observation « au fil de l'eau » a également été réalisée en avril 2022, nous sommes partis de Limbourg pour rejoindre Chênée. L'objectif de cette journée était de nous permettre de nous rendre compte de l'état de la situation neuf mois après les inondations. Cette observation nous a permis de nous rendre compte de la disparité des niveaux de reconstruction des différentes communes et des différents quartiers au sein d'une même commune, et de la situation dans laquelle les habitants.es vivent encore actuellement.

Les limites de l'analyse

Ce travail présente différentes limites. Tout d'abord, en ce qui concerne la durée même du processus de recherche, cette étape de diagnostic a dû être réalisée durant une très courte période de quelques semaines. Or le travail qualitatif requiert du temps – il nécessite de prendre contact avec des personnes ressources, de fixer un rendez-vous et de réaliser l'interview. Après quoi il faut prendre le temps de retranscrire et d'analyser de manière systématique les données en vue de produire une analyse. Ce temps court nous a donc menés à choisir de travailler avec des données secondaires, récoltées par l'équipe du LEMA de l'ULiège.

Ainsi, l'analyse secondaire est définie comme étant « *la ré-exploitation de données d'enquêtes dont les résultats prolongent et se distinguent de l'analyse originale, issue du recueil des données* » (Dale, 1993 ; p. 7).

Si cette approche méthodologique présente certains avantages comme la diminution du coût à la fois en termes de charge de travail mais aussi en ce qui concerne les aspects financiers. Elle offre aussi la possibilité de disposer d'un plus large corpus de données à analyser.

Elle comporte toutefois différents écueils généraux tels que : 1) le manque de contrôle sur la manière dont le questionnaire a été construit et mis en œuvre ; 2) le fait que les objectifs de la recherche initiale peuvent différer de ceux de l'équipe de recherche ; 2) ou encore la manière dont les répondants ont été recrutés. En ce qui concerne ce point, il nous semble que dans notre cas il s'agit du principal biais dans l'utilisation de ces données secondaires. En effet, les répondant.e.s ont été recruté.e.s sur base d'un appel à volontaires, ce qui pour nous a visibilisé certains acteurs et partant en a invisibilisé d'autres. En effet, nous pouvons imaginer qu'il y a une surreprésentation de certains individus qui par exemple souhaitent s'exprimer et sont en capacité de le faire pour des raisons matérielles et/ou cognitives.

Cadrage et réflexivité...

Être dedans, être dehors : être visible ou invisible

Cette question de **rendre visibles et invisibles** les acteurs nous paraît être un point d'attention essentiel dans ce dispositif de recherche et plus largement dans le cadre de ce master plan.

En effet, il nous paraît **fondamental** d'attirer l'attention des décideurs politiques, mais également des équipes qui vont travailler sur la seconde phase du dispositif : « dessiner la transition », à propos de cette tension entre visibles et invisibles.

Il s'agit alors de garder à l'esprit la question suivante : *Quels étaient les invisibles avant le dispositif - « plan stratégique » - et quels sont les invisibles construits par le dispositif lui-même ?* Autrement dit : il est utile de penser que les cadres de travail et d'analyse structurent la manière dont les acteurs sont pris en considération et partant leurs besoins tant sur un plan social, matériel et symbolique.

Quand parle-t-on de post-crise ?

Bien qu'il s'agisse d'une question qui n'est pas tranchée auprès des spécialistes de la gestion de crise et de la planification d'urgence, cette notion est caractérisée par le fait que les capacités humaines, (infra)structurelles et financières sont dépassées. Cette période se clôture une fois que cette situation de dépassement multiple est résolue. Dans le cas présent, cela a représenté environ 10 jours après la crue, la phase fédérale de gestion de crise ayant débuté le 15 juillet et s'étant terminée le 26 juillet. Cette période s'étend davantage si l'on considère que la phase provinciale de gestion de crise a été déclenchée le 14 juillet et a duré jusqu'au 3 septembre 2021.

Pour autant, pouvons-nous considérer, au regard des situations (diverses) dans lesquelles se sont retrouvés et se retrouvent encore les communes et leurs habitants sinistrés, que nous sommes dans une situation d'après-crise aujourd'hui ?

En effet, nos observations « au fil de l'eau » ont révélé une grande disparité dans la manière dont les communes et les personnes se rétablissent et se reconstruisent encore aujourd'hui. Ces processus prennent du temps et mettent en lumière le **caractère subjectif** de cette situation et de son rapport avec cette dernière.

Il nous paraît fondamental de garder à l'esprit que la crise ne se limite pas qu'à une situation de chaos matériel, mais que celle-ci est bien multiple et doit être appréhendée à travers différentes dimensions et temporalités.

Penser le rétablissement de la vallée

Pour notre analyse, nous mobilisons la notion de « rétablissement » de Centemeri, Topçu et Burgess (2021, traduction réalisée par nos soins ; dans le texte original, la notion de rétablissement est celle de « Repair »). Ce concept nous a paru pertinent en raison des trois facettes suivantes :

Premièrement, la notion de rétablissement dépasse le niveau individuel que propose le concept de résilience après des désastres. La notion de rétablissement permet ainsi de penser des changements globaux qui prennent en considération les dimensions sociotechniques, socioécologiques, et socioculturelles dans la perspective de reconstruction suite à un désastre. Ainsi, ce dernier est perçu par les auteurs comme une **opportunité collective** de ne pas revenir à la situation antérieure, mais de répondre aux enjeux sociaux, culturels, politiques, écologiques et éthiques préexistants (Centemeri, Topçu et Burgess, 2021, p.8).

Deuxièmement, les auteurs insistent sur l'importance de préciser et de contextualiser les objectifs de reconstruction et de rétablissement en se posant constamment les questions du « **pour qui** » et « **selon qui** » la reconstruction est-elle pensée (Centemeri, Topçu et Burgess, 2021, p.4) ?

Troisièmement, les auteurs introduisent la notion de *care* de la gestion post-désastre (Centemeri, Topçu et Burgess, 2021, p.11). Cette approche propose de **prendre soin** de son environnement – dans ce cas-ci, de la rivière et de ses infrastructures (physiques et sociales) – de considérer la relation avec son environnement comme une manière de « maintenir, poursuivre et réparer notre 'monde' afin de pouvoir y vivre aussi bien que possible » (traduction par nos soins) « *Care is a species activity that includes everything that we do to maintain, continue, and repair our 'world' so that we can live in it as well as possible. That world includes our bodies, our*

selves, and our environment, all of which we seek to interweave in a complex, life-sustaining web » (Fisher and Tronto, 1990, p. 40)).

C'est sur base de ces points d'attention et de ce cadrage théorique que nous présentons ci-après nos principaux résultats.

iii. Vivre au bord de l'eau... ou la mémoire du territoire...

Il est particulièrement intéressant de mettre en évidence le rapport qu'entretiennent les habitant.e.s de la vallée avec la Vesdre. Ce qu'il a été frappant de constater c'est la manière dont les habitant.e.s perçoivent les signes que leur renvoie le cours d'eau... Nous pouvons parler ici de relation au territoire, de production de connaissances, de savoirs et de transmission participant ainsi à une mémoire collective des espaces et des lieux.

La relation au territoire : une vallée structurée en plusieurs niveaux

Il y a une distinction fondamentale à opérer au sein de la vallée et ce entre deux axes. Le premier concerne un axe vertical structurant, faisant la distinction entre : les plateaux et le fond de la vallée. Nos collègues qui ont travaillé sur les données socio-démographiques ont révélé la présence d'un public particulièrement précarisé dans le fond de la vallée, contrairement aux plateaux qui n'ont pas (ou peu) été touchés par les inondations, qui sont quant à eux globalement caractérisés par des populations aux revenus plus aisés. **Ce que cette situation exceptionnelle révèle est la grande précarité qui réside dans la vallée et qui est le résultat de problèmes structurels de long court.**

Au-delà de cet axe vertical, il existe **un axe horizontal** qui est lui aussi important à considérer. En effet, cette structuration géographique entre rive gauche et rive droite au sein de chaque ville a elle aussi produit des effets dans la manière dont les interventions d'urgence et sur le plus long terme ont pu avoir lieu. En effet, certaines villes (dont Trooz) se sont retrouvées isolées mais aussi découpées de par les rives – rendant les accès aux services de secours parfois difficiles.

La vallée comme acteur central et objet sociotechnique

Un autre élément fondamental est le statut à donner à la vallée et son cours d'eau. Nous considérons qu'il s'agit bien d'un acteur central à part entière au même titre que les citoyen.ne.s, les organisations ou les autorités publiques. Il nous semble, et cela a été confirmé par nos observations « au fil de l'eau », que ce cours d'eau – structurant la vallée – n'est que très peu présent. En effet, la Vesdre est cachée par les habitations, parfois même recouverte par les infrastructures. Elle est présente mais se fait souvent oublier... Dès lors, *comment envisager cette vallée en accordant une place d'acteur au cours d'eau qui la structure ?*

Ainsi, il faut rompre avec le dualisme nature/culture et envisager la vallée de manière systémique – et partant empirique – dans une perspective bien plus diversifiée. Il s'agit de questionner les choses au prisme du concept de « *panarchy* » permettant de faire des liens entre les systèmes dynamiques et ce à différentes échelles (Barthélémy, 2005). Le rôle des chercheurs en sciences humaines et sociales est alors fondamental puisqu'ils partent à la recherche du compromis entre savoirs locaux et scientifiques.

La question des savoirs locaux

Un autre point qui nous semble fondamental et dont l'équipe du plan stratégique doit se saisir, est la question des « savoirs locaux ». Quels sont les observations, les repères, les informations qui sont transmis par les habitant.e.s de la vallée, entre voisins d'une même rue, dans un quartier et même de génération en génération ?

Moller et al. (2004) s'accordent sur plusieurs qualités associées aux savoirs locaux : ils mettent en avant des causes différentes quant aux changements environnementaux ; ils sont éloignés des mécanismes biophysiques utilisés par les scientifiques ; ils entretiennent un rapport au temps plus long à travers l'histoire orale pour

interpréter un processus écologique ; enfin, l'ancrage local est le garant d'une bonne connaissance des lieux (cité dans Barthélémy, 2005, p.5). Nous verrons plus loin que ces savoirs locaux – souvent sous-estimés – se sont révélés déterminants dans la gestions de situation aigüe ou même dans la capacité des individus à prendre des décisions vitales pour se préserver quand toute information externe manquait.

Ainsi, comme l'explique Barthélémy (2005) la pensée systémique consistant à penser en termes d'interdépendance les différents éléments naturels ou culturels, transformerait la relation à l'eau et aux habitants du fonds de la vallée.

Ces savoirs locaux permettent à la fois aux acteurs d'agir au plus fort de la crise, puisqu'ils ont une connaissance fine de leur région. Cela leur a permis de prendre certaines décisions d'évacuation et de prise en charge spécifique. En outre, ces savoirs offrent une capacité individuelle et collective à appréhender le risque d'inondation puisqu'ils connaissent les signes de crue car ils ont développé des connaissances au fil de l'histoire : « *les gens reconnaissent les ondulations d'une Vesdre qui s'encolère* » (Wilfried, Hors-série 2021, p. 46).

Bien que ces habitant.e.s ont développé au fil du temps une capacité d'apprécier le risque, la situation exceptionnelle rencontrée en juillet dernier a eu pour effet de balayer, voire de délégitimer les savoirs locaux transmis et donc les repères régulièrement utilisés.

[...] dès 6h, 6h30 du matin, il m'avait prévenue en disant « Attention, la Vesdre commence à déborder sur la route », donc en face de chez ma maman. Mais la Vesdre qui déborde, ce n'est pas encore un problème. Tant qu'elle ne traverse pas la rue et qu'elle n'arrive pas jusqu'à la boîte aux lettres, on sait qu'il n'y a pas de danger. » [VAU-016 –sept. 2021 par le LEMA ULiège].

Appréhender les risques

Les entretiens ont révélé que les habitant.e.s de la vallée sont attaché.e.s à leur territoire et ont l'habitude de vivre avec le **risque** d'inondations. Cette notion de risque est, elle aussi, essentielle car chacun a une relation différente à celui-ci et il est important de la considérer. En effet, la vision du risque n'est pas la même pour tous...

« on vit avec les inondations depuis toujours » (Extrait d'entretien, p. 21).

Dès lors, dans le cadre de la suite du dispositif – *dessiner la transition* – il sera fondamental de valoriser ces savoirs acquis à travers le temps par les citoyen.ne.s. à la fois en prenant en considération le fait que ce sont des acteurs de terrain local qui doivent agir lors de situations de crise et d'urgence – tout en étant accompagnés notamment en ce qui concerne les procédures. Mais ces citoyen.ne.s doivent aussi être impliqué.e.s dans un double dispositif :

1. Une participation active à la production de connaissances (en évoquant comment c'était avant la crue de 2021, quels étaient les indicateurs tangibles ET intangibles pour identifier une situation risquée, quels ont été les éléments qui ont été pertinents lors de la crue de juillet et quels sont les éléments à renforcer ?) ;
2. La mise en place d'un système de veille collective et multi-acteurs.

En effet, nous avons pu mettre en évidence que l'habitude d'observer les signes de l'eau n'a pas pu être activée dans la situation extrême de juillet 2021. Ainsi, compte tenu de l'exceptionnalité de la situation, les individus ont très certainement manqué de discernement et de capacité à juger la violence des événements. Cependant, qu'en est-il des situations – relativement – morales et de tous ces savoirs qui permettent aux humains de coexister avec cette rivière ? Il s'agit alors de revaloriser ces savoirs.

Cependant, cette phase de crise met en lumière le rôle des « **citoyens experts** » qui vont sur base des informations dont ils disposent avoir une vision éclairée de la situation. Ces informations sont le fruit de plusieurs éléments : 1) la transmission des savoirs locaux (voir ci-dessus) au fil du temps ; 2) leur rapport au

territoire et à leur connaissance de signes transmis au fil de l'histoire ; 3) leur connaissance technique et leur capacités de consulter et comprendre les informations sur des sites d'information spécialisés.

iv. Identification des dégâts sociaux

Suite aux bouleversements engendrés par les inondations de juillet 2021 dans la vallée de la Vesdre, les liens sociaux ont été mis à rude épreuve et certains se sont même dégradés probablement durablement. Les sous-sections suivantes présentent les dégâts sociaux qui ont été observés par l'équipe de recherche durant cette phase de diagnostic.

Des violences continues

« *ce ne sont plus les eaux qui font mal, mais tout le reste* » (extrait d'entretien, mai 2022, Spiral ULiège).

Si au départ, il y a eu la violence de l'eau qui emporte les voitures, qui fracasse les vitres et qui engorge les habitations, de nombreuses violences symboliques ont été exprimées et continuent d'exister neuf mois après les inondations. Sont cités à titre d'exemple, des dispositifs humiliants comme des douches communes qui ont été disposées sur les places animées et non sinistrées de certaines villes. En effet, dans les jours qui ont suivi la décrue, des acteurs externes sont venus placer des douches collectives à destination des sinistrés dans des endroits stratégiques selon la vision de ces acteurs externes (facilité d'accès au réseau électrique et hydraulique, facilité de parking, en hauteur, ...), mais humiliants pour les bénéficiaires, car disposées dans des endroits très fréquentés et partant confrontant...

[...] c'était un bus douches quoi. [...] Mais alors, au niveau humanité, ils ont été foutre ça devant l'hôtel de ville, donc là, au-dessus. Là, au-dessus, c'est le quartier où l'électricité n'est jamais partie, donc les bars fonctionnaient, les magasins fonctionnaient, et nous comme des pouilleux, on allait se laver au milieu de gens qui allaient faire leurs courses, qui allaient, qui étaient sur la terrasse des cafés. En plus d'être sinistrés et en plus d'être inondés, il fallait en plus nous humilier. Alors c'est parce que bon voilà, on n'a pas trop réfléchi, c'était dans l'urgence machin. Mais putain mais putain 2021, dans l'urgence ils sont pas foutus de faire un truc convenable, quoi ? (Comité de quartier – Pré-Javais, 2021 par le LEMA ULiège).

Comme l'exprime cet extrait, les décalages entre les situations, d'une part, de sidération et de choc dans le chef des sinistrés, et d'autre part, de vie qui suit son cours pour les autres, représentent des violences symboliques pour les sinistrés. Cette violence continue à s'observer avec les temps de reconstruction différents entre des villes et villages eux-mêmes, mais également au sein d'un même quartier comme notre journée d'observation « au fil de l'eau » a pu le révéler.

Bien qu'un travail d'analyse du ressenti des acteurs régionaux et fédéraux impliqués aurait été utile (cf. Sous-section ii. *Limites de l'analyse*), le sentiment d'abandon de la part des différents niveaux de pouvoirs (régional et fédéral) ainsi que le manque de considération compte tenu de la situation critique vécue par les habitants sinistrés de la vallée, représente également une violence symbolique observée et persistante.

Ces situations de violences permanentes créent un **effritement des relations** entre les riverains, entre les sinistrés et les pouvoirs publics (en particulier envers le niveau régional et fédéral), ainsi qu'entre les gestionnaires locaux et les administrations. Cette dernière relation est notamment liée à la rigidité de l'application des règles et procédures (voir point suivant) d'une part, ainsi que la diachronie entre autorités politiques et citoyens sinistrés d'autre part.

Enfin, les habitants de la vallée, touchés par les inondations de juillet 2021, vivent encore un traumatisme psychologique et effectif. Ils sont entendus mais pas reconnus. Or cette situation sans précédent a transformé des vies et produit un sentiment d'insécurité affective et matérielle.

Des procédures (in)adaptées : entre soutien, inertie et burn-out administratif

L'importance de la flexibilité des procédures lors d'une situation d'urgence a été vivement exprimée par l'ensemble des acteurs rencontrés dans le cadre de cette étude. En effet, si la présence de certains types de procédures, comme celles prévues dans le cadre de la planification d'urgence ont été perçues comme un soutien important dans la gestion des inondations (division des tâches, liste de choses à faire, à penser, à déléguer, etc.), ce n'est pas le cas pour les procédures habituelles, dont la rigidité d'application a été vivement critiquée. Des difficultés administratives pour obtenir des ressources (transports, médicaments...) lors de la phase aigüe de la crise ont été évoquées. Ainsi, un acteur rencontré exprime avoir eu recours à une « *situation de bricolage qui (le) mettait en défaut* » pour obtenir l'insuline et la méthadone nécessaires aux traitements de ses patients.

Pour *by passer* ces procédures, certaines autorités publiques locales ont mobilisé leur réseau personnel (ex. confrères dans des régions non sinistrées, contacts à l'INAMI, contacts dans des cabinets politiques) pour obtenir les ressources dont ils avaient besoin. Si certaines de ces initiatives ont fonctionné, elles sont toutefois énergivores, chronophages, non systématiques et exceptionnelles. En outre, d'autres se sont vu essuyer des refus créant incompréhension, frustration et colère. Ainsi, un acteur rencontré nous explique avoir entendu comme motif à la réponse négative à sa demande « *que c'était l'heure de table, donc que personne n'était disponible* [il continue et explique] *ils m'ont répondu ça, alors qu'ici les gens étaient en train de mourir!* » (Autorités politiques locales, 2022). Un autre acteur de terrain met en évidence lors d'un entretien le fait que le calendrier des événements (été 2021) a produit un effet retard dans la prise de décisions des autorités politiques régionales, produisant un sentiment de manque de considération et d'abandon pour les habitants de la vallée.

Ceci pose en outre la question des capacités des autorités locales à absorber une telle situation. Ces dernières ont dû faire face à toute une série de procédures administratives ajoutant une couche de complexité à une situation quotidienne chaotique et ainsi les pousser à prendre des risques et bricoler avec le cadre imposé.

Sur un plan privé, les procédures d'indemnisation auprès des polices d'assurances sont également vivement critiquées comme le montre l'extrait suivant :

« Oui, les assurances nous remballent le plus tard possible. On ne sait pas remplir les dossiers parce qu'ils ne sont pas complets. Et puis quand il est complet, il faut 15 jours ou 3 semaines. Donc moi, je vais pouvoir commencer éventuellement les travaux le 11 octobre. C'est-à-dire trois mois après. » [TRV-001, sept. 2021, LEMA ULiège].

En outre, les différents intervenants, comme les corps de métier (ex. maçon, plafonneur, menuisier), alimentent une forme de violence auprès des sinistrés :

Faut savoir aussi que quand on appelle un corps de métier à l'heure actuelle, bah c'est des gens qui vous disent bah mon devis pour venir le faire c'est 150€. Et que le gars, il vient en rigolant, vous disant, vous savez Madame, quand je demande 150€, il y en a qui me disent "je sais pas payer", mais alors moi, je fais pas les travaux chez lui s'il sait déjà pas payer 150 balles. Il payera pas le reste des travaux, hein. Mais je dis "malin, quand on fait des devis, c'est quand même pour pouvoir entre 2-3 devis choisir". Donc si sur 3 devis c'est 150 boules par devis t'es déjà à 450 balles. Que t'as pas. Parce que toi, l'assurance, elle t'a rendu quoi, 37000€? Et ça, c'est un poste. Fais appel à un menuisier, c'est comme ça. Puis t'as, l'électricité, le plafonnage et tu dois faire à

chaque fois 150 boules. T'es mort avant d'avoir commencé tes travaux. Et ça, les gens comprennent pas. (Extrait d'entretien, sept. 2021, LEMA ULiège).

Ces difficultés administratives et ces rapports de pouvoir qui se jouent entre experts, contre-experts et citoyens renforcent les inégalités entre ceux qui disposent d'un capital social, économique et culturel élevé (voir cadre théorique de Bourdieu) et les autres rendus invisibles.

« Donc tu es quand même dans ce marasme administratif où tu dois avouer que tu ne connais pas la procédure, tu ne sais pas comment ça se passe et tu ne sais pas si tu fais bien ou si tu fais mal. Donc ça, c'est un peu chiant. Je pars du principe que, moi, je ne suis pas encore trop vieux. Je suis vieux, mais pas encore trop. Donc je sais encore utiliser un ordinateur, un smartphone et la technologie qui va avec. Je me mets simplement à la place des gens en face de chez moi... Parce qu'on m'a dit « Tu le prends avec une philosophie et limite avec encore un peu d'humour ». Je dis « Oui, parce que comparé à d'autres, je ne suis pas à plaindre ». [...] Et c'est là que quand je dis que l'aide, elle doit être matérielle, elle doit être psychologique, elle doit être alimentaire, mais elle doit être aussi surtout administrative. » [TRO-027, sept. 2021, LEMA ULiège).

Ce faisant, si des procédures spécifiques à la situation d'urgence ont été perçues comme un soutien important pour gérer la phase aigüe de la crise, la lourdeur et l'inertie des procédures administratives – du quotidien – ont quant à elles créé de la colère et de la frustration. Ces lourdeurs administratives sont observées, d'une part, auprès des autorités locales qui ont activé leur réseau personnel (politique et privé) pour contourner la marge de manœuvre trop limitée du personnel des administrations locales, d'autre part, chez les sinistrés où la charge administrative pour l'indemnisation tend à occasionner des *burnouts* administratifs. Il est important de préciser que dans le chef des citoyens, il n'y a pas de distinction entre les tâches administratives liées à l'administration et les tâches liées à des acteurs privés tels que assurances, corps de métier et autres.

Une pression persistante sur le pouvoir local

Depuis les inondations de juillet 2021 et au moins jusqu'à notre passage en avril 2022, la pression exercée sur les autorités locales est restée forte, même si elle a pu fluctuer sur le long terme.

Ainsi, lors de la phase aigüe du déclenchement de la crise, la pression sur le pouvoir local est exacerbée : il doit réagir et prendre des décisions rapidement à l'aide du plan d'urgence (s'il y en a un à jour), et utiliser ses connaissances fines du territoire pour gérer le secours à la population – il est alors sur-sollicité. Par exemple, alors que des citoyens étaient bloqués chez eux, car les infrastructures routières pour parvenir à leur habitation étaient inutilisables –, le président du CPAS de Trooz, randonneur amateur, a indiqué aux pompiers un sentier de marche accessible pour aller secourir ces habitants.

Dans un second temps, la pression exercée redescend un peu avec l'arrivée des coordinateurs PlanU, la mise en place de la cellule de crise et l'arrivée d'aides extérieures (par exemple : l'armée, la croix rouge...). Si la pression est un peu redescendue, elle restera forte sur la durée. En effet, les élus locaux se retrouvent à devoir parfois gérer des compétences qui ne sont habituellement pas de leur ressort (gestion du relogement, gestion de la coordination locale, gestion des stocks de dons, augmentation des demandes d'aide, des situations de précarité, des burnout administratifs...). À titre d'exemple, le président du CPAS de Trooz explique qu'en plus des demandes individuelles qui ont explosé, le CPAS s'est vu attribuer de nouvelles missions plus collectives, et dès lors en dehors de ses logiques professionnelles habituelles, comme la gestion, la répartition et la distribution des dons financiers auprès des sinistrés (impliquant le choix de définition de critères d'attribution). Neuf mois après les inondations de juillet 2021, le président du CPAS de Trooz nous expliquait avoir l'impression de passer seulement de la période de crise à une période transitoire.

Cette pression constante constitue un dégât social majeur, car elle tend à ne pas faire sortir de ce sentiment de crise ces pouvoirs publics locaux et à les mettre dans une situation de stress latent sans pouvoir reprendre leur respiration. Ainsi, ces derniers ne se retrouvent pas dans une situation de récupération et accumulent donc de la fatigue, interrogeant dès lors leur capacité à rebondir et prendre en charge une nouvelle situation qui viendrait à se présenter.

Une accentuation des symptômes de la population

Les inondations de juillet ont rendu très visibles les symptômes de la population et les ont exacerbés. Par exemple, sont cités : les violences intra familiales et conjugales, les différentes assuétudes, la précarité présente dans le fond de la vallée et ce de manière structurelle, l'accès au logement, etc. Au moment aigu de la crise, au sein des points d'accueil de première ligne ainsi que dans les logements temporaires, ces symptômes ont été pris en charge momentanément. Cependant, le maintien dans la durée de la prise en charge de tous ces symptômes mis en évidence durant la crise nécessite des ressources formées, outillées, en plus grand nombre et de manière permanente. Or ces dernières ne sont actuellement plus disponibles, illustrant une fois encore notre réflexion sur la remise en cause d'une phase de normalisation.

Les changements de perception du lieu de vie

Les perceptions des habitants locaux à propos de la vallée, de leur vallée, comme lieu de vie ont été modifiées suite aux inondations de juillet (nous l'avons abordé plus haut). Certains questionnent leurs éventuels retours en tant qu'habitants, en particulier certains locataires pour qui les attaches au territoire et au bien immobilier ont semblé moins fortes – contrairement aux propriétaires – qui n'ont parfois pas le choix. Pour d'autres qui se réinstallent ou souhaitent se réinstaller, ils regrettent la perte de certains repères collectifs et individuels voire intimes. En effet, sur le plan collectif, les quartiers ont beaucoup changé (moins de vie dans les rues, maisons voisines non reconstruites – voire en train de pourrir – absence de commerces et de lieux de rassemblement) et les habitants souhaitent retrouver des lieux de communs (arrêts de bus, plaines de jeux, parcs aménagés, petits commerces, cafés, restaurants...). Pour ce qui concerne un niveau plus individuel, les gens ont perdu tous leurs souvenirs, des objets de grande valeur sentimentale. Certains ont réintégré leur bâtiment mais ne reconnaissent plus rien se sentant étranger dans leur propre foyer.

J'ai été voir une vieille dame hier qui a entre 80 et 90 ans, et qui vient de revenir chez elle dans la cité à Fraipont. L'intérieur chez elle est super mais ce n'est plus du tout comme avant, et donc c'est un peu froid, elle ne s'y sent pas très bien pour le moment même si elle est contente d'y être retournée. Mais il n'y a plus de vie dans le quartier, l'ensemble du quartier est mort, elle ne voit plus jamais passer personne, il n'y a plus d'animaux, il n'y a plus rien. Et elle me dit docteur ce n'est vraiment plus comme avant, il y a vraiment un problème. (Extrait d'entretien, janvier 2022, LEMA ULiège, p.160).

En outre, l'ampleur exceptionnelle des inondations de juillet 2021 a eu tendance à délégitimer les savoirs locaux acquis au cours des 30 dernières années par les habitants qui côtoient la Vesdre. En effet, comme nous l'avons montré plus haut, les repères habituels ont été bouleversés. Nous pouvons ainsi mettre en évidence comme dégâts sociaux, **la perte de confiance et la délégitimation momentanée des savoirs locaux des habitants** qui ont pourtant l'expérience de nombreuses inondations « sous contrôle » et de compréhension de ce que dit la rivière.

v. Identification des enjeux médico-sociaux

Par la mobilisation du cadrage de « rétablissement » de Centemeri, Topçu et Burgess (2021), nous souhaitons mettre en évidence huit enjeux médico-sociaux qui répondent en partie aux questions du : *comment rétablir cette*

vallée, à quoi faut-il être attentif, que faut-il prendre en compte ? Les sous-sections suivantes vous présentent nos analyses et les éléments clés de réponse, en encadrés.

Considérer l'hétérogénéité des réalités et des temps de reconstruction

Nous pouvons mettre en évidence une forte hétérogénéité des réalités vécues ainsi que des temps de reconstruction, à la fois (1) entre le fond de la vallée et les plateaux, (2) entre les différents villes et villages du fond de la vallée, mais également (3) au sein d'une même rue. Ainsi, nous avons pu observer qu'au sein d'une même rue de Pepinster, une maison avait été rénovée et était sur le point d'être mise en location alors que deux maisons plus loin, une autre bâtisse n'était même pas vidée et était toujours remplie de débris et de boue. Cette situation est un des exemples illustrant des temps de reconstruction variables selon l'endroit, les moyens, les ressources et la capacité de résilience des individus.

Coordonner les dynamiques locales et les acteurs externes

Les acteurs externes publics et privés (armée, Croix Rouge, ONG, entreprises, membres de réseaux activés par des acteurs locaux...) et internes (tous les acteurs locaux) vivent dans des dynamiques différentes. Alors que les acteurs externes vont favoriser une **logique d'efficacité** (dispositifs de douche collective, cantines organisées), les acteurs internes sont, quant à eux, dans une **logique de reconstruction** personnelle et sociale. Ainsi, si l'aide-externe, souvent très organisée et avec une machinerie bien rodée, est importante pour venir soutenir, nettoyer, désencombrer, il est primordial d'être attentif à ce que cette aide ne soit pas dans une logique de contrôle de la situation et ne déstructure pas les espaces et les dynamiques locales qui sont en train de se mettre en place et qui participent à la reconstruction collective. En effet, comme précisé ci-dessus, ces aides externes peuvent aussi créer de la violence (voir exemple des douches ci-dessus). Or les dynamiques locales, en plus de répondre aux besoins primaires de sinistrés (s'alimenter, se laver, se loger...), sont également des espaces qui permettent des moments de rencontre pour reconstruire du lien social, de la solidarité et se réappropriier les lieux afin de donner du sens et de partager un vécu commun.

Gestion de l'abondance des stocks de dons

Suite aux inondations de juillet 2021, il a été observé un élan de générosité et de solidarité qui s'est notamment concrétisé par des dons de matériels (vêtements, meubles, électroménagers...). Ces donations matérielles se sont vite transformées en « cadeau empoisonné » pour les autorités politiques locales qui ont dû improviser le triage, le stockage et la redistribution de ces dons. Ainsi, de nouvelles structures (comme les CPAS) se sont vues, en plus du reste, dotées de la compétence de stockage, gestion et redistribution de ces dons, alors que cette activité n'est pas dans le cadre de leurs compétences habituelles. Outre les difficultés d'identifier des critères pour répartir ces dons, une autre difficulté rencontrée a été de gérer sur une longue durée la distribution de ceux-ci en fonction des besoins et du temps de reconstruction des sinistrés. Enfin, pour gérer l'excédent, les autorités locales ont dû prendre en charge les frais d'évacuation des stocks de dons restants, occasionnant des coûts supplémentaires.

Si cela peut sembler anecdotique, cette mission correspond à une tâche supplémentaire imposée aux acteurs locaux qui ne correspond pas forcément à leur logique professionnelle et qui s'ajoute par ailleurs à leurs autres activités, ce qui tend à déstructurer les réseaux locaux préexistants.

Reconnaître, valoriser et mémoriser les savoirs locaux

La vallée de la Vesdre est un endroit où il y a toujours eu des crues et où les habitants ont appris à vivre avec ce risque-là. Le rapport au risque est très variable d'un habitant à l'autre. En outre, les habitants ont appris à comprendre et à connaître la rivière. Ils ont développé des connaissances et des repères pour adapter leurs comportements en fonction des différents niveaux que la Vesdre pouvait avoir. En outre, des connaissances très

finances du territoire (comme ceux des sentiers de randonnée expliqués ci-dessus) ont permis de porter secours à des habitants coincés dans leur habitation inondée.

Ainsi, concernant les inondations de juillet 2021, il est important de reconnaître le caractère exceptionnel de la situation, pour expliquer et justifier les raisons pour lesquelles les repères habituels ont été dépassés.

Co-crée, faire perdurer les réseaux de proximité et le maillage social

Nos observations et analyses ont permis de mettre en évidence l'importance de l'**infrastructure sociale** et des réseaux d'acteurs préexistants tant pour le moment de gestion de crise que pour le moment de rétablissement de la vallée.

Pour redévelopper ces liens sociaux et favoriser la mise en réseau, il est important de remettre en place des lieux et espaces de socialisation (parcs aménagés, plaines de jeux, fêtes de comité de quartier ou kermesse de village...) ainsi que des repères importants pour les habitants (boîtes aux lettres, arrêts de bus...) pour reprendre « une vie à la normale ».

Penser la rivière comme un acteur

La Vesdre est une rivière avec ses spécificités : elle est particulièrement habitée, les frontières entre les villes et villages sont peu visibles tellement les bâtiments se suivent le long de la N61, de nombreuses propriétés privées ont leurs murs qui plongent dans la Vesdre et en occupent les berges, il y a peu d'infrastructures collectives aménagées en son long.

Dans une perspective de rétablissement de la vallée, il nous semble opportun de penser la rivière comme un acteur à part entière. Cela veut dire penser la relation entre les habitants et la rivière, où la rivière est un acteur au cœur des villages et pas un intrus qui est morcelé et dont chaque partie est appropriée individuellement.

Réfléchir et développer les outils de la gestion de crise et d'une culture du risque multiniveaux

Le développement des outils de la gestion de crise et d'une culture de risque a été au cœur des enjeux mis en évidence par les acteurs rencontrés.

En termes de gestion de crise, le renforcement des réseaux entre acteurs et le développement de processus de formation sont largement mis en lumière. Il est précisé que ce travail doit être fait en amont pour pouvoir être activé efficacement lors de prochaines crises. **Le rétablissement de la vallée ne peut donc pas se faire uniquement par la réflexion sur les infrastructures physiques, mais doit aussi penser et prendre en compte l'importance des infrastructures sociales. En effet, ces dernières prennent le relais quand les infrastructures physiques sont détruites ou dépassées par les dégâts occasionnés par un désastre.** En outre, deux pratiques de gestion de crise particulièrement intéressantes ont été identifiées. Premièrement, il s'agit d'un duo de coordinateurs PlanU : un coordinateur PlanU local qui a une connaissance fine des spécificités du territoire et de ses habitants ainsi qu'un coordinateur externe qui a une vision plus distanciée de la situation. Deuxièmement, il a été souligné l'importance de la mise en place systématique ou du renforcement, de l'identification et de la formation d'un coordinateur PlanU dédié aux questions psychosociales (activer les régimes d'exception auprès de l'INAMI, mettre en place l'arrivée et la distribution des médicaments pour les soins aigus comme chroniques, activer les structures de logement, les soutiens et aides psychologiques, sociaux et administratifs...). Les aspects de santé (classique et mentale) sont sous-estimés dans la planification d'urgence actuellement. Cela amène les acteurs médicaux locaux à prendre des risques personnels et à bricoler des solutions au profit de leurs patients (ex. faire des listes de patients de mémoire, car les serveurs sont sous eau, se faire prescrire de la méthadone, car il est impossible d'avoir accès à des ordonnances...). Une réflexion en amont sur ces aspects pourrait être entreprise afin de les intégrer aux futurs plans et procédures à activer en temps de crise.

En termes de développement d'une culture du risque, il est important que celle-ci soit **multi-niveaux** : au niveau de la population, au niveau des autorités locales, au niveau provincial ainsi qu'au niveau régional et fédéral.

Être conscient des effets de cadrage du master plan

Les choix méthodologiques et les priorités mises en lumière dans ce schéma stratégique ne sont pas neutres. Ils visibilisent et invisibilisent certains groupes sociaux, mais aussi certaines infrastructures physiques (les ponts, les GR...). La perspective n'est pas forcément de visibiliser tout et tout le monde, mais plutôt d'être conscients des groupes, individus et infrastructures qui vont être compris dans le master plan et partant ceux qui vont en être exclus.

Être conscient de ces mécanismes permet de réfléchir la manière de s'adresser aux différents publics concernés, par exemple, lors de la présentation des résultats de la phase de diagnostic aux habitants de la vallée.

Cette posture réflexive permet aussi de décentrer le regard et s'interroger sur les perceptions de chacun face à ce schéma stratégique. Ainsi, il est important de prendre conscience que ce schéma arrive à la fois trop tôt pour une réflexion globale sur le rétablissement de la vallée qui intègre profondément les habitants dans une logique participative et à la fois trop tard, car de nombreux sinistrés ont déjà commencé les étapes de reconstruction matérielle et émotionnelle.

Il est donc important d'être conscient que les recommandations présentées dans le cadre de cette étude pourraient maintenir une logique de violence si ces dernières s'adressent de manière normative aux sinistrés en proposant des solutions contraires aux multiples reconstructions qui sont toujours en cours.

Il s'agit alors tant pour les chercheurs, les décideurs et les administrations d'appliquer au cœur de leurs modes de pensées cette notion d'éthique du *care*... (voir J. Tronto, 2009).

vi. Conclusion

S'intéresser aux dégâts et aux enjeux sociaux après une catastrophe d'une telle ampleur s'avère être un challenge méthodologique, scientifique et humain. Comment rendre compte de la diversité des vécus, de la complexité de relations qui se jouent entre habitants, avec les autorités – des divers niveaux de la lasagne institutionnelle qui caractérise la politique belge – ou encore avec les entreprises de reconstruction et les assurances ? Comment être suffisamment précis tout en offrant un tour d'horizon ? Il semblerait qu'en tant que socio-anthropologues nous soyons toujours soumis à ces questionnements, mais ce projet a ceci de différent : l'actualité des évènements et la violence à laquelle nous avons dû nous heurter...

Compte tenu de ces différents éléments nous avons tenté de faire état de ce qu'était la vallée de la Vesdre avant les inondations de juillet 2021. Un territoire aimé et investi par ses habitants et tout autant délaissé par les autorités publiques. Donnant lieu, suite à la catastrophe, à une mise en lumière d'une superposition de problèmes structurels (précarité notamment) et conjoncturels laissant les populations et les autorités locales dans une forme de désarroi. Si ces derniers n'ont pas manqué de résilience, ce qui fait société – les échanges, les liens, le collectif – a été mis à mal.

Dès lors, s'il n'y avait que deux choses à retenir de cette introduction à l'analyse des dégâts sociaux ce seraient les éléments suivants :

Premièrement, la manière dont nous travaillons, scientifiques, politiques et acteurs de terrain, produit des effets de cadrage et ces cadrages mettent en lumière des individus, des collectifs, des infrastructures physiques et sociales, mais jettent tout autant une ombre sur d'autres individus, d'autres collectifs, et d'autres infrastructures physiques et sociales. S'il n'y a pas de moyens d'éviter cela, en avoir conscience et tenter de gommer ces effets, nous semble déjà être un choix (politique).

Deuxièmement, la réflexion autour du rétablissement (*matter of care*) de la vallée de la Vesdre doit se faire dans une perspective sociotechnique et envisager les multiples enjeux techniques (infrastructures, berges, ponts, lit de la rivière etc.), mais tout autant les enjeux sociaux (réseaux d'acteurs, dynamiques locales, savoirs locaux, etc.) qui s'avèrent être profondément enchevêtrés. Ce n'est qu'en pensant le rétablissement de la vallée à des rythmes et à des niveaux différents (individuels et collectifs) que ce dernier sera alors envisageable et envisagé.

vii. Références

- BARTHÉLÉMY, C. (2005). Les savoirs locaux : Entre connaissances et reconnaissance. *Vertigo- Volume 6 Numéro 1*, Article Volume 6 Numéro 1. <https://doi.org/10.4000/vertigo.2997>
- CENTEMERI L, TOPÇU S AND BURGESS J.P. (2021) 'Introduction: Recovery, Resilience and Repairing - For a Non-Reductionist Approach to the Complexity of Post-Disaster Situations', in *Rethinking Post-Disaster Recovery Socio-Anthropological Perspectives on Repairing Environments*, Routledge.
- DALE, A. (1993). Le rôle de l'analyse secondaire dans la recherche en sciences sociales. *Sociétés Contemporaines*, 14(1), 7-21. <https://doi.org/10.3406/socco.1993.1124>
- FISHER, B. AND TRONTO, J.C. (1990) 'Toward a Feminist Theory of Caring', in E. Abel and M. Nelson (eds) *Circles of Care: Work and Identity in Women's Lives*, Albany: State University of New York Press.
- MOLLER H., BERKES F., LYVER P., KISLALIOGLU M. (2004). Combining science and traditional ecological knowledge: monitoring populations for comanagement, *Ecology and Society*, Vol. 9, Issue 3, [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss3/art2>
- TRONTO, JOAN, C., (2009), *Un monde vulnérable. Pour une politique du care*, Paris, La Découverte.
- WILFRIED MAGAZINE, Hors-série 2021, *Mémoires vives. De la révolution industrielle à la catastrophe de l'été 2021*.

c. Dégâts aux bâtiments privés résidentiels

Auteur : Jacques Teller, LEMA, Université de Liège.

i. Introduction

Étant donné la configuration de la vallée de la Vesdre, les inondations de juillet 2021 ont causé d'importants dégâts aux bâtiments privés résidentiels. Ces événements ont touché très durement les familles. La question du mal-logement reste très prégnante dans la vallée, un certain nombre de ménages ayant été amenés à occuper leur logement de manière précaire, une partie de celui-ci étant impropre à l'habitation, voire à loger dans des caravanes ou autres logements provisoires (Teller, 2022). Il convient de souligner à cet égard combien c'est la solidarité interpersonnelle qui a joué dans les premières semaines dans le cadre du relogement, les pouvoirs publics n'étant pas en mesure de faire face à la demande.

ii. Méthodologie

Les données utilisées dans le cadre de cette analyse sont basées sur le Survey Géomatique organisé au cours des mois d'août à septembre 2021. Le Survey, réalisé à l'échelle de la Région Wallonne, a mobilisé un grand nombre de fonctionnaires du SPW, qui ont travaillé sur base volontaire. Un total de 29 622 points ont été relevés sur base d'une application spécifiquement développée pour Smartphone, afin de récolter des données terrain et la géolocalisation des points concernés.

Dans le bassin versant de la Vesdre, ce relevé s'est principalement centré sur les communes du bassin versant classées en catégorie 1, à savoir l'ensemble des communes de fond de vallée : Liège-Chênée, Chaudfontaine, Trooz, Verviers, Limbourg, Pepinster, Theux et Eupen. Les communes du bassin versant classées catégorie 2 et 3 suivantes ont également fait l'objet d'un relevé dans le cadre de ce travail de terrain : Baelen, Dison, Jalhay, Malmedy, Olne, Spa, Sprimont et Stavelot. Rappelons que la classification en trois catégories de communes sinistrées a été proposée dans les semaines qui ont suivi les événements de juillet sur base d'une première estimation des dégâts. Elle avait pour but de fixer des priorités en matière de support administratif, technique et financier.

Ce Survey a permis de relever une série d'informations relatives aux dégâts observés sur les immeubles. Une fiche de récolte standardisée et informatisée avait été prévue à cet effet. Celle-ci consistait en une description des caractéristiques du bâtiment (fonction principale), de la hauteur d'eau observée par rapport au niveau de voirie et de la nature des eaux. Ce relevé a permis de produire une première carte de l'étendue des inondations via interpolation géomatique entre les hauteurs d'eau observées et le relief. Cette carte de l'étendue des inondations a été confortée via une comparaison par rapport à d'autres sources, telles que les photos prises à partir d'hélicoptère ou des observations de terrain. L'ensemble de ce travail a été coordonné par le SPW géomatique, qui centralise et met à disposition l'information collectée ainsi que les données relatives à l'étendue des inondations.

Le PICC (Plan Informatique de Cartographie Continue) a servi de base de référence pour la réalisation du Survey géomatique. La précision du PICC est de 25 cm, ce qui est bien supérieur à la précision du cadastre. Le PICC reprend en outre une série d'éléments qui n'apparaissent pas au cadastre et dont il était utile de disposer pour le relevé des dégâts liés aux inondations, comme les ouvrages d'art, l'axe des rues, les berges des cours d'eau ou encore la végétation. Chaque observation fait l'objet d'une entrée dans le cadre du Survey. Quelques 12 713 points ont été relevés sur les bâtiments résidentiels dans les communes du bassin versant enquêtées (ce chiffre étant revu à 10 093 si l'on ne considère que Chênée pour la ville de Liège).

Nous avons utilisé cette base de données pour réaliser notre estimation des dommages aux biens résidentiels. L'avantage de cette source est qu'elle est issue d'une enquête de terrain plutôt qu'une extrapolation sur base

d'un modèle numérique. Qui plus est, elle couvre la plus grande partie des bâtiments résidentiels affectés au sein du bassin versant. Il s'agit à ce titre d'une donnée précieuse, qui n'est que rarement disponible dans le cadre d'opérations de reconstruction post-désastre.

On relèvera néanmoins trois limitations dans la méthode du Survey.

Tout d'abord, certains biens résidentiels n'ont pas fait l'objet d'un relevé de terrain. Le Survey s'est logiquement concentré sur les communes/les rues les plus affectées par les inondations. Certains dommages observés dans les communes et/ou les rues moins impactées peuvent avoir échappés aux observateurs de terrains.

Par ailleurs, il s'agit d'un relevé réalisé dans les semaines qui ont suivi les événements. Les observateurs pouvaient ainsi mesurer des laisses de crue toujours bien visibles sur le bâtiment. Nous ne disposons pas d'un relevé actualisé de l'état d'occupation des immeubles. Nous avons pu observer dans le cadre de nos visites de terrain qu'un grand nombre de bâtiments résidentiels étaient soit en cours de rénovation, soit déjà réoccupés. Il est difficile d'estimer à ce stade quelle est la part du parc de bâtiments résidentiels qui est aujourd'hui habitable/inhabitable. Il serait de ce fait hasardeux d'extrapoler des besoins en logement sur base de cette seule enquête. D'autant qu'il n'existe pas à notre connaissance de relevé actualisé du nombre de ménages qui ont dû quitter leur logement, que ce soit pour habiter au sein du bassin versant ou en dehors de celui-ci.

Enfin, il peut y avoir des divergences entre le nombre de bâtiments identifiés sur base du PICC et le nombre de bâtiments identifiés sur base du cadastre. Le cadastre est mis à jour annuellement, ce qui n'est pas le cas du PICC. A l'inverse, certains bâtiments peuvent apparaître sur le PICC et ne pas avoir été repris au cadastre (déclaration incomplète ou obsolète). Il convient dès lors d'envisager ces deux sources comme complémentaires, sans nécessairement chercher à mettre en correspondance les chiffres issus des deux méthodes.

Nous avons travaillé en trois temps sur base du Survey géomatique.

Nous avons, dans un premier temps, identifié l'ensemble des bâtiments à vocation résidentielle localisés dans la zone inondée en 2021. Cette approche permet de travailler de manière homogène sur l'ensemble des 25 communes du bassin versant. Elle nous donne une première estimation de l'ampleur des dégâts aux biens résidentiels. Chaque périmètre classé comme « Habitation » repris dans la couche bâtiment du PICC est considéré comme un bâtiment. Il est possible que des bâtiments jointifs aient été considérés séparément alors qu'ils forment en réalité un tout fonctionnel et repris sous un même identifiant cadastral. Les annexes n'ont pas été prises en compte (les box de garage sont en général considérés comme des annexes).

Nous avons, dans un deuxième temps, analysé les données du Survey géomatique. Nous proposons ainsi une cartographie du nombre et de la proportion de bâtiments résidentiels affectés par les inondations, en nous centrant cette fois sur les bâtiments qui ont fait l'objet d'un relevé individuel par un observateur de terrain. Ceci nous permet d'identifier les bâtiments pour lesquels l'inondation est avérée, alors que la méthode précédente nous fournit une information quant aux bâtiments pour lesquels l'inondation est présumée. Les cartes sont présentées pour une grille de 1x1 km de manière à homogénéiser la maille d'analyse sur l'ensemble de la vallée, le découpage en secteurs statistiques ne permettant pas de visualiser clairement les données à l'échelle du bassin versant.

Il convient enfin d'ajouter que les chiffres dont nous disposons ne concernent que des bâtiments, que ce soit sur base du croisement SIG ou le Survey géomatique. Ceux-ci peuvent éventuellement être occupés par plusieurs logements. L'impact des inondations sur un bâtiment divisé en plusieurs logements est difficile à estimer. On peut supposer que l'impact concerne de manière prioritaire le ou les logements situés au rez-de-chaussée. Il apparaît néanmoins que la viabilité technique des bâtiments divisés en plusieurs logements est parfois compromise lorsque le rez-de-chaussée est impacté.

Nous traiterons, dans un troisième temps, les informations fournies par le Commissariat Spécial à la Reconstruction. Les données utilisées proviennent d'un tableau fourni par le CSR, compilant les informations relatives aux bâtiments sinistrés par commune. Ce tableau rassemble des informations issues de quatre sources : le Survey Géomatique se focalisant sur les immeubles résidentiels, le déclaratif des communes dénombrant les dommages observés à tout type de bâtiments, le nombre de dossiers Assuralia datant du mois d'août 2021 et le nombre de dossiers sinistrés selon le Fond des Calamités (sans date). Nous avons d'abord extrait de ce tableau les 25 communes faisant partie du bassin versant, puis l'avons complété sur base des données collectées par le CSR dans le cadre du prédiagnostic réalisé dans 7 communes de catégorie 1 (toutes sauf Eupen). Ce complément d'information nous a notamment permis d'isoler les chiffres de Chênée lorsqu'ils étaient disponibles, afin de ne pas travailler avec les totaux de la ville de Liège qui dépendent fortement des bassins de l'Ourthe et la Meuse.

iii. Résultats

Le croisement entre les données du PICC et la zone inondée 2021 est présentée au Figure 6. c. 1.

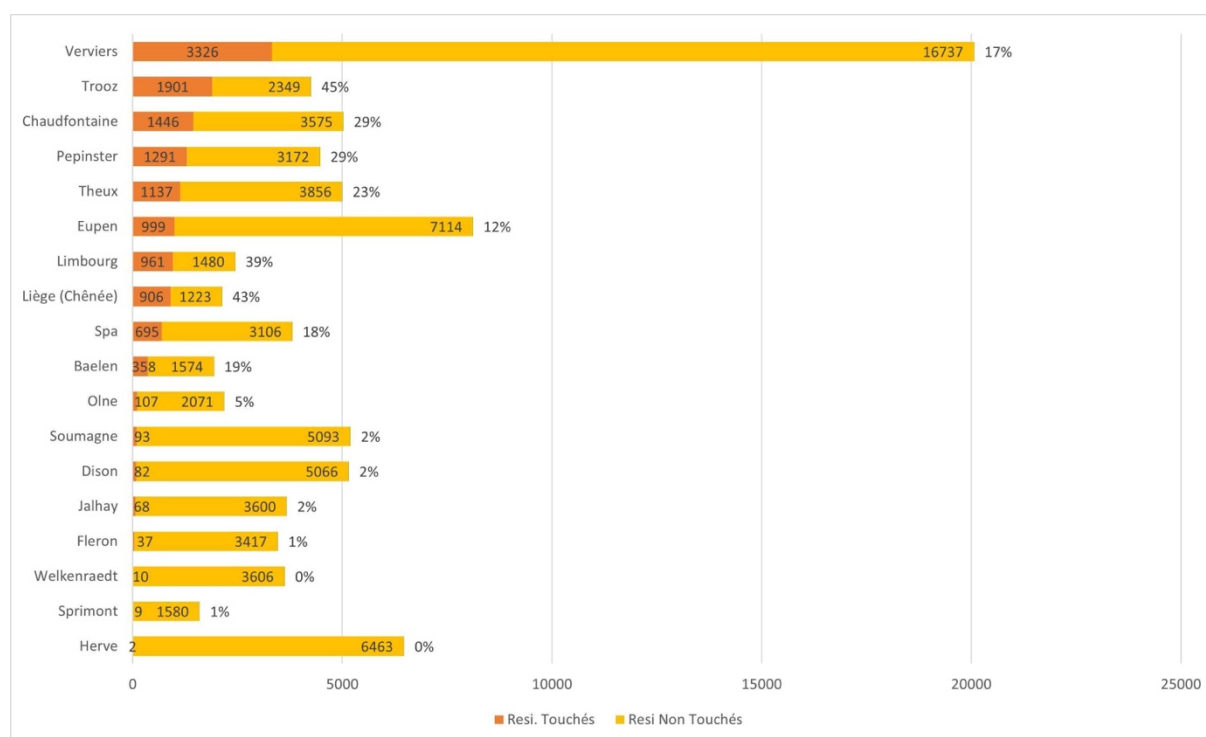
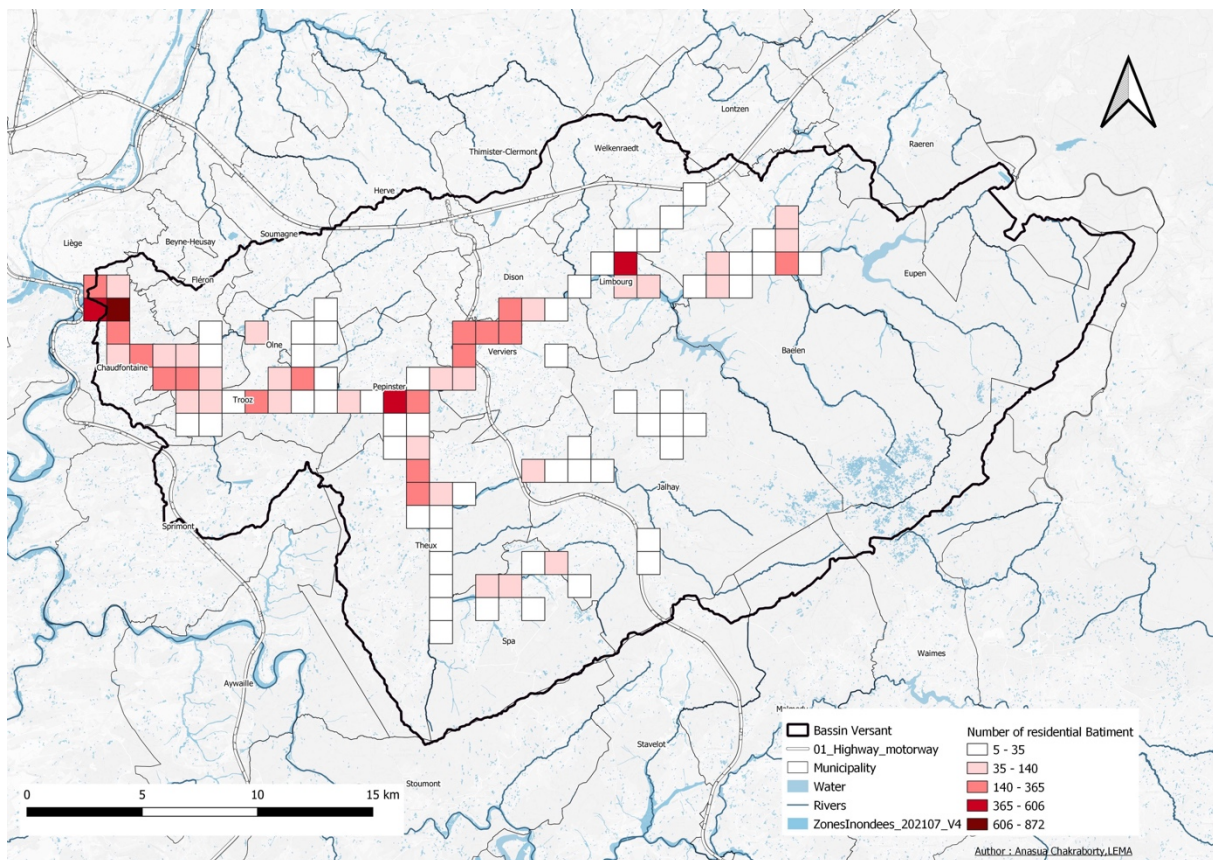


Figure 6. c. 1 – Nombre et proportion de bâtiments présumés touchés/non touchés par les inondations de 2021 (uniquement bâtiments résidentiels). Identification des bâtiments sur base de leur localisation au sein de la zone inondée en 2021. Seules les portions des communes localisées au sein du bassin versant sont prises en considération (pour Liège, il s'agit essentiellement d'une partie de Chênée). Les communes sont classées par ordre décroissant du nombre de bâtiments résidentiels touchés par les inondations. Total de bâtiments résidentiels situés dans la zone inondée en 2021 : 13 428.

Celui-ci met clairement en évidence l'importance de l'impact des inondations dans les communes de Verviers, Trooz, Chaudfontaine, Theux, Pepinster, Limbourg, Liège, Eupen et Spa lorsque l'on considère le nombre de bâtiments présumés touchés. Si l'on considère cette fois la proportion de bâtiments présumés touchés, c'est la commune de Trooz qui apparaît comme la plus affectée, suivie de Limbourg, Pepinster et Theux. La part de bâtiments potentiellement affectés à Verviers (17 %) est inférieure à celle de ces trois communes, en raison de la configuration de la ville qui s'est développée sur les versants de la vallée.

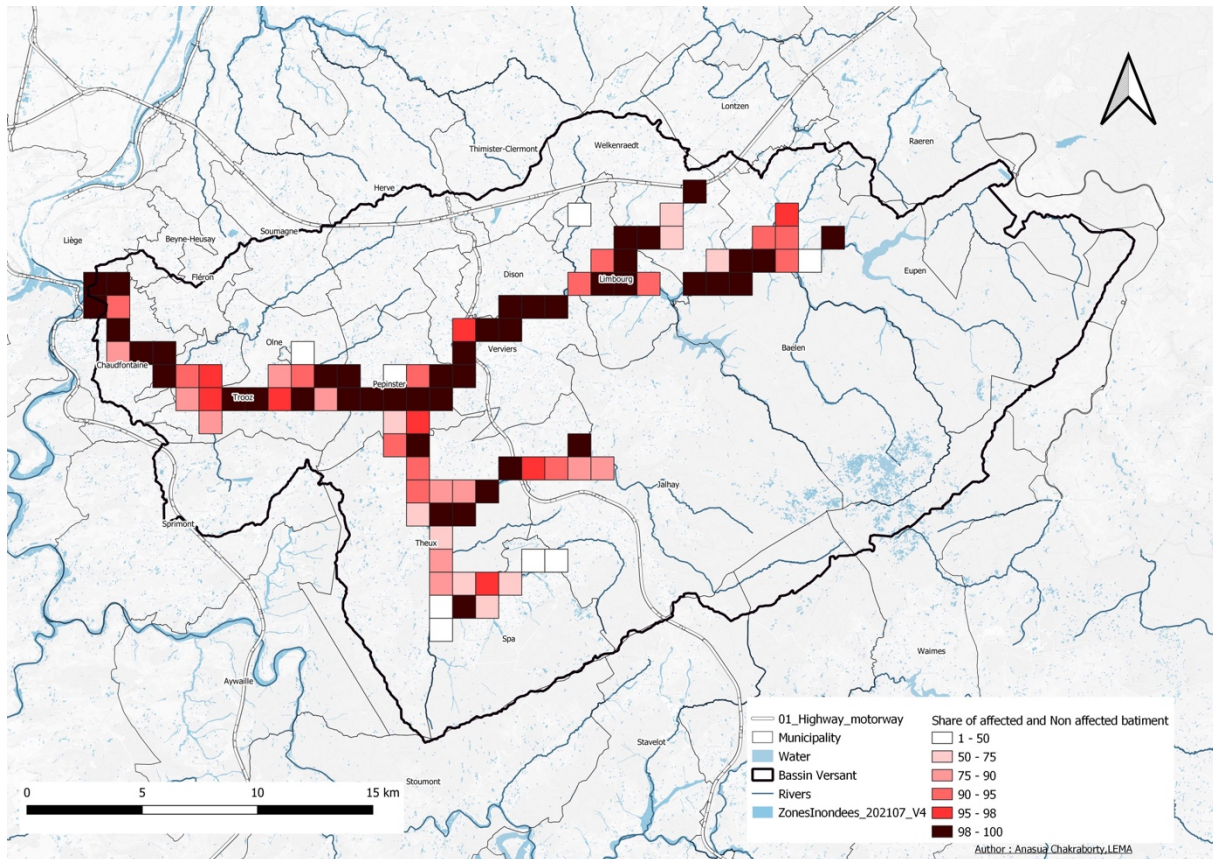
Les deux aspects sont à prendre en considération dans le cadre de la reconstruction étant donné que les moyens à mettre en œuvre sont directement liés au nombre de bâtiments affectés, mais que les possibilités de relogement sur la commune sont bien entendu limitées par la part de bâtiments affectés.

La Carte 6. c.1 met en évidence le nombre de bâtiments pour lesquels des données d'inondation ont effectivement été relevées lors du Survey géomatique. Il apparaît sur cette carte que le centre de Chênée est celui qui concentre le plus de bâtiments touchés. Viennent ensuite le centre de Limbourg et de Pepinster. Ces trois centres sont caractérisés par de l'habitat en rangée à proximité directe du cours d'eau. On voit que l'impact dans le centre de Verviers est, lui, réparti le long de la Vesdre, entre Pré-Javais et Ensival. Le nombre total de bâtiments résidentiels potentiellement affectés à Verviers est supérieur à celui des autres communes (Tableau 6. c.1), mais il est moins concentré spatialement. Ceci s'explique sans doute également par le relief de fond de vallée qui a amené un développement plus linéaire à Verviers qu'à Chênée, Pepinster ou Limbourg.



Carte 6. c.1 – Nombre de bâtiments résidentiels localisés dans la zone inondable en 2021 (grille de 1x1 km) (Auteur : Anasua Chakraborty, LEMA).

La part de bâtiments résidentiels touchés par les inondations est supérieure à 98% dans un grand nombre de mailles observées (Carte 6. c.2). C'est pratiquement le cas de tout le fond de vallée de la Vesdre, entre Eupen et Chênée, à l'exception de quelques poches d'habitat qui ont pu pour partie se développer sur les versants et qui ont été moins touchés par les inondations. Cette carte témoigne de l'extrême vulnérabilité de l'habitat de fond de vallée de la Vesdre ainsi que de l'axe allant de Theux vers Polleur. La vulnérabilité de zone de Pepinster située au sud du chemin de fer ressort également clairement sur la carte.



Carte 6. c.2 – Proportion de bâtiments résidentiels touchés par les inondations (grille de 1x1 km) (Auteur : Anasua Chakraborty, LEMA).

Le nombre total de bâtiments sinistrés pour lesquels nous disposons de données du Survey géomatique (Tableau 6. c.1) s'élève à 10 093, dont 9 381 bâtiments à usage résidentiel et 712 bâtiments mixtes (il s'agit souvent de bâtiments résidentiels dont le rez-de-chaussée est occupé par un commerce). Le relevé confirme que les trois communes les plus touchées sont Verviers, Trossy et Chaudfontaine. Liège-Chênée apparaît ici en quatrième position, devant Theux et Limbourg, ce qui diverge de l'analyse basée sur le seul croisement géomatique entre le PICC et la zone inondée.

Le Tableau 6. c.1 met par ailleurs en évidence que 119 bâtiments ont été détruits dans le bassin versant, dont une très grande majorité à Pepinster (42) suivie de Chaudfontaine (29). Le centre de Pepinster apparaît de fait comme un des espaces urbains les plus durement touchés par les inondations (42 bâtiments détruits et 54 à détruire), en raison de la hauteur d'eau observée, des effets combinés de la Vesdre et de la Hoëgne ainsi que de l'effet aggravant du chemin de fer dont les talus et les ponts. Tous ces éléments ont contribué à renforcer l'ampleur des dommages. A l'échelle du bassin versant, quelques 2 200 des 10 093 bâtiments pour lesquels un relevé a été organisé sont considérés comme partiellement détruits et demandent une intervention en profondeur en raison de l'ampleur visible des dégâts.

Commune	Détruits	A détruire (arrêtés de dangerosité)	Partiellement détruits	Sans dégâts visibles	Immeubles résidentiels sinistrés	Immeubles mixtes sinistrés	Total immeubles mixtes et résidentiels sinistrés
Baelen	0	0	8	169	177		177
Beyne-Heusay							
Chaufontaine	29	16	392	899	1336	28	1364
Dison							
Eupen	4	39	44	410	497		497
Fléron							
Herve							
Jalhay	3	0	11	245	259		259
Liège-Chénée	6		578	586	1170	89	1 259
Limbourg	4	1	227	454	686	49	735
Lontzen							
Malmedy	0	0	0	9	9		9
Olne	0	0	10	177	187		187
Pepinster	42	54	172	702	970	76	1 046
Raeren							
Soumagne							
Spa	0	0	8	216	224		224
Sprimont							
Stavelot	6	0	8	119	133		133
Theux	2	2	70	769	843	57	900
Thimister- Clermont							
Trooz	20	6	602	909	1537	50	1 587
Verviers	3	28	90	1 232	1353	363	1 716
Waimes							
Welkenraedt							
Total	119	146	2 220	6 896	9 381	712	10 093

Tableau 6. c.1 – Dégâts observés sur les bâtiments résidentiels. (Source : Pré-diagnostic CSR).

Le Tableau 6. c.2 permet d'affiner l'analyse relative aux bâtiments considérés comme « sans dégâts visibles ». Cette catégorie correspond à une donnée de terrain. Lorsqu'il était impossible d'estimer l'ampleur des dégâts au bâtiment depuis l'espace public, l'enquêteur classait celui-ci dans cette catégorie. On constate néanmoins à la lecture du Tableau 6. c.2 que 2 914 des 6 896 bâtiments classés dans cette catégorie ont été submergés par plus de 1,5 m d'eau (calcul réalisé sur base du modèle du SPW géomatique), ce qui laisse entendre des dégâts très importants aux bâtiments et à leur contenu, avec d'éventuels effets sur la structure.

Ici à nouveau c'est le centre de Verviers qui apparaît comme le plus sévèrement touché (628 bâtiments résidentiels avec > 1,5 m d'eau). La montée des eaux y a été très importante, et a couvert une zone d'habitat étendue, sans toutefois que les effets du courant ne soient aussi dévastateurs qu'à Pepinster.

Commune	H < 0,3m	0,3 ≤ H < 1,5m	H ≥ 1,5m	Sans hauteur d'eau modélisée	Sans dégâts visibles
Baelen	40	81	19	29	169
Beyne-Heusay					
Chaufontaine	58	249	503	89	899
Dison					
Eupen	123	204	45	38	410
Fléron					
Herve					
Jalhay	28	42	16	159	245
Liège-Chénée	15	103	402	66	586
Limbourg	8	94	332	20	454
Lontzen					
Malmedy	5	1	3	0	9
Olne	19	30	33	95	177
Pepinster	15	353	302	32	702
Racren					
Soumagne					
Spa	73	83	4	56	216
Sprimont					
Stavelot	18	89	7	5	119
Theux	92	415	223	39	769
Thimister-Cler.					
Trooz	59	302	397	151	909
Verviers	116	453	628	35	1232
Waimès					
Welkenraedt					169
Total	669	2 499	2 914	814	6 896

Tableau 6. c.2 – Hauteurs d'eau mesurées sur base de la modélisation (Source : Pré-diagnostic CSR).

Le Tableau 6. c.3 nous fournit le nombre de dossiers de demandes d'indemnités introduites auprès des organismes assureurs au sein du bassin de la Vesdre. Ces données confirment et nuancent les analyses sur base du Survey Géomatique. Il apparaît que les communes de Verviers, Chaudfontaine et Trooz sont les plus touchées, ce qui ressortait également des observations de terrain. Le tableau met toutefois en évidence que la commune de Soumagne, qui n'a pas été couverte par le Survey, a néanmoins été fortement impactée. L'impact de la Magne a sans doute été sous-estimé au moment de sélectionner les communes devant faire l'objet d'une enquête de terrain. On constate, dans le même esprit, que le nombre de demandes d'intervention s'élève à 3 126 pour Verviers, alors que le Survey n'a relevé que 1 716 bâtiments impactés pour 3 326 bâtiments situés dans la zone inondée (Figure 6. c.1).

On peut dès lors considérer que les chiffres effectifs des dommages aux biens résidentiels sont plus proches des 13 428 identifiés sur base du croisement sur base de la seule localisation que des 10 093 bâtiments calculés sur base des données du Survey. Le nombre de logements impactés est, lui, susceptible d'être supérieur étant donné que plusieurs logements sont susceptibles d'avoir été impactés dans un même bâtiment.

Commune	Total immeubles mixtes et résidentiels sinistrés	Nombre de dossiers Assuralia	Part du total des dossiers introduits (Assuralia)
Baelen	177	225	1,0%
Beyne-Heusay		103	0,5%
Chaudfontaine	1364	2 352	10,5%
Dison		161	0,7%
Eupen	497	985	4,4%
Fléron		173	0,8%
Herve		176	0,8%
Jalhay	259	306	1,4%
Liège (*)	1 259	6 022 (*)	27,0%
Limbourg	735	1 131	5,1%
Lontzen		80	0,4%
Malmedy	9	82	0,4%
Olné	187	164	0,7%
Pepinster	1 046	1 602	7,2%
Raeren		218	1,0%
Soumagne		302	1,4%
Spa	224	574	2,6%
Sprimont		523	2,3%
Stavelot	133	201	0,9%
Theux	900	1 537	6,9%
Thimister-Clermont		50	0,2%
Trooz	1 587	2 137	9,6%
Verviers	1 716	3 126	14,0%
Waimés		9	0,0%
Welkenraedt		86	0,4%
Total	10 093	16 303	

Tableau 6. c.3 – Données Assuralia pour interventions aux bâtiments résidentiels communiquées au CSR (données collectées le 31 août 2021). (*) Les données de Liège sont ici fournies pour tout le territoire communal et englobent Chênée (bassin versant de la Vesdre) et Angleur (bassin versant de l'Ourthe). Elles ne seront pas prises en compte dans l'interprétation.

iv. Discussion

Les données dont nous disposons à ce jour indiquent que des demandes d'intervention ont été introduites pour 16 303 bâtiments résidentiels dans le bassin versant. Ces chiffres intègrent des bâtiments appartenant à d'autres bassins versants (Ourthe et Meuse). Si l'on s'en réfère aux données du Survey et au croisement du PICC avec la zone inondée, le nombre de bâtiments résidentiels devrait sans doute se situer dans la fourchette des 12 000 à 13 000.

Une part substantielle des dommages est observée sur les communes de Verviers, Trooz, Pepinster, Chaudfontaine et Liège-Chênée. Les dommages les plus concentrés spatialement s'observent à Chênée, Pepinster et Limbourg. Dans ces communes, il convient d'orienter les efforts vers des nœuds de forte vulnérabilité, assez circonscrits. La zone de dommage de Verviers est, elle, assez large et s'étend selon un axe qui va de Pré-Javais à Ensival, ce qui impose de développer une stratégie coordonnée sur l'ensemble de ce tronçon.

Quelque 265 bâtiments sont considérés comme détruits ou à détruire. Une majorité de ceux-ci est localisée sur la commune de Pepinster.

Il est difficile d'estimer le nombre de logements définitivement endommagés sur cette base. Tout d'abord parce qu'un même bâtiment peut abriter plusieurs logements. Ensuite parce que le Survey ne nous donne pas d'indications précises sur le caractère plus ou moins irréversible des dommages. Enfin, cette question doit s'envisager dans une perspective urbanistique, en tenant compte de la vulnérabilité résiduelle des logements reconstruits après inondations, et qui serait susceptible de justifier une relocalisation dans un site moins exposé.

Il convient enfin de reconnaître que l'impact de la Magne a pour partie été négligé dans le cadre du Survey et du prédiagnostic qui a suivi, alors qu'il apparaît significatif au vu du nombre de demande d'interventions des assurances. Il s'agira de s'assurer, dans la suite du schéma, que la vulnérabilité des logements situés à proximité des affluents de la Vesdre sera bien prise en considération.

v. Conclusion

- La vallée de la Vesdre est une des vallées les plus vulnérables de Wallonie en matière d'exposition au risque d'inondation. Ceci s'explique par la concentration d'un très grand nombre de bâtiments dans ou à proximité des zones d'aléa ainsi que par la configuration de la vallée.
- Les investissements à consentir en matière d'adaptation au changement climatique de l'ensemble du bassin versant doivent être systématiquement comparés aux coûts de réparation de plus de 13 000 bâtiments résidentiels, en tenant compte de la dimension humaine, sociale et économique du désastre.
- Une attention plus importante devra être portée à l'avenir aux affluents de la Vesdre, tant en termes de prévention que de réaction post-inondations.
- La destruction de bâtiments suite aux inondations doit être considérée comme une opportunité pour promouvoir de nouvelles aménités urbaines (espace verts, liaisons cyclables) et de laisser davantage d'espace à la rivière.

vi. Références

Teller (2022). Consultation d'associations actives dans le cadre de l'aide aux victimes des inondations de juillet 2021. Rapport établi pour le Parlement Wallon. Disponible sur demande.

d. Dégâts aux bâtiments économiques : les commerces

Auteurs : Bruno Bianchet et Andy Eme, Lepur, Université de Liège.

i. Introduction

L'objectif de ce volet est de mesurer l'impact direct de l'inondation de juillet 2021 sur l'activité économique et, plus précisément la fonction commerciale, au sein de la zone potentiellement inondée.

ii. Méthodologie

Cet examen a été mené au départ d'un relevé visuel de l'état du bâti dédié à l'activité commerciale au sein des concentrations commerciales (ou noyaux commerciaux), réalisé durant le mois de mai 2022. Les points de vente isolés n'ont pas été pris en considération sauf fortuitement.

iii. Résultats

Au total, nous avons identifié 1 350 cellules commerciales essentiellement concentrées au sein de trois localités : Verviers (43%), Spa (20%) et Eupen (10%) qui totalisent pratiquement les trois quarts de l'offre relevée (Tableau 6. d.1, Tableau 6. d.2 et Carte 6. d.1). 60% de ces emplacements sont effectivement en activité et 38 % sont vides sachant que « seuls » 17% l'étaient déjà avant l'inondation. 7% des 1 350 établissements au total sont actuellement en travaux et 1%, soit 7 cellules, ont été démolis. On peut donc considérer que 297 établissements, soit 22%, sont actuellement fermés à la suite de l'inondation, dont 91 en travaux (7%) et 206 réellement inoccupés, et sachant que pour 1%, il ne nous a pas été possible de préciser si le commerce était toujours actif.

Toutefois les différentes localités témoignent de situations très contrastées. Avec 44%, soit 255 cellules, c'est Verviers (Carte 6. d.2) qui affiche le plus grand nombre de cellules vides, sachant que 34% de ces fermetures résultent de l'inondation, auxquelles s'ajoutent 5 cellules démolies. Notons que seulement 3% étaient en cours de travaux au mois de mai 2022. Les cellules vides se concentrent essentiellement au sein de l'hypercentre verviétois, ce qui était déjà le cas avant l'inondation. La partie ouest (Gérardchamps et Crescendo) a été nettement moins impactée. A contrario, à Spa (Carte 6. d.4), 79 % des emplacements sont occupés et, sur les 21% de cellules vides, seuls 42% seraient dus à l'inondation. Eupen présente le plus faible taux de cellules vides avec 12% dont 5% seraient dus à l'inondation (Carte 6. d.3).

Outre Baelen où seul un établissement a été pris en considération, ce sont Liège-Chênée (Carte 6. d.5) et Pepinster qui présentent le plus haut taux de cellules vides avec 64 % et 61 %. Toutefois, c'est aussi au niveau de ces deux localités que la part de cellules en travaux est la plus élevée, respectivement 36 % et 20 %, ce qui laisse entrevoir une perspective de reprise de l'activité.

	Établissements actifs		Établissements inactifs					Indéterminé	Total général
	Même activité	Changement d'activité	Travaux	Vide	Vide avant inondation	Démoli	Total inactif		
Baelen				1			1		1
Chaufontaine	21	5	1	14	2	2	17		45
Eupen	111	9	4	7	5		11	3	139
Liège	17	5	15	19	14	1	35	4	75
Limbouurg	22	6	7	9	8		16	2	54
Pepinster	21	4	25	11	6		36	2	69
Spa	189	21	5	21	29		26	1	267
Theux	35	6	10	15	3		25	2	71
Trooz	15	7	4	12	10	1	17	0	49
Verviers	240	76	20	88	147	5	113	4	580
Total général	671	139	91	197	224	9	297	18	1350

Tableau 6. d.1 – Relevé de l'état des commerces en nombre (Lepur 2022).

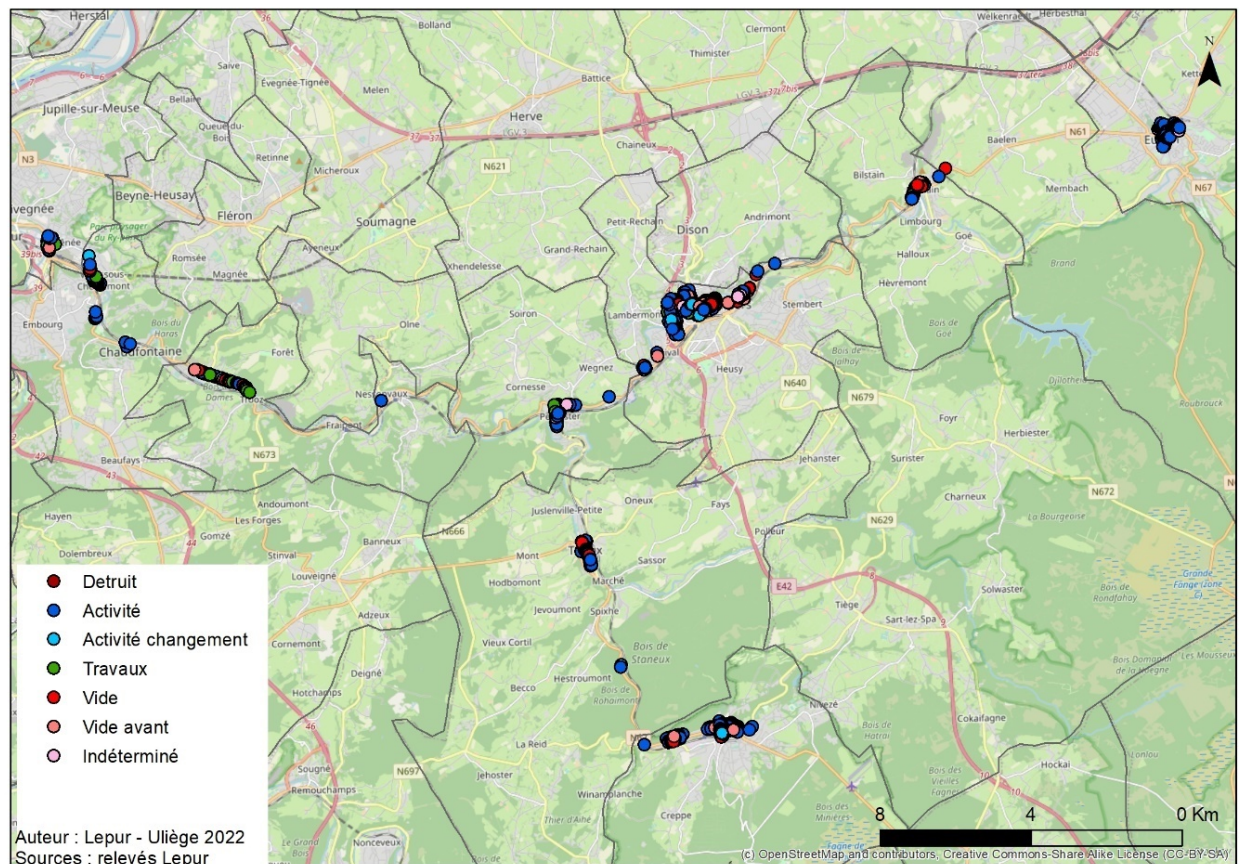
	Établissements actifs			Établissements inactifs					Indéterminé	Total général
	Même activité	Changement d'activité	Total actif	Travaux	Vide	Vide avant inondation	Total vides	Démoli		
Baelen	0%	0%	0%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	100%
Chaufontaine	47%	11%	58%	2%	31%	4%	38%	4%	0%	100%
Eupen	80%	6%	86%	3%	5%	4%	12%	0%	2%	100%
Liège	23%	7%	29%	20%	25%	19%	64%	1%	5%	100%
Limbouurg	41%	11%	52%	13%	17%	15%	44%	0%	4%	100%
Pepinster	30%	6%	36%	36%	16%	9%	61%	0%	3%	100%
Spa	71%	8%	79%	2%	8%	11%	21%	0%	0%	100%
Theux	49%	8%	58%	14%	21%	4%	39%	0%	3%	100%
Trooz	31%	14%	45%	8%	24%	20%	53%	2%	0%	100%
Verviers	41%	13%	54%	3%	15%	25%	44%	1%	1%	100%
Total général	50%	10%	60%	7%	15%	17%	38%	1%	1%	100%

Tableau 6. d.2 – Relevé de l'état des commerces en % (Lepur 2022).

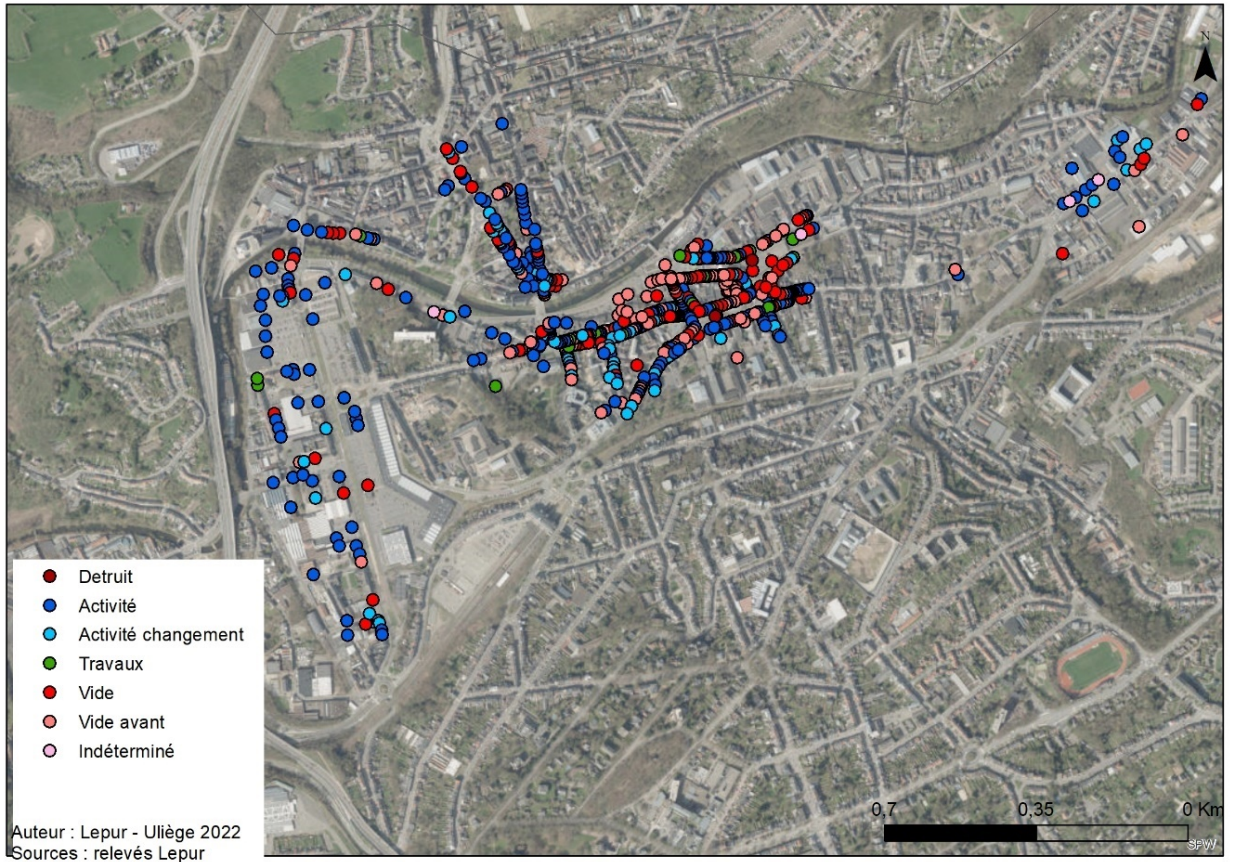
Au niveau des cellules devenues vides à la suite de l'inondation, ce sont essentiellement les secteurs de l'HoReCa, les services à la personne et l'équipement de la personne qui ont été les plus touchés (Tableau 6. d.3).

	Alimentation libre-service	Alimentation traditionnelle	Entretien de la personne	Equipement de la maison	Equipement de la personne	HoReCa	Loisirs	Matériel de transport	Services à la personne	Services financiers et professionnels	Total
Baelen	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Chaufontaine	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	100%
Eupen	0%	0%	0%	0%	14%	43%	0%	0%	29%	14%	100%
Liège	5%	11%	0%	5%	11%	26%	5%	0%	32%	5%	100%
Limbourg	0%	22%	0%	0%	0%	33%	0%	0%	44%	0%	100%
Pepinster	0%	9%	9%	9%	9%	9%	0%	0%	27%	27%	100%
Spa	0%	14%	5%	5%	9%	23%	5%	5%	18%	18%	100%
Theux	0%	13%	20%	7%	20%	20%	0%	0%	13%	7%	100%
Trooz	0%	25%	8%	8%	0%	17%	8%	0%	25%	8%	100%
Verviers	2%	9%	8%	6%	23%	23%	4%	0%	18%	8%	100%
Total général	0%	12%	7%	6%	17%	23%	4%	0%	21%	9%	100%

Tableau 6. d.3 – Répartition par secteur des commerces vides à la suite de l'inondation en % (Lepur 2022).



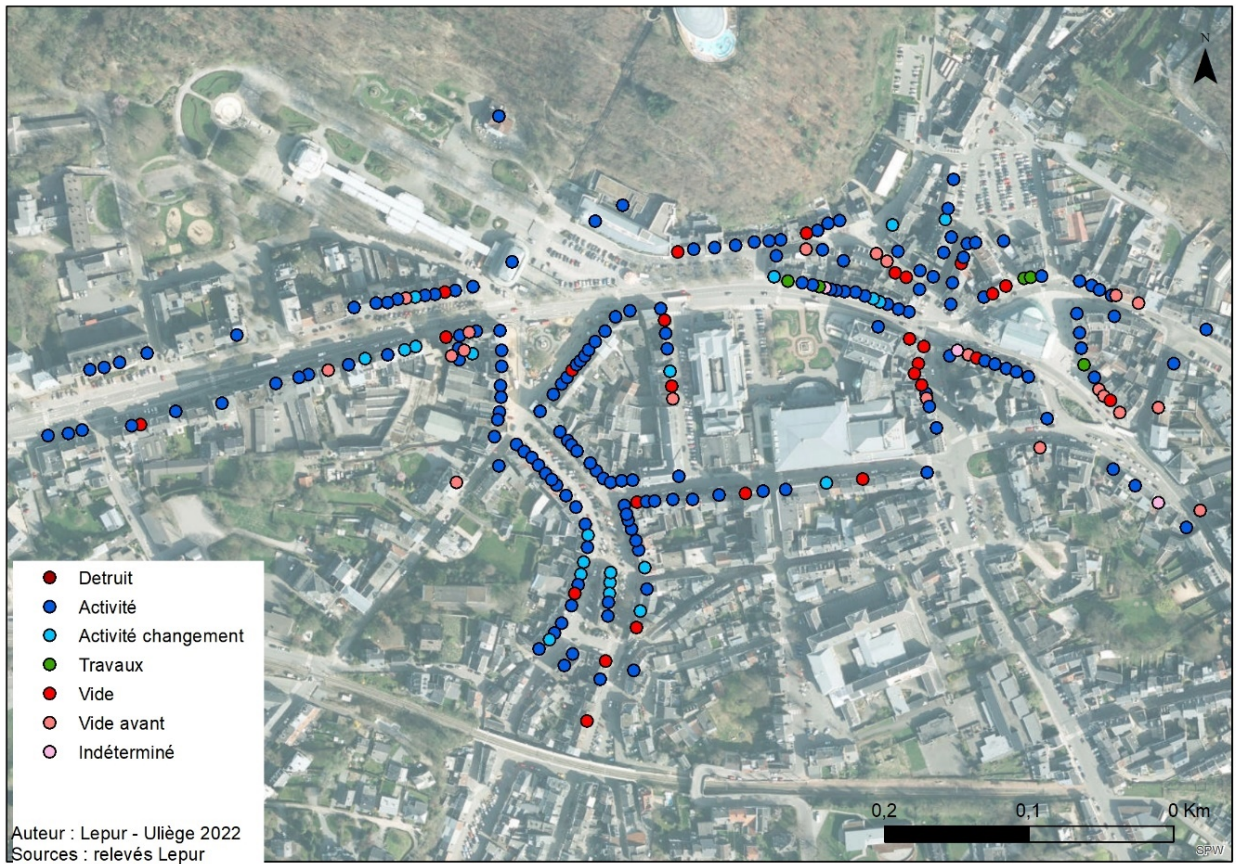
Carte 6. d.1 – Relevé de l'état des commerces (Lepur 2022).



Carte 6. d.2 – Relevé de l'état des commerces – Verviers (Lepur 2022).



Carte 6. d.3 – Relevé de l'état des commerces – Eupen (Lepur 2022).



Carte 6. d.4 – Relevé de l'état des commerces – Spa (Lepur 2022).



Carte 6. d.5 – Relevé de l'état des commerces – Chênée (Lepur 2022).

iv. Discussion

L'activité commerciale a été très fortement affectée par l'inondation.

En effet, ce sont 297 commerces qui sont toujours inactifs au mois de mai 2022, soit 22%, même si on ne peut pas encore considérer cela comme une cessation définitive d'activité puisque 91 cellules sont toujours en travaux. C'est Verviers et, plus particulièrement son centre-ville, qui a été le plus touché avec 113 établissements, soit 38 % du total, sachant que la ville représente 43 % du relevé et que 147 cellules étaient déjà vides avant l'inondation. De plus, le nombre de cellules en travaux au moment de la collecte de données (mai 2022), 20 unités, y apparaît faible.

D'un autre côté, Spa, où l'importance de la lame d'eau fut plus faible, et surtout Eupen, témoignent de séquelles nettement plus faibles avec, respectivement 10% et 8% de commerces inactifs depuis les inondations. Or, ces deux villes connaissaient avant l'inondation une dynamique commerciale nettement plus favorable. Précisons qu'il est sans doute hasardeux de considérer que l'ensemble de ces fermetures sont une conséquence directe de l'inondation et on ne peut négliger les effets induits dus à la diminution de fréquentation des lieux notamment.

Pepinster, et dans une moindre mesure, Liège-Chênée et Theux, affichent des cellules en travaux importants, respectivement 36%, 20% et 14%, ce qui nous paraît constituer un signal de reprise encourageant.

v. Conclusion

Les différences d'intensité de l'inondation ne peuvent expliquer seules la variabilité des impacts de celle-ci sur la fonction commerciale. De toute évidence, les lieux commerçants les moins économiquement dynamiques ont été les plus impactés et fragilisés. Et, inversement, les espaces où la fonction commerciale était davantage prospère témoignent d'une meilleure reprise.

Ce constat de différenciation, nous le faisons également à l'échelle des établissements. En effet, sans faire de généralisation, nous constatons que les enseignes, c'est-à-dire le commerce intégré, témoignent d'une meilleure capacité de reprise. C'est également le cas des établissements davantage prospères, certains points de vente ayant même été sensiblement améliorés. Ce constat peut même s'appliquer à certains secteurs comme la pharmacie ou le libre-service alimentaire. Par contre, les points économiquement plus fragiles notamment les « petits commerces », et en particulier l'HoReCa, semblent éprouver davantage de difficultés à redémarrer.

Dès lors, on ne peut qu'encourager la mise en place d'un soutien économique ciblé en fonction des formes et dynamiques commerciales. Outre le centre de Verviers, nous pensons également à Vaux-sous-Chèvremont ou Trooz.

e. Dégâts aux bâtiments économiques : les entreprises

Auteurs : Bruno Bianchet et Andy Eme, Lepur, Université de Liège.

i. Introduction

L'objectif de ce volet est de mesurer l'impact direct de l'inondation de juillet 2021 sur l'activité économique au sein de la zone potentiellement inondée.

ii. Méthodologie

Cet examen a été mené au départ d'un relevé visuel de l'état du bâti dédié à l'activité économique au sein des concentrations commerciales (ou noyaux), réalisé durant le mois de mai 2022. Nous sommes partis de la base de données Leodica développée et commercialisée par la SPI. Toutefois, celle-ci étant établie au départ de la base de données des bilans, ces activités sont localisées au siège social qui peut être différent du siège d'exploitation, à fortiori pour les activités multi-établissements. De plus certains secteurs comme les professions libérales ou certains commerces de détail repris dans la base de données ont été exclus. Ainsi, sur les 441 entreprises recensées au sein de la zone inondée, seules 281 furent identifiées.

iii. Résultats

Sur les 281 établissements identifiés, 172, soit 61 % (sont en activité, ou) ont repris leur activité au mois de mai 2022 (Tableau 6. e.1, Tableau 6. e.2 et Carte 6. e.1). 61 établissements, c'est-à-dire 22 %, sont vides mais nous ne savons pas si c'était déjà le cas avant l'inondation et 6 établissements ont été démolis. Enfin, 22 bâtiments sont toujours en travaux au moment de la collecte de données (mai 2022). Précisons que les gros employeurs que sont la Câblerie d'Eupen (environ 850 emplois) et Corman (plus de 400 emplois) ont repris leurs activités.

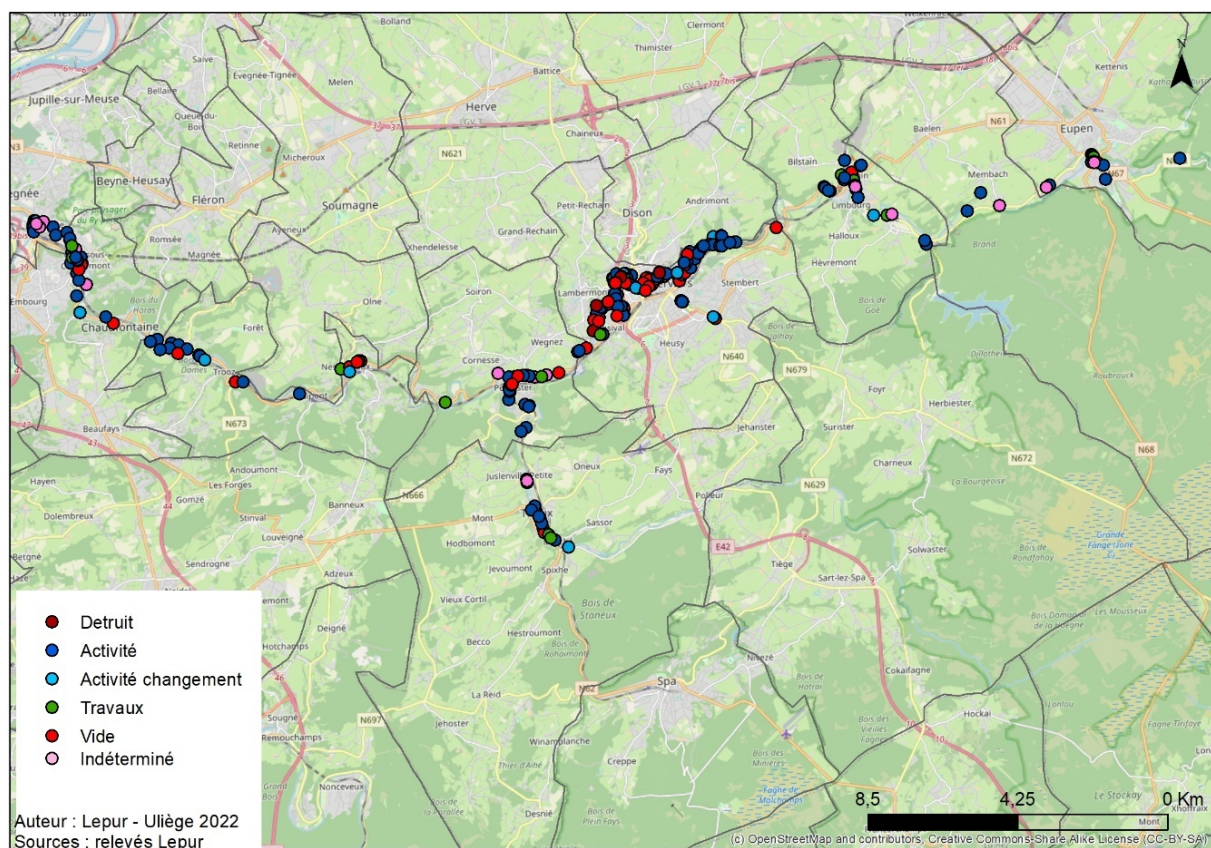
Communes	Établissements actifs			Travaux	Établissements à l'arrêt			Indéterminé	Total
	En activité	En activité avec changement	Total activité		Vide	Démoli	Total arrêt		
Baelen	2		2				0	1	3
Chaufontaine	13	1	14	2	4		4	2	22
Dison	3	2	5				0		5
Eupen	6		6	3	1		1	4	14
Liege	7	1	8	1	1		1	4	14
Limbourg	13	2	15	4	2		2	3	24
Pepinster	16		16	6	7	1	8	3	33
Theux	8	2	10	2	2		2	3	17
Trooz	11	3	14	1	5		5		20
Verviers	74	8	82	3	39	5	44		129
Total général	153	19	172	22	61	6	67	20	281

Tableau 6. e.1 – Résultat du relevé de l'état des bâtiments d'entreprises en nombre (Lepur 2022).

Verviers (Carte 6. e.2), avec 129 établissements, totalise 46 % de l'ensemble, suivi par Pepinster (Carte 6. e.4), 12 %, et Chaufontaine (8 %, Carte 6. e.5). C'est également à Verviers que se situe la plus grande part relative d'établissements à l'arrêt avec 34 %. Par contre, la part de bâtiments en travaux n'est que de 2 %, pour 18 % à Pepinster et 17 % à Limbourg.

Communes	Établissements actifs			Travaux	Établissements à l'arrêt			Indéterminé	Total
	En activité	En activité avec changement	Total activité		Vide	Dénoncié	Total arrêt		
Baelen	67%	0%	67%	0%	0%	0%	0%	33%	100%
Chaufontaine	59%	5%	64%	9%	18%	0%	18%	9%	100%
Dison	60%	40%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Eupen	43%	0%	43%	21%	7%	0%	7%	29%	100%
Liege	50%	7%	57%	7%	7%	0%	7%	29%	100%
Limbouurg	54%	8%	63%	17%	8%	0%	8%	13%	100%
Pepinster	48%	0%	48%	18%	21%	3%	24%	9%	100%
Theux	47%	12%	59%	12%	12%	0%	12%	18%	100%
Trooz	55%	15%	70%	5%	25%	0%	25%	0%	100%
Verviers	57%	6%	64%	2%	30%	4%	34%	0%	100%
Total général	54%	7%	61%	8%	22%	2%	24%	7%	100%

Tableau 6. e.2 – Résultat du relevé de l'état des bâtiments d'entreprises en % (Lepur 2022).



Carte 6. e.1 – Relevé de l'état des bâtiments d'entreprises (Lepur 2022).



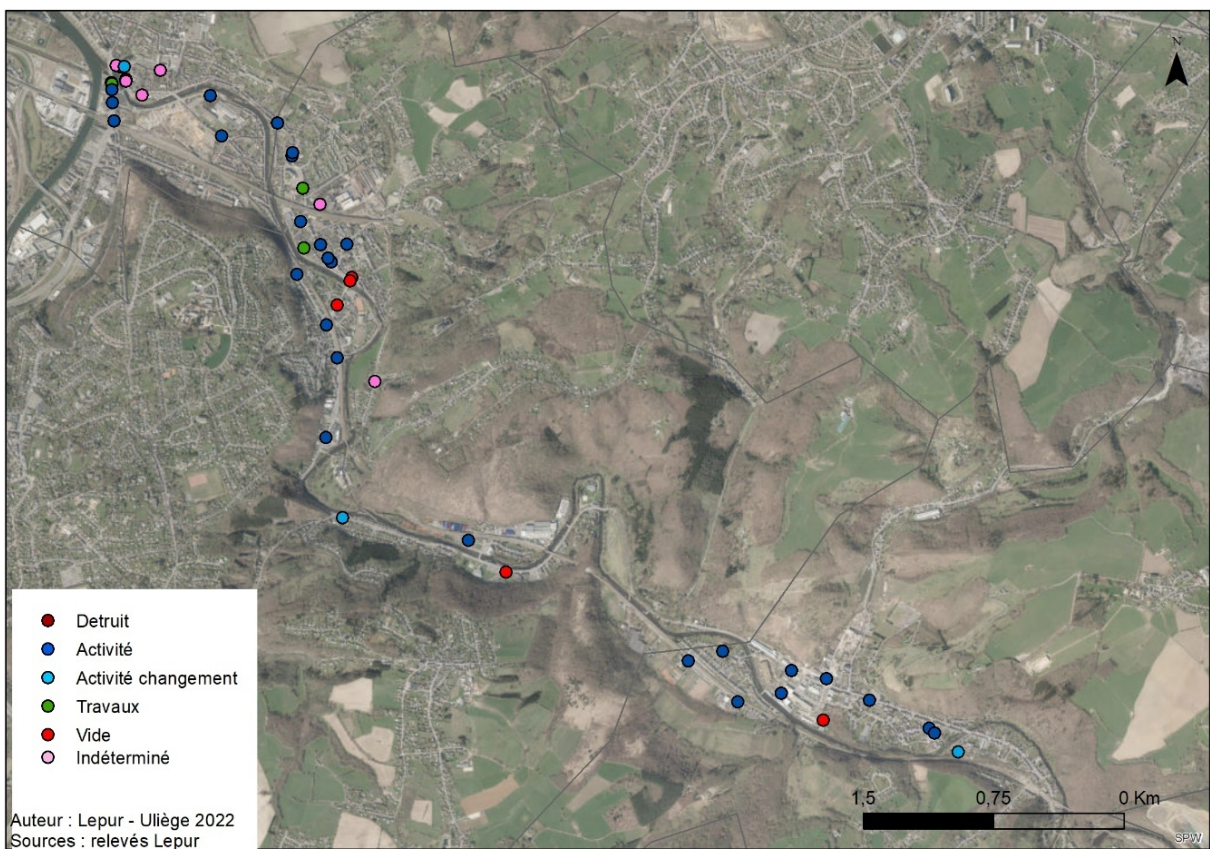
Carte 6. e.2 – Relevé de l'état des bâtiments d'entreprises - Verviers (Lepur 2022).



Carte 6. e.3 – Relevé de l'état des bâtiments d'entreprises - Eupen (Lepur 2022).



Carte 6. e.4 – Relevé de l'état des bâtiments d'entreprises - Pepinster (Lepur 2022).



Carte 6. e.5 – Relevé de l'état des bâtiments d'entreprises - Chaudfontaine & Chênée (Lepur 2022).

iv. Discussion

L'activité économique non commerciale semble avoir été moins impactée ou témoigne d'une plus grande capacité à se relancer que l'activité commerciale (cf. section 6.d.). Par ailleurs, nous ne disposons d'aucune information sur les éventuelles relocalisations. Néanmoins, un quart des entreprises était encore à l'arrêt au mois de mai 2022 et 32 % si on ajoute les établissements en travaux (mais il peut y avoir eu une reprise partielle).

C'est à nouveau Verviers qui a été la plus affectée avec 34 % des établissements, suivie de Trooz : 25 %, et Pepinster : 24 %. Par contre, l'activité économique eupénoise apparaît nettement moins touchée (Carte 6. e.3).

v. Conclusion

A nouveau, la capacité de résistance ou de rebond de l'activité économique apparaît nettement différenciée et c'est Verviers qui apparaît davantage fragilisée. Toutefois, subsistent plusieurs inconnues qui limitent nos conclusions : les établissements fermés l'étaient-ils déjà avant l'inondation ? Certaines activités ont-elles été relocalisées ? Certains établissements ne sont-ils pas à l'arrêt à la suite de problèmes d'assurance ?

Le fait que la majorité des entreprises soit, à nouveau, en activité, constitue un signal positif. Toutefois, il est à espérer que les entreprises qui ont investi aient intégré la question du risque dans la manière de faire. Un audit en la matière pourrait être le bienvenu.

f. Dégâts aux bâtiments publics et infrastructures publiques

Auteurs : Jacques Teller, Ludovic Delrez et Clémentine Schelings, LEMA, Université de Liège.

i. Introduction

A côté de l'important parc de biens résidentiels, la vallée de la Vesdre est également un lieu de concentration d'un nombre important de bâtiments publics et d'infrastructures publiques. Cette concentration s'explique par l'urbanisation en chapelet de la vallée, et du développement concomitant de l'industrie, de l'habitat et des services à proximité des pôles ferroviaires dans un premier temps et le long de la nationale dans un deuxième temps.

ii. Méthodologie

Le travail s'est basé sur plusieurs sources de données : d'une part les données récoltées par les services de la Région Wallonne et d'autre part les données issues de l'enquête menée par le LEMA auprès des 25 communes du bassin versant entre juin et septembre 2022.

Pour ce qui est des bâtiments publics, les données ont été collectées par les représentants du Commissariat Spécial à la Reconstruction dans le cadre de la visite des communes de catégorie 1 réalisée au cours de l'été 2021. Ces données ont été fournies au CSR par les autorités communales. Elles ont ensuite été rassemblées dans des fichiers qui nous ont été transmis. La plupart des bâtiments publics identifiés l'ont été sur base de leur nom, sans toujours préciser leur adresse (rue, numéro). La récolte de données s'est faite sans partir d'une classification élaborée des fonctions qui aurait permis de systématiser le recueil de données.

Nous sommes repartis de cette base pour géolocaliser l'ensemble des bâtiments identifiés dans ce cadre. Ce travail d'identification a ensuite été complété par les membres de l'équipe, sur base de leur connaissance du terrain et des dommages observés suite aux événements. Ce travail a également été soumis aux communes afin de vérifier l'exhaustivité et la validité des données. C'est tout particulièrement le cas pour les communes hors catégorie 1 qui ont aussi été affectées par les inondations. Il convient par ailleurs de souligner que la commune d'Eupen n'a pas été traitée dans le cadre de la récolte de données réalisée par le CSR. Ainsi, les données ont été mises à jour suite à l'enquête auprès des communes.

Les bâtiments publics ont été classés selon six catégories principales : Bâtiments communaux, Bâtiments de la Région, FWB/Fédéral, Scolaire, Urgences, Culture/Culturel et Autres. Chacune de ces grandes catégories est elle-même décomposée en catégories secondaires (Tableau 6. f.1).

Catégorie principale	Catégorie secondaire
Bâtiments communaux	Administration communale
	CPAS
Région/FWB/Fédéral	SPW
	FWB
	SPF
Scolaire	Crèche
	Ecole
	Centre de formation professionnelle
Urgences	Caserne Pompiers
	MR - MRS (maison de repos et de soin)
	Poste de Police - commissariat
	Maison médicale
Culture/Culturel	Culture - théâtre - centre culturel
	Culte et philosophie
	Bibliothèque
	Musée - espaces d'expositions
	Musée - espaces d'expositions : projet futur
Autres	Camping - hébergement
	Sport - Piscine - Tennis
	Recyparc - Déchetterie
	Syndicat d'initiative - maison du tourisme
	Services à la jeunesse et l'enfance
	Maison des jeunes

Tableau 6. f.1 – Classification des bâtiments publics selon 6 catégories et 23 sous-catégories.

Pour ce qui est des dommages observés sur les infrastructures publiques, nous nous sommes basés sur le relevé réalisé dans le cadre du Survey Géomatique pour les communes de catégorie 1. Les éléments qui ont été relevés à cette occasion sont les suivants :

- Pont
- Rue
- Voie ferrée
- Cabine à haute tension
- Canalisations : eau, gaz, électricité
- Égouts
- Espace public minéralisé, place
- Espace public vert, parc
- Mur
- Parking couvert
- Parking non couvert
- Télécommunication

Il est à noter qu'un certain nombre de relevés complémentaires ont été réalisés par des opérateurs publics. L'AIDE nous a transmis un relevé des dégâts au système d'égouttage et d'épuration. Ce relevé porte essentiellement sur les chambres de visite. L'endoscopie des canalisations n'a pas encore été complétée. Par ailleurs, le SPW ARNE nous a transmis un inventaire des dégâts observés aux berges. L'ensemble des stations de traitement et d'épuration des eaux situées dans la vallée de la Vesdre ont été durement affectées lors des inondations. Elles doivent faire l'objet de réparations au cours du premier semestre 2022.

Ces différents éléments n'ont pas été intégrés dans le cadre de cette analyse au vu de la difficulté de les valoriser en tant qu'éléments structurants à l'échelle du bassin versant. Ils pourront être pris en compte lors de phases ultérieures de l'étude, lorsque nous nous attacherons à des sites plus précis.

Plusieurs communes ne sont pas reprises dans l'analyse des dégâts sur les bâtiments publics et les infrastructures publiques, car elles n'ont pas subi de dégât relatif aux événements d'inondations de 2021 sur leur partie de territoire inscrite dans le bassin versant de la Vesdre. Certaines communes ont déclaré des dégâts liés à d'autres bassins versants (Ourthe et Amblève), mais ceux-ci n'ont pas été pris en compte ici. Finalement, des données sont encore en attente de réception pour les communes de Liège, Fléron, Olne et Trooz.

iii. Résultats

Dégâts aux bâtiments publics

Le Tableau 6. f.2 reprend les dégâts recensés par catégorie de **bâtiments publics** selon la commune concernée. Les communes reprises concernent seulement celles dont des bâtiments publics ont été effectivement touchés à la suite des événements de juillet 2021. L'information obtenue du Survey Géomatique a été mise à jour par l'enquête auprès des communes. Cette enquête a également permis d'actualiser le nombre de bâtiments publics détruits ou à détruire. Ainsi, aucun bâtiment public n'a été impacté pour les communes de Baelen, de Beyne-Heusay, de Dison, de Fléron, de Herve, de Jalhay, de Lontzen, de Malmedy, de Raeren, de Sprimont, de Stavelot, de Thimister-Clermont, de Waimes et enfin de Welkenraedt.

La Carte 6. f.1 ci-dessous, mets en avant la localisation des bâtiments publics touché par les inondations de juillet 2021. Les cartes reprennent les catégories principales définies préalablement dans le Tableau 6. f.1, ci-dessus.

Dégâts aux infrastructures publiques

Les communes non-concernées par l'analyse des **infrastructures publiques de mobilité** sont Beyne-Heusay, Lontzen, Malmedy, Raeren, Sprimont, Stavelot, Waimes et Welkenraedt. Ainsi, le Tableau 6. f.3 ci-dessous, comptabilise l'impact recensé sur les ponts, les rues et la voie ferrée par commune.

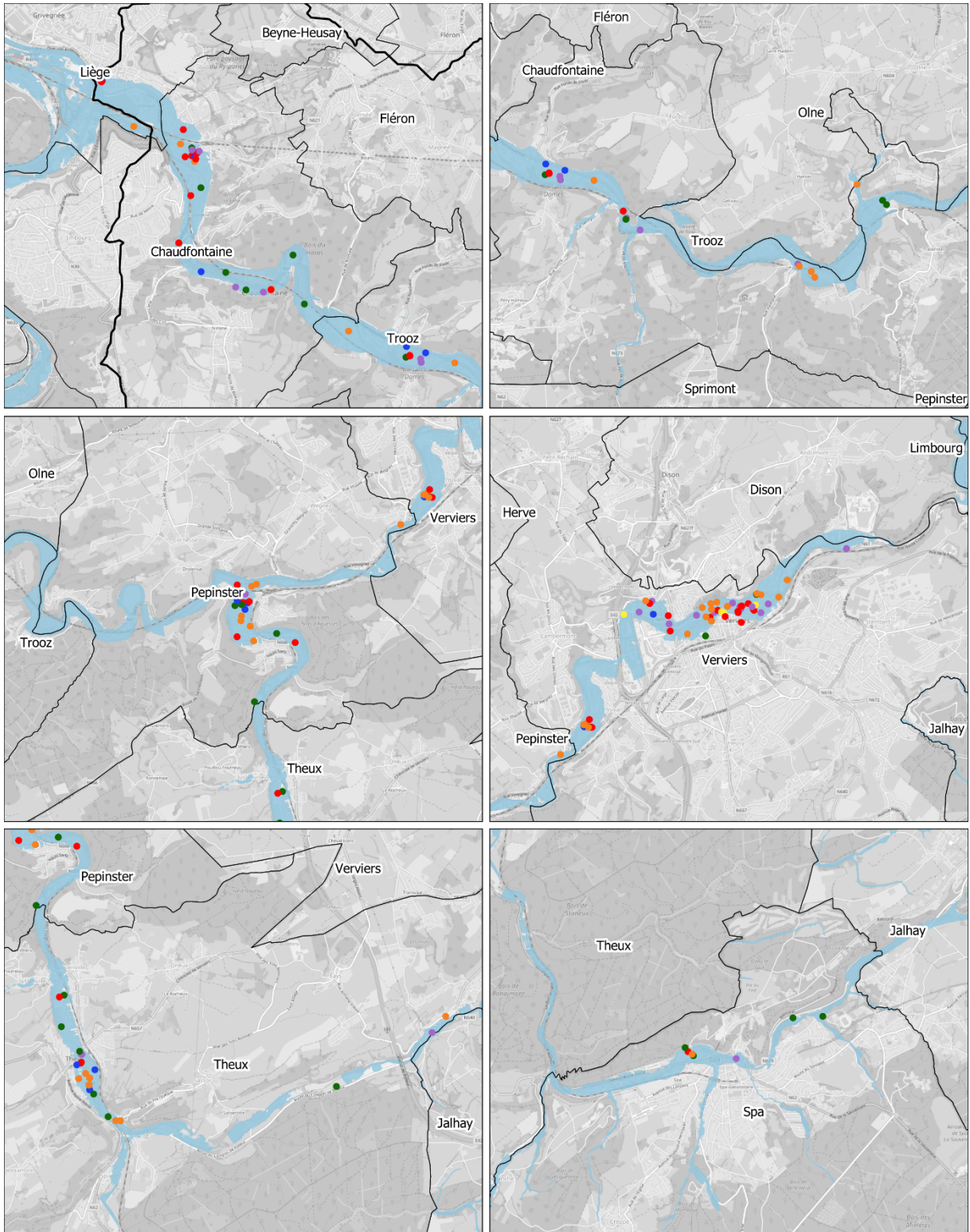
La Carte 6. f.2 ci-dessous, permet la visualisation des dégâts avec le degré d'intensité ; détruits, partiellement détruits et non-visibles. Cette dernière classe rend compte des infrastructures qui ont été touchées mais dont l'utilisation est toujours fonctionnelle.

Pour les dégâts sur les **autres infrastructures publiques**, le Tableau 6. f.4 ci-dessous comptabilise les dégâts sur les cabines à haute tension, sur les espaces verts et minéralisés et finalement sur les réseaux de télécommunication, d'eau, de gaz et d'électricité. L'information n'est pas exhaustive, elle ne correspond pas nécessairement à la réalité observée sur le terrain. Par ailleurs, cette donnée, n'a pas été mise à jour auprès des communes.

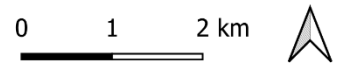
Catégories	Sous-catégories	BV	Chaudfontaine	Eupen*	Liège	Limbourg	Pepinster	Soumagne*	Spa*	Theux	Trooz	Verviers
Bâtiments communaux	Administration communale	33	6	0	1	3	5	0	0	2	2	14
	CPAS	12	4	0	1	1	1	0	1	1	1	2
Région/ FWB/ Fédéral	SPW	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	FWB	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	SPF	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Scolaire	Crèche	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Ecole	42	2	0	1	5	7	1	0	7	6	13
	Centre de formation professionnelle	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3
Urgences	Caserne Pompiers	3	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
	MR – MRS (maison de repos et de soin)	3	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0
	Poste de Police – commissariat	6	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1
	Maison médicale	4	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Culture/ Cultuel	Culture – théâtre – centre culturel	4	0	0	0	1	0	1	0	2	0	0
	Culte et philosophie	15	2	0	0	1	1	1	0	0	5	5
	Bibliothèque	3	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	Musée – espace d’exposition	9	1	0	0	0	0	0	1	0	0	7
Autres	Camping – hébergement	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Sport – Piscine – Tennis	19	4	3	0	1	4	0	3	3	1	0
	Recyparc –Déchetterie	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Syndicat d’initiative – maison du tourisme	3	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	Services à la jeunesse et l’enfance	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	Maison des jeunes	6	1	0	0	0	0	0	1	1	3	0
<i>Détruits ou à détruire (sous-Total)</i>		6	2	0	NC	1	2	0	0	0	1	NC
<i>Touchés par les inondations (Total)</i>		177	25	5	4	17	21	3	7	22	20	53

Tableau 6. f.2 – Nombre de bâtiments publics touchés dans les communes de catégorie 1 et 2.

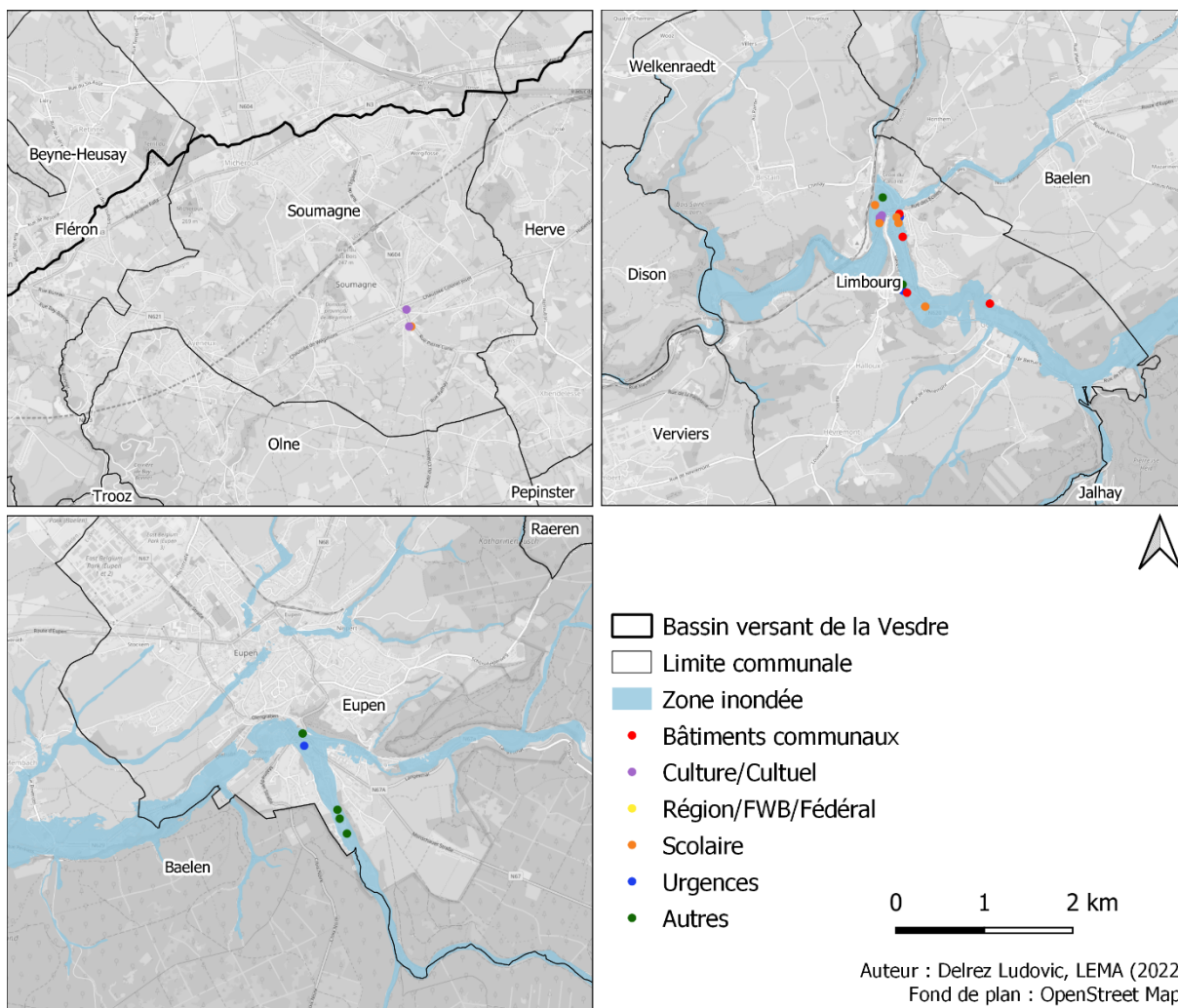
* Données ajoutées suite à l’enquête auprès des communes. Les données déjà collectées par le SPW ont également été amendées suite à l’enquête.



- Bassin versant de la Vesdre
- Limite communale
- Zone inondée
- Bâtiments communaux
- Culture/Culturel
- Région/FWB/Fédéral
- Scolaire
- Urgences
- Autres



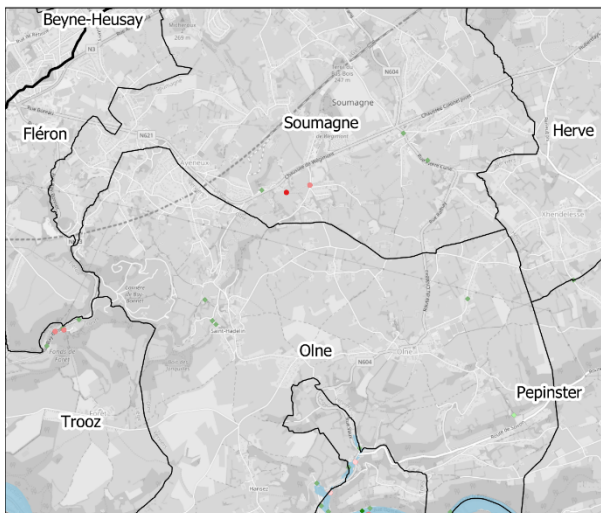
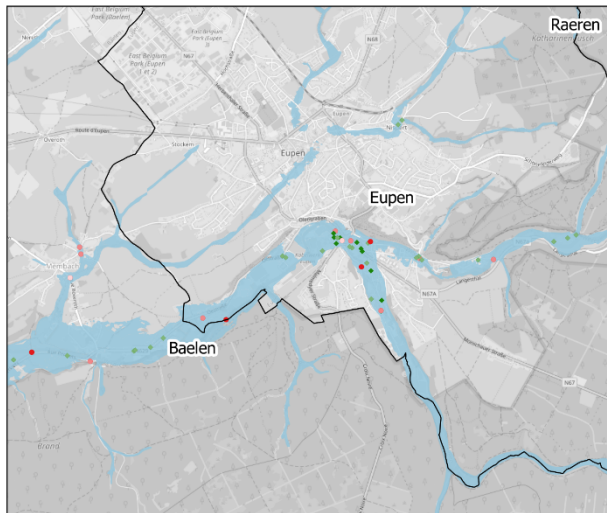
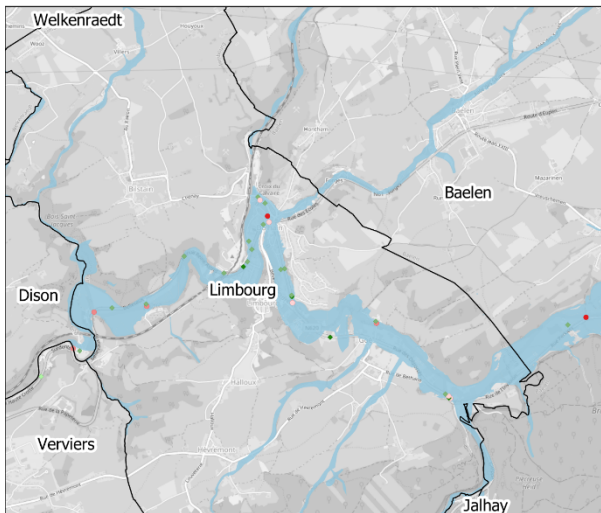
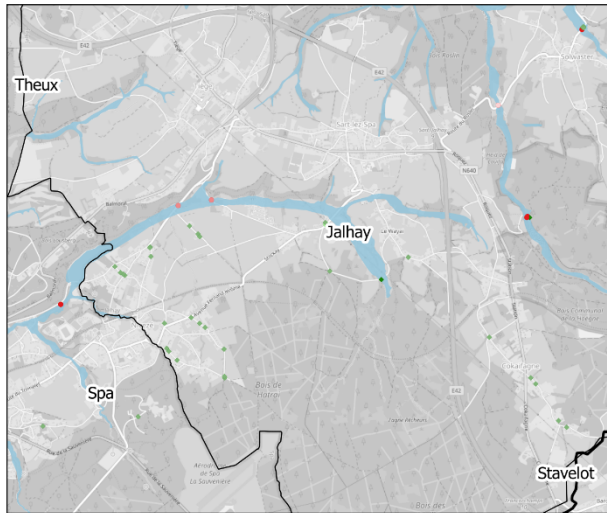
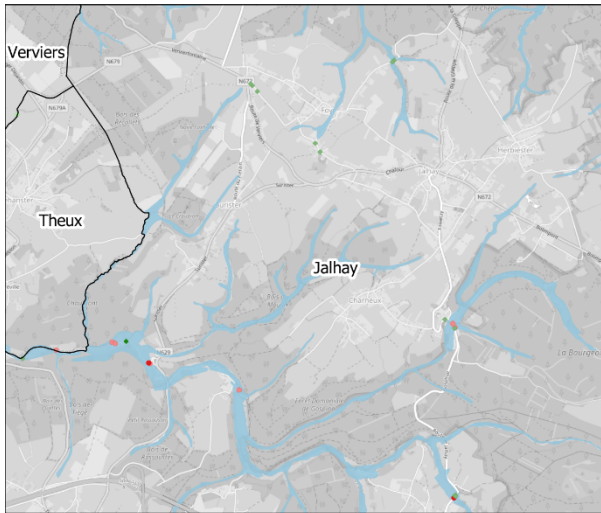
Auteur : Delrez Ludovic, LEMA (2022)
Fond de plan : OpenStreet Map



Carte 6. f.1 – Cartographie des bâtiments publics affectés par les inondations.

Type	Pont	Rue	Voie ferrée	Total
Baelen	5	6	0	11
Chaufontaine	6	46	2	54
Dison	0	3	0	3
Eupen	10	29	0	39
Herve	2	0	0	2
Jalhay	16	50	0	66
Liège	4	14	0	18
Limbourg	9	19	0	28
Olne	2	13	0	15
Pepinster	13	50	4	67
Soumagne	2	3	0	5
Spa	13	23	0	36
Theux	19	38	2	59
Thimister-Clermont	0	1	0	1
Trooz	20	60	2	82
Verviers	21	187	0	208
Total	142	535	10	694

Tableau 6. f.3 – Infrastructures de mobilité affectées par les inondations sur le bassin versant de la Vesdre. Source : Survey Géomatique 2021.



▭ Bassin versant de la Vesdre

▭ Limite communale

■ Zone inondée

Pont Rue Voie ferrée Etat

● ◆ ▲ Détruits

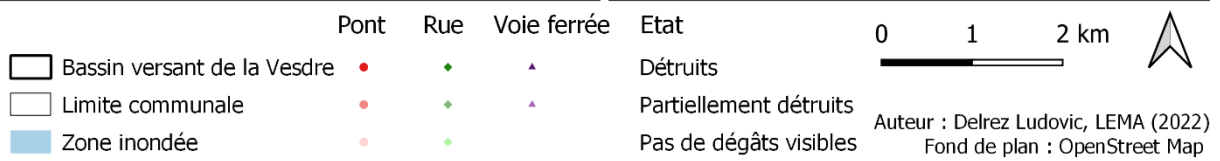
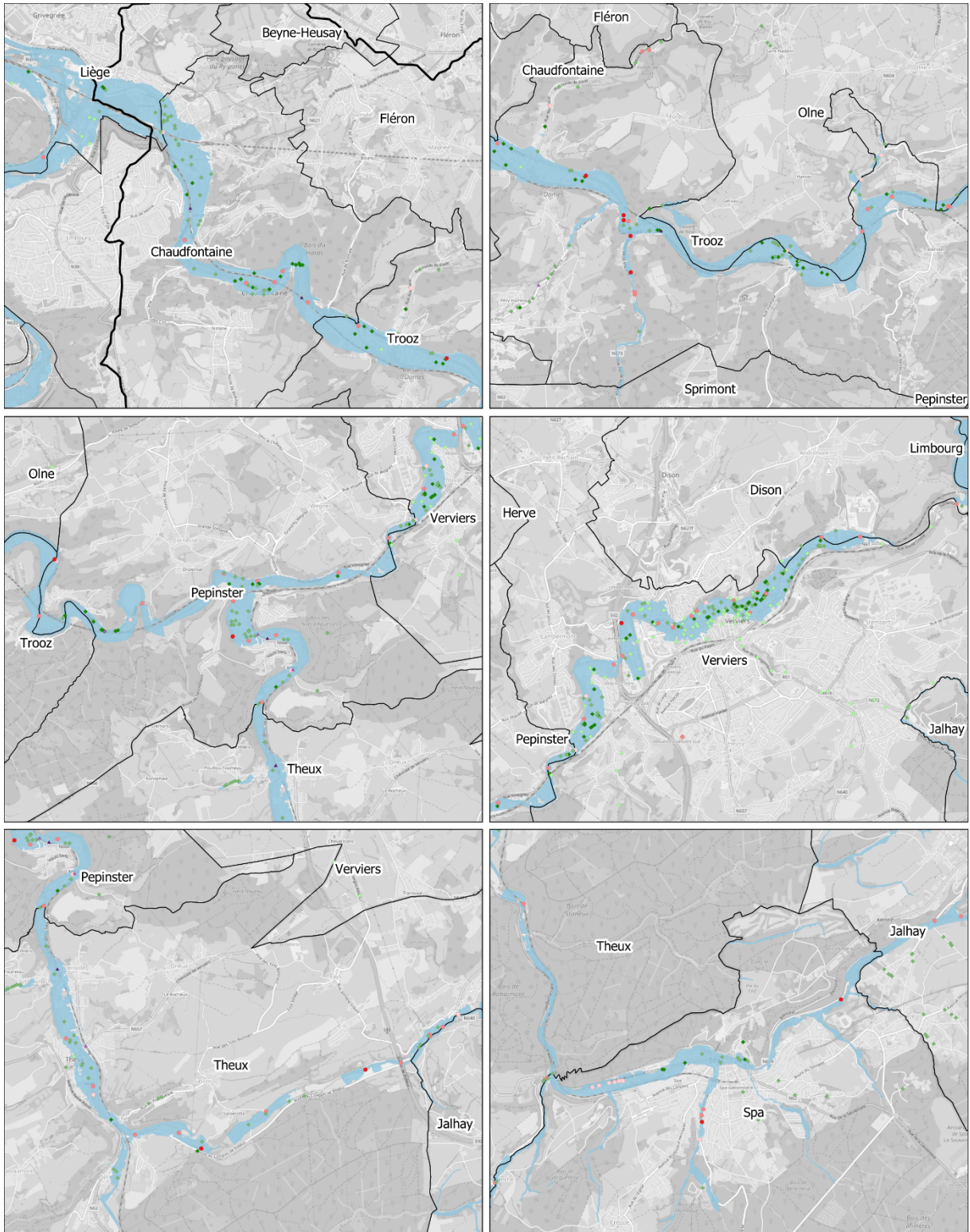
● ◆ ▲ Partiellement détruits

● ◆ ▲ Pas de dégâts visibles

0 1 2 km



Auteur : Delrez Ludovic, LEMA (2022)
Fond de plan : OpenStreet Map



Carte 6. f.2 – Cartographie des infrastructures de mobilité touchées par les inondations.

Autres infrastructures	Cabine haute tension	Canalisations : eau, gaz, électricité	Égouts	Espace public minéralisé, place	Espace public vert, parc	Télécommunication	Total
Baelen	3	0	0	0	1	0	4
Chaufontaine	3	4	3	9	4	0	23
Dison	1	1	0	0	0	0	2
Eupen	7	3	0	2	0	0	12
Jalhay	0	4	6	0	0	0	10
Liège	17	7	1	3	11	1	40
Limbourg	5	1	4	15	3	1	29
Olne	1	2	2	0	1	0	6
Pepinster	3	3	1	0	3	1	11
Spa	3	0	0	3	1	0	7
Sprimont	0	0	0	0	0	0	0
Stavelot	1	0	1	0	1	1	4
Theux	2	0	0	6	0	0	8
Trooz	5	3	6	1	2	0	17
Verviers	4	7	4	10	4	0	29
Total	55	35	28	43	37	4	202

Tableau 6. f.4 – Autres infrastructures affectées par les inondations.

Outre les cartes et tableaux récapitulatifs présentés ici, d'autres informations plus qualitatives nous ont été communiquées par les différentes communes rencontrées au cours de l'enquête. Ces éléments servent de base pour expliquer et préciser davantage certains résultats à travers la discussion, notamment en indiquant certains points d'importance et certaines pistes d'explications des dégâts recensés.

iv. Discussion

L'analyse des dégâts observés sur les **bâtiments publics** est évaluée relativement par catégorie et par commune. Le nombre de bâtiments détruits est également commenté. Ainsi, par catégorie, les bâtiments scolaires constituent 27 % (48 unités) des bâtiments publics impactés, suivis des bâtiments communaux et du CPAS à 25 % (45 unités), puis de la catégorie autre à 19 % (33 unités), des bâtiments culturels à 18 % (31 unités), de la catégorie urgence à 9 % (16 unités) et finalement des bâtiments régionaux et fédéraux à 2 % (4 unités). Même si leur nombre est proportionnellement moindre, les bâtiments liés au secours (catégorie urgence) impactés méritent une attention particulière étant donné leur utilité dans la gestion de la crise. Ainsi, trois casernes de pompiers (Limbourg, Pepinster et Theux), six postes de police (Chaufontaine, Liège, Limbourg, Pepinster, Trooz et Verviers), ainsi que quatre maisons médicales (Chaufontaine, Eupen, Trooz et Verviers) ont été impactées. Ces fonctions primordiales dans la gestion du risque ont été paralysées et/ou n'ont pas pu fonctionner normalement pendant les événements de juillet 2021, ce qui montre l'importance de mener une réflexion approfondie sur leurs localisations actuelles. Trois MR-MRS (Pepinster et Theux) ont notamment été touchés ; ces bâtiments publics sont particulièrement sensibles, car ils concernent une population plus fragilisée (carte 6. f.1).

En analysant les dégâts par commune à l'échelle du bassin-versant, Verviers est en première position à 30 % (53 unités), suivie des communes de Chaufontaine à 14 % (25 unités), puis de Theux à 12 % (22 unités), de Pepinster à 12 % (21 unités), de Trooz à 11 % (20 unités), de Limbourg à 10 % (17 unités), de Spa à 4 % (7

unités), d'Eupen à 3 % (5 unités), de Liège à 2% (4 unités) et enfin de Soumagne à 2 % (3 unités). Pour rappel, l'information sur la commune de Liège n'a pas été mise à jour (tableau 6. f.2).

Six bâtiments publics sont détruits (ou sont à détruire) sur cent septante-sept bâtiments impactés suite aux inondations de juillet 2021, soit 3 % des bâtiments publics impactés. Ce chiffre est certainement une sous-estimation, car les données de Verviers et de Liège n'ont pu être vérifiées. Les bâtiments détruits concernent des bâtiments communaux (Chaufontaine et Trooz), une école (Limbourg), un poste de police et des équipements sportifs (Pepinster). A noter que les 177 bâtiments publics ont été plus ou moins gravement touchés (notamment selon la hauteur d'eau) et que parmi eux figurent donc des cas de reconstruction lourde et d'adaptation importante pour les maintenir en activité. A travers l'enquête auprès des communes, il n'était néanmoins pas possible de réaliser un inventaire systématique de ces bâtiments par niveau de dégâts, car toutes les communes n'ont pas de base de données les identifiant avec précision. Seuls les bâtiments détruits/à détruire ont pu être recensés pour les 25 communes (tableau 6. f.2).

Les **infrastructures publiques** comptabilisent les rues, les ponts et les voies ferrées impactés par les inondations. Pour cette thématique, une échelle de gradation permet de rendre compte de l'ampleur des dégâts. Ainsi, l'infrastructure peut avoir été détruite, partiellement détruite ou sans dégâts visibles.

Sur l'ensemble du bassin-versant de la Vesdre, parmi les infrastructures impactées, cent quarante-deux ponts et passerelles ont subi des dégâts ; 19 % (27 unités) ont été totalement détruits, 58 % (83 unités) ont été partiellement endommagés et 22 % (32 unités) sont restés fonctionnels. Parmi les ponts et passerelles ayant été moins impactés, l'absence de piles est un des éléments favorables à l'écoulement du flux. En effet, certains ponts percutés par des débris plus ou moins conséquents s'en sont retrouvés fragilisés. De plus, par l'accumulation de ces mêmes débris, des embâcles ont pu se former au niveau des piles des ponts et provoqué des déferlements localisés lorsque ceux-ci cédaient. La hauteur des constructions est également un second point important à considérer. En effet, plusieurs passerelles ont été arrachées à la suite d'avoir été submergées, puis percutées par des obstacles divers (ex : barquettes de beurre Corman, bois de la scierie, éléments décrochés des berges, etc.) (carte 6. f.2)

En ce qui concerne les dégâts des rues, les pourcentages sont relativement semblables avec 23 % des rues totalement détruites (124 unités), 59 % des rues partiellement détruites (320 unités) et 18 % des rues sans dégât apparent (98 unités) (tableau 6. f.3).

Les dégâts sur le chemin de fer semblent mineurs, avec trois tronçons détruits, pour sept partiellement détruits. Cependant, ces dégâts ont fortement impacté la ligne principale reliant Ostende, Bruxelles, Louvain, Liège, Verviers et Eupen, les trains ne pouvant dès lors plus circuler vers l'est du pays. Des navettes de la SNCB ont tout de même permis d'assurer une desserte vers les villes les plus proches le temps des travaux de remise en circulation des trains.

Par commune, en considérant uniquement les dégâts visibles aux infrastructures, Verviers concentre 30 % des dégâts totaux. Ensuite, les communes les plus impactées en termes de dégâts aux infrastructures sont par ordre décroissant Trooz (12 %), Pepinster (10 %), Jalhay (10 %), Theux (9 %), Chaufontaine (8 %), Eupen (6 %), Spa (5 %), Limbourg (4 %), Liège (3 %) et Baelen (2 %). Dison, Herve, Soumagne et Thimister-Clermont comptabilisent les 3 % de dégâts restants (tableau 6. f.3).

Pour les dégâts concernant les **autres infrastructures publiques**, les chiffres présentés sont une approximation. Les cabines à haute tension semblent avoir été particulièrement touchées, en concentrant 27 % des dégâts observés. Ensuite, les espaces publics minéralisés (21 %) et les espaces publics verts (18 %) ont été les plus impactés. Les dégâts rencontrés sont quantifiés à hauteur de 17 % pour les réseaux d'électricité, d'eau et de gaz, de 14 % pour les réseaux d'égouttage, puis de seulement 2 % pour les réseaux de télécommunication.

Dans le cadre d'une reconstruction, plusieurs pistes de réflexion peuvent déjà être émises quant à la gestion des infrastructures. Pour les cabines à haute tension, un renforcement autour de l'infrastructure peut être une piste de protection. En ce qui concerne les espaces minéralisés, il est envisageable d'y engager une déminéralisation dans une optique de drainage des pluies, à l'instar des aménagements proposés à travers les plans de développement durable des quartiers. Pour les espaces verts, ceux-ci permettent déjà un drainage des flux vers le sol, mais une réflexion plus large avec la création de zones de rétention, de zones de déviation des flux ou encore de zones de débordements seront à considérer au cas par cas (tableau 6. f.4).

En regardant les dégâts pour les « autres infrastructures » par commune, les trois communes ayant été le plus impactées sont Liège (20 %), Limbourg (14 %) et Verviers (14 %). Ensuite, les communes avec une part de dégâts relative supérieurs à 5% sont Chaudfontaine (11 %), Trooz (8 %), Eupen (6 %), Pepinster (5 %) et Jalhay (5 %) (tableau 6. f.4).

Résilience des infrastructures face au changement climatique

Vu l'influence du changement climatique sur l'occurrence d'évènements similaires à celui de juillet 2021 (cf. section 4.b relative à l'analyse météorologique et climatique), cette sous-section aborde la question de la résilience des infrastructures publiques face au risque climatique, que l'on parle de phénomènes d'inondation ou de sécheresse. La réflexion proposée ici repose sur le webinaire organisé par France Stratégie le 4 juillet 2022. Même s'il s'agissait d'une présentation générale et adaptée à la politique française en la matière, plusieurs constats soulevés lors de cette conférence sont également valables dans le cadre de cette étude relative au bassin versant de la Vesdre.

Premièrement, les différents réseaux sont à la fois très vulnérables aux aléas climatiques et essentiels à la vie quotidienne. Les résultats précédents montrent que les inondations de juillet 2021 ont mis en péril toute une série d'infrastructures dont nos activités dépendent fortement. Comme le suggère également France Stratégie, la dégradation des routes et des ponts induit des problèmes en cascade étant donné l'**interdépendance géographique, physique et organisationnelle** avec les autres réseaux sous-jacents (eau, gaz, électricité). Par exemple, une coupure électrique aura également pour effet d'immobiliser le réseau ferroviaire. Dans le cas du bassin versant de la Vesdre, la présence des collecteurs d'égout et des chambres de visite directement dans le cours d'eau a également mis en évidence ce problème de dépendance entre les infrastructures, avec notamment l'impossibilité d'épurer les eaux. L'intrication de ces réseaux s'accompagne donc d'une complexité à les entretenir et d'un risque sanitaire, mais aussi d'une difficulté à les déplacer à l'avenir, étant donné l'importance des travaux à entreprendre et la nécessité de « revenir à la normale » rapidement. Une reconstruction à l'identique est ainsi envisagée tant pour les collecteurs que les stations d'épuration, de même que pour la plupart des réseaux de mobilité étant donné les enjeux de stabilité structurelle et de restauration du trafic. Ce type de rénovations à court et moyen termes pose encore la question de la résilience à long terme en cas d'occurrence d'un nouvel évènement similaire.

Deuxièmement, les différentes infrastructures présentent une sensibilité variable selon les risques climatiques (inondation versus sécheresse). Comme discutés précédemment, les dégâts recensés suite aux évènements de juillet 2021 concernent principalement les réseaux de transport. Il s'agit en effet des infrastructures les plus vulnérables aux inondations selon France Stratégie, car celles-ci causent principalement des déformations structurelles et des destructions localisées, en particulier des berges, des ouvrages d'art et des rails de chemin de fer. Les infrastructures aériennes (poteaux électriques et de téléphonie) peuvent également être endommagées. Si l'on se place par contre dans un cas de sécheresse, les dommages principaux risquent de se focaliser davantage sur les réseaux électriques et de télécommunication suite à la surchauffe des composants électroniques. Rappelons ici que les cabines haute tension ont déjà été fortement endommagées lors de la crue de juillet 2021.

Troisièmement, France Stratégie souligne l'importance de mettre en place une coordination entre tous les acteurs (opérateurs des réseaux et différents niveaux de gouvernement). L'échange d'information entre eux permettrait notamment d'améliorer le niveau de connaissance du niveau de dépendance entre les réseaux, de l'état des réseaux existants et d'anticiper certains risques plutôt que d'y réagir.

v. Conclusion

Tant en termes de bâtiments publics que d'infrastructures publiques, les dégâts observés les plus importants sont rencontrés dans les mêmes communes. À commencer par Verviers qui comptabilise 30 % des dégâts observés. Ensuite, les communes de Trooz, de Pepinster, de Theux, de Chaudfontaine et de Limbourg semblent avoir davantage été impactées pour les deux thématiques analysées. Il faut tout de même remarquer que seulement 10 communes du bassin-versant ont enregistré des dégradations de leurs bâtiments publics. Ces bâtiments étant des entités ponctuelles, il n'est pas anormal d'y observer des dégâts de manière plus localisée comparativement aux infrastructures (pont, rue et voie ferrée). À nouveau, la localisation des bâtiments publics relatif à la gestion de la crise (caserne de pompiers, maison médicale et/ou poste de police) est une dimension importante à prendre en compte. Une délocalisation de ces structures, ou a minima une adaptation du bâti pour une meilleure résilience, est à considérer afin d'affronter les événements et ne plus les subir. De la même manière, il serait intéressant d'étudier plus en détail l'interdépendance entre les différents réseaux afin de mieux préparer le territoire aux changements climatiques.

Les communes les plus périphériques du bassin-versant ont été les moins touchées comparativement aux communes localisées dans le fond de la vallée. Ainsi, le principe de solidarité du bassin-versant semble être un concept évocateur important, afin de retenir l'eau le plus en amont du bassin-versant. Lors des entretiens avec les communes, certaines ont évoqué leurs souhaits de participer à la gestion des eaux pluviales. Néanmoins, elles ne se portent pas garantes de fournir à elles seules les dispositifs de gestion adaptés. Cette problématique amène à penser que la création d'une entité administrative, permettant la création de projet de gestion de l'eau à l'échelle du bassin-versant, est un levier d'action non-négligeable pour aboutir à des solutions localisées sur l'ensemble du bassin.

vi. Références

Service Public de Wallonie (SPW) (2022). Enquêtes de terrain - Survey Géomatique- Autres bâtiments. Version 2 du 19 janvier 2022.

Service Public de Wallonie (SPW) (2022). Enquêtes de terrain - Survey Géomatique- Infrastructure. Version 2 du 19 janvier 2022.

g. Dégâts aux établissements et équipements touristiques

Auteurs : Serge Schmitz et Symi Nyns, Laplec, Université de Liège

i. Introduction

Les vallées de la Vesdre et de ses affluents ont une longue tradition d'accueil touristique et possèdent plusieurs lieux d'attraction importants, dont les villes thermales de Spa et de Chaudfontaine, le Parc naturel Hautes Fagnes-Eifel, les paysages bocagers du Pays de Herve, des villes d'art et d'histoire, dont Eupen et Verviers, des lieux de pèlerinage et plusieurs villages possédant le label des Plus Beaux Villages de Wallonie. De nombreux itinéraires pédestres, équestres, cyclistes et routiers permettent aux touristes de découvrir la région et aux habitants des agglomérations voisines de trouver un espace de respiration. Dans une région fortement marquée par le déclin industriel, le tourisme permet de diversifier l'activité économique, de soutenir certains équipements commerciaux, sportifs et socioculturels et de créer des emplois de proximité.

Les inondations de juillet 2021 ont détruit partiellement de nombreux équipements touristiques à l'exemple du Château des Thermes de Chaudfontaine qui a été fermé pendant 10 mois, le temps de la reconstruction ; du Centre de Rencontres et d'Hébergement (CPN) de Nessonvaux qui relocalise ses activités à proximité du lac de Warfaz ; de l'hôtel Ambassador Bosten d'Eupen dont la réouverture reste hypothétique ; ou encore du Musée des Beaux-arts et de la Céramique de Verviers dont de nombreuses œuvres ont été sinistrées et qui est fermé pour une durée indéterminée. Elles ont aussi saccagé de nombreux itinéraires le long des cours d'eau et ont eu un impact important sur le bâti laissant plusieurs mois après les inondations, à côté de la détresse morale des habitants, de nombreux chancres peu attrayants. On doit cependant mentionner pendant les premiers mois ayant suivi les inondations, l'apparition d'une forme de tourisme liée à la catastrophe avec des visiteurs en quête de voyeurisme, mais aussi de nombreux bénévoles venus aider les sinistrés. Il ressort sur base des données disponibles que 27 établissements ont été touchés directement par les inondations, dont 13 hébergements de terroir, 9 hôtels, 3 campings, 1 parc résidentiel de week-end et 1 centre de tourisme social. Ces pertes représenteraient 1 045 lits auxquels il faut ajouter 482 lits Airbnb.

La présente section vise à évaluer les dégâts aux établissements et équipements touristiques. Elle se focalisera principalement sur l'offre en hébergements tout en sachant que les secteurs de la restauration et des loisirs ont également payé un lourd tribut.

ii. Méthodologie

Les établissements et équipements touristiques font référence aux hébergements, aux attractions touristiques et aux infrastructures MICE. Les données ont été recensées sous forme d'entités ponctuelles disponibles en format shapefile lors de la recherche CPDT : Tourisme et territoire, gérer le passé et préparer l'avenir (Decroly *et al.*, 2020). Ces données portent sur les catégories suivantes pour les hébergements touristiques : les hôtels, les campings, les hébergements de terroir, le tourisme social, les villages de vacances, les parcs résidentiels de week-end ainsi que les hébergements actifs en 2019 sur les plateformes d'hébergement à court terme, Airbnb et Vrbo. Les attractions comprennent celles du pôle naturel ainsi que des pôles d'intérêts récréatif et culturel. Ces données sont essentiellement issues de la base de données des hébergements de fin 2019 du Commissariat général au Tourisme. Des vérifications ont été réalisées par la CPDT de même que des ajouts sur base des données de la cellule déclaration d'exploitation. Les capacités sont également issues de ces bases de données. Concernant les hébergements Airbnb et Vrbo, les données proviennent de la base de données AirDNA, un site de veille concurrentielle qui recense les hébergements des deux plateformes et fournit des analyses statistiques sur ces derniers.

Par commune, nous souhaitons connaître la part d'hébergements impactés par les inondations dans le bassin versant de la Vesdre et vérifier sur le terrain la correspondance avec les résultats obtenus et les intentions et les stratégies des acteurs du tourisme quant à la poursuite de l'activité touristique.

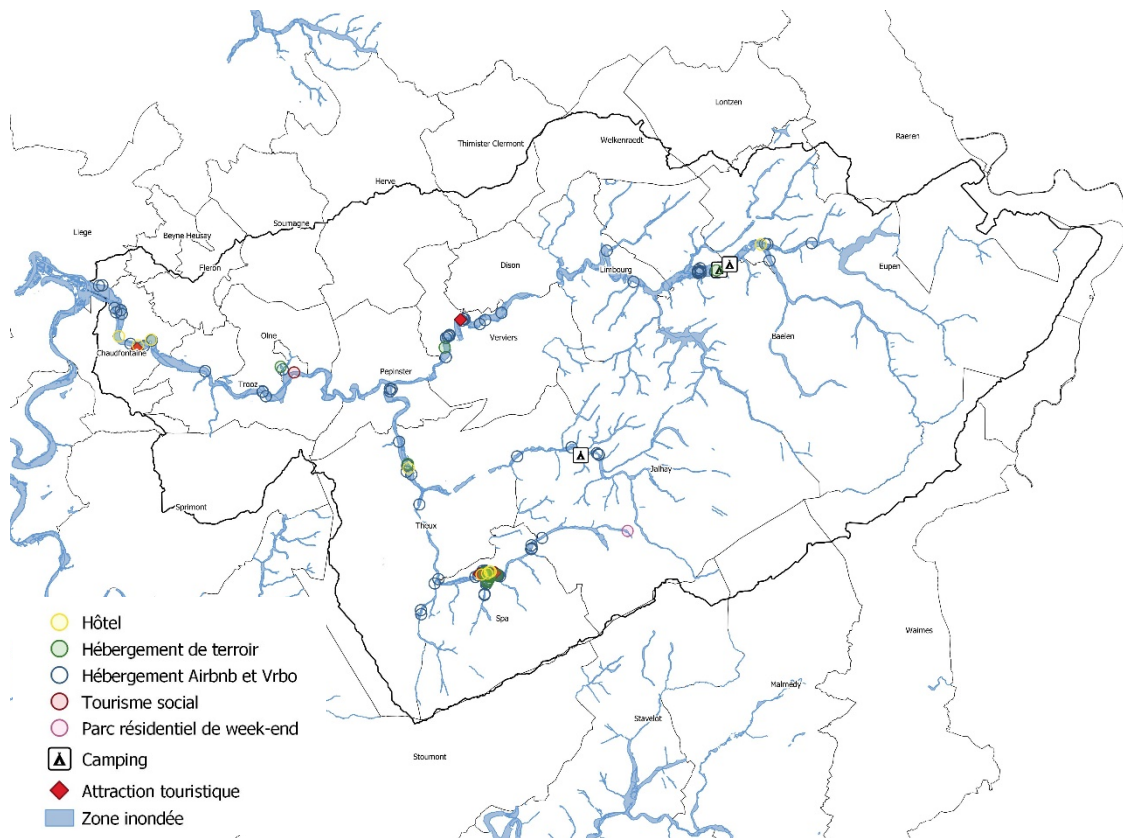
Les étapes de l'analyse sont les suivantes. Nous avons premièrement recensé pour chacune des vingt-cinq communes le nombre d'hébergements touristiques par catégorie ainsi que les nombres d'attractions touristiques et d'infrastructures MICE présentes sur le territoire communal et les capacités qui s'y rapportent. Nous avons intersecté dans un logiciel SIG la couche des établissements et équipements touristiques de chaque commune avec la zone inondée du bassin versant de la Vesdre telle que déterminée par le SPW Géomatique. Cela permet de connaître le nombre d'établissements et équipements touristiques situés en zone inondée ainsi que leur capacité. De la sorte, nous obtenons par commune les informations suivantes : le nombre, la capacité et la part par rapport au total communal d'hébergements et d'équipements touristiques en zone inondée du bassin versant de la Vesdre. Ensuite, une enquête de terrain permet de saisir l'ampleur des dégâts plusieurs mois après la crue et de s'informer sur les stratégies des différents entrepreneurs et des maisons du tourisme quant à la poursuite de l'activité touristique.

Comme mentionné ci-dessus, les données sont principalement fournies par le Commissariat Général au Tourisme, c'est pourquoi certains hébergements de la communauté germanophone ne sont pas inclus dans les analyses et seuls les hébergements déclarés et reconnus sont recensés. De plus, la fréquentation des attractions est une donnée dont on ne dispose pas. Par ailleurs, concernant les hébergements issus de la base de données AirDNA, la précision en termes de localisation peut varier d'un bien à l'autre. En effet, certains hôtes mais pas tous demandent à ce que la localisation de leur bien soit brouillée dans un rayon de 500 mètres. Cela peut donc entraîner un biais dans le recensement des biens situés dans la commune et dans la zone inondée de celle-ci.

iii. Résultats

Parmi les résultats produits, il y a un tableau reprenant pour chaque commune le nombre et la capacité des établissements et équipements touristiques présents sur le territoire communal et ceux localisés en zone inondée sur la portion du territoire communal située dans le bassin versant de la Vesdre. Il permet ainsi de déterminer la part impactée par les inondations (Tableau 6. g.1). En parallèle, une cartographie reprend la localisation des hébergements et équipements touristiques situés dans la zone inondée du bassin versant de la Vesdre (Carte 6. g.1). Au premier tableau, s'ajoute un tableau synthétique résumant quels types d'établissements et équipements touristiques sont les plus impactés par la zone inondée du bassin versant de la Vesdre (Tableau 6. g.2).

Le Tableau 6. g.1 et la Carte 6. g.1 mettent en évidence que d'un point de vue établissements et équipements touristiques, ce sont principalement les communes de Baelen (53%), Trooz (29%), Spa (24%) et Eupen (23%) qui ont été touchées en termes de nombre. Plus de 20% des hébergements et attractions touristiques de ces communes sont situés dans la zone inondée. En termes de lits touristiques, ce sont les communes de Baelen (82%), Chaudfontaine (51%), Trooz (50%) et Eupen (50%) pour lesquelles plus de 20% de la capacité touristique est située en zone inondée. D'après les données disponibles, les établissements et équipements touristiques des communes de Beyne-Heusay, Dison, Fléron, Herve, Lontzen, Malmedy, Raeren, Soumagne, Sprimont, Stavelot, Thimister-Clermont, Waimes et Welkenraedt ont été relativement épargnés par les inondations. Le Tableau 6. g.2 met quant à lui en évidence le fait que ce sont essentiellement les hôtels, les hébergements de terroir et les campings qui sont situés en zone inondée. Un grand nombre d'hébergements Airbnb et Vrbo sont également situés dans la zone inondée. Les villages de vacances et les infrastructures MICE ont quant à eux été épargnés par les inondations.



Carte 6. g. 1 – Localisation des hébergements et des équipements touristiques situés en zone inondée dans le bassin versant de la Vesdre (S. NYNS – Laplec, 2022).

Commune	Typologie	Établissements et équipements touristiques présents sur le territoire communal		Établissements et équipements touristiques en zone inondée sur la portion du territoire communal située dans le bassin versant de la Vesdre		Part d'établissements et équipements touristiques en zone inondée sur la portion du territoire communal située dans le bassin versant de la Vesdre	
		Nombre	Capacité (max)	Nombre	Capacité (max)	Nombre	Capacité (max)
Baelen	Airbnb & Vrbo	27	103	14	59	52%	57%
	Camping	1	156	1	156	100%	100%
	Hébergement de terroir	2	11	1	7	50%	64%
	Total pour la commune	30	270	16	222	53%	82%
Beyne-Heusay	Airbnb & Vrbo	2	6	0	0	0%	0%
	Total pour la commune	2	6	0	0	0%	0%
Chaufontaine	Airbnb & Vrbo	50	168	7	14	14%	8%
	Hôtel	3	164	3	164	100%	100%
	Hébergement de terroir	5	15	0	0	0%	0%
	Attractions du pôle d'intérêt culturel, naturel et récréatif	2	NoData	1	NoData	50%	NoData
	Total pour la commune	60	347	11	178	18%	51%
Dison	Airbnb & Vrbo	4	20	0	0	0%	0%
	Hébergement de terroir	3	17	0	0	0%	0%
	Total pour la commune	7	37	0	0	0%	0%
Eupen	Airbnb & Vrbo	23	100	4	28	17%	28%
	Camping	1	NoData	1	NoData	100%	NoData
	Hôtel	2	108	1	76	50%	70%

	Total pour la commune	26	208	6	104	23%	50%
Fléron	Airbnb & Vrbo	11	40	0	0	0%	0%
	Total pour la commune	11	40	0	0	0%	0%
Herve	Airbnb & Vrbo	46	221	0	0	0%	0%
	Hôtel	1	36	0	0	0%	0%
	Hébergement de terroir	17	120	0	0	0%	0%
	Total pour la commune	64	377	0	0	0%	0%
Jalhay	Airbnb & Vrbo	110	583	6	53	5%	9%
	Camping	4	1419	1	147	25%	10%
	Hôtel	4	78	0	0	0%	0%
	Hébergement de terroir	45	401	0	0	0%	0%
	Parc résidentiel de week-end	1	22	1	22	100%	100%
	Total pour la commune	164	2503	8	222	5%	9%
Liège	Airbnb & Vrbo	1338	4286	2	7	0,15%	0,16%
	Hôtel	18	2287	0	0	0%	0%
	Hébergement de terroir	19	92	0	0	0%	0%
	Tourisme social	1	213	0	0	0%	0%
	Attractions du pôle d'intérêt culturel, naturel et récréatif	15	NoData	0	0	0%	0%
	Infrastructures MICE	3	24165	0	0	0%	0%
	Total pour la commune	1394	31043	2	7	0,14%	0,02%
Limbourg	Airbnb & Vrbo	15	94	2	6	13%	6%
	Hébergement de terroir	5	44	0	0	0%	0%

	Total pour la commune	20	138	2	6	10%	4%
Lontzen	Airbnb & Vrbo	19	86	0	0	0%	0%
	Camping	1	NoData	0	0	0%	0%
	Total pour la commune	20	86	0	0	0%	0%
Malmedy	Airbnb & Vrbo	381	3245	0	0	0%	0%
	Camping	3	990	0	0	0%	0%
	Hôtel	14	492	0	0	0%	0%
	Hébergement de terroir	86	850	0	0	0%	0%
	Village de vacances	2	210	0	0	0%	0%
	Tourisme social	1	184	0	0	0%	0%
	Attractions du pôle d'intérêt culturel, naturel et récréatif	2	NoData	0	0	0%	0%
	Total pour la commune	489	5971	0	0	0%	0%
Olne	Airbnb & Vrbo	11	35	1	4	9%	11%
	Hébergement de terroir	5	37	1	9	20%	24%
	Total pour la commune	16	72	2	13	13%	18%
Pepinster	Airbnb & Vrbo	26	150	3	7	12%	5%
	Hôtel	1	16	0	0	0%	0%
	Hébergement de terroir	5	37	0	0	0%	0%
	Total pour la commune	32	203	3	7	9%	3%
Raeren	Airbnb & Vrbo	27	119	0	0	0%	0%
	Camping	1	153	0	0	0%	0%
	Hôtel	1	83	0	0	0%	0%

	Attractions du pôle d'intérêt culturel, naturel et récréatif	1	NoData	0	0	0%	0%
	Total pour la commune	29	355	0	0	0%	0%
Soumagne	Airbnb & Vrbo	8	28	0	0	0%	0%
	Camping	1	408	0	0	0%	0%
	Hôtel	1	12	0	0	0%	0%
	Hébergement de terroir	6	45	0	0	0%	0%
	Attractions du pôle d'intérêt culturel, naturel et récréatif	1	NoData	0	0	0%	0%
	Total pour la commune	17	493	0	0	0%	0%
Spa	Airbnb & Vrbo	229	1387	56	224	24%	16%
	Camping	1	453	0	0	0%	0%
	Hôtel	15	1011	4	333	27%	33%
	Hébergement de terroir	42	333	9	53	21%	16%
	Tourisme social	2	574	0	0	0%	0%
	Attractions du pôle d'intérêt culturel, naturel et récréatif	5	NoData	2	NoData	40%	NoData
	Total pour la commune	294	3758	71	610	24%	16%
Sprimont	Airbnb & Vrbo	32	223	0	0	0%	0%
	Camping	3	318	0	0	0%	0%
	Hôtel	3	191	0	0	0%	0%
	Hébergement de terroir	24	126	0	0	0%	0%
	Parc résidentiel de week-end	1	14	0	0	0%	0%

	Attractions du pôle d'intérêt culturel, naturel et récréatif	1	NoData	0	0	0%	0%
	Total pour la commune	64	872	0	0	0%	0%
Stavelot	Airbnb & Vrbo	290	2223	0	0	0%	0%
	Camping	4	762	0	0	0%	0%
	Hôtel	15	571	0	0	0%	0%
	Hébergement de terroir	46	449	0	0	0%	0%
	Village de vacances	1	724	0	0	0%	0%
	Attractions du pôle d'intérêt culturel, naturel et récréatif	4	NoData	0	0	0%	0%
	Total pour la commune	360	4729	0	0	0%	0%
Theux	Airbnb & Vrbo	118	622	10	29	8%	5%
	Camping	3	795	0	0	0%	0%
	Hôtel	2	36	1	16	50%	44%
	Hébergement de terroir	25	235	1	4	4%	2%
	Tourisme social	1	16	0	0	0%	0%
	Attractions du pôle d'intérêt culturel, naturel et récréatif	3	NoData	0	0	0%	0%
	Total pour la commune	152	1704	12	49	8%	3%
Thimister-Clermont	Airbnb & Vrbo	20	120	0	0	0%	0%
	Hôtel	1	14	0	0	0%	0%
	Hébergement de terroir	9	94	0	0	0%	0%
	Total pour la commune	30	228	0	0	0%	0%
	Airbnb & Vrbo	14	71	4	17	29%	24%

Trooz	Hébergement de terroir	2	14	0	0	0%	0%
	Tourisme social	1	50	1	50	100%	100%
	Total pour la commune	17	135	5	67	29%	50%
Verviers	Airbnb & Vrbo	78	298	11	34	14%	11%
	Hôtel	3	283	0	0	0%	0%
	Hébergement de terroir	6	50	1	9	17%	18%
	Attractions du pôle d'intérêt culturel, naturel et récréatif	2	NoData	1	NoData	50%	NoData
	Total pour la commune	89	631	13	43	15%	7%
Waimès	Airbnb & Vrbo	335	3325	0	0	0%	0%
	Camping	5	1458	0	0	0%	0%
	Hôtel	9	315	0	0	0%	0%
	Hébergement de terroir	100	1191	0	0	0%	0%
	Tourisme social	1	109	0	0	0%	0%
	Attractions du pôle d'intérêt culturel, naturel et récréatif	3	NoData	0	0	0%	0%
	Total pour la commune	453	6398	0	0	0%	0%
Welkenraedt	Airbnb & Vrbo	11	38	0	0	0%	0%
	Hôtel	2	41	0	0	0%	0%
	Hébergement de terroir	4	42	0	0	0%	0%
	Total pour la commune	17	121	0	0	0%	0%

Tableau 6. g.1 – Part des hébergements et équipements touristiques en zone inondée située dans le bassin versant de la Vesdre pour chacune des communes (Laplec, 2022).

Typologie	Établissements et équipements touristiques situés dans la zone inondée du bassin versant de la Vesdre	
	Nombre	Capacité (max)
Airbnb & Vrbo	120	482
Attractions du pôle d'intérêt culturel, naturel et récréatif	4	NoData
Camping	3	303
Hébergement de terroir	13	82
Hôtel	9	589
Infrastructures MICE	0	0
Parc résidentiel de week-end	1	22
Tourisme social	1	50
Village de vacances	0	0

Tableau 6. g.2 – Établissements et équipements touristiques situés en zone inondée dans le bassin versant de la Vesdre selon leur typologie (Laplec, 2022).

Les visites sur le terrain et les enquêtes auprès des Maisons du tourisme et de certains entrepreneurs nuancent cependant les résultats des traitements SIG, car les dégâts causés par les inondations sont très variables selon la force du courant et les caractéristiques des eaux. Quand les établissements de Spa ont eu leurs caves inondées et un peu d'eau claire au rez-de-chaussée, des torrents de boue et d'objets divers ont causé d'importantes destructions, suivies de fermetures longues ou définitives à Limbourg, Verviers, Pepinster, Trooz et Chaudfontaine. Ainsi sur les 9 hôtels inondés, 5 ont été gravement sinistrés dont 1 est encore fermé. Si les campings ont pu rouvrir rapidement, il ne faut pas négliger les pertes de caravanes privées et les importantes dégradations du cadre paysager. À côté des hébergements, les dégâts aux attractions (piscines, musées...) et aux restaurants-cafés réduisent l'attractivité des villes et villages. La disparition de nombreux établissements de restauration oblige les touristes à quitter la vallée pour se restaurer ou conduit les Maisons du tourisme et autres syndicats d'initiative à improviser des salles de banquet pour accueillir des groupes. Comme une part non négligeable du tourisme repose sur la promenade et le cyclisme, il y a aussi une urgence à réaménager les parcours proches des eaux, dont le projet de la Vesdrienne qu'il faudra adapter en certains endroits pour tenir compte de l'évolution de la vallée. Les acteurs du secteur ont également partagé leurs craintes que l'image de leur commune reste associée à une zone sinistrée et comptent sur les autorités pour lancer des campagnes promotionnelles.

Il faut aussi garder à l'esprit que la majorité des équipements touristiques servent également à la population locale et aux entreprises. Elles ont perdu de précieux lieux de rencontres et de divertissement dont les retombées économiques et sociales dépassent le cadre du tourisme.

iv. Discussion

Les analyses et les investigations auprès des acteurs du tourisme montrent qu'un peu plus de 2% des lits touristiques ont été fortement impactés par les inondations. Derrière cette proportion a priori faible se cachent de grandes disparités territoriales. Certaines communes ont été particulièrement touchées du point de vue de leurs infrastructures touristiques, des établissements ont dû fermer de longs mois, d'autres ne sont pas encore ouverts ou ont migré avec des répercussions économiques et sociales pour les quartiers et villages désertés.

Au-delà des équipements analysés, de nombreux éléments du patrimoine culturel et de nombreux itinéraires ont souffert de la crue posant la question de leur remise en état. L'image de la vallée comme destination touristique risque aussi d'être associée à une zone sinistrée, et ce même pour les villages qui n'ont pas subi d'importants dégâts.

v. Conclusion

Les dégâts aux infrastructures touristiques sont concentrés dans les fonds de vallées de la Vesdre et de la basse Hoëgne qui représentent un potentiel d'attraction non négligeable, mais qui était relativement peu développé suite à la difficile cohabitation avec l'industrie lourde et les nombreuses friches. Lors du réaménagement des zones sinistrées, il y a une opportunité de mieux intégrer les cheminements pédestres et cyclistes qui représentent une tendance touristique lourde et de soigner le cadre paysager pour faire des fonds de vallées et de Verviers la pièce manquante d'une destination touristique dont les points forts sont Spa, les Hautes Fagnes et la Région des Trois frontières. Il faut également garder à l'esprit l'importance du rôle des infrastructures touristiques pour la population et les autres secteurs de l'économie.

En ce qui concerne spécifiquement le tourisme, les dégâts observés ouvrent des pistes de réflexion quant à l'aménagement et la gestion des espaces touristiques.

En termes de prévention, l'analyse met en évidence la vulnérabilité de certains équipements situés aux abords de la rivière, ce qui implique de tenir compte de leur localisation, de leur pérennité (chalets fixes et caravanes résidentielles vs. infrastructures légères et mobiles) et de leur évacuation en cas d'inondation. En termes de reconstruction suite aux inondations, plusieurs éléments sont déterminants : le cadre paysager ; l'aménagement et le tracé des circuits pédestres et cyclistes compte tenu de leur niveau d'exposition au risque ; le soutien aux activités touristiques et de l'Horeca ; la promotion et l'image de la vallée de la Vesdre.

vi. Glossaire

Lit touristique : correspond à une capacité d'accueil d'une personne.

MICE : « Meetings, Incentive, Conferences and Exhibitions/Events »

vii. Références

Decroly, J.-M., Diekmann, A., Nyns, S., Schmitz, S., Courtois, X., Bruggeman, D., Haine, M., Quierat, S., Nouri, M. & Cawoy, V. (2020). *Tourisme et territoire : gérer le passé et préparer l'avenir : Recherche R4, rapport final*. [Namur] : CPDT, 199 p. <http://hdl.handle.net/2268/257204>.

h. Dégâts aux biens patrimoniaux

Auteur : Jacques Teller, LEMA, Université de Liège.

i. Introduction

Comme nous l'avons montré dans l'analyse historique, l'urbanisation du bassin versant de la Vesdre s'est développée le long des cours d'eau, et plus spécifiquement le long du cours de la Vesdre. Ceci n'est en rien spécifique à cette vallée. La symbiose entre production architecturale, paysages naturels et corridors fluviaux a livré quelques-uns des paysages urbains historiques les plus remarquables.

Il convient d'entendre la notion de paysage urbain historique au sens donné par l'Unesco, à savoir un « *territoire urbain conçu comme la résultante d'une stratification historique de valeurs et d'attributs culturels et naturels, dépassant les notions de « centre historique » ou d'« ensemble historique » pour inclure le contexte urbain plus large ainsi que son environnement géographique. Ce contexte plus large comprend notamment la topographie, la géomorphologie, l'hydrologie et les caractéristiques naturelles du site ; son environnement bâti, tant historique que contemporain ; ses infrastructures de surface et souterraines ; ses espaces verts et ses jardins ; ses plans d'occupation des sols et son organisation de l'espace ; les perceptions et les relations visuelles ; et tous les autres éléments constitutifs de la structure urbaine. Il englobe également les pratiques et valeurs sociales et culturelles, les processus économiques et les dimensions immatérielles du patrimoine en tant que vecteur de diversité et d'identité.* » (UNESCO, 2011, art. 8 & 9).

Concevoir les vallées du bassin versant de la Vesdre comme un paysage urbain historique nous amène à envisager les relations entre différents types d'éléments, bâtis et non-bâtis, de monuments et d'ensembles architecturaux. C'est dans cet esprit que nous avons abordé l'analyse historique du bassin versant et que nous nous proposons de considérer les dommages observés suite aux inondations de 2021. Il convient de souligner à cet égard l'importante mobilisation de la population que l'on a observée au cours des mois qui ont suivi les inondations afin de nettoyer les berges des cours d'eau et restaurer une partie des paysages affectés. Cette mobilisation s'est observée autant le long de la Vesdre que de la Hoëgne ou de la Helle. Elle traduit un profond attachement de la population pour ces paysages anthropisés.

Les inondations de 2021 ont profondément affecté le patrimoine, tant bâti que naturel. C'est en particulier le cas du patrimoine localisé en fond de vallée. La reconstruction doit être l'occasion de renforcer les liens existants entre différentes catégories de patrimoine et d'envisager les paysages urbains historiques dans leur intégralité, en le replaçant dans un système de valeurs qui intègre valeurs historique, architecturale, paysagère et pratiques sociales.

ii. Méthodologie

L'analyse des dégâts aux biens patrimoniaux est fondée sur le croisement de plusieurs bases de données. De manière générale, nous avons structuré notre analyse en trois temps.

Nous avons tout d'abord considéré l'**exposition du patrimoine au risque d'inondation**, en croisant les données issues i) des listes des biens classés, ii) de l'Inventaire du Patrimoine Immobilier Culturel (IPIC) et iii) de l'Inventaire du Patrimoine Monumental (IPM) avec les cartes d'aléa. Nous avons considéré les différentes catégories de biens classés : monuments, ensembles architecturaux, sites et sites archéologiques. Le nombre de bâtiments classés repris à l'IPIC s'élève à 825 pour le bassin versant de la Vesdre. La Communauté germanophone n'est pas couverte par l'IPIC. Pour ce qui est de l'IPM, nous avons identifié l'ensemble des 752 biens repris à l'inventaire du patrimoine monumental de la Belgique localisés à proximité des cours d'eau du bassin versant. L'IPIC est basé sur une sélection des points de l'IPM, en fonction de critères patrimoniaux

actualisés. Il s'agit aujourd'hui de la référence officielle en matière d'inventaire. Nous avons souhaité prendre en compte l'IPM, à titre informatif, dans la mesure où celui-ci couvre la Communauté germanophone, ce qui n'est pas le cas de l'IPIC, et qu'un grand nombre de biens initialement repris à l'IPM ont été écartés de l'IPIC. Disposer des deux références nous semble utile dans une approche compréhensive des dégâts au patrimoine.

Les biens repris à l'IPM ont été géolocalisés par nos soins. Nous avons à cette fin réalisé une première sélection des biens localisés à proximité des cours d'eau, que nous avons ensuite croisée avec la zone inondée en 2021 pour identifier l'ensemble des biens IPM potentiellement affectés.

Le nombre de biens repris à l'inventaire étant très élevé, nous avons, dans les deux cas, proposé des cartes de chaleur qui mettent en évidence des lieux de concentration. Les données détaillées sont bien entendu disponibles et seront publiées en accès ouvert au cours de la mission. Dans les trois cas, biens classés, répertoriés à l'IPIC ou à l'IPM, les données ont été croisées avec les zones d'aléa ainsi que l'extension de la zone inondée en 2021.

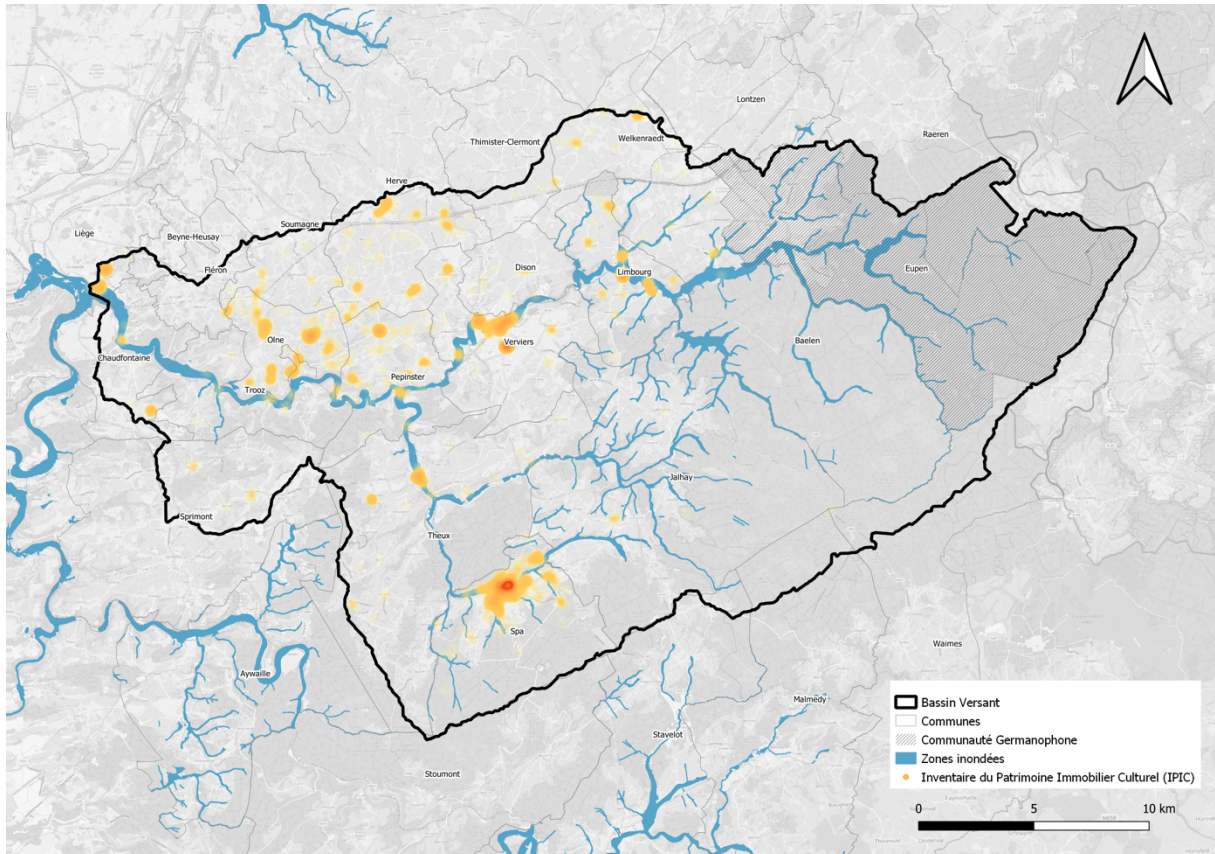
Signalons néanmoins que certains éléments peuvent être localisés en zone inondable sans pour autant avoir été endommagés en 2021. Ceci dépend essentiellement de la hauteur et de la vitesse de l'eau ainsi que de caractéristiques intrinsèques du bien (niveau de perméabilité à l'eau, fragilité du contenu et du contenant). Des investigations complémentaires seront nécessaires afin d'affiner cette analyse, mais il nous a paru opportun de donner une première approximation des dommages potentiels en intégrant les biens classés et repris aux inventaires IPIC et IPM, localisés en zone inondée, afin d'orienter les efforts de reconstruction.

Dans un deuxième temps, nous nous intéresserons aux **dommages observés sur le terrain par l'Agence Wallonne du Patrimoine (AWaP)**. Ces conservations ne concernent à ce stade que le patrimoine classé. Il est bien entendu que les dommages au patrimoine au sens large sont plus importants. Certains éléments de petit patrimoine, de patrimoine industriel ou encore de patrimoine contemporain ne sont pas repris dans les listes de l'IPIC. On sait par ailleurs que les procédures de classements sont soumises à des biais sociaux et politiques, certains types de biens ayant tendance à être surreprésentés au détriment d'autres (Ashworth & Turnbridge, 1990). L'analyse qui est proposée ici doit dès lors se lire avec une certaine prudence, en considérant qu'elle tend à mettre en exergue le patrimoine par désignation au détriment du patrimoine par appropriation (Rautenberg, 1998).

Nous avons souhaité aborder, enfin, la **réponse apportée par la population** suite aux dommages des inondations de juillet 2021. Nous ne disposons pas à ce stade d'un relevé, ne fut-ce que partiel, des travaux de reconstruction individuels entamés dans la vallée. Nous nous sommes concentrés sur les dynamiques collectives de mobilisation citoyenne que nous avons pu analyser dans le cadre de la consultation des associations actives dans le cadre de l'aide aux victimes, réalisée à la demande du Parlement Wallon. Plusieurs associations actives sur le territoire nous ont ainsi fait part de leur intervention sur le terrain et de leur mode d'action. Nous nous proposons de valoriser l'information collectée à cette occasion pour mettre en évidence l'attachement de la population aux paysages de la du bassin versant de la Vesdre. Il est bien entendu que ces entretiens sont parcellaires. Ils ont été réalisés dans délai très court et pour répondre à une sollicitation de la Commission d'enquête parlementaire chargée d'analyser les causes des inondations. Ils ne couvrent qu'une petite partie des démarches citoyennes qui se sont développées à la suite des événements de juillet dernier, et sont plutôt centrés sur le patrimoine naturel. Il nous a néanmoins paru utile d'en faire état dans la section dommage au patrimoine, afin de compléter l'approche exposition/ dommage par un volet réponse qui nous paraît faire partie intégrante des éléments à considérer aux cours des prochaines étapes du schéma stratégique.

iii. Résultats

Lorsque l'on croise les données de l'IPIC et de l'IPM avec les cartes d'aléa, il apparaît très clairement que les biens repris à l'inventaire IPIC (Carte 6. h.1) et IPM (Carte 6. h.2) sont très majoritairement concentrés en fond de vallée, à proximité du cours d'eau. Les pôles de Spa et de Verviers ressortent très clairement de l'analyse, avec une prééminence du premier par rapport au deuxième, qui s'explique notamment par la concentration de patrimoine des XVIIIème et XIXème siècles dans la ville d'eau, aujourd'hui inscrite au Patrimoine mondial de l'humanité (Unesco, juillet 2021).



Carte 6. h.1 – Localisation des bâtiments repris à l'IPIC au sein du bassin versant (carte de chaleur). La Communauté Germanophone n'est pas reprise dans l'inventaire IPIC. (Auteur : Fenosoa Nantenaina Ramiaramananana, LEMA).

Pour ce qui est de Verviers, on voit très nettement apparaître le caractère bicéphale de la ville historique, avec, d'une part, le centre-ville implanté en bord de Vesdre et, d'autre part, la ville bourgeoise de la fin du XIXème, début du XXème siècle implantée sur les hauteurs de Heusy et qui concentre également un grand nombre de biens inventoriés. Les autres pôles qui apparaissent sur la carte des biens classés sont Limbourg, Theux ou Chénée. On constate que le versant nord de la Vesdre est ponctué d'une série de noyaux patrimoniaux qui correspondent aux noyaux villageois, dont certains sont aujourd'hui très reconnus, comme Olne ou Soiron. Signalons encore que l'absence de patrimoine identifié à l'est du territoire ne s'explique que par le fait que cette zone n'est pas couverte par l'inventaire IPIC.

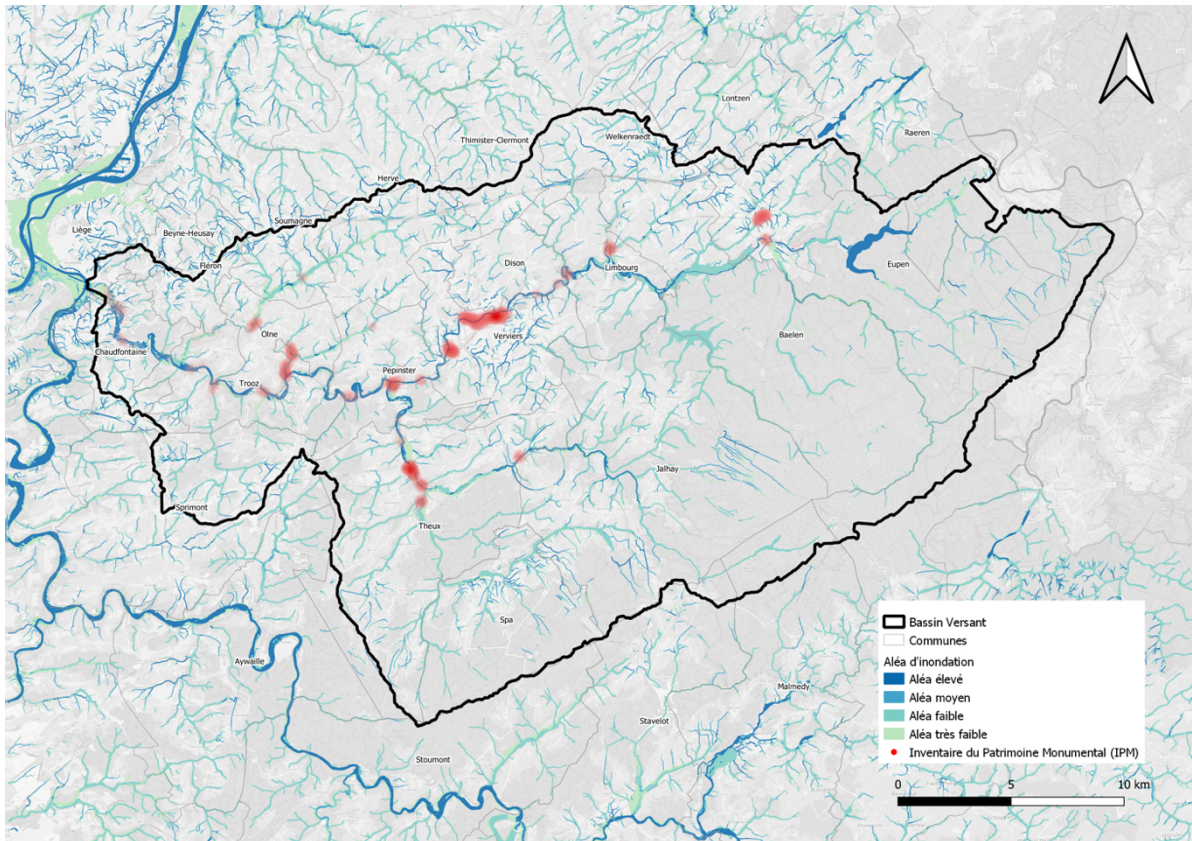
Lorsque l'on analyse la répartition de biens classés dans les différentes communes (Tableau 6. h.1), on constate que 318 des 825 biens classés sont localisés dans la seule commune de Spa, 99 dans la commune de Olne et 80 dans la commune de Verviers. 181 bâtiments classés sont localisés en zone d'aléa, soit 22% de l'ensemble des bâtiments classés du bassin versant (hors Communauté germanophone). La zone impactée par les inondations étant supérieure aux cartes d'aléa, en particulier sur Verviers, ce sont en fin de compte 247 bâtiments classés

qui étaient dans la zone inondée en 2021, dont 121 à Spa, 55 à Verviers et 25 à Theux. L'ensemble de ces bâtiments ont fait l'objet d'une inspection par l'AWaP. Nous reviendrons sur ce point par la suite.

Commune	Bassin Versant	Zone inondée en 2021		Aléa élevé		Aléa moyen		Aléa faible		Aléa très faible	
		Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%
Baelen	8	4	50,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	37,5%	0	0,0%
Chaufontaine	5	3	60,0%	1	20,0%	1	20,0%	0	0,0%	0	0,0%
Dison	9	1	11,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Herve	59	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	3,4%	0	0,0%
Jalhay	6	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Liège	19	9	47,4%	0	0,0%	2	10,5%	1	5,3%	1	5,3%
Limbouurg	61	6	9,8%	0	0,0%	0	0,0%	1	1,6%	0	0,0%
Olne	99	8	8,1%	1	1,0%	1	1,0%	6	6,1%	2	2,0%
Pepinster	69	9	13,0%	1	1,4%	9	13,0%	1	1,4%	5	7,2%
Soumagne	10	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	10,0%	0	0,0%
Spa	318	121	38,1%	0	0,0%	0	0,0%	100	31,4%	4	1,3%
Sprimont	5	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	40,0%	0	0,0%
Theux	45	25	55,6%	1	2,2%	8	17,8%	3	6,7%	9	20,0%
Thimister-Clermont	2	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Trooz	12	6	50,0%	1	8,3%	0	0,0%	2	16,7%	1	8,3%
Verviers	80	55	68,8%	1	1,3%	0	0,0%	6	7,5%	4	5,0%
Waimès	1	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Welkenraedt	17	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Total	825	247	29,9%	6	0,7%	21	2,5%	128	15,5%	26	3,2%

Tableau 6. h.1 – Identification du nombre de bâtiments repris à l'IPIC au sein des communes ou partie de commune faisant partie du bassin versant de la Vesdre. Total du nombre de bâtiments inventoriés. Nombre et pourcentage de bâtiments inventoriés repris en zone d'aléa très faible, faible, moyen, élevé. Nombre et pourcentage de bâtiments inventoriés repris dans la zone inondée en 2021.

La carte des biens inscrits à l'IPM (Carte 6. h.2) laisse ressortir les mêmes tendances, avec néanmoins la mise en évidence du pôle d'Eupen, en particulier la ville haute.



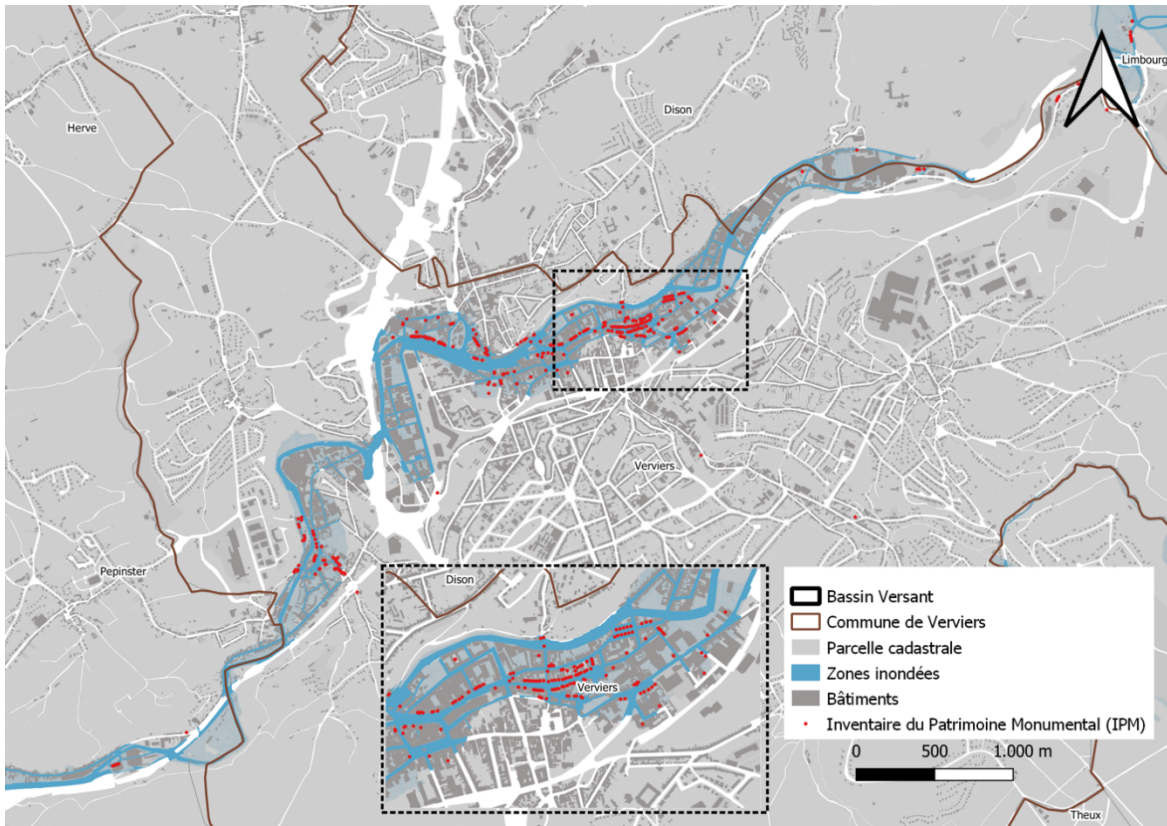
Carte 6. h.2 – Localisation des biens repris à l’IPM au sein du bassin versant (carte de chaleur). (Auteur : Fenosoa Nantenaina Ramiamanana, LEMA).

Le nombre de biens repris à l’IPM au sein du bassin versant s’élève à 955 435 de ces biens sont localisés en zone d’aléa, dont 149 en zone d’aléa faible et 187 en zone d’aléa très faible. Ceci témoigne de la forte vulnérabilité de ce patrimoine par rapport au risque d’inondation (Tableau 6. h.2).

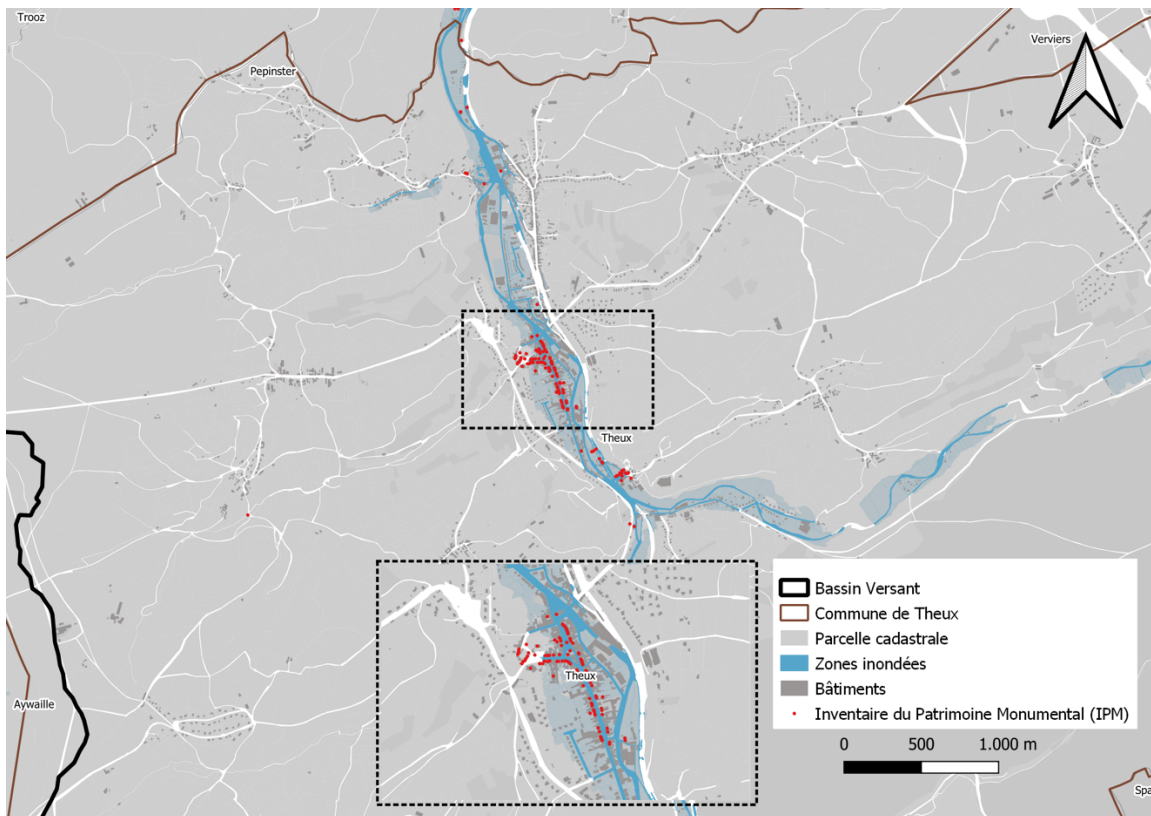
Commune	Zone inondée en 2021		Aléa élevé		Aléa moyen		Aléa faible		Aléa très faible	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%
Baelen	2	67%	0	0%	0	0%	2	67%	0	0%
Chaufontaine	26	96%	4	15%	8	30%	0	0%	5	19%
Dison	1	100%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Eupen	45	54%	1	1%	0	0%	2	2%	4	5%
Herve	0	0%	0	0%	0	0%	1	50%	0	0%
Jalhay	1	100%	0	0%	0	0%	1	100%	0	0%
Liège	5	100%	0	0%	0	0%	0	0%	5	100%
Limbouurg	41	98%	0	0%	3	7%	17	40%	5	12%
Olne	16	23%	3	4%	6	9%	29	42%	12	17%
Pepinster	69	82%	4	5%	3	4%	6	7%	35	42%
Soumagne	0	0%	0	0%	1	20%	3	60%	0	0%
Spa	1	100%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Sprimont	0	0%	0	0%	0	0%	1	100%	0	0%
Theux	138	77%	9	5%	16	9%	30	17%	76	42%
Trooz	63	82%	7	9%	25	32%	16	21%	16	21%
Verviers	344	92%	6	2%	3	1%	41	11%	29	8%
Total	752	79%	34	4%	65	7%	149	16%	187	20%

Tableau 6. h.2 – Identification du nombre de biens repris à l’inventaire [IPM] au sein des commune. Total du nombre de biens inventoriés au sein de la zone inondée 2021. Nombre et pourcentage de biens inventoriés repris en zone d’aléa très faible, faible, moyen, élevé. Nombre et pourcentage de biens inventoriés repris dans la zone inondée 2021.

Nous observons que 752 biens inscrits à l’IPIC sont localisés au sein de la zone inondée en 2021. Comme signalé dans le cadre de la méthodologie, il serait hasardeux d’affirmer que l’ensemble de ces biens ont subi des dommages conséquents en raison de leur seule localisation dans cette zone. On peut néanmoins considérer que la restauration de ce patrimoine va mobiliser à elle seule des investissements publics et privés très conséquents et qu’il ne faudrait pas se limiter à la liste des dommages observés sur les biens classés établie par l’AWaP pour mesurer l’ampleur des enjeux en matière d’intervention sur le patrimoine. Près de la moitié (344 biens sur 752, soit 45%) des biens IPM repris dans la zone inondable sont localisés sur la seule ville de Verviers (Carte 6. h.3). Ceci justifie sans doute une réponse concertée entre autorités communales et régionales de manière à répondre aux dommages observés sur le terrain, sans quoi il est à craindre qu’une partie de ce patrimoine risque de se dégrader et/ou de faire l’objet de rénovations inadéquates, ce qui constituerait un nouvel handicap en matière de régénération urbaine. Theux (Carte 6. h.4) est la deuxième commune la plus touchée du bassin versant avec 138 bâtiments repris à l’IPM localisés en zone inondée 2021.

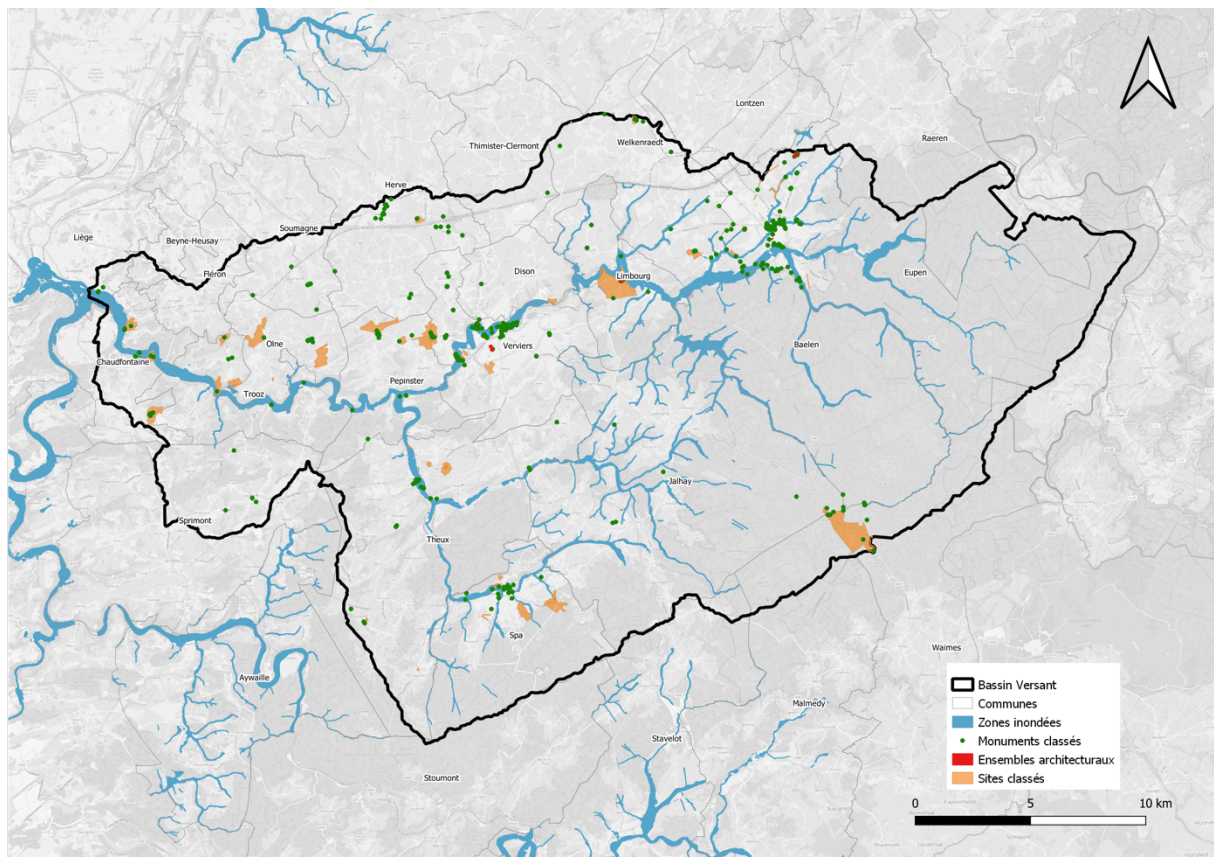


Carte 6. h.3 – Localisation des biens repris à l'IPM localisés au sein de la zone inondée 2021 dans la commune de Verviers. (Auteur : Fenosoa Nantenaina Ramiamanana, LEMA).



Carte 6. h.4 – Localisation des biens repris à l'IPM localisés au sein de la zone inondée 2021 dans la commune de Theux. (Auteur : Fenosoa Nantenaina Ramiamanana, LEMA).

L'analyse de la répartition des biens classés dans le bassin versant (Carte 6. h.5) met bien en évidence les pôles de Verviers, Spa et Eupen. A la différence des inventaires, elle fait également ressortir une série de sites de méandre, qui combinent dimensions naturelle et anthropique, à Chaudfontaine (Le Thier des Milords et les orifices du tunnel de la SNCB), Trooz (site de la Fenderie), Verviers (l'ensemble formé par la rue Francomont, le Parc Godin et l'ensemble formé par le parc de la société d'Harmonie et son bâtiment), Dison (la colline boisée dite « La Chantoire »), Limbourg (lié à Limbourg haut) et Eupen (le site Steinrother Wäldchen le long du Bach, affluent de la Vesdre). Ces sites de méandre façonnent l'identité du paysage de la vallée de la Vesdre, en particulier lorsqu'on la découvre à partir du chemin de fer. On observe par ailleurs les traces du maillage du versant nord par un ensemble de villages et de bâtiments remarquables. La surreprésentation de Spa par rapport à Verviers que l'on observait pour l'IPIC tend à s'atténuer lorsqu'on analyse les bâtiments classés.



Carte 6. h.5 – Identification des biens classés au sein du bassin versant (monuments, sites et ensembles architecturaux).
(Auteur : Fenosoa Nantenaina Ramiarimana, LEMA).

Lorsque l'on s'intéresse aux biens endommagés effectivement répertoriés par l'AWaP (Tableau 6. h.3), il apparaît que les dommages au patrimoine sont beaucoup moins importants qu'attendus sur base d'un simple croisement entre localisation des biens IPIC et zone inondée 2021. Deux facteurs peuvent expliquer cet état de fait. Il est possible que le relevé fourni par l'AWaP soit encore partiel et demande à être complété. On ne peut toutefois écarter l'hypothèse qu'un certain nombre de biens classés soient localisés en zone inondée et aient pourtant été épargnés en raison de la configuration du terrain, d'éventuelles mesures de protection ou tout simplement parce que le niveau d'eau était faible à cet endroit. On remarque, ici, que 52 des 80 biens classés endommagés dans le bassin versant se situent dans la ville de Verviers. Ceci plaide à nouveau pour un traitement spécifique de ce territoire en matière de patrimoine.

Commune	Nombre de monuments classés	Nombre de monuments classés situés en zone inondée en 2021	Biens endommagés répertoriés par l'AWaP
Baelen	5	1	0
Beyne-Heusay	0	0	0
Chaufontaine	9	4	7
Dison	1	0	1
Eupen	82	18	-
Fléron	0	0	0
Herve	18	0	0
Jalhay	18	0	0
Liège-Chénée	3	2	1
Limbourg	19	2	2
Lontzen	0	0	0
Malmedy	0	0	0
Olne	7	0	0
Pepinster	13	2	1
Soumagne	8	0	1
Spa	23	10	2
Sprimont	4	0	3
Stavelot	0	0	0
Theux	26	14	6
Thimister-Clermont	1	0	0
Trooz	6	2	4
Verviers	87	59	52
Waimes	0	0	0
Welkenraedt	5	0	0
Total	335	114	80

Tableau 6. h.3 – Dommages observés aux biens classés répertoriés par l'AWaP (toutes catégories de biens classés confondues).

Ce tableau relatif aux dégâts aux biens patrimoniaux ne serait pas complet si nous n'évoquions pas l'investissement d'un grand nombre de bénévoles suite aux inondations pour nettoyer les rives de la Vesdre et de ses affluents qu'il s'agisse de la Hoëgne, de la Helle ou de la Magne (Teller, 2022). Des groupes de volontaires se sont rapidement constitués à travers les réseaux sociaux (Particules élémentaires de la Vesdre, Petites Fourmis de la Hoëgne, ...). D'autres, comme River Cleanup, étaient déjà actifs dans le cadre de la protection de la

ressource en eau et se sont mobilisés pour intervenir dans le bassin Versant. D'autres groupes encore ont été organisés par l'agence Be Wapp, de manière institutionnelle.

Dans tous les cas, ces groupes ont mobilisé des citoyens venus du bassin versant et de beaucoup plus loin. Basée à Anvers, l'association River CleanUp travaille à l'échelle internationale. Elle a mobilisé de nombreux bénévoles dans le cadre de ses actions dans la Vesdre. Un certain nombre de citoyens flamands partagent un fort sentiment d'attachement pour cette région qu'ils fréquentent dans le cadre de vacances en Ardennes ou dans les Fagnes.

« Tout le monde voulait faire quelque chose, mais personne ne savait où aller et où c'était "sécuré" et où c'était pas "sécuré". Alors nous, on s'est mis là-dessus et on a petit à petit on a commencé à organiser des actions avec 30 personnes, 50 personnes, 60 personnes et après un mois je pense, on avait parfois 6 bus qui étaient sponsorisés par "De Lijn" pour amener 200 ou 250 ou 300 personnes par événement ou même 500 personnes par semaine. » (River CleanUp)

Les paysages singuliers de la vallée sont ainsi appréciés par un large public. C'est tout particulièrement le cas des espaces semi-naturels de bord de cours d'eau. Ceux-ci ont fait l'objet d'un investissement remarquable au cours des semaines de juillet à septembre qui traduit un attachement profond pour le cours d'eau et ce qui l'entoure.

« Et donc, c'est comme cela que les Particules Solidaires de la Vesdre sont nées, en fait. C'est par le fait d'avoir commencé nous-mêmes, de s'être rendu compte de l'ampleur de la tâche et de s'être dit « Il faudrait recruter aussi des gens pour prendre soin de la nature. ». » (Particules élémentaires de la Vesdre)

« Ça a quand même duré longtemps parce que chaque semaine que tu perds, la nature reprend le plastique, les déchets sont dans l'eau, l'essence et tout l'huile et tout ça, c'est pas bon pour la qualité de l'eau. Et un problème actuel, c'est les stations d'épuration. Beaucoup ont été complètement démolies ou elles ne fonctionnent plus. Ça veut dire que toute l'eau des dégâts, elle coule maintenant dans la Vesdre. » (River CleanUp)

Les dynamiques collectives qui se sont mises en place à cette occasion vont bien au-delà de l'entretien des lieux. Elles nous parlent plus largement d'un investissement dans le patrimoine et le paysage comme une modalité de cohésion sociale. Le paysage apparaît ici comme un environnement à soigner et un cadre où se rendre utile.

« Et alors, le soutien, je dirais qu'il est double. C'est un soutien d'abord à la nature et donc à leur environnement direct. Mais après, on leur offre aussi un cadre où ils peuvent se rendre utiles. Et ça, c'est assez chouette parce qu'ils se rendent compte qu'en fait, c'est possible. » (Particules élémentaires de la Vesdre)

« Ça a eu un impact que nous, on s'est pas attendu parce que les gens venaient chez nous et nous le disent. Mais c'est vraiment, ça donne beaucoup de, comment je peux dire, d'espoir et de motivation pour voir les gens comme ça qui viennent vraiment nous aider. Et même si c'était la nature, mais quand même, c'est important si tu es confronté chaque jour avec les dégâts, s'ils sont plus là, ça donne, c'est le début du "recovery" ou de l'amélioration, du retour à l'ancien. » (River CleanUp)

Cette mobilisation citoyenne exceptionnelle (River CleanUp a mobilisé plus de 5.000 citoyens dans le cadre de ses actions) devrait amener à réfléchir le cours d'eau comme un bien commun, un patrimoine à part entière, et non le « négatif » de la trace des bâtiments classés ou repris à l'inventaire. C'est d'autant plus le cas que ce patrimoine fait l'objet d'un attachement profond de la part des habitants du bassin versant et, plus largement, de l'ensemble des usagers qui fréquentent le site de manière quotidienne ou plus épisodique.

iv. Discussion

Le patrimoine du bassin versant est étroitement lié à la présence de la Vesdre et de ses affluents, qui constitue autant une menace que sa raison d'être. On constate ainsi une forte concentration du patrimoine autour de pôles qui se sont historiquement développés à proximité de l'eau, en particulier Verviers, Spa et Eupen.

Les pôles de Verviers et Theux devraient très certainement faire l'objet d'une implication coordonnée des services régionaux et communaux, au vu de la masse des biens repris à l'inventaire IPIC et situés dans la zone inondée en 2021. S'ils ne font pas l'objet d'un soin particulier, ces biens sont susceptibles de se dégrader. La reconstruction de ces bâtiments reposera sur une mobilisation des propriétaires des biens, que ceux-ci soient publics ou privés. Un suivi régulier de l'état d'avancement des travaux dans ces biens repris à l'inventaire constituerait très certainement une importante plus-value pour les pôles urbains concernés.

L'analyse des dommages s'est actuellement concentrée sur le patrimoine classé. Il est aujourd'hui indispensable d'élargir la focale et d'envisager le paysage urbain historique au sens défendu par l'UNESCO, qui fait l'objet d'un important investissement affectif et symbolique de la part de la population. Nul doute que celui-ci est amené à jouer un rôle de levier dans le cadre de la redynamisation sociale et économique de la vallée.

v. Conclusion

- Le bassin versant de la Vesdre concentre un patrimoine important qu'il s'agisse de bâtiments classés ou repris à l'inventaire, de patrimoine construit ou naturel, de patrimoine exceptionnel ou ordinaire.
- La valorisation de paysages urbains historiques, tels que les sites de méandre ou des espaces de versants le long de la Vesdre, devra être envisagée dans le schéma stratégique, le paysage du bassin versant étant caractérisé par une imbrication singulière entre composantes naturelles et anthropiques, fortement investie par la population locale.
- La concentration de bâtiments inscrits à l'inventaire et affectés par les inondations au sein de la ville de Verviers appelle une réponse concertée entre autorités communales et régionales en vue d'éviter une dégradation de ce patrimoine par manque d'entretien et de réinvestissement. Ce patrimoine constitue un levier essentiel dans le redéveloppement de la ville de Verviers et le renforcement de son attractivité urbaine.

vi. Références

Ashworth G.J. and Turnbridge J.E. (1990). *The Tourist-Historic City*, Behalven Press, London.

Rautenberg M. (1998) *L'émergence patrimoniale de l'ethnologie: entre mémoire et politiques publiques*, in *Patrimoine et modernité*, ed. D. Poulot, Paris L'Harmattan, 279-291.

Teller (2022). *Consultation d'associations actives dans le cadre de l'aide aux victimes des inondations de juillet 2021*. Rapport établi pour le Parlement Wallon. Disponible sur demande.

UNESCO (2011). *Recommendation on the Historic Urban Landscape, including a glossary of definitions*.

UNESCO (2021). *Nomination of The GREAT SPAS of Europe for inclusion on the World Heritage List. Volume I: Executive Summary & Sections 1, 2 and 3*.

i. Dégâts environnementaux et impacts sur les milieux naturels

Auteurs : Marc Dufrière et Audrey Douinot, Grégory Mahy, GxABT, Université de Liège.

i. Introduction

D'un point de vue théorique, les inondations - c'est à dire le débordement de la rivière du lit mineur - sont en soi des bienfaiteurs de la biodiversité et des milieux naturels. La mise en eau intermittente des zones ripariennes permet un remaniement des sédiments et des banques de graines qui font fluctuer les connectivités transversales (lit majeur - lit mineur) et rajeunir les successions végétales qui s'y développent. L'eau est ainsi un vecteur de transport sur les plaines alluviales inondées. Ceci peut cependant s'avérer néfaste lorsque la dissémination concerne des éléments non souhaités. Ici, on en énumère deux principaux :

- les hydrocarbures provenant des citernes de particuliers ou de réservoir de voitures emportés lors de la crue. Les hydrocarbures étant plus légers et non miscibles à l'eau, ils tendent à s'étaler sous forme d'une fine pellicule sur l'eau et peuvent ainsi atteindre toutes les surfaces inondées ;
- les plantes invasives, qui tout comme les autres plantes bordant les berges, vont avoir leur banque de graines dispersée de manière longitudinale en aval, mais aussi de manière transversale sur la largeur des plaines inondées.

Le volet des hydrocarbures ayant fait l'objet de l'analyse de la section 7.e., nous ne traiterons ici **que les plantes invasives comme impacts** sur les milieux naturels.

Pour introduire l'enjeu des plantes envahissantes, nous reprenons ici quelques chiffres clefs mentionnés dans la stratégie de l'Union Européenne (UE) en faveur de la biodiversité à l'horizon 2030 « Ramener la nature dans nos vies » :

*« Les espèces exotiques envahissantes peuvent sérieusement compromettre les efforts déployés pour protéger et restaurer la nature. [...] Le rythme auquel de telles espèces sont libérées dans l'environnement s'est accéléré au cours des dernières années. **Sur les 1 872 espèces actuellement recensées** comme étant menacées d'extinction en Europe, **354 le sont par des espèces exotiques envahissantes**. Faute de mesures de contrôle efficaces, le rythme d'invasion et les risques connexes pour la nature et pour notre santé continueront d'augmenter.*

*L'objectif poursuivi devrait être de limiter au minimum l'introduction et l'établissement d'espèces exotiques dans l'environnement européen et, lorsque c'est possible, d'y mettre un terme, ainsi que de gérer les espèces exotiques envahissantes déjà établies et **de réduire de 50 % le nombre des espèces de la Liste rouge qu'elles menacent.** »*

Dans cette section, nous établissons un inventaire pré- et post-inondation de la présence des espèces invasives. A noter que cet inventaire est non exhaustif puisqu'il nécessite le parcours intégral des zones inondées. Nous proposons ici un inventaire d'amont en aval sur quelques zones ciblées méthodiquement afin d'avoir un état des lieux qualitatif de la dispersion.

ii. Méthodologie

La méthodologie s'articule en quatre étapes.

30. Dans un premier temps, nous utilisons la base de données de l'observatoire de la biodiversité sur les plantes invasives (<https://observations.be/>) afin d'évaluer l'évolution de trois espèces sur le bassin versant de la Vesdre : la **renouée du Japon**, la **balsamine de l'Himalaya** et la **berce du Caucase**. L'objectif est de cartographier la répartition de ces trois espèces avant inondation et d'identifier les points sources potentiels de graines pour une dissémination lors de la crue de juillet 2021.
31. Dans un second temps, nous utilisons le « Survey agricole » des parcelles à usage agricole impactées par les inondations réalisé par les SPW Agriculture, Ressources Naturelles et Environnement (ARNE), afin d'identifier les zones de dépôt de sédiments et par conséquent probablement de graines végétales.
32. Dans une troisième partie, nous réalisons le croisement des deux cartes afin d'identifier des zones potentielles de dissémination.
33. Enfin, deux visites de terrain ont été réalisées le 28 juin et le 7 juillet 2022 pour vérifier la mise en graine effective sur ces zones potentielles. Le focus est réalisé sur la renouée du Japon, la détection de nouvelles boutures étant plus facilement reconnaissable pour cette espèce. La dernière visite de terrain a été réalisée en collaboration avec le contrat rivière (CR) Vesdre, qui est en charge à partir de juin de cette année et des deux années consécutives, de la gestion spécifique des renouées sur le bassin versant suite aux inondations. Cet entretien nous permettra en sus de confirmer nos observations grâce aux connaissances de terrain globales du CR Vesdre.

iii. Résultats

1. Cartographie des plantes invasives

D'après la base de données de l'observatoire de la biodiversité, on observe les répartitions et les évolutions par espèce suivantes :

- la renouée du Japon (Figure 6. i.1) : celle-ci est très présente le long de la Vesdre en aval du lac d'Eupen et sur le Wayai en aval de Spa sur la période d'inventaire de 2000 – 2011. Par la suite, on observe une tendance à la « disparition » avec des inventaires plus parcimonieux le long des mêmes tronçons, ainsi qu'une régression sur l'aval (aval de Theux sur la Hoëgne et aval de Limbourg sur le Vesdre).
- la berce du Caucase (Figure 6. i.2) : celle-ci est présente principalement le long de la Vesdre en aval d'Eupen et ne présente pas d'évolution notable. On note également sa présence en quelques points sur les versants, notamment au niveau de Herve sous l'autoroute, sur la rive gauche aval vers Andrimont, ainsi que plus récemment sur quelques points dispersés sur la Hoëgne.
- La balsamine de l'Himalaya (Figure 6. i.3) : elle est présente le long de la Vesdre et sur la Hoëgne en aval de Theux jusqu'en 2011. On observe ensuite son développement plus en amont sur la Hoëgne, le Wayai, ainsi que sur quelques rivières de 2ème ou 3ème catégories (de part et d'autre de Jalhay notamment).

A partir de cet inventaire, plusieurs **points sources de dissémination**, c'est-à-dire une localisation amont avant inondation, sont identifiés :

- sur la Wayai à Sart-lez-Spa ;
- sur la Hoëgne à Polleur : croisement E42 / Hoëgne ;
- sur la Magne en tête de bassin versant : croisement E40 / Magne ;
- sur le ruisseau de Mosbeux à Stinval-Louveigné, le long de la N62.

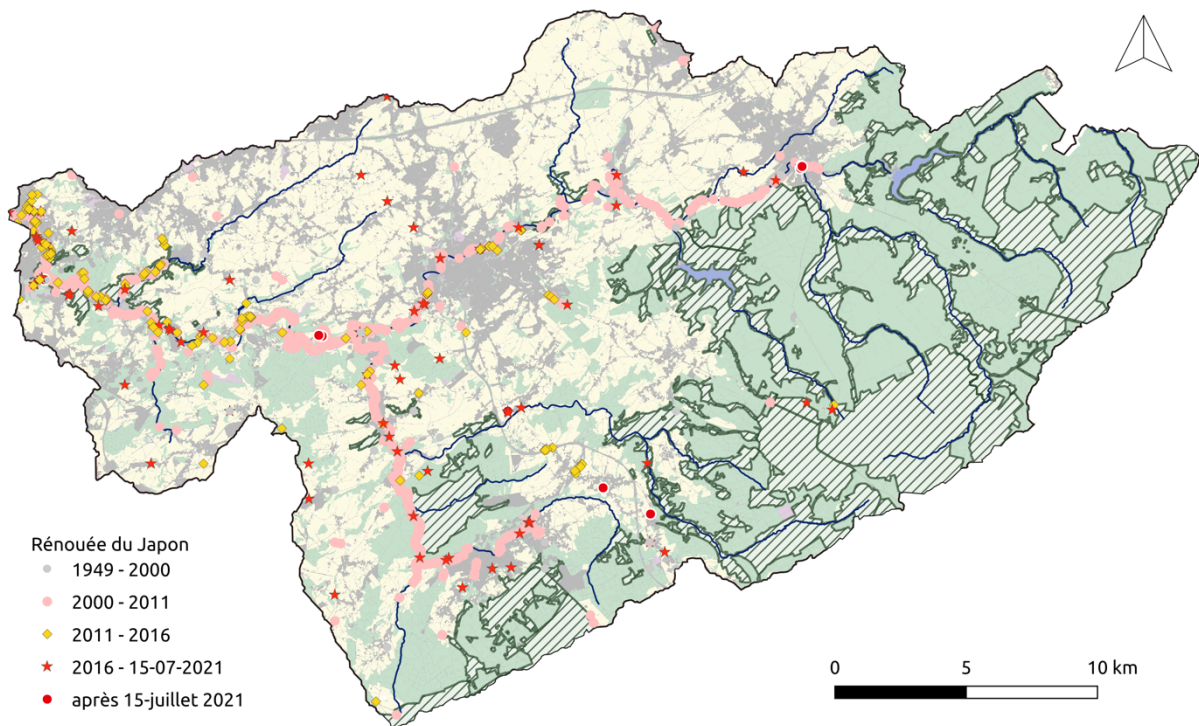


Figure 6. i.1 – Cartographie des inventaires de la **renouée du Japon** par date d’observation. Légende du fond de carte en Figure 6. i.5. En vert hachuré sont représentés les sites Natura 2000.

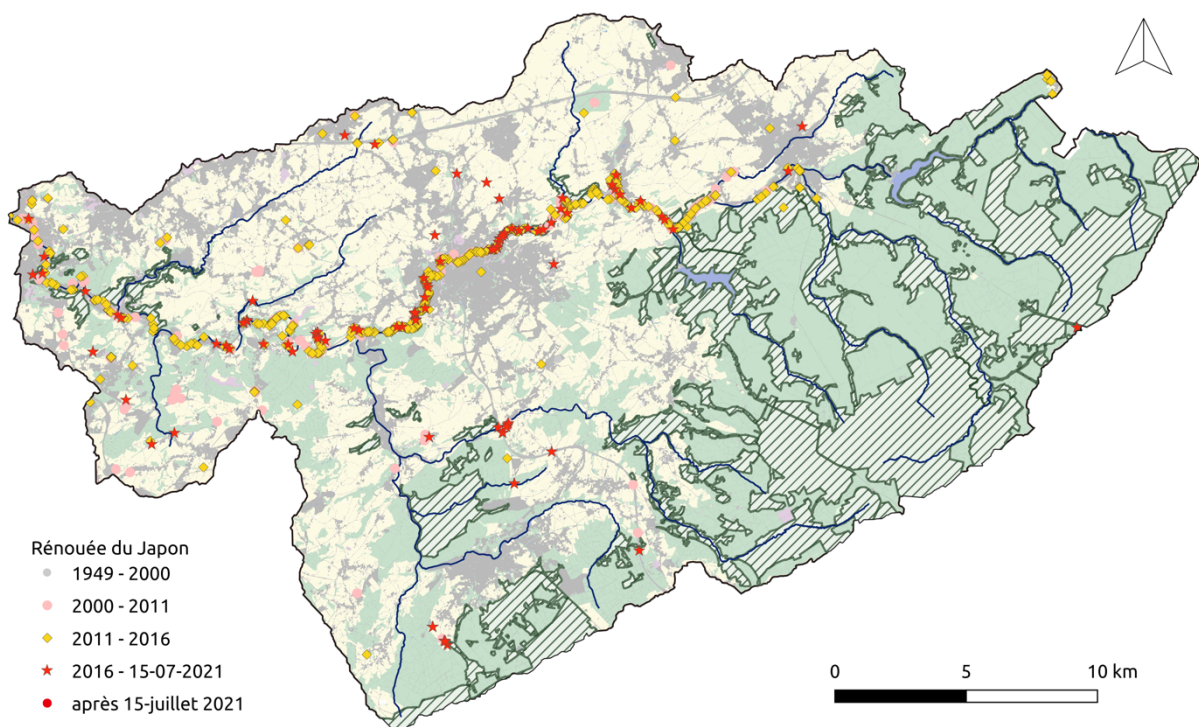


Figure 6. i.2 – Cartographie des inventaires de la **berce du Caucase** par date d’observation.

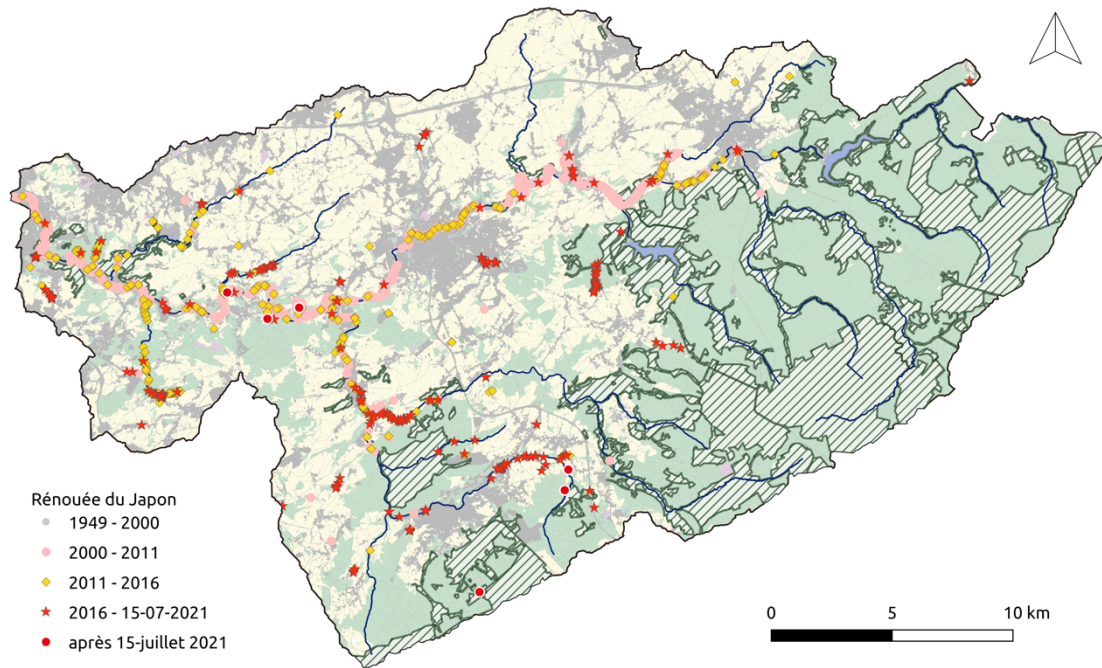


Figure 6. i.3 – Cartographie des inventaires de la **balsamine de l’Himalaya** par date d’observation.

2. Cartographie des parcelles agricoles inondées et/ou avec dépôt de sédiments

D’après le « Survey » agricole de l’ARNE, les tronçons de rivière impactés par des dépôts de sédiments sur les parcelles agricoles sont d’aval vers amont (Figure 6. i.4) :

- sur la Vesdre :
 - au niveau du Moulin de Curtius à Vaux sous Chèvremont ;
 - à Fraipont ;
 - sur le tronçon Nessonvaux – Pepinster (dépôt) ;
 - sur le tronçon de la grotte de Bellevaux au Viaduc de Dolhain (dépôt important) ;
 - sur le tronçon de Limbourg amont à la limite amont de la commune de Baelen ; dépôt important en aval de la confluence avec le Menebach ;
- sur le Menebach (affluent Nord avec confluence à Baelen) : confluence de la Vesdre, ainsi que sa partie extrême amont à Nispert ;
- sur la Hoëgne :
 - sur le tronçon allant de Theux (avant la confluence avec Wayai) à Solwaster ; dépôt important ;
- sur le Wayai : du lac de Warfaaz à Sart lez Spa
- sur le ruisseau de Turon (affluent du Wayai) : affluent de la Hoëgne du côté de Hestroumont, 9 parcelles sont concernées ;
- sur le ruisseau de Chawion (affluent du Wayai), vers l’amont ;
- sur les ruisseaux du Grand-Pré et de la Grosse haie prenant leur source de Jalhay, respectivement 2 et 3 parcelles sont concernées ;
- sur le ruisseau de Poncherelle à Villers (affluent nord avec confluence en aval de Limbourg), 2 parcelles sont concernées par des dépôts.

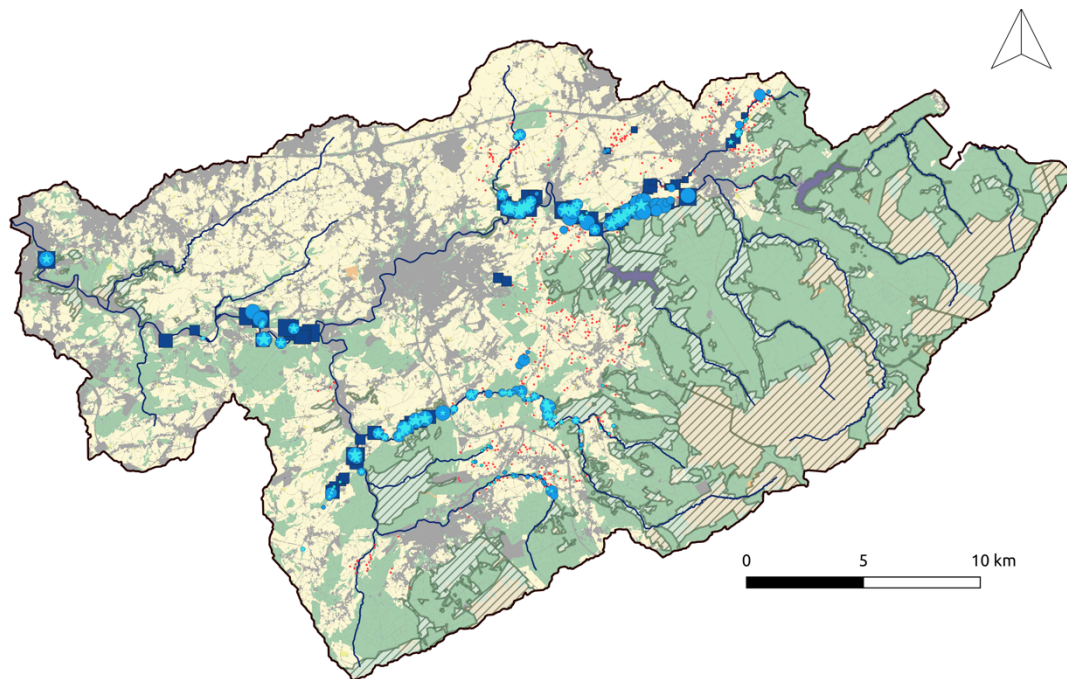


Figure 6. i.4 – Localisation des parcelles référencées dans le « Survey agricole » de l'ARNE comme étant au moins partiellement inondées et/ou présentant des dépôts de sédiments. Légende à la Figure 6. i.5.

Surface inondée (ha)	Hauteur d'eau	Surface encombrée (ha)	Parcelles sans dégât	Renouée du Japon
• 0,01 - 0,1 ha	■ 5 - 20 cm	• 0,01 - 0,1 ha	■ Zones urbaines	● Berce du Caucase
• 0,1 - 0,5 ha	■ 20 - 50 cm	• 0,1 - 0,5 ha	■ Cultures agricoles	★ Balsamine de l'Himalaya
• 0,5 - 1,0 ha	■ 50 - 100 cm	• 0,5 - 1,0 ha	■ Espace forestier	▲ Rénouée du Japon (terrain)
• 1,0 - 2,0 ha	■ 100 - 200 cm	• 1,0 - 2,0 ha	■ Eau de surface	● Observation CR
• 2,0 - 8,0	■ 200 - 500 cm	• 2,0 - 8,0 ha		

Figure 6. i.5 – Légende des Figures 6.i.1 à 6.i.7.

3. Croisement de la cartographie des plantes invasives et des parcelles agricoles inondées

En croisant les deux inventaires (Figure 6. i.6), on en déduit des zones potentielles de disséminations nouvelles en lien avec la présence de points sources amonts et l'inondation avérée de parcelles agricoles en aval :

- Sur la Wayai en amont du lac de Warfaaz ;
- Sur le ruisseau de Turon en aval de « la ferme de la Carrière » ;
- Sur le Hoëgne entre Theux et Polleur ;
- Au niveau de la confluence du Menebach et de la Vesdre à Menbach, ainsi qu'en aval de Dohlain.

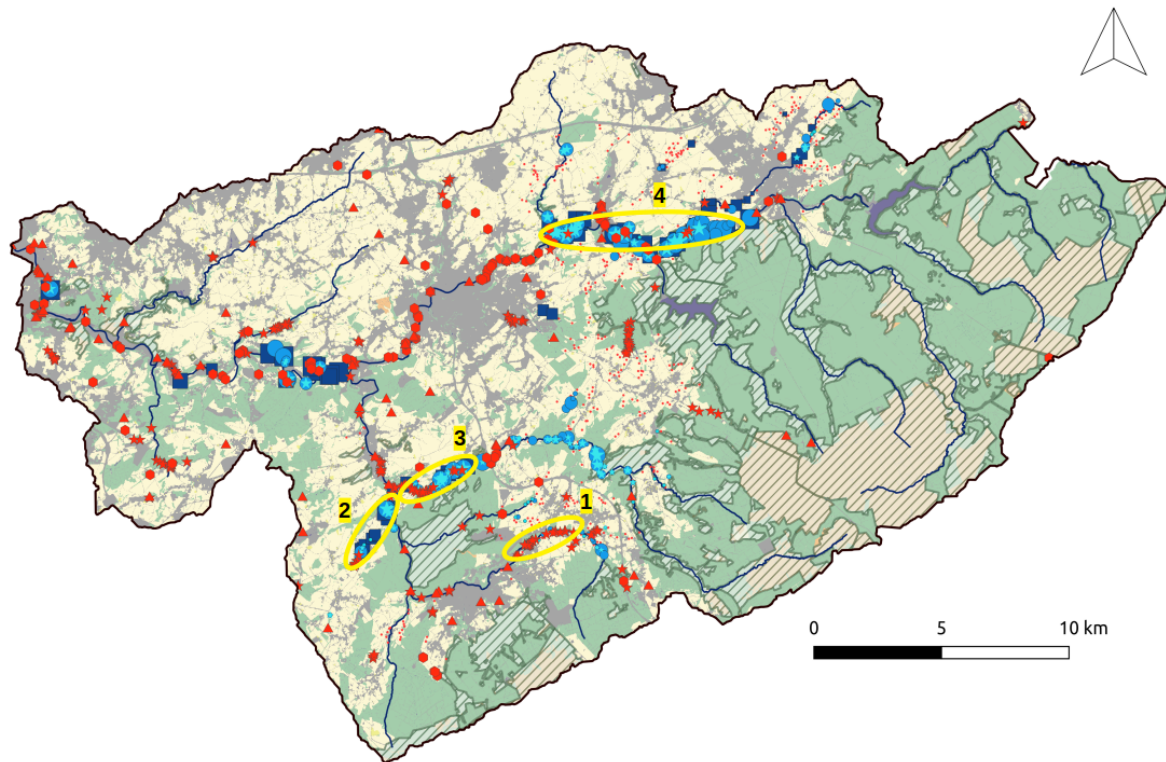


Figure 6. i.6 – Espèces invasives présentes avant inondation (inventoriées entre 2016 et 2021) et parcelles agricoles inondées. Les zones surlignées correspondent à de nouvelles zones potentielles de disséminations des invasives identifiées.

4. Visite de terrain

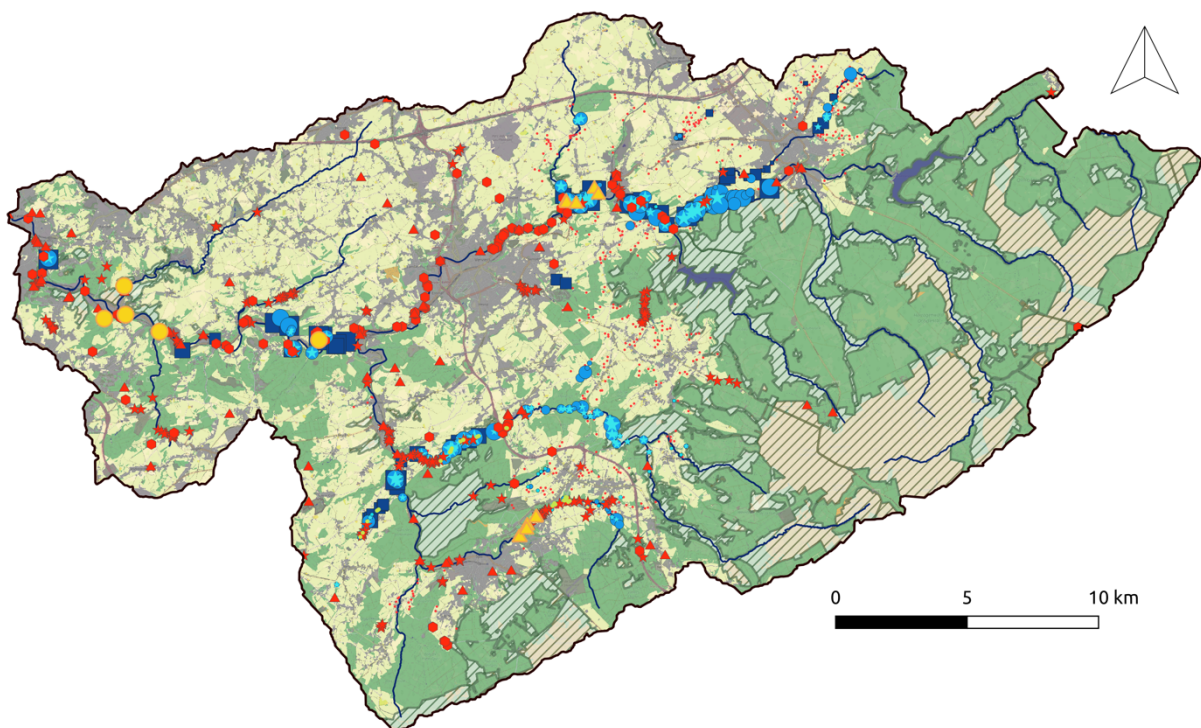


Figure 6. i.7 – Boutures de renouées détectées lors des visites de terrain du 28 juin et du 7 juillet 2002 (voir parcours, à la Figure 6. i.6), ainsi que quelques localisations aval confirmées par le CR Vesdre.

La Figure 6. i.7 montre les résultats des visites de terrains (triangle orange) superposés sur les inventaires de plantes invasives. Sont également représentés des inventaires post-inondations relatés dans la presse et confirmés par le CR Vesdre (rond orange). Des tronçons hydrographiques parcourus, on a observé finalement peu de nouvelle bouture de renouée du Japon. Sur les petits tronçons amont (1 et 2), aucune nouvelle bouture n'a été observé dans les parcelles renseignées comme inondées, hormis au niveau du lac de Warfaaz. En ce point, on observe des boutures au niveau du barrage de sortie de celui ci, ainsi que qu'au niveau de lacs plus petits, situés en aval. L'absence de bouture sur les tronçons amont peut s'expliquer par le fait que l'eau n'a pas été stagnante sur ses bords de rives. Des dépôts de sédiments ont pu se faire, ceux-ci étant lourds, mais les graines étant plus légères, elles ont pu être transportées plus loin sur une topographie de ralentissement plus franche. La détection au niveau des lacs va dans le sens de cette hypothèse.

Les observations les plus conséquentes concernent la plaine alluviale de la Vesdre. Des boutures on été inventoriées de manière assez éparse sur le tronçon 4 (aval de Dolhain), avec une répartition qui semble assez uniforme le long du cours d'eau mais pas dense (moins de 10 boutures sur 100 m de cours d'eau). Quelques balsamines on également pu être identifiées, mais pas de berce du Caucase. A noter, que les travaux de réaménagement de la rivière empêche d'avoir un inventaire exhaustif, du fait qu'en beaucoup d'endroits le sol a été remanié récemment et recouvre potentiellement de nouvelles boutures.

Sur l'aval de la Vesdre, quelques localisations de boutures ont été identifiées comme à Trooz ou dans le méandre quasi-complet à l'ouest de Pepinster. La dissémination est présente en bord de Vesdre mais également en zones résidentielles dans les parcs et jardins inondés.

iv. Conclusion

Dans cette section est dressé un inventaire de la dissémination des plantes invasives en partant de l'historique de leur présence et d'un inventaire de terrain sur quelques tronçons cibles, permettant une observation amont-aval. De cet inventaire non exhaustif, on note la tendance à de nouvelles **disséminations** de renouée du Japon, ainsi que de quelques balsamines de l'Himalaya **essentiellement dans la plaine alluviale** de la Vesdre. Les visites de terrain sur l'amont y compris sur la Hoëgne et le Wayai ont montré une dissémination seulement ponctuelle en aval du lac de Warfaaz.

Les zones concernées par l'implémentation de nouvelles boutures concernent aussi bien les **berges des rivières, des prairies en zones alluviales** que des **zones résidentielles et urbaines**. La gestion de leur suppression devra donc cibler la diversité des publics concernées.

Des deux visites de terrain, aucune berce du Caucase n'a été observée, ce qui tend à conclure sur le faible impact des inondations et la maîtrise de cette invasive dans le bassin versant de la Vesdre. Néanmoins, ces résultats sont à considérer comme une tendance et non une conclusion exhaustive, l'inventaire s'étant limité à quelques tronçons du bassin versant.

7. Analyse des besoins en reconstruction

a. Production de logements

Auteur : Bruno Bianchet, Lepur, ULiège.

i. Introduction

L'analyse des besoins en logement s'appuie sur quatre sources de données : 1) les données population (habitants et ménages) collectées par Statbel, et en particulier les données pour 2021 sur base du registre de la population ; 2) les perspectives IWEPS relatives au nombre de ménages à l'horizon 2035 ; 3) les données relatives aux dégâts et besoins en relogement collectées en direct auprès des communes (travail d'enquête en cours auprès des 25 communes) et 4) les scénarios prospectifs du schéma stratégique en matière de redéploiement territorial du bassin versant de la Vesdre.

Il convient de souligner que les données Statbel et IWEPS sont fournies à l'échelle communale. Les mouvements résidentiels intra-communaux ne sont dès lors pas pris en compte dans ces sources primaires. Par ailleurs, les perspectives IWEPS s'entendent « toutes choses égales par ailleurs », ce qui n'est pas une hypothèse acceptable pour le bassin de la Vesdre, ne fut-ce qu'au regard de l'impact potentiel des inondations de juillet 2021 sur les préférences résidentielles des habitants.

En tout état de cause, cette analyse des besoins doit être considérée comme un travail itératif, basé sur un aller-retour régulier entre données statistiques, concertation avec les acteurs locaux et vision territoriale. Elle devra être régulièrement actualisée au cours des mois qui viennent.

ii. La démographie

Introduction

L'objectif de ce volet, en complément avec la contextualisation socio-démographique, est d'identifier les dynamiques récentes en matière d'évolution de la population à l'échelle communale, y compris les conséquences mesurables de l'inondation.

Méthodologie

Les données de population par commune au 1^{er} janvier 2022 ayant été publiées fin mai, nous avons pu en bénéficier pour effectuer une analyse des dynamiques récentes. Malheureusement les valeurs à l'échelle du secteur statistique ne seront disponibles qu'en novembre 2022. La dynamique récente a, ensuite, été confrontée aux perspectives démographiques pour 2035.

Résultats

Les données par commune sont présentées dans le Tableau 7. a. 1. Pour rappel, les trois catégories de communes ont été établies en fonction de l'intensité des dégâts causés par l'inondation. Nous constatons que toutes les communes de la première catégorie, situées dans la vallée, ont enregistré un déclin démographique durant l'année 2021, parfois de manière très significative comme à Trooz (- 492 personnes) et à Pepinster (- 330 personnes). Parmi les entités de la deuxième catégorie, seule Spa affiche un déclin démographique mais enregistre une légère perte de population depuis 2019. En termes de perspectives démographiques, au sein de la première catégorie, seules Chaudfontaine, Pepinster, Theux et Verviers sont annoncées déficitaires. Toutes affichent un solde « croissance observée – croissance annoncée » négatif.

Catégorie	Nom	Population 2022	Solde 2021 - 2022* « croissance observée »	Accroissement 2021 - 2035 BV* en nbre / an « croissance annoncée »	Solde « croissance observée - croissance annoncée »
C1	Chaufontaine	20 556	-129	-29	-100
C1	Liège	195 278	-22	8	-30
C1	Trooz	7 822	-490	2	-492
C1	Eupen	19 874	-26	80	-106
C1	Limbourg	5 695	-172	17	-189
C1	Pepinster	9 285	-330	-14	-316
C1	Theux	11 957	-54	-48	-6
C1	Verviers	55 102	-57	-54	-3
C2	Soumagne	17 287	53	21	32
C2	Sprimont	15 043	29	25	4
C2	Baelen	4 461	25	25	0
C2	Jalhay	8 700	21	16	5
C2	Olne	4 068	17	40	-23
C2	Spa	10 002	-120	-62	-58
C2	Stavelot	7 202	0	0	0
C3	Beyne-Heusay	11 948	-1	-2	2
C3	Fléron	16 235	10	-9	19
C3	Dison	15 207	76	37	39
C3	Herve	17 674	153	23	130
C3	Lontzen	5 947	2	0	1
C3	Malmedy	12 857	0	0	0
C3	Raeren	10 997	4	0	3
C3	Waimes	7 414	0	0	0
C3	Welkenraedt	10 428	212	1	211
C3	Thimister-Clermont	5 608	-5	-1	-4

Tableau 7. a.1 – Dynamiques et perspectives démographiques en habitants (Statbel et IWEPS, 2022).

*Extrapolation en fonction du poids démographique de chaque commune dans le périmètre d'étude.

Comme l'illustre le graphique ci-après (Figure 7. a.1), les trois catégories de communes présentent des dynamiques démographiques nettement différenciées. Celles de la catégorie 1 témoignent globalement d'une stagnation depuis 2011 avec, effectivement, un net déclin en 2021. A contrario, les entités de la catégorie 2, localisées sur les versants, affichent une croissance assez nettement supérieure aux références régionale et provinciale, car elles continuent de bénéficier de la périurbanisation. Les communes de la catégorie 3 présentent un profil conforme à celui des territoires de référence. Globalement, on observe donc un renforcement de la division verticale, c'est-à-dire un accroissement du différentiel d'évolution démographique entre les communes de vallées (catégorie 1) et de plateaux (catégories 2 et 3).

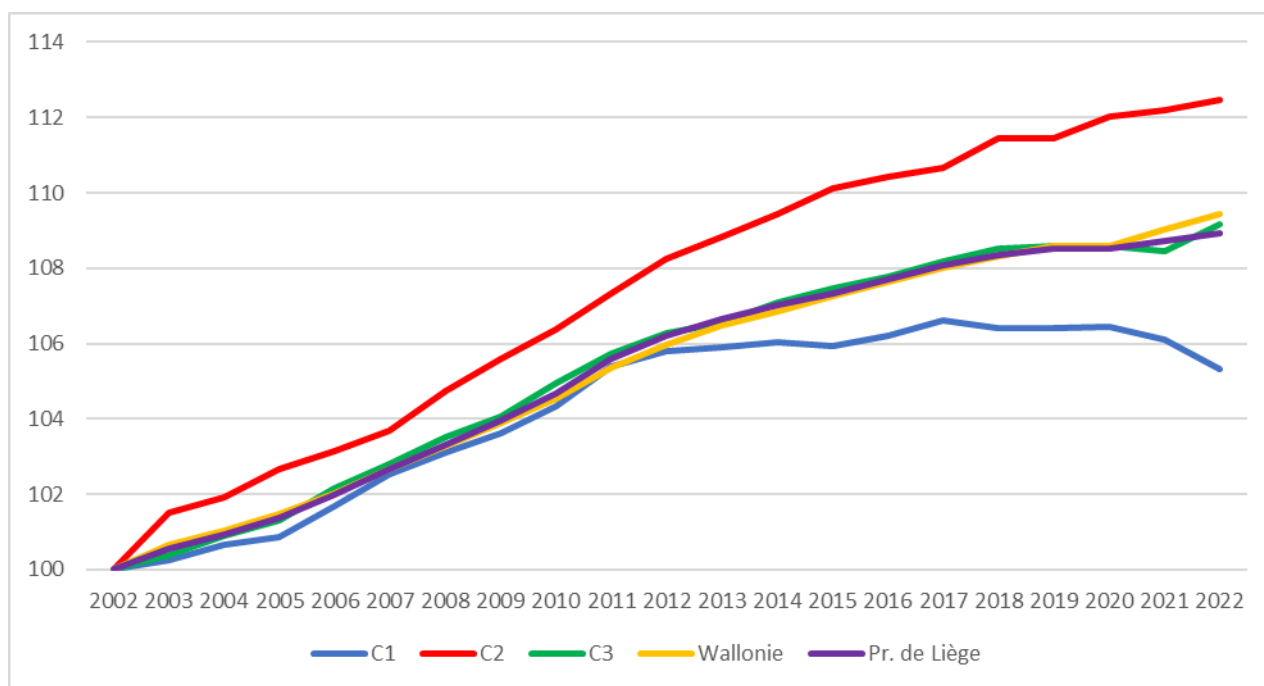


Figure 7. a.1 – Evolution relative de la population par catégorie de communes (Statbel 2022).

In fine, l'ensemble du périmètre a, en 2021, enregistré une perte de population de 804 unités pour 1 280 personnes pour la seule première catégorie (Tableau 7. a.2). Cela correspond à un déficit de croissance de 882 personnes pour l'ensemble du périmètre et de 1 243 pour la seule première catégorie. La croissance observée pour la catégorie 3 témoigne de la périurbanisation et de l'urbanisation des communes rurales.

Catégorie	Solde 2021 - 2022* « croissance observée »	Accroissement 2021 - 2035 BV* en nbre / an « croissance annoncée »	Solde « croissance observée - croissance annoncée »
C1	-1 280	-38	-1 243
C2	25	65	-40
C3	451	50	401
Total	-804	78	-882

Tableau 7. a.2 – Dynamiques et perspectives démographiques par catégorie de commune (Statbel et IWEPS, 2022).

*Extrapolation en fonction du poids démographique de chaque commune dans le périmètre d'étude.

Nous avons appliqué le même raisonnement mais en termes de ménages (Tableau 7. a.3) et rappelons qu'à une stagnation de population peut être associée une croissance des ménages par le double effet de la diminution de la taille moyenne des ménages et l'allongement de l'espérance de vie.

Catégorie	Nom	Nbre ménages 2022	Solde 2021 - 2022* « croissance observée »	Accroissement 2021 - 2035 BV* en nbre / an « croissance annoncée »	Solde « croissance observée - croissance annoncée »
C1	Chaufontaine	9 153	-56	21	-77
C1	Liège	99 344	-8	3	-11
C1	Trooz	3 467	-195	15	-210
C1	Eupen	9 264	-4	37	-41
C1	Limbourg	2 382	-71	9	-80
C1	Pepinster	4 000	-135	13	-148
C1	Theux	5 149	-10	15	-25
C1	Verviers	24 591	-119	-67	-52
C2	Soumagne	7 323	45	31	14
C2	Sprimont	6 416	26	16	11
C2	Baelen	1 943	38	16	22
C2	Jalhay	3 690	30	19	11
C2	Olne	1 739	18	16	2
C2	Spa	4 965	-23	-5	-18
C2	Stavelot	3 236	0	0	0
C3	Beyne-Heusay	5 197	-1	1	-2
C3	Fléron	7 363	16	18	-1
C3	Dison	6 152	34	0	34
C3	Herve	7 541	73	34	40
C3	Lontzen	2 497	1	0	1
C3	Malmedy	5 932	0	0	0
C3	Raeren	4 757	1	1	0
C3	Waimes	3 222	0	0	0
C3	Welkenraedt	4 497	85	22	64
C3	Thimister-Clermont	2 270	3	2	1

Tableau 7. a.3 – Dynamiques et perspectives démographiques en ménages (Statbel et IWEPS, 2022).

*Extrapolation en fonction du poids démographique de chaque commune dans le périmètre d'étude.

A nouveau, l'ensemble des communes de la première catégorie ont enregistré une perte du nombre de ménages avec un total de moins 997 pour un solde négatif de 248 ménages pour l'ensemble du périmètre (Tableau 7. a.4). Dès lors, nous obtenons un déficit de 644 ménages pour les entités de la première catégorie et de 466 ménages pour l'ensemble du périmètre.

Catégorie	Solde 2021 - 2022* « croissance observée »	Accroissement 2021 - 2035 BV* en nbre /an « croissance annoncée »	Solde « croissance observée - croissance annoncée »
C1	-997	46	-644
C2	282	93	41
C3	467	77	136
Total	-248	216	-466

Tableau 7. a.4 – Dynamiques et perspectives démographiques en ménages par catégorie de commune (Statbel et IWEPS, 2022).

*Extrapolation en fonction du poids démographique de chaque commune dans le périmètre d'étude.

iii. Les dégâts relevés et besoins en relogement

Introduction

L'objectif de ce volet est de préciser le nombre de logements détruits ou susceptibles de l'être ainsi que l'importance du relogement.

Méthodologie

Les données résultent d'une enquête menée directement auprès des communes. A nouveau, nous utiliserons la répartition des communes en trois catégories de dégâts définie par le SPW.

Résultats

Au total, nous obtenons 46 logements détruits essentiellement localisés au sein des communes de première catégorie, et 389 susceptibles de l'être, soit un total de 435 unités (Tableau 7. a.5). Dans son Survey de l'été dernier, le SPW a identifié 265 logements détruits ou susceptibles de l'être. De plus, 9 953 logements ont été partiellement détruits. Et rappelons que ce sont 16 217 dossiers d'intervention d'une assurance qui ont été introduits (source : Assuralia).

Catégorie	Logements privés détruits	Logements privés partiellement détruits	Arrêtés d'inhabilité	Nombre total de logements privés (Statbel, 2020) * *
C1 *	41	9 897	337	141 585
C2	3	6	2	25 141
C3	2	50	50	43 461
Total	46	9 953	389	210 187

Tableau 7. a.5 – Logements privés détruits ou susceptibles de l'être (Survey ULiège).

*Manque Trooz ; ** A noter que ces chiffres sont pour l'entièreté des communes concernées et non pour l'emprise du bassin versant. Ces données doivent donc être manipulées avec prudence, le nombre de logements privés étant plus faible à l'échelle du BV.

Au niveau du logement public, nous avons intégrés les réponses de communes et des sociétés de logement, celles-ci n'étant pas en mesure de ventiler leurs données par commune. In fine, nous totalisons 4 790 ménages en attente d'un logement et 1 183 logements publics sinistrés (Tableau 7. a.6).

Catégorie	Ménages en attentes	Logements publics sinistrés	Nombre total de logements publics des AIS (IWEPS 2019) et SLSP (IWEPS 2021) * *
C1 *	900	350	9 659
C2	15	0	971
C3	0	0	3 644
Total	915	350	14 274
Foyer Fléronnais	2 375	576	
Logivesdre	1 500	257	
Total général	4 790	1 183	

Tableau 7. a.6 – Logements publics : ménages en attentes & logements sinistrés (Survey ULiège)

*Manque Trooz ; ** A noter que ces chiffres sont pour l'entièreté des communes concernées et non pour l'emprise du bassin versant. Ces données doivent donc être manipulées avec prudence, le nombre de logements publics étant plus faible à l'échelle du BV.

39 demandes de relogements sont en cours dont la majorité concerne la première catégorie de commune, les 3 demandes en troisième catégorie sont à Dison (Tableau 7. a.7). 82% des relogements ont été effectués au sein des communes. Ce sont Verviers et Dison qui enregistrent le plus grand nombre de relogements en-dehors de leur territoire.

Catégorie	Demandes de relogement en cours	Relogements au sein de la commune	Relogements en-dehors de la commune
C1 *	36	341	55
C2	0	0	0
C3	3	27	25
Total	39	368	80

Tableau 7. a.7 – Demandes de relogements (Survey ULiège)

*Manque Trooz

iv. Conclusion

En conclusion, nous constatons que les 8 communes de première catégorie ont toutes enregistré un déclin démographique en 2021, en rupture avec la dynamique des années précédentes. Celui-ci se solde par un déficit de 466 ménages pour l'ensemble du Bassin mais de 644 pour les seules communes de première catégorie dont, respectivement, 33% et 23% pour les communes de Trooz et Pepinster. Cette dynamique nous paraît se confirmer au niveau d'observations de terrain car nous avons constaté, dans la vallée, entre Limbourg et Chênée, un nombre de maisons à vendre qui nous paraît anormalement élevé. Précisons que les chiffres sont probablement sous-estimés pour les communes de Liège et Chaudfontaine puisque nous nous sommes basés sur une extrapolation au départ des données communales. Or, pour celles-ci, le territoire inondé ne représente qu'une partie de la commune, singulièrement pour Liège.

Toutefois, on ne peut assimiler cette déprise démographique à un « besoin » sensu stricto mais plutôt le considérer comme révélateur d'une perte d'attractivité résidentielle qu'il s'agirait de combler.

En parallèle, nous obtenons un total de 435 logements inhabitables, 378 pour la première catégorie de communes, dont 10 % déjà détruits. Ces valeurs sont, dès lors, inférieures à la perte de ménages. Toutefois, il nous paraît s'agir de deux mouvements nettement différents et tout lien de causalité entre les deux serait excessif. L'urgence en termes de logement concerne en priorité les logements publics qui représentent une part importante des logements sinistrés (environ 1 100 logements publics impactés contre 10 000 logements privés). Cette urgence est d'autant plus grande que le manque de logements publics est un problème antérieur à l'inondation juillet 2021 qui l'a simplement accentué.

b. Aménagement des espaces publics

Auteurs : Martina Barcelloni Corte, URA, ULiège et Andy Eme, LEMA, ULiège.

i. Introduction

Expertise thématique mobilisée

Cette section constitue un analyse préliminaire des espaces publics inondés et endommagés suite à l'inondation de juillet 2021.

Spécificités

Cette étude repose à la fois sur une comparaison des surfaces publiques inondées à l'échelle des différentes communes du bassin versant et sur une exploration d'un cas d'étude parmi les communes les plus touchées.

Objectifs

Cette section vise l'identification des caractéristiques principales des espaces publics inondés et endommagés afin de mieux comprendre leur relation au risque d'inondation en vue de la phase de reconstruction.

ii. Méthodologie

Étapes de l'analyse

L'analyse a été réalisée en 3 étapes : (1) analyse quantitative des surfaces de propriété publique inondées par commune (comparaison), (2) analyse qualitative d'un cas parmi les plus touchés, (3) formulation des premières conclusions.

1 - Analyse quantitative des surfaces de propriété publique inondées par commune

L'étendue des surfaces de propriété publique (couches « réseaux de transports, logistique et réseaux d'utilité publique » et « autres » de la cartographie de l'utilisation du sol WALUTS) a été croisée avec la zone inondée (juillet 2021) et comparée pour chaque commune du bassin versant.

2 - Analyse qualitative d'un cas parmi les plus touchés

Le cas de Pepinster a été analysé en trois phases :

34. identification des espaces publics sinistrés ;
35. classement des espaces publics identifiés ;
36. premières observations.

Premièrement, pour identifier les espaces publics sinistrés, nous avons utilisé l'enquête auprès des 25 communes du bassin versant réalisée par le LEMA et croisée par la suite avec le diagnostic réalisé par le bureau MSA dans le cadre des Programmes de développement durable des quartiers PDDQ (qui répertorie des espaces publics endommagés sur base d'une consultation des quelques communes concernées). Cette enquête auprès des 25 communes a été réalisée afin de compléter les informations recueillies via le Survey Géomatique. Lorsque les données relatives aux infrastructures publiques (en particulier les ponts, rues/routes et voies ferrées) étaient disponibles, c'est-à-dire pour les communes de catégories 1 et 2, un support cartographique était fourni aux représentants communaux. Ceux-ci ont vérifié l'exactitude des cartes proposées, indiqué les infrastructures les plus impactées et ajouté des espaces publics et parcs endommagés. Pour les communes de catégorie 3, une nouvelle carte a été produite avec l'aide des communes. La plupart du temps, les différentes sources de données concordent, mais quelques espaces publics ont pu être ajoutés sur base des échanges entre les communes et les différents prestataires (Schéma Stratégique et PDDQ), dans une logique de coordination entre les études.

Deuxièmement, pour analyser les espaces publics sinistrés nous avons produit deux classements :

- Le premier classement a été réalisé en fonction de la relation des espaces publics sinistrés avec le **risque d'inondation**, et en particulier leur localisation par rapport aux aléas d'inondation, en quatre classes : (1) espaces publics situés dans une zone d'aléa forte, (2) dans une zone d'aléa moyen ou entre fort et moyen, (3) dans une zone d'aléa faible ou entre moyen et faible, et (4) dans une zone d'aléa très faible ou entre faible et très faible.
- Le deuxième classement a été réalisé en fonction de **l'évolution historique** des espaces publics sinistrés, sur quatre périodes : (1) espaces publics situés dans une zone urbanisée avant 1777 ; (2) dans une zone urbanisée entre 1850 et 1880 ; (3) dans une zone urbanisée entre 1880 et 1964 ; (4) dans une zone urbanisée entre 1964 et 2020.

Pour produire les classements, nous avons utilisé la carte de l'aléa d'inondation (en vigueur) produite par le Service public de Wallonie (SPW) et disponible sur WalOnMap et l'analyse historique précédemment élaborée dans ce rapport pour la Commune de Pepinster (voir section 3.d.). En ce qui concerne le classement en relation au risque d'inondation, la carte de l'aléa d'inondation a été privilégiée étant donné son statut de référence par rapport à la carte des risques d'inondation et la carte des zones inondables. Un croisement avec ces deux autres cartes est prévu dans la prochaine phase de travail.

Limites de la méthode et précisions

Cette analyse doit être considérée comme une première étape qui mérite d'être complétée par des analyses quantitative et qualitative plus approfondies à réaliser dans la prochaine phase de travail, notamment en fonction de nouvelles données recueillies à travers l'enquête toujours en cours auprès des 25 communes. Concernant l'analyse du cas de Pepinster, toutes les surfaces « accessibles au public » ont été incluses dans la catégorie « espaces publics », au-delà de leur propriété foncière. Toutes les surfaces pour lesquelles la commune a indiqué une « nécessité de travaux » (sans préciser leur nature) ont été considérées comme « endommagées ». Les données SPW concernant les espaces publics sinistrés (par exemple les tronçons de route nationale endommagés) sont à intégrer dans l'étude.

iii. Résultats

Étape 1 : Analyse quantitative, comparaison des surfaces de propriété publique inondées par commune

La comparaison (par commune) des surfaces de propriété publique au sein de la zone inondée (Tableau 7. b.1) met en évidence les communes potentiellement plus exposées, c'est-à-dire disposant d'une plus grande surface publique dans la zone inondée. Certains cas sont surprenants par rapport à leur surface totale importante (par exemple, Trooz), largement supérieure à celle d'autres communes et même supérieure à celle de communes plus étendues mais moins « exposées » (par exemple, Verviers, Baelen, Eupen).

Cette comparaison met non seulement en évidence les municipalités les plus exposées au risque d'inondation, mais aussi l'impact de la relation entre la morphologie de chaque commune (« centralités ») et celle du lit majeur dans lequel elles se sont installées au fil du temps. Certaines communes avec des surfaces plus réduites, par exemple, présentent un risque plus élevé par rapport à des communes de plus grande taille (Trooz/Verviers ; Limbourg/Eupen) en raison de leur distribution spécifique d'espaces publics au sein du lit majeur.

Commune	Surface totale commune (ha)	Surface "Autre" (hors lacs)		Surface "Trans/Log" (hors réseau transp. fluvial)		Total (ha)
		(m ²)	(ha)	(m ²)	(ha)	
Trooz	2426,421691	600639,0	60,1	123444,1	12,3	72,4
Verviers	3300,141024	500579,3	50,1	191246,2	19,1	69,2
Baelen	8555,539174	447925,2	44,8	122408,6	12,2	57,0
Limbourg	2464,756673	398429,7	39,8	109502,5	11,0	50,8
Pepinster	2488,655017	411043,8	41,1	92261,8	9,2	50,3
Eupen	9599,386591	389288,0	38,9	65459,7	6,5	45,5
Chaufontaine	2543,357097	346999,3	34,7	70872,7	7,1	41,8
Spa	3983,117772	353548,5	35,4	54991,1	5,5	40,9
Theux	8348,300029	309427,8	30,9	21344,4	2,1	33,1
Jalhay	10694,30329	182028,2	18,2	41268,9	4,1	22,3
Olne	1602,56363	152188,7	15,2	46842,6	4,7	19,9
Dison	1397,718567	153530,9	15,4	44153,0	4,4	19,8
Liège	6865,497829	141062,6	14,1	1721,4	0,2	14,3
Welkenraedt	2481,649054	12154,9	1,2	87040,3	8,7	9,9
Sprimont	7453,600142	45961,4	4,6	6270,3	0,6	5,2
Stavelot	8512,278876	8699,6	0,9	27271,1	2,7	3,6
Raeren	7280,644684	34436,5	3,4	825,8	0,1	3,5
Fléron	1368,207856	7973,9	0,8	17923,3	1,8	2,6
Thimister-Clermont	2864,624792	18295,3	1,8	4082,0	0,4	2,2
Herve	5686,117268	12135,1	1,2	3445,1	0,3	1,6
Soumagne	2719,504904	12361,1	1,2	2094,3	0,2	1,4
Waimès	9754,022472	3648,7	0,4	0,0	0,0	0,4
Lontzen	2871,398375	332,7	0,0	1699,9	0,2	0,2
Malmedy	10039,15447	432,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Beyne-Heusay	728,5405358	12,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Aywaille	7994,28214	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Stoumont	10856,14272	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total		4543134,8	454,3	1136169,3	113,6	567,9

Tableau 7. b.1 – Surfaces publiques (WALUTS, « réseaux de transport, logistique et réseaux d'utilité publique » et « autres ») dans la zone inondée.

Étape 2 : Analyse qualitative d'un cas parmi les plus touchés

L'analyse du cas de Pepinster a été développée en trois étapes : (1) identification des espaces publics sinistrés ; (2) classement des espaces publics identifiés ; (3) premières observations.

L'identification des espaces publics endommagés suite à l'inondation a produit une première carte (Figure 7. b.1).

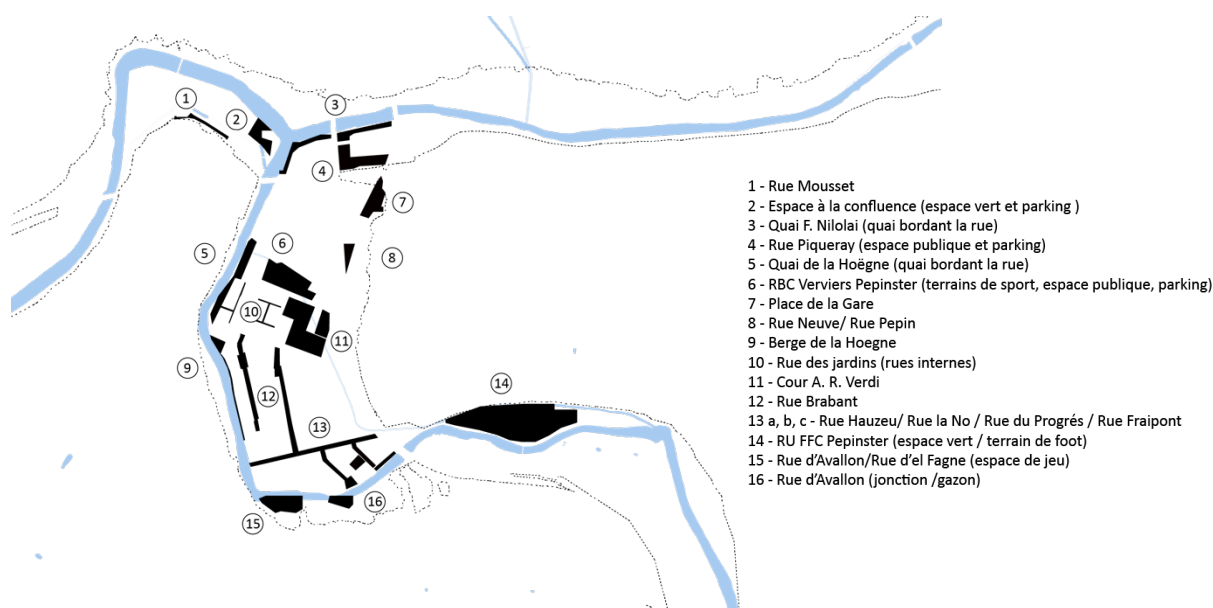


Figure 7. b.1 – Espaces publics endommagés à Pepinster.

Après avoir identifié et cartographié les espaces publics sinistrés, deux classements (relation avec le risque d'inondation et l'évolution historique) ont été réalisés.

Le premier classement (**relation avec le risque d'inondation** des espaces publics sinistrés) montre un décalage entre la carte d'aléa et les espaces publics endommagés (Figure 7. b.2) :

- aucun cas n'est répertorié dans la zone d'aléa élevé (classe 1) ;
- 3 cas sur 18 se trouvent dans la zone d'aléa moyen (ou entre élevé et moyen) (classe 2) ;
- 3 cas sur 18 se trouvent dans la zone d'aléa faible (ou entre moyen et faible) (classe 3) ;
- 12 cas sur 18 se trouvent dans la zone d'aléa très faible (ou entre faible et très faible) (classe 4).



Figure 7. b.2 – Premier classement : relation avec le risque d'inondation.

Une analyse plus détaillée nous montre que la majorité des espaces publics endommagés –même si inclus dans une zone d'aléa faible ou très faible– correspondent à des espaces situés soit le long de la rivière (espaces 2, 3, 5, 9, 15, 16, 13 c, 14) soit au niveau (à côté ou sur) d'un biais (espaces 1, 6, 11). Cela nous indique que –en vue du réaménagement des espaces publics (afin de faire face à leur éventuelle/future submersion répétée)– de multiples facteurs devront être pris en compte (en complément des indications offertes par la carte de l'aléa d'inondation) pour l'établissement des priorités dans les travaux, notamment leur proximité à la rivière et aux biais (exposés ou enterrés).

Le deuxième classement (**évolution historique** des espaces publics sinistrés) souligne la présence plus marquée d'espaces publics endommagés (en termes de surface) dans les zones urbanisées après 1880 () :

- 1 cas sur 18 se trouve dans une zone urbanisée avant 1777 (classe 1) ;
- 2 cas sur 18 se trouvent dans une zone urbanisée entre 1850 et 1880 (classe 2) ;
- 7 cas sur 18 se trouvent dans une zone urbanisée entre 1880 et 1964 (classe 3) ;
- 8 cas sur 18 se trouvent dans une zone urbanisée entre 1964 et 2020 (classe 4).

Cette analyse souligne la taille des espaces publics exposés, majoritairement situés dans les zones urbanisées après 1880. Il s'agit souvent de zones topographiquement plus basses (bien que légèrement) avec des espaces publics particulièrement généreux et moins structurés par rapport aux zones plus anciennes.

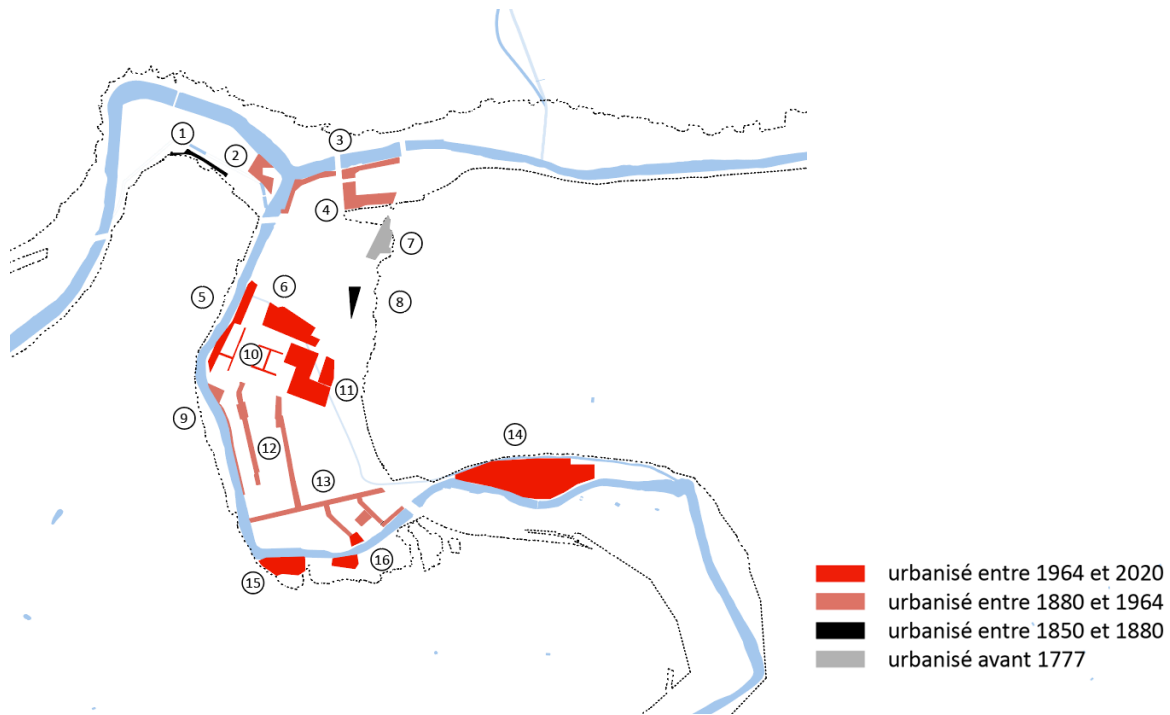


Figure 7. b.3 – Deuxième classement : évolution historique.

iv. Discussion et conclusion

Ce travail souligne l'importance –pour les phases de reconstruction– d'analyser les espaces publics des différentes communes (« centralités ») en fonction des caractéristiques morphologiques spécifiques du lit majeur dans lequel elles se sont installées au fil du temps (notamment microtopographie et évolution de l'emprise bâtie dans le temps). Ces dernières influencent considérablement l'effet des inondations sur le tissu bâti, à différentes échelles. À l'intérieur du lit majeur et dans le futur processus de conception d'espaces publics résilients (submersibles) le travail souligne l'importance de tenir compte non seulement de la carte d'aléa d'inondation (et de son éventuelle évolution future) mais aussi d'un certain nombre d'autres éléments, notamment la proximité d'affluents ou de biais (en dehors ou souterrains) qui, dans certains cas, ont produit des dommages inattendus. Le travail souligne aussi l'opportunité de repenser –dans leur globalité– les espaces ouverts des zones urbanisées au cours du 20^{ème} siècle, caractérisées par des espaces ouverts plus généreux par rapport aux zones plus anciennes et souvent moins structurés (tissus urbains à grain plus large, présence d'équipements sportifs, de zones de production, etc.). La possibilité de concevoir des espaces publics résilients et immersibles permettrait non seulement de rendre ces tissus plus résilients, mais aussi de sensibiliser les habitants aux dynamiques changeantes de l'eau.

c. Accueil d'activités économiques : les commerces

Auteurs : Bruno Bianchet et Andy Eme, Lepur, Université de Liège.

i. Introduction

En tout état de cause, cette analyse des besoins doit être considérée comme un travail itératif, basé sur un aller et retour régulier entre données statistiques, concertation avec les acteurs locaux et vision territoriale. Elle devra être régulièrement actualisée au cours des mois qui viennent.

ii. Méthodologie

L'examen des « besoins » en espaces dédiés à l'activité commerciale se base sur l'examen des dégâts aux bâtiments à vocation commerciale au départ d'un relevé de terrain spécifique. Toutefois, sachant qu'il ne s'agit pas d'une relation univoque et que certains commerçants se sont, d'ores et déjà, repositionnés, elle intègre également les dynamiques commerciales intrinsèques ainsi que les demandes et perspectives exprimées au niveau des communes et des autres acteurs de l'animation économique locale.

iii. Résultats

Commune	Polarité	En activité	En activité avec changement	Travaux	Vide	Vide avant inondation	Total vide (hors travaux)	Démoli	Indéterminé	Total général
Chaufontaine	Chaufontaine - Centre	7	5	0	1	0	1	0	0	13
Chaufontaine	Vaux-Sous-Ch.	14	0	1	13	2	15	2	0	32
Eupen	Eupen - Centre	111	9	4	7	5	12	0	3	139
Liège	Chênée	17	5	15	19	14	33	1	4	75
Limbourg	Dolhain	22	6	7	9	8	17	0	2	54
Pepinster	Pepinster - Centre	21	4	25	11	6	17	0	2	69
Spa	Spa - Avenue Reine Astrid	17	0	0	1	1	2	0	0	19
Spa	Spa - Centre	172	21	5	20	28	48	0	1	248
Theux	Theux - Centre	35	6	10	15	3	18	0	2	71
Trooz	Trooz - Centre	15	7	4	12	10	22	1	0	49
Verviers	Crescend'eau - Gerardchamps	53	10	3	13	8	21		0	87
Verviers	Hodimont	46	13		14	7	21	1		81
Verviers	Rue de Limbourg	12	5		5	3	8		1	26
Verviers	Verviers - Centre	129	48	17	56	129	185	4	3	386
Total	Total général	671	139	91	196	224	420	9	18	1349

Tableau 7. c.1 – Relevé de l'état de l'offre commerciale en nombre de points de vente (Lepur 2022).

Commune	Polarité	En activité	En activité avec changement	Travaux	Vide	Vide avant inondation	Total vide (hors travaux)	Démoli	Indéterminé	Total général
Chaufontaine	Chaufontaine - Centre	54	38	0	8	0	8	0	0	100
Chaufontaine	Vaux-Sous-Ch.	44	0	3	41	6	47	6	0	100
Eupen	Eupen - Centre	80	6	3	5	4	9	0	2	100
Liège	Chênée	23	7	20	25	19	44	1	5	100
Limbourg	Dolhain	41	11	13	17	15	31	0	4	100
Pepinster	Pepinster - Centre	30	6	36	16	9	25	0	3	100
Spa	Spa - Avenue Reine Astrid	89	0	0	5	5	11	0	0	100
Spa	Spa - Centre	69	8	2	8	11	19	0	0	100
Theux	Theux - Centre	49	8	14	21	4	25	0	3	100
Trooz	Trooz - Centre	31	14	8	24	20	45	2	0	100
Verviers	Crescend'eau - Gerardchamps	61	11	3	15	9	24	0	0	100
Verviers	Hodimont	57	16	0	17	9	26	1	0	100
Verviers	Rue de Limbourg	46	19	0	19	12	31	0	4	100
Verviers	Verviers - Centre	33	12	4	15	33	48	1	1	100
Total	Total général	50	10	7	15	17	31	1	1	100

Tableau 7. c.2 – Relevé de l'état de l'offre commerciale en % (Lepur 2022).

A l'échelle des polarités commerciales de la zone inondée, six d'entre elles présentent un taux de cellules vides supérieur à 30 % dont quatre un taux supérieur à 40 % : Verviers-centre (48 %), Vaux-Sous-Chèvremont (47 %), Trooz – centre (45 %) et Chênée (44 %). Dès lors, si l'ensemble des polarités commerciales de la vallée affichait un dynamisme globalement en stagnation, pour les six polarités évoquées, on peut parler, non seulement de déclin, mais d'un véritable déficit de l'offre. Les habitants se retrouvent ainsi confrontés à une perte de services de base dans leur quartier, ce qui impacte négativement l'attractivité de la vallée.

iv. Conclusions

Il nous paraît utile de rappeler que le développement commercial ne se « décrète » pas, mais qu'il est le résultat d'une décision d'un investisseur privé. Par contre, il est possible, d'une part, d'améliorer le contexte dans lequel s'exprime l'activité, voire d'en accroître le potentiel économique, et d'autre part, d'encourager la création de nouveaux commerces, en parallèle au soutien aux commerçants existants. La crise actuelle constitue une opportunité pour envisager une adaptation du parc commercial existant, via notamment la fusion de cellules de tailles trop petite et, de manière générale la requalification de l'immobilier commercial. C'est sans doute dans ces directions qu'il s'agira de s'inscrire.

d. Accueil d'activités économiques : les entreprises

Auteurs : Bruno Bianchet et Andy Eme, Lepur, Université de Liège.

i. Introduction

En tout état de cause, cette analyse des besoins doit être considérée comme un travail itératif, basé sur un aller et retour régulier entre données statistiques, concertation avec les acteurs locaux et vision territoriale. Elle devra être régulièrement actualisée au cours des mois qui viennent.

ii. Méthodologie

L'examen des « besoins » se base sur l'examen des dégâts aux bâtiments économiques a nécessité un relevé de terrain spécifique. Toutefois, sachant qu'il ne s'agit pas d'une relation univoque et que les acteurs économiques se sont, d'ores et déjà, repositionnés, elle intégrera également les demandes exprimées au niveau des communes et des autres acteurs du développement économique, à commencer par la SPI.

iii. Résultats

Pour rappel, Sur les 281 établissements, 172, soit 61 % ont repris leur activité. 61 établissements, 22 %, sont vides mais nous ne savons pas si c'était déjà le cas avant l'inondation, et 6 établissements ont été démolis. Enfin, 22 bâtiments sont toujours en travaux. Précisons que les gros employeurs que sont la Câblerie d'Eupen (environ 850 emplois), Corman (plus de 400 emplois) et Galler (130 emplois) ont repris leurs activités. Ces 61 établissements actuellement inactifs constituent une valeur plafond. En effet, nous ne savons pas si les établissements fermés l'étaient-ils déjà avant l'inondation, si certaines activités ont été relocalisées et si certains établissements ne sont pas à l'arrêt à la suite de problèmes d'assurance ?

89 % de la surface des PAE des communes du bassin est occupé et, parmi les 82 ha disponibles, 76 % concernent l'East Belgium Park. Toutefois, hormis l'un ou l'autre cas comme Intervapeur Verviers, toutes ces surfaces sont situées sur les plateaux.

Nom	Type	Superficie disponible en ha	Superficie utile en ha	Taux d'occupation en %	Nombre d'entreprises
EAST BELGIUM PARK (BAELEN)	Industriel/Mixte	21	46	55	36
EAST BELGIUM PARK (EUPEN)	Industriel/Mixte	5	106	95	122
EAST BELGIUM PARK (LONTZEN)	Industriel/Mixte	22	34	35	13
EAST BELGIUM PARK (WELKENRAEDT)	Industriel	0	40	99	25
EAST BELGIUM PARK (WELKENRAEDT 2)	Industriel/Mixte	14	35	60	12
LICHTENBUSCH (RAEREN)	BR/EE	0	0	-	3
RETINNE (FLERON)	PAE zone d'habitat	2	5	54	11
ESPACE ENTREPRISES CAVENS (MALMEDY)	EE	0	0	-	7
HOTTLEUX (WAIMES)	Mixte	6	9	32	2
INTERMILLS (MALMEDY)	Mixte	0	4	100	7
MALMEDY	Industriel/Mixte	0	55	100	54
SPA-FRANCORCHAMPS (BLANCHIMONT)	Mixte	1	2	51	5
SPA-FRANCORCHAMPS	Mixte	0	4	100	12
STAVELOT	Industriel	0	10	98	23
BATTICE (HERVE)	Industriel/Mixte	0	107	100	118
CHANEUX	Industriel	0	68	100	72
INTERVAPEUR (VERVIERS)	PAE en zone d'habitat	2	4	41	4
LAMBERMONT	Industriel	0	22	100	20
LES PLENESSES	Industriel	5	159	97	173
STEMBERT (VERVIERS)	Industriel	2	37	96	22
ESPACE ENTREPRISES VERVIERS	EE	0	0	-	3
Total		82	748	89	744

Tableau 7. d.1 – Situation des parcs d'activités économiques des communes du Bassin versant (SPI 2020).

iv. Conclusions

Les disponibilités en foncier à vocation économique apparaissent limitées. Elles se concentrent essentiellement au niveau de l'East Belgium Park. Par ailleurs, il existerait une forte demande pour les zones saturées comme les Plenesses ou Battice. En parallèle, rappelons que le rôle des « plaques économiques » de plateau sur le ruissellement ne peut être négligé. D'un autre côté, les besoins en relocalisation d'entreprises apparaissent assez limités et il paraît peu opportun que ces relocalisations se fassent au détriment de la dynamique économique de la vallée, déjà en situation de déprise. Dès lors, c'est sans doute au niveau de la requalification des friches et du développement de plateformes d'innovation territoriale que se situent les perspectives de redéploiement économique de la vallée.

e. Assainissement des sites et sols potentiellement pollués

Auteur : Joël Privot, LEMA, ULiège.

i. Introduction

Lors des inondations du mois de juillet 2021, les flots ont emporté et charrié quantités de matériaux et produits, tant solides que liquides, au sein du bassin versant. La population a été marquée par la présence d'hydrocarbures, en provenance des citernes à mazout, déplacées, renversées ou éventrées ainsi que par les nombreux réservoirs de voitures qui ont été eux aussi atteints. Divers autres produits ont également été emportés par les flots. L'ensemble de ces produits se sont par la suite répandus au sein des vallées.

Face à cette situation, deux actions majeures ont été mise en place par le SPW :

- un « Survey agricole » des terrains à usage agricole impactés par les inondations par le SPW Agriculture, Ressources Naturelles et Environnement (ARNE) ;
- pour les autres terrains impactés appartenant à des particuliers, des entreprises et des indépendants, l'analyse sur base d'une sollicitation volontaire a été confiée à la SPAQuE.

Dans le cas des terrains agricoles, lors de la rédaction de ce rapport au mois de mai 2022, deux études étaient en cours : celle du SPW ARNE visant à faire le point sur les résultats du « Survey agricole » et celle de l'ISSEP mandatée par la Ministre Tellier afin de réaliser un monitoring des sols agricoles, notamment sur base sur « Survey agricole ». A ce stade-ci faute d'informations disponibles nous ne pouvons qu'aborder factuellement la situation.

Concernant la mission de SPAQuE, le processus de collecte d'informations est toujours en cours au mois de mai 2022. Dès lors, à ce stade-ci, nous ne pouvons qu'apporter une information factuelle sur le nombre de terrains qui ont fait l'objet d'une démarche volontaire d'analyse sans pour autant pouvoir livrer une information sur les impacts globaux, les volumétries et les coûts respectifs de gestion, etc. Ces informations pourraient être connues dans les mois à venir.

Cependant, au-delà des pollutions potentielles liées aux inondations de la mi-juillet 2021, il importe de rappeler le contexte spécifique du bassin versant de la Vesdre pour pouvoir comprendre l'ampleur d'une problématique qui dépasse largement cet aspect ponctuel. En effet, la gestion des pollutions à l'avenir, que ce soit pour revenir à la situation antérieure aux inondations ou dans le cadre d'interventions d'aménagements futurs pour juguler les prochaines inondations, devra intégrer plusieurs dimensions spécifiques liées à l'histoire de ce bassin versant :

- la prise en compte des apports anthropiques de polluants de ce bassin versant par les activités humaines ;
- la prise en compte du fond pédo-géochimique « naturel » avec la présence affirmée de métaux lourds.

Ces deux sources, anthropiques et « naturelles », doivent être intégrées lors de toute réflexion sur la gestion et l'usage des sols et des terres à l'avenir au sein du bassin versant. En effet, celles-ci pourraient interagir avec la gestion des pollutions ponctuelles liées aux inondations ainsi que dans leur traitement.

Une approche raisonnée et contextualisée devra être mise en place au regard de la situation spécifique existante, tel que c'est par ailleurs envisagé dans l'AGW du 5 juillet 2018 relatif à la gestion et à la traçabilité des terres en son article 14, alinéa 2.

Ce chapitre, n'abordera pas la gestion des multiples déchets solides emportés et déposés par les flots ainsi que des embacles. En effet, ceux-ci ont fait l'objet d'une gestion relativement rapide d'enlèvement et de regroupement en vue de leurs traitements spécifiques. A notre connaissance, ils n'ont pas fait l'objet d'un relevé automatique au sein de l'ensemble du bassin versant. Dès lors, il est peu aisé d'aborder de manière pertinente et

complète cette thématique. C'est la raison pour laquelle, nous ciblons les relevés qui concernent les risques environnementaux liés aux hydrocarbures notamment et pour lesquels des bases de données ont été constituées et mises à disposition.

Ce chapitre n'abordera pas non plus la problématique des pollutions générées dans le cadre d'activités agricoles et sylvicoles, antérieures ou actuelles, par l'usage de divers biocides ou intrants.

ii. Méthodologie

Impacts des inondations sur les terrains à usage agricoles et les terrains à usage non-agricoles

Les deux processus ci-évoqués relèvent des entretiens directs avec le SPW-ARNE, l'ISSeP et la SPAQuE qui ont chacun exposé les spécificités de leurs interventions, les limites de celles-ci et les perspectives des résultats de leur analyses.

Il s'agit d'une retranscription factuelle qui fait état d'un processus en cours lors de la rédaction de ce rapport en mai 2022.

Pollutions anthropiques liées aux activités humaines

Présentation des différentes sources de pollutions (concentrées, diffuses, aériennes, etc.) de manière générale, illustrée par des typologies de cas concrets rencontrés au sein du bassin versant de la Vesdre.

Contexte pédo-géochimique et concentration de fond

Présentation synthétique de la situation basée sur des documents de référence tels que CAPASOL 6 (2018), CBP n° 10 de SPAQuE (2008).

Gestion de l'assainissement des sites et sols potentiellement pollués au regard des coûts

Sur base du modèle ABC du réseau Cabernet, une introduction aux différents modes de gestion des assainissements est exposée afin d'attirer l'attention sur les processus qui devront être mobilisés dans le cas du bassin versant de la Vesdre.

iii. Résultats

Impacts des inondations sur les terrains hors usages agricoles – mission confiée à la SPAQuE

Dispositif

La description du processus ci-repris est issue directement des échanges avec la SPAQuE et repris ci-après.

« Le 05 août 2021, le Gouvernement wallon a adopté un arrêté confiant une mission déléguée à la SPAQuE en vue d'assurer la gestion des déchets et des hydrocarbures suite aux inondations et a chargé la Ministre de l'Environnement, Céline Tellier, de l'exécution de cette décision.

Sur cette base, la SPAQuE a développé et mis en œuvre un dispositif de gestion, sur base volontaire des sinistrés impactés. Ce dispositif a été mis à disposition des sinistrés dans les jours suivants, tant sur simple appel téléphonique que sur formulaire disponible via internet, et c'est ainsi que dès la mi-août les premières demandes ont été enregistrées.

Les modalités d'exercice du mandat de SPAQuE ont par la suite été précisées par l'AGW du 2 septembre 2021 relatif au financement et à la gestion des déchets générés et de la pollution diffuse en hydrocarbures des sols consécutivement aux inondations du mois de juillet 2021.

Dans la pratique, une communication a été faite à toutes les communes concernées par mailing ainsi que dans les médias, pour annoncer le dispositif.

Les grandes étapes de ce dispositif s'articulaient comme suit :

- *les demandes spontanées sont rentrées sur un formulaire un ligne (accès aisé, facilité par un bouton rouge "inondation" en page d'accueil site web). En cas de difficulté (ou sans internet), sur simple appel téléphonique du personnel de SPAQuE allait sur le terrain à la rencontre du demandeur pour enregistrer la demande ;*
- *chaque formulaire était relu principalement afin de vérifier la bonne localisation de la demande, le fait qu'il y avait bien du terrain nu et qu'il ne s'agissait pas d'un exploitant agricole (...);*
- *lors de l'étape de réception du rapport d'analyse pour un dossier donné, le gestionnaire enregistré dans le système (Walsols) le statut pollué aux hydrocarbures (oui/non) ainsi que la présence de terre charriée. Ce changement de statut était reporté sur la géomatique afin d'actualiser la couche demande avec "pollution avérée" et la couche "présence de terre charriée".*

A noter que si le statut "pollution" est issu d'une collecte via une démarche de prélèvements et analyses, le statut "terre charriée" est issu d'une collecte via une question posée aux sinistrés.

Il est important de comprendre que cette cartographie n'est jamais que la cartographie des demandes spontanées. Il n'y a pas eu de réflexion scientifique pour établir un plan d'échantillonnage, cette approche a été confiée à l'ISSEP (qui analyse aussi d'autres paramètres que les seuls HC).

La cartographie ne représente pas l'impact de la pollution en hydrocarbure, mais plutôt la localisation de l'intérêt des citoyens pour le dispositif mis en place par la SPAQuE. ».

(SPAQuE, 20 mai 2022)

Limites des informations

Pour rappel, les données transmises par la SPAQuE ne représentent que les informations fournies sur base volontaire par les sinistrés. Il ne s'agit pas d'un inventaire exhaustif. D'autre part, les informations ponctuelles de prélèvement sont ramenées cartographiquement à la parcelle, ce qui peut amplifier dans certains cas la perception de la situation.

En outre, les informations ci-reprises sont celles transmises par SPAQuE en date du 9 mai 2022. Ces données évoluent constamment au cours des nouvelles demandes adressées régulièrement. De même, un décalage existe entre le recensement de la demande, repris dans les données et les résultats des analyses.

On notera, in fine, que la SPAQuE s'est engagée à ce que ces données ne soient pas reprises ultérieurement dans la BDES (Banque de Données de l'Etat des Sols) afin de limiter les réticences des volontaires demandant une analyse de leurs parcelles.

De manière proactive, la SPAQuE a réalisé un traitement cartographique de ces données.

Les particularités de ce recensement doivent être gardées à l'esprit pour la bonne compréhension et l'usage des informations ci-après.

Traitement des informations

La SPAQuE a réalisé un classement des parcelles selon les catégories suivantes :

1. parcelles ayant fait l'objet d'une demande de **particuliers**, d'**entreprises** et d'**indépendants** vers SPAQuE afin d'analyser une éventuelle pollution aux hydrocarbures ;
2. parcelles sur lesquelles une pollution aux hydrocarbures est confirmée par un résultat analytique ;

3. parcelles sur lesquelles une présence de terres charriées est avérée.

Le traitement des données ainsi obtenues (Tableau 7. e.1) montre que pour les pollutions aux hydrocarbures, de manière générale, sur 71,4 hectares de parcelles concernées par des analyses, moins de 9 hectares font l'objet d'une présence avérée de pollution aux hydrocarbures, soit 36%. Rapporté au nombre de demandes (par parcelles) soit 368 demandes, 22 demandes ont été concernées par une pollution avérée aux hydrocarbures, soit 16%.

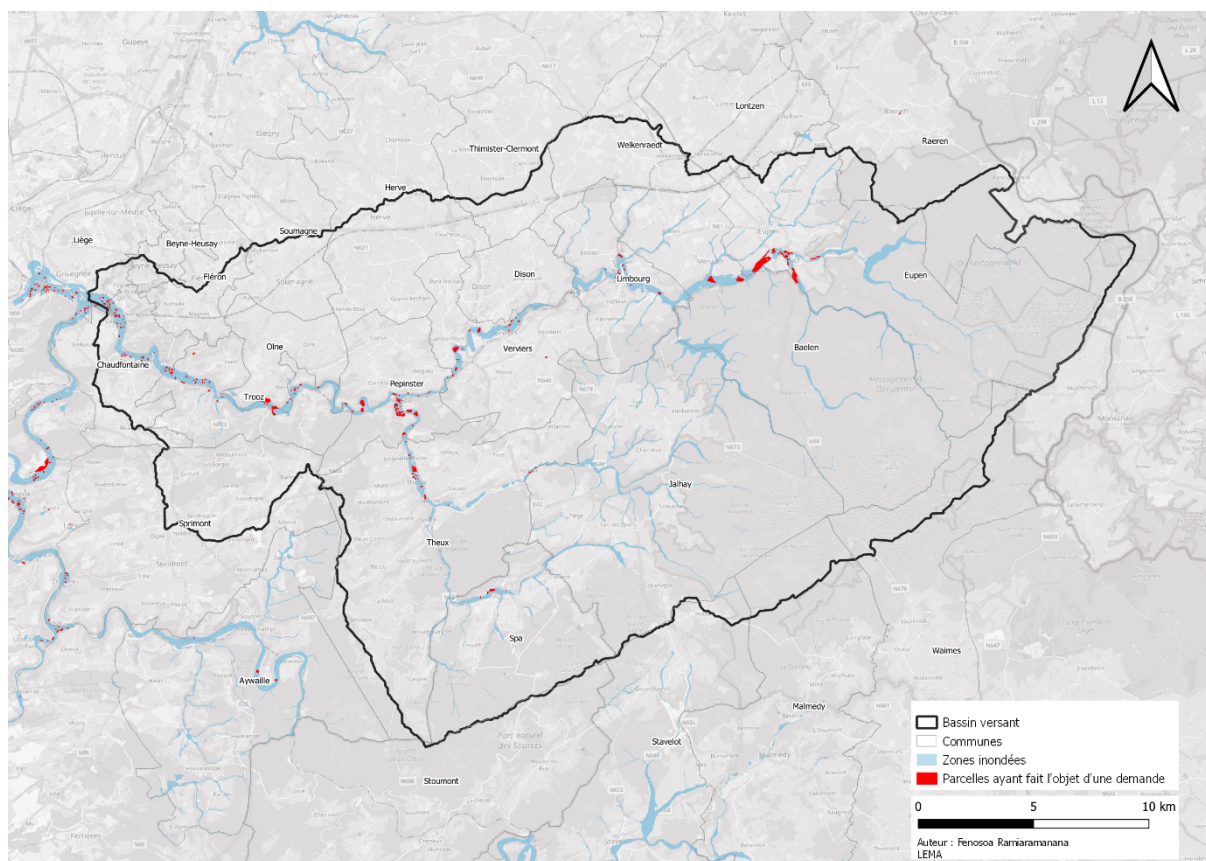
La commune de Pepinster est celle d'où émane le plus de demandes soit près d'un tiers des demandes au sein du bassin versant de la Vesdre. Olne, Baelen et Pepinster ont le plus de surfaces parcellaires impactées par une présence de pollution aux hydrocarbures avérée avec respectivement : 3,5 ; 2,7 et 1,1 hectares (à relativiser selon la taille et la configuration des parcelles).

On constate que 15 demandes ont été effectuées pour 4,8 hectares de parcelles qui n'étaient pas reprises en zone inondée.

Communes ou parties de communes au sein du Bassin Versant de la Vesdre	Total des parcelles ayant fait l'objet d'une demande		Parcelles en zones inondées ayant fait l'objet d'une demande		Parcelles avec présence de pollution aux hydrocarbures avérée		Parcelles avec présence de pollution aux hydrocarbures avérée en zones inondées		Parcelles avec présence de pollution aux hydrocarbures indéterminée		Parcelles avec présence de pollution aux hydrocarbures indéterminée en zones inondées	
	Nb	Surface en ha	Nb	Surface en ha	Nb	Surface en ha	Nb	Surface en ha	Nb	Surface en ha	Nb	Surface en ha
Jalhay	1	0,05	1	0,05	0	0,00	0	0,00	1	0,05	1	0,05
Spa	4	1,7	4	1,6	0	0,0	0	0,0	4	1,7	4	1,6
Baelen	6	6,9	5	6,9	2	2,7	2	2,7	4	4,3	3	4,3
Olne	8	4,0	8	3,9	2	3,5	2	3,3	6	0,5	6	0,5
Eupen	20	28,0	20	25,1	3	0,8	3	0,8	17	27,2	17	24,4
Liège	21	0,8	21	0,8	1	0,2	1	0,2	20	0,6	20	0,6
Verviers	29	6,0	25	5,8	0	0,0	0	0,0	29	6,0	25	5,8
Limbourg	31	2,1	31	2,1	3	0,3	3	0,3	28	1,9	28	1,9
Theux	33	3,7	32	3,5	0	0,0	0	0,0	33	3,7	32	3,5
Chaufontaine	47	1,9	47	1,8	6	0,2	6	0,2	41	1,7	41	1,6
Trooz	47	4,8	45	4,1	3	0,3	3	0,3	44	4,4	42	3,7
Pepinster	121	11,4	114	10,9	3	1,1	2	1,1	118	10,3	111	9,8
TOTAL	368	71,4	353	66,5	23	9,0	22	8,8	345	62,4	330	57,7

Tableau 7. e.1 – Recensement du nombre et de la surface de parcelles ayant fait l'objet d'une demande au sein du bassin versant de la Vesdre. Résultats selon que la parcelle est en zone inondée ou non et selon que la présence de pollution aux hydrocarbures est avérée ou indéterminée. Classement par ordre croissant de demandes. Source : SPAQuE : situation au 09 /05/2022. LEMA 2022.

La Carte 7. e.1 suivante met en évidence les parcelles cadastrales concernées pour chaque commune du bassin versant de la Vesdre.



Carte 7. e.1 – Localisation des parcelles pour lesquelles une demande d’analyse a été effectuée pour identifier la présence de pollutions au sein du bassin versant. Source : SPAQuE : situation transmise le 09/05/2022. LEMA 2022.

Concernant la présence de terres charriées, la SPAQuE a proposé d’emblée cette information aux sinistrés lors de leurs demandes d’analyse d’hydrocarbures afin d’obtenir une vue complémentaire des impacts des inondations (Tableau 7. e.2).

On constate que pour 368 demandes liées à une parcelle à analyser, 99 sont concernées par des terres charriées. En termes surfaciques parcellaires, cela représente néanmoins plus de la moitié de la surface parcellaire totale, soit 35,8 hectares. Cette donnée ne réfère cependant pas à une estimation volumique mais témoigne de l’occurrence de terres charriées.

Les parcelles des communes d’Eupen, Pepinster, Baelen et Olne sont les plus impactées selon ce recensement avec respectivement 19,2 ; 7,4 ; 4,2 et 3,5 hectares de parcelles concernées par des terres charriées avérées.

Communes ou parties de communes au sein du Bassin Versant de la Vesdre	Total des parcelles ayant fait l'objet d'une demande		Parcelles avec présence de terres charriées avérées		Parcelles avec présence de terres charriées avérées en zones inondées		Parcelles avec présence de terres charriées indéterminées		Parcelles avec présence de terres charriées indéterminées en zones inondées	
	Nb	Surface en ha	Nb	Surface en ha	Nb	Surface en ha	Nb	Surface en ha	Nb	Surface en ha
Jalhay	1	0,0	0	0,0	0	0,0	1	0,0	1	0,0
Verviers	29	6,0	0	0,0	0	0,0	29	6,0	25	5,8
Spa	4	1,7	1	0,2	1	0,2	3	1,5	3	1,5
Baelen	6	6,9	2	4,2	2	4,2	4	2,7	3	2,7
Liège	21	0,8	2	0,2	2	0,2	19	0,5	20	0,5
Olne	8	4,0	2	3,5	2	3,4	6	0,5	6	0,5
Theux	33	3,7	3	0,1	3	0,1	30	3,6	29	3,4
Eupen	20	28,0	4	19,2	4	18,8	16	8,8	16	6,3
Trooz	47	4,8	6	0,2	6	0,2	41	4,6	39	3,9
Limbourg	31	2,1	15	0,8	15	0,8	16	1,3	16	1,3
Chaufontaine	47	1,9	19	0,7	19	0,7	28	1,2	28	1,1
Pepinster	121	11,4	45	7,4	45	7,2	76	4,0	70	3,7
TOTAL	368	71,4	99	36,6	99	35,8	269	34,8	256	30,8

Tableau 7. e.2 – Recensement du nombre et de la surface de parcelles ayant fait l'objet d'une demande au sein du bassin versant de la Vesdre. Résultats selon que la parcelle est en zone inondée ou non et selon que la présence de terres charriées est avérée ou indéterminée. Classement par ordre croissant de parcelles avec présence de terres charriées.

Source : SPAQuE : situation au 09 /05/2022. LEMA 2022.

Impacts des inondations sur les terrains à usages agricoles – mission confiée au SPW-ARNE et à l'ISSEP

Dispositif

Le SPW-ARNE a croisé les informations issues de la cartographie des zones inondées avec les données du parcellaire agricole (différent du parcellaire cadastral) ainsi que des enquêtes de terrain.

Le dispositif systématique de screening du territoire conçu et mis en place par le SPW-ARNE mobilise plus de 200 informations afin de pouvoir cerner aux mieux d'une part les impacts et les problèmes spécifiques qui en découlent et d'autres part les solutions à mettre en œuvre pour les agriculteurs concernés. Contrairement à la SPAQuE, ce dispositif ne reposait pas sur une base volontaire d'auto-signallement mais émanait d'une recherche par l'administration elle-même.

Le secteur agricole étant liés à des contraintes sanitaires, il importait d'identifier si des terrains ou exploitations étaient concernées par un risque sanitaire, lié aux hydrocarbures, aux déchets, etc. qui ont été charriés par les flots d'eau.

Concernant l'intervention de l'ISSEP, mise en place après le « Survey agricole » du SPW-ARNE :

« elle a été mandatée par le Cabinet de la Ministre Tellier afin de réaliser un monitoring des sols agricoles suite aux inondations. L'étude est toujours en cours.

En termes de méthodologie, les lieux de prélèvements ont été sélectionnés de deux manières ;

- *d'une part, sur base d'un croisement des informations issues de la cartographie des zones inondées et des observations des terrains (enquête SPW / Secrétariat Général) et des données des parcelles agricoles, l'ISSEP a proposé de sélectionner des terrains en tête de vallée/ bassin versant, en milieu et en fin de vallée/ bassin,*

pour les vallées de l'Ourthe, de la Vesdre et de la Lesse. Il s'agit ici d'une cartographie des terres agricoles inondées, pas des terres polluées.

- d'autre part, suite à une enquête de grande ampleur menée par le SPW-ARNE auprès des agriculteurs (« Survey agricole ») qui a permis d'inventorier les parcelles qui, selon leurs propriétaires et/ou exploitants, présenteraient une pollution en hydrocarbures. Environ 65 réponses sont revenues positives et il a été demandé à l'ISSeP d'ajouter ces parcelles à la méthodologie générale pour confirmer ou non la pollution observée visuellement ou olfactivement.

Les échantillons de sol et de sédiments prélevés sont caractérisés analytiquement sur base de paramètres figurant dans le Paquet Standard d'analyses (PSA) du Décret relatif à la gestion et à l'assainissement des sols du 1 mars 2018 (Décret sols). »

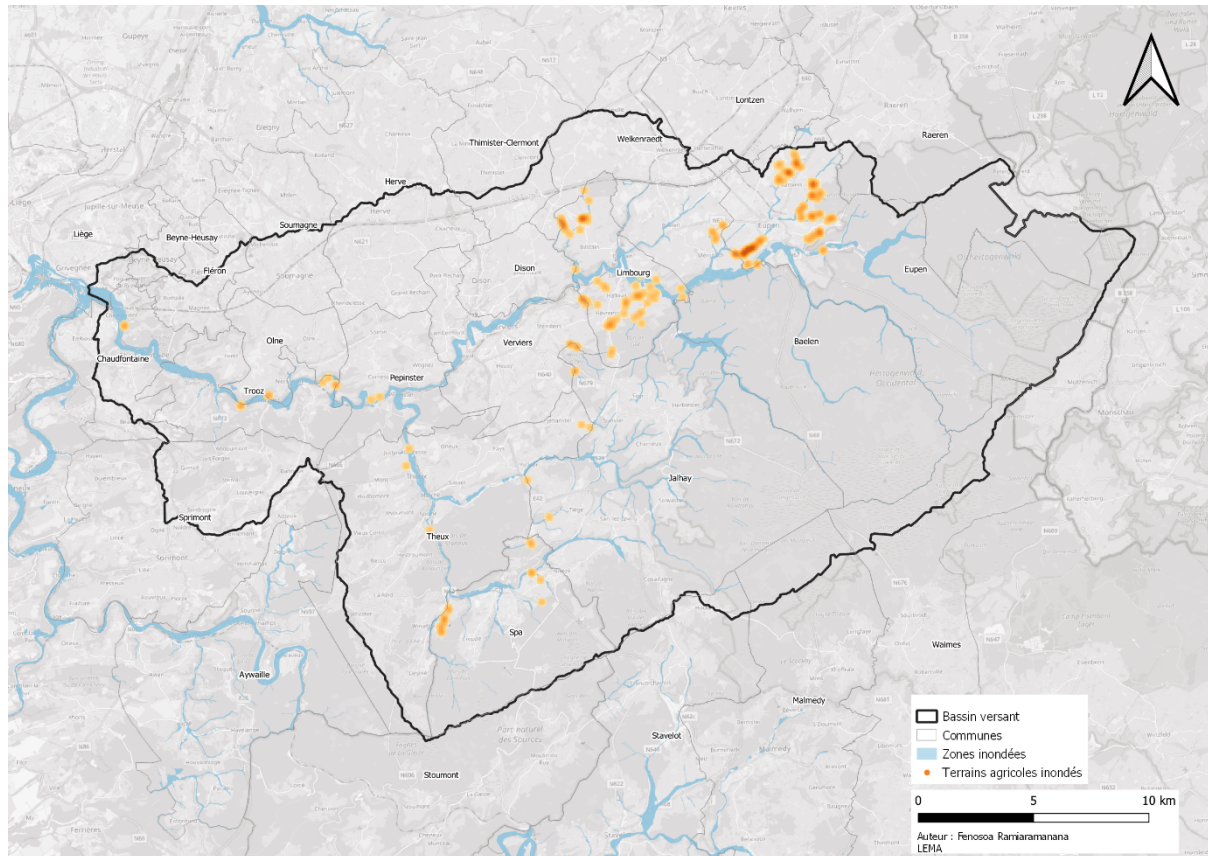
(Echanges avec l'ISSeP le 24 mai 2022)

Limites des informations

A ce stade-ci, sans détail disponible quant à l'entièreté de la méthodologie et aux résultats d'analyse identifiant des pollutions éventuelles, nous aborderons les éléments factuels en notre connaissance.

Traitement des informations

Sur base de la cartographie croisant les parcelles agricoles et la zone inondée (Carte 7. e.2), on identifie déjà que les parcelles agricoles sont majoritairement impactées par les inondations de cours d'eau de moindre importance que la Vesdre, la Hoëgne, la Helle et la Magne. En outre, il s'agit de terrains situés en plateau ou sur les versants. Les terrains situés en fond de vallée de la Vesdre sont minoritaires par rapport à l'ensemble des terrains concernés.



Carte 7. e.2 – Carte de chaleur de localisation des parcelles agricoles (parcellaire agricole) impactées par les inondations.
Source : « Survey agricole » SPW-ARNE : situation transmise le 17/05/2022. LEMA 2022.

Les cours d'eau concernés d'Est en Ouest sont de 2° ou 3° catégorie ou non classés :

- le Schimmericherbach, le Haserbach, le Favrunbach (depuis Kettenis et Katharinenbusch et convergent vers Eupen) ;
- le Menebach (sortant d'Eupen), le Breyborn passant à Membach (affluents de la Vesdre) ;
- le ruisseau de Villers (le Pancherelle) et le ruisseau des Queues (affluents de la Vesdre depuis le plateau vers la Vesdre à Bellevaux) ;
- le ruisseau de la Bovegnée, le ru en provenance du Bois de Hèvremont, le ruisseau de Hodjaurys et le ru en provenance de Halloux (affluents de la Vesdre depuis le « plateau » de Hèvremont) ;
- le ruisseau des Pelles, le ruisseau du Grand-Pré et le ruisseau de Sécheval (affluents du ruisseau de Mangombroux depuis le bois de Jalhay) ;
- le ruisseau de la Grosse Haie vers le Hélévy (affluent de la Hoëgne depuis Jalhay) ;
- le ruisseau du Chawion (vers Arbespine), le ruisseau du Petit Chawion, (affluents du Wayai en rive droite depuis le « plateau » de Balmoral) ;
- le ruisseau de la Sauvenièrre (affluents du Wayai depuis le « plateau » de la Fagne de Salmon) ;
- le ruisseau de Winanplanche (ruisseau de l'Eau Rouge, affluent du Wayai en rive gauche depuis le « plateau » du bois de Pleinfays).

Certains noms de cours d'eau varient d'une source à l'autre (carte topographique IGN, Atlas des cours d'eau, carte Openstreetmap) ou n'ont pas de nom attribué.

Cette configuration de terrains agricoles majoritairement implantés en plateau ou en versant, en « tête » du réseau hydrographique, amène supposer que le risque de contamination par des polluants charriés est vraisemblablement plus faible qu'en fond de vallée de la Vesdre qui a traversé nombreuses zones urbanisées ainsi que des sites d'activités économiques. Cette perception devra être cependant objectivée par les analyses du SPW-ARNE et de l'ISSeP.

Pollutions anthropiques antérieures aux inondations

Au niveau du bassin versant de la Vesdre et de manière générale en Wallonie, quatre grandes typologies de sources de pollutions sont identifiables :

- les sites d'activités qui comprennent à la fois le bâti, les infrastructures (production, transport, stockages, etc.), les processus, etc. ;
- les décharges (enterrées ou en tumulus) et les terrils ;
- les remblais ;
- les retombées aériennes.

Ces quatre typologies de sources sont définies dans l'objectif d'en faciliter la détection au sein du territoire. Au cours des dernières décennies avec le déclin industriel, l'estompement de la présence des activités potentiellement à l'origine de pollutions en réduit la capacité de perception, d'autant qu'au fil du temps celles-ci se sont conjuguées selon les contextes. Ce qui en rend plus difficile encore l'appréhension a posteriori.

Or, au regard des sources de pollutions potentielles et de leurs impacts sur le territoire, la santé humaines, les écosystèmes et les nappes, il est essentiel de pouvoir détecter leur présence. Les bases de données actuellement disponibles pour le grand public, SAR, ISA, Terril (voir section 7.e) ainsi que la Banque de Données de l'État des Sols (BDES) n'offrent qu'une vue incomplète sur cette problématique.

La prise en charge des coûts de gestion des sites et sols pollués induit des surcoûts financiers indéniables. D'où l'importance d'anticiper le risque par une compréhension historiques des activités humaines ayant pu générer des pollutions.

Les sites d'activités (Figure 7. e.1)

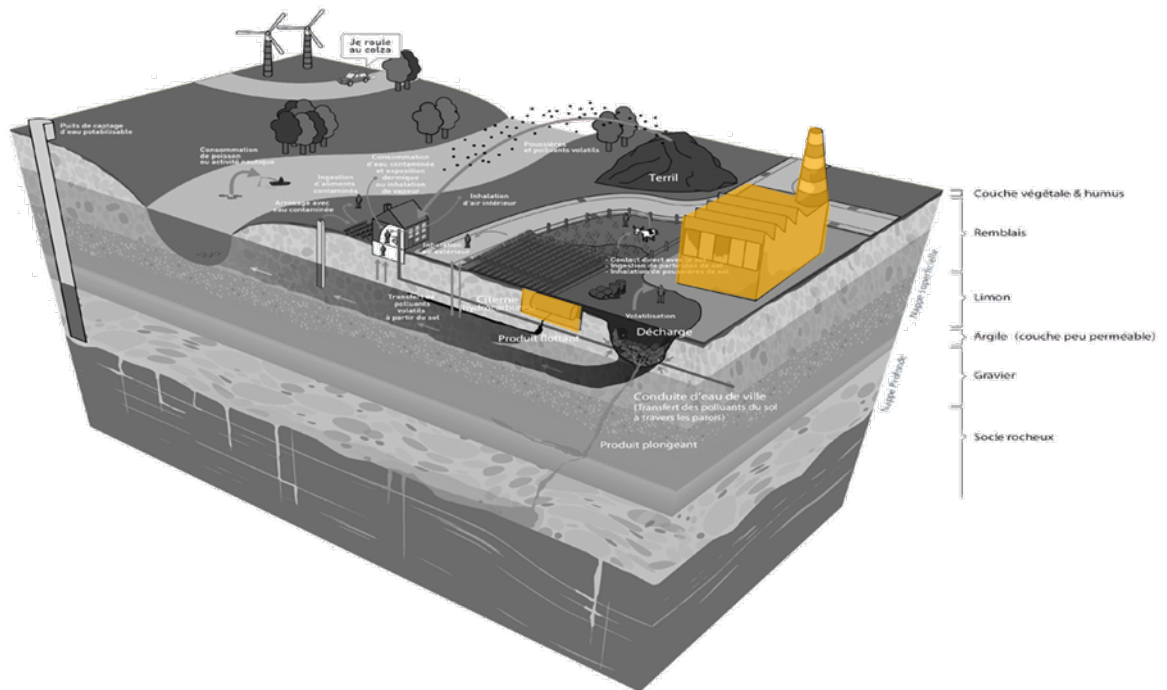


Figure 7. e.1 – Bloc diagramme illustrant les différents types de sources de pollutions potentielles. SPAQuE. Complément de mise en évidence de la thématique sites d'activités : LEMA 2022.

Les activités industrielles représentent une grande diversité de configurations, de processus, de matériaux et matières mobilisés, de produits et d'impact environnementaux potentiels. Depuis la mise en place de normes et de suivis environnementaux ces dernières décennies, la problématique des sites et sols pollués concerne essentiellement les activités historiques au sein du bassin versant.

La SPAQuE avec l'appui du Boston Consulting Group dès 2003 a mis en place une première grille d'analyse du « risque a priori » au regard de l'activité historique identifiée de prime abord, avant de disposer d'études précises (Figure 7. e.2). Cette approche avait pour objectif de mettre rapidement en évidence l'ampleur du risque lors d'une première analyse territoriale.

Concernant le bassin versant de la Vesdre, nous sommes confrontés à des activités historiques de types :

- Catégorie A : sites métallurgiques : Trooz, Olne, Chaudfontaine, etc. ;
- Catégorie A : usines à gaz : Verviers, Pepinster, Dison, Eupen, etc. ;
- Catégorie B : Mines de métaux : Theux, Verviers, Dison, Olne, Welkenraedt, Eupen, Limbourg, etc. ;
- Catégorie B : Tanneries, Textile : toute la vallée ;
- Catégorie B : Travail des métaux : Olne, Trooz, Eupen, Verviers, etc. ;
- Catégorie B : Chemin de fer : tout le bassin versant ;
- Catégorie C : Charbonnage : Chênée, Fléron, Soumagne, Herve, Battice ;
- Catégorie C : Briqueteries : Welkenraedt, etc.
- Catégorie C : Menuiseries : tout le bassin versant ;
- Catégorie C : carrières, tout le bassin versant.

Activités incluses dans chacune des catégories A, B, C et D (données 2003)			
Catégorie A Présomption d'un risque très élevé	Catégorie B Présomption d'un risque élevé	Catégorie C Présomption d'un risque moyen	Catégorie D Risque indéterminé ou pas de risque a priori
<ul style="list-style-type: none"> ● Sidérurgie ● Métallurgie ● Laminoirs ● Verreries ● Céramiques ● Usines à gaz ● Centrales électriques ● Chimie lourde ● Pétrochimie ● Charbonnages avec cokerie 	<ul style="list-style-type: none"> ● Mines de métaux ● Fonderies ● Travail des métaux ● Tanneries ● Cimenteries ● Imprimeries ● Papeteries ● Textile ● Chemins de fer ● Scieries ● Pharmaceutique, Plastique ● Détergents, Engrais ● Caoutchouc, Pneus ● Peintures, Fabrications électroniques 	<ul style="list-style-type: none"> ● Charbonnages ● Briqueteries ● Brasseries ● Sucreries ● Menuiseries ● Alimentation ● Laiteries ● Entrepôts 	<ul style="list-style-type: none"> ● Carrières, Sablières ● Commerce, Horeca ● Marbreries ● Agriculture ● Bâtiments publics ● Moulins à grain

Figure 7. e.2 – Classement des friches industrielles risque a priori. Etude commandée par la SPAQuE au Boston Consulting Group. (2003).

Cette première approche présente le mérite d'attirer l'attention sur un risque de présence de pollutions. En fonction des catégories A, B, C et D, les coûts de gestion des pollutions devraient être décroissants.

Il en ressort cependant, qu'au sein du bassin versant, mais surtout des vallées, la présence de sites liés à la métallurgie est impactante en termes de risque, plus que la présence de l'industrie textile.

Or, le bassin versant de la Vesdre est le théâtre d'une activité métallurgique déjà vers -500 ans avant notre ère (DENAYER J. Le minerais de fer en Wallonie 2011). Les techniques extractives et d'exploitation des métaux se sont perfectionnés au cours du temps. La présence importante de filons métallifères a induit des activités métallurgiques de manière généralisée dans l'ensemble du bassin versant, avec une proximité des cours d'eau, ou l'eau intervenait à la fois intrant du processus de fabrication et comme source d'énergie hydraulique pour actionner les différents outils. La présence des forêts était également prisée comme source de combustibles à proximité.

Les activités métallurgiques ont cependant été à l'origine d'une dissémination de polluants au sein du bassin versant. En effet, autour des sites de production, les rebus étaient accumulés. Au cours du temps ceux-ci ont été recolonisés par la végétation et des couches d'humus. Ils ont ainsi disparu des mémoires. Cependant, leurs présences constituent des sources de pollutions potentielles.

A titre d'exemple, dans la vallée de la Hoëgne, on retrouve les fondations reconstituées d'un ancien bas-fourneaux ainsi que le long de la rivière, encore quantité de scories datant de plusieurs siècles, comme l'illustrent les deux images ci-dessous (Figure 7. e.3 et Figure 7. e.4).

Par la suite, au 18^e siècle, avec le développement de la mécanisation, des machines à vapeur et l'exploitation de la houille, induisant la fin de l'exploitation des forêts pour la fabrication du charbon de bois, les activités se sont rapprochées des villes. Elles se sont également développées en termes d'infrastructures et de tailles ainsi que d'accroissement du risque environnemental.



Figure 7. e.3 – Ancienne forge du XIII^e siècle de Chastelain près de Parfondbois le long de la Hoëgne et son bas-fourneaux. Fondations reconstituées. J. Privot 2022.



Figure 7. e.4 – Mise au jour d'amas de scories suite à l'arrachement d'une berge de la Hoëgne lors de la crue de mi-juillet 2021 en amont du Moulin Thorez. J. Privot 2022.

Un autre aspect à ne pas négliger est la présence d'usines à gaz et de gazomètres en milieux urbains. Ces usines sont souvent à l'origine d'importantes pollutions en hydrocarbures, en lien avec le processus de fabrication du gaz. Généralement, les villes étaient équipées de cette infrastructure pour alimenter les usines, les réverbères pour l'éclairage public, les habitations. Ces infrastructures ont généralement disparu des paysages urbains alors que leurs pollutions sont encore dans les sols. C'est par ailleurs, le cas de l'usine Texer à Pepinster où l'usine à gaz a induit une pollution aux hydrocarbures en partie plus importante que l'activité industrielle elle-même.

Le secteur textile est également très développé tout au long de la vallée, avec un potentiel de génération de pollutions assez large : solvants organo-chlorés, métaux lourds dans les teintures, etc.

Pour l'ensemble de ces usines, il convient de garder à l'esprit qu'elles ont fonctionné à l'aide de machines à vapeur comme force motrice. Ces machines étaient alimentées au charbon notamment et produisaient des résidus cendrés tout au long de leur fonctionnement. Ces résidus sont généralement chargés en métaux lourds. L'expérience dans la gestion de sites et sols pollués a montré que ces cendrées étaient parfois simplement stockées sur place ou ont été déversées pour combler des dépressions dans le relief avoisinant.

Après le passage de la force vapeur aux moteurs électriques ou à combustion, on a pu constater que certains sites avaient été pollués par des stockages d'hydrocarbures. Ceux-ci peuvent avoir pollué plus que l'activité industrielle elle-même.

Un site industriel a parfois eu différentes activités qui s'y sont succédées, chacune avec un potentiel de pollution spécifique que ce soit au niveau du processus en tant que tel ou par le biais des produits ou matériaux manipulés de manière corollaire. Il importe ainsi d'avoir une approche analytique avertie et exhaustive pour comprendre les risques environnementaux des sites proto-industriels et industriels antérieurs ainsi que l'ampleur géographique de ceux-ci tant en surface qu'en sous-sols.

A titre d'exemple, la câblerie d'Eupen, avant d'être un site industriel orienté sur la production de câbles était un site dédié à la production textile.

Les décharges (enterrées ou en tumulus) et les terrils (Figure 7. e.5)

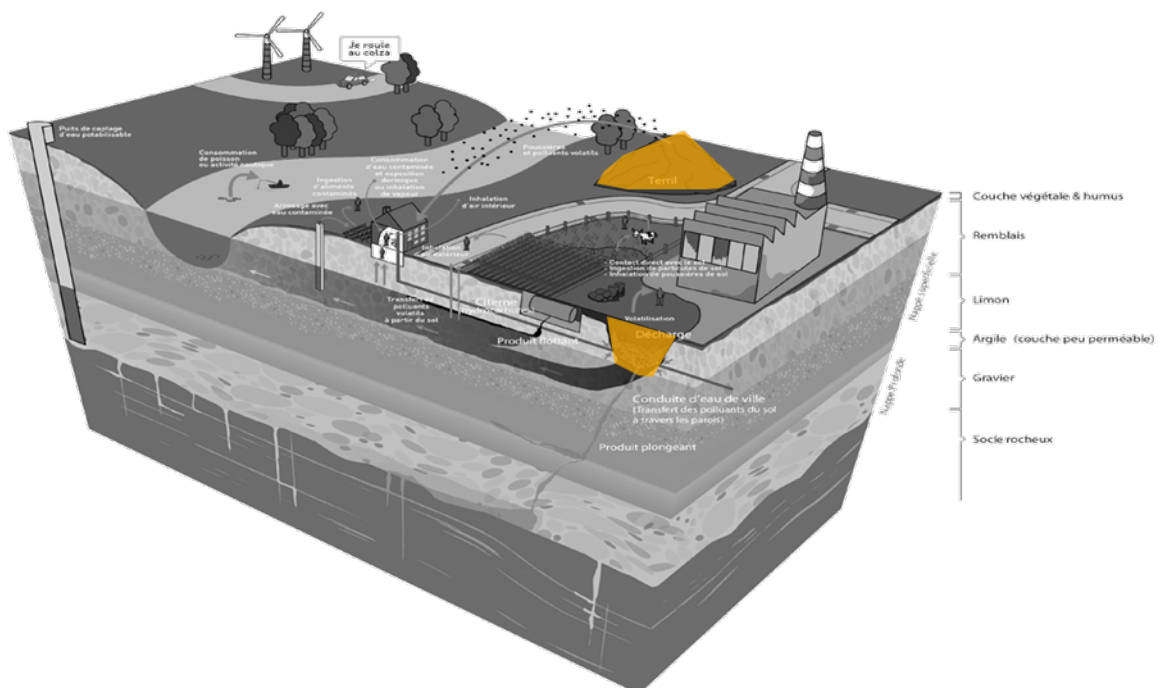


Figure 7. e.5 – Bloc diagramme illustrant les différents types de sources de pollutions potentielles. SPAQuE. Complément de mise en évidence de la thématique décharges et terrils : LEMA 2022.

Les décharges peuvent être de plusieurs types :

- les décharges industrielles liées à des activités industrielles qui stockaient soit de manière définitive ou temporaire leurs rebus de processus ;
- les décharges « communales », généralement constituées de déchets ménagers et de rebus divers.

Dans les deux cas, les décharges ont été établies généralement en comblement de dépressions naturelles ou générées par les activités humaines telles que des anciennes zones d'extractions (carrières, sablières, argilières). A sein des anciennes communes, il était fréquent de disposer d'un tel lieu de déversements des déchets. Les législations environnementales ont mis fin à ces pratiques antérieures. Cependant, la mémoire de ces lieux s'est estompée au fil du temps. Un travail de recensement des anciennes décharges a été initié par la SPAQuE.

Au niveau du bassin versant de la Vesdre, l'activité extractive ayant été florissante aux siècles précédents, il n'est pas exclu d'y retrouver des décharges, avec d'éventuelles présence de pollutions. Il convient de pouvoir prendre en considération le risque de contamination des ressources hydriques et des sols par les lixiviats s'écoulant au travers des décharges.

Les terrils, généralement constitués de rebus de l'extraction minières, peuvent être également constitués de rebus d'autres industries extractives dont celle métallifères. L'expérience a amené à constater que certains terrils ont servi aussi de lieu de déversement de rebus industriels liquides ou solides. Les terrils étaient considérés comme « décharge ». En fonction des types de roches qui y ont été déversées, les terrils peuvent générer des lixiviats acides susceptibles de perturber le réseau hydrique dans lequel ils s'écoulent. On retrouve ce risque en présence de pyrites, notamment.

Les terrils peuvent être concernés par la présence de polluants tels que des HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) et des métaux lourds.

Les terrils présentent l'avantage de disposer d'une cartographie exhaustive (voir chapitre 7.e. Anciens sites d'activités : impact et remobilisation).

Les remblais (Figure 7. e.6)

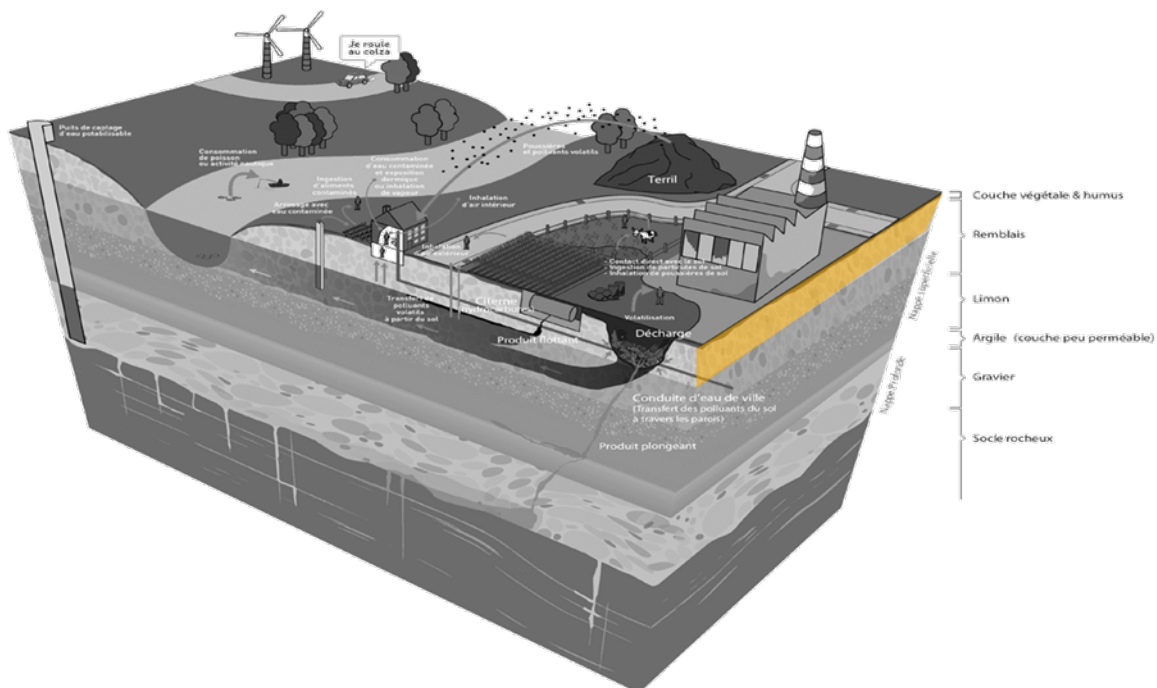


Figure 7. e.6 – Bloc diagramme illustrant les différents types de sources de pollutions potentielles. SPAQuE. Complément de mise en évidence de la thématique remblais : LEMA 2022.

Les remblais constituent une source importante de pollution diffuse en Wallonie. Leur généralisation est en lien avec la période de développement industriel de la Belgique (Figure 7. e.7). Actuellement, on ne dispose pas de littérature et de recherches qui aborderaient précisément et de manière globale cette thématique et à notre connaissance, il n'y a pas d'inventaire spécifique non plus. La thématique des remblais, bien que majeure, par son ampleur territoriale et en termes de gestion des pollutions diffuses, repose sur l'expérience acquise par des opérateurs tels que la SPAQuE au fil des interventions sur nombreux sites pollués au cours des dernières décennies.



Figure 7. e.7 – Des remblais généralisés dans la plaine alluviale de la Vesdre pour permettre l'implantation d'usines. La Vesdre est ainsi canalisée par des murs de berge soutenant les remblais. Quels étaient les matériaux utilisés et quels risques pollutions diffuses dans les remblais ? J. Privot 2022.

Les remblais répondaient à différents besoins selon les contextes urbains et industriels locaux :

- développement du chemin de fer et des transports vicinaux : les locomotives étant limitées dans leur capacité technique à gravir les pentes, les voies ferrées devaient observer une relative planéité. Pour ce faire, l'usage de remblais a permis de s'affranchir du relief naturel. Ainsi, les assiettes des voies ferrées mais également les grilles ferroviaires, les gares, les aires de manœuvre, etc. ont eu recours à d'importantes modifications topographiques ;
- rectification des lits mineurs des cours d'eau : les industries et les zones urbanisées avaient besoin de place pour s'étendre d'une part et d'autre part pour se mettre hors eau. Nombreux cours d'eau ont été canalisés, les berges rectifiées par des murs s'élevant le long de l'eau et les rives remblayées ;
- comblement des biez le long des rivières avec les mêmes types de matériaux d'apports que pour la rectification des cours d'eau ;
- rehaussement des sites d'activités en fonction des modifications du bâti : lors de la reconstruction de nouveaux bâtiments, il a été observé que des couches de remblais étaient utilisées pour rehausser les nouveaux bâtiments afin de faciliter les raccordements ferroviaires ou viaires, pour les mettre à l'abri d'éventuelles inondations, etc.
- préparation de l'assiette destinée à accueillir une urbanisation après la démolition de bâtiments industriels ou pour s'affranchir de sites marécageux.

Les retours d'expériences en matière de sites et sols pollués ont mis en évidence que les matériaux mis en œuvre pour ces opérations de remblaiement, au-delà des matériaux directement prélevés sur place lors des travaux, étaient fournis par les rebus des industries extractives (de métaux, de charbon, de roches) et de transformation du métal à proximité, au sein du bassin versant.

Ainsi, on peut constater fréquemment que les remblais présentent des contaminations en métaux lourds mais également d'autres résidus industriels.

La présence de pollutions potentielles dans les remblais le long des cours d'eau, en milieu urbain et industriel ainsi que sous les infrastructures ferroviaires, en ce compris celles des transports vicinaux et leurs gares, cours à marchandises, etc. doit amener à développer une approche spécifique « remblais » au vu de l'ampleur des territoires concernés dans tout le bassin versant. Concernant les éventuels travaux d'aménagement pour juguler les inondations, toute intervention visant la rectification des rives et des murs de berges doit être envisagée en prenant en considération le risque de présence de sols pollués.

Les retombées aériennes (Figure 7. e.7)

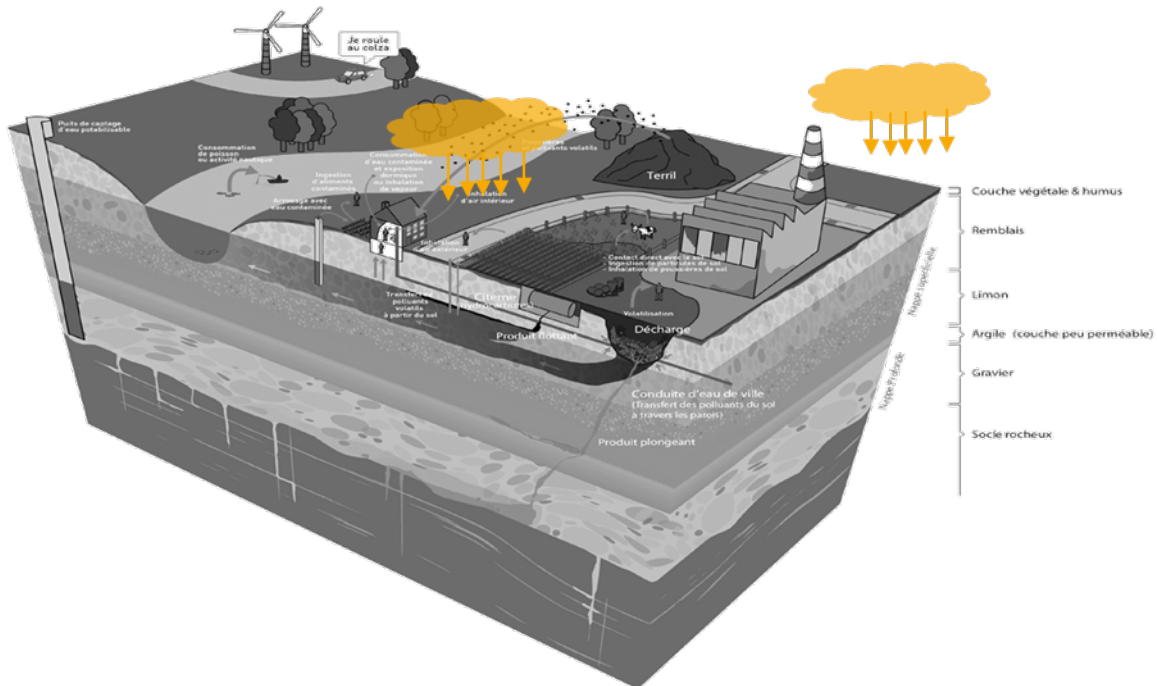


Figure 7. e.8 – Bloc diagramme illustrant les différents types de sources de pollutions potentielles. SPAQuE. Complément de mise en évidence de la thématique retombées aériennes : LEMA 2022.

Cet aspect est développé dans le chapitre suivant relatif aux concentrations de fond. Au niveau des retombées directes à proximité des activités qui ont rejeté dans l'atmosphère des polluants, le cas des industries métallurgiques de Trooz doit être souligné en tant qu'illustration de l'impact spécifique de ce type de voie de diffusion.

En effet, pendant plus d'un siècle, les industries métallurgiques de Trooz ont rejeté des fumées chargées en métaux lourds (Figure 7. e.9). Ces éléments se sont ensuite déposés sur les versants de part et d'autre de la vallée de la Vesdre. L'enrichissement ainsi provoqué a modifié profondément la faune et la flore locale, empêchant le développement de la végétation que l'on retrouve habituellement dans les autres parties de la vallée. Seules les espèces supportant les métaux lourds ont pu résister et se développer au sein de ces pelouses calaminaires, qui ont aujourd'hui été classées comme site Natura 2000 (Figure 7. e.10).

Au-delà de ce cas paroxystique, il convient d'être attentif à la présence de pollutions potentielles dans d'autres compartiments du bassin versant vu l'importance des activités minières métallurgiques qui s'y sont développées tout au long des siècles.

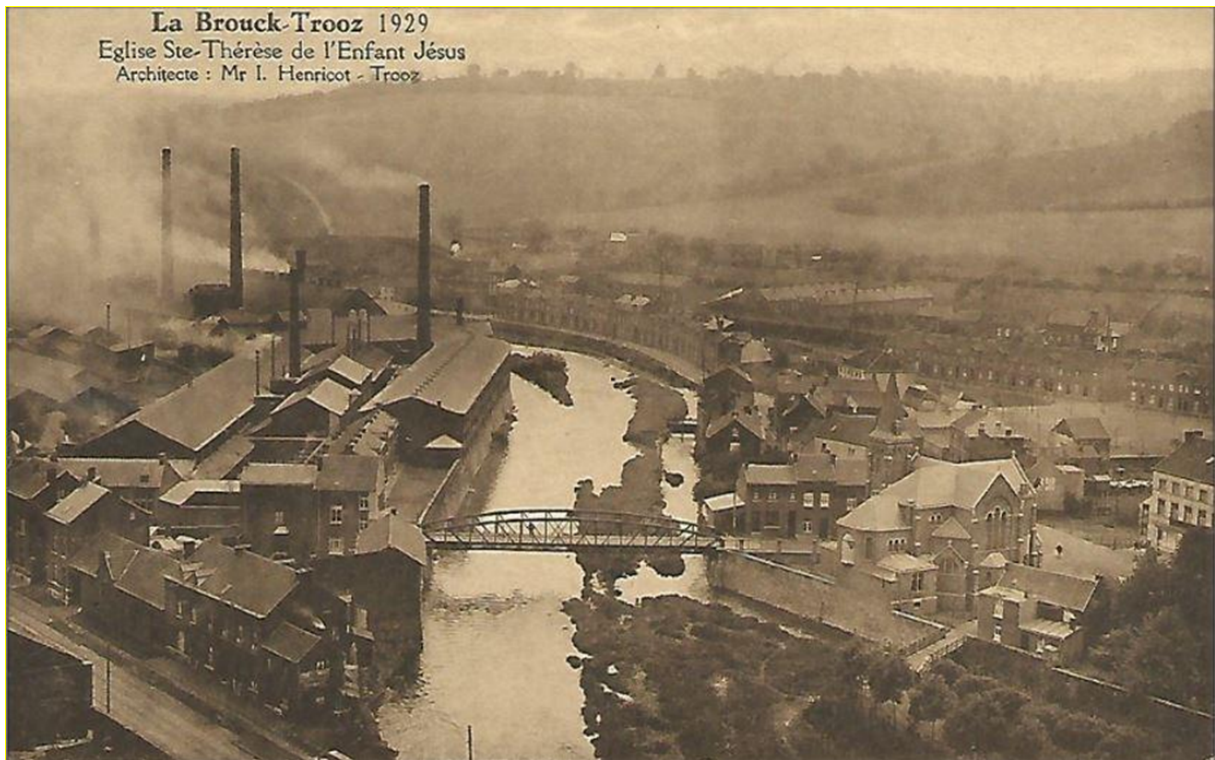


Figure 7. e.9 – Les usines métallurgiques de Trooz rejetant leurs fumées chargées en métaux lourds en 1929. Source : Delcampe.



Figure 7. e.10 – Vue des pelouses calaminaires de Trooz. J. Privot 2022.

Contexte pédo-géochimique et concentration de fond

Contexte pédo-géochimique

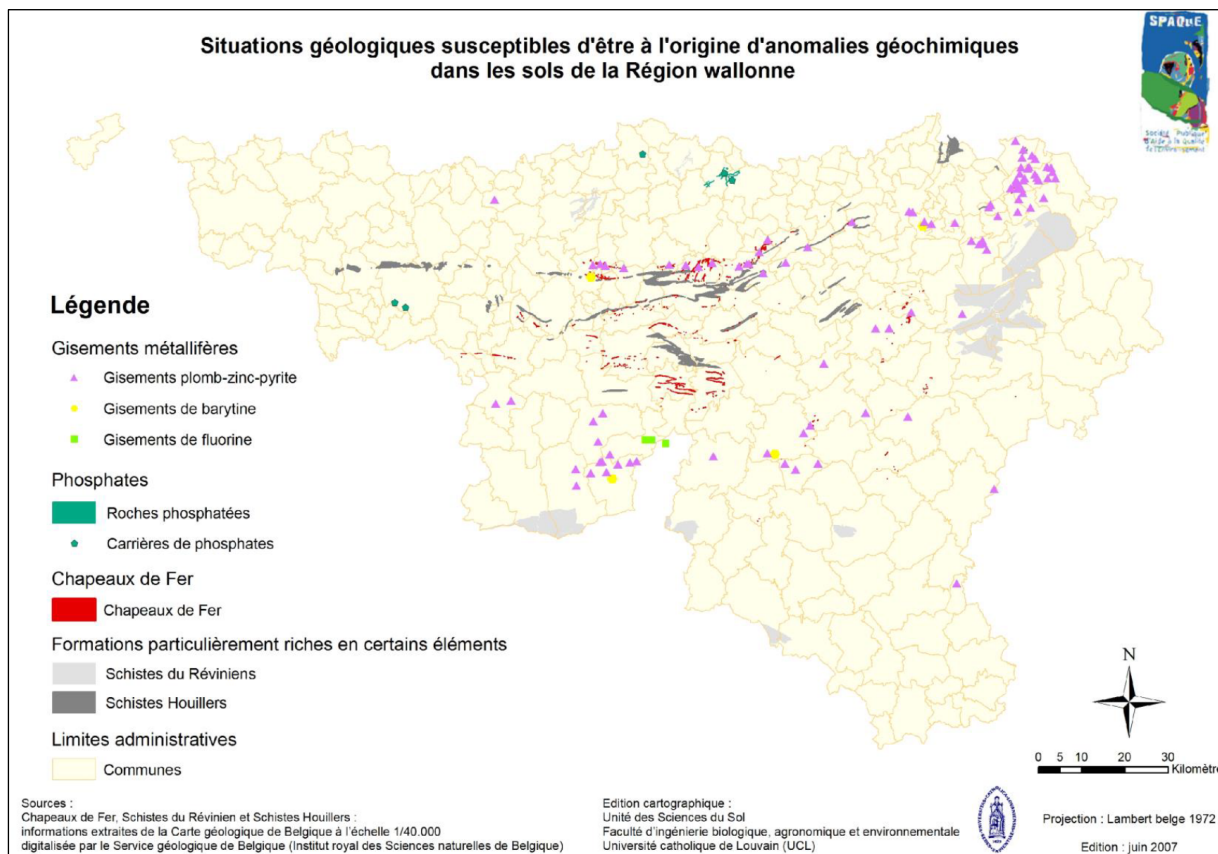
L'ensemble des sols du territoire wallon est concerné par la présence d'éléments inorganiques naturels de type métaux et métalloïdes : Arsenic, Cadmium, Cobalt, Chrome, Cuivre, Mercure, Nickel, Plomb et Zinc (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb et Zn). Ces éléments sont dispersés en quantité variable selon chaque élément. La dispersion géographique et les quantités dépendent des caractéristiques de la géologie locale d'une part et d'autre part des différents processus de pédogenèse à l'œuvre au fil des milliers et millions d'années qui nous

ont précédés. Ces processus de pédogénèse proviennent de l'altération physico-chimique des roches et des minéraux, de la migration des produits de l'altération et des cycles biogéochimiques (altération, extraction par des organismes vivants, etc.) (CBP n° 10, SPAQuE, 2008).

Dans le cas du bassin versant de la Vesdre, l'on retrouve nombreux filons métallifères qui ont participé à l'enrichissement des sols avec ces éléments inorganiques. Ces filons ont par ailleurs fait l'objet d'exploitation au cours du temps.

A l'échelle de la Wallonie, différents types de situations géologiques peuvent être à l'origine d'anomalies géochimiques. Telles que reprises sur la Carte 7. e.3 ci-dessous, au sein du bassin versant de la Vesdre, on retrouve les situations géologiques suivantes :

- gisements métallifères : plomb, zinc, pyrite d'Est en ouest ;
- gisements métallifères : barytine dans la commune de Chaudfontaine ;
- schistes houillers : Verviers, Dison, Thimister-Clermont et Welkenraedt ;
- schistes du révinien : Eupen, Baelen, Jalhay, Spa et Theux.



Carte 7. e.3 – Situations géologiques susceptibles d'être à l'origine d'anomalies géochimiques dans les sols de la Région wallonne. Source : UCL – SPAQuE 2007.

Concentrations de fond

En plus des éléments inorganiques naturels de type métaux et métalloïdes issus du contexte pédo-géochimique naturel, il faut prendre en considération les pollutions diffuses sur le territoire. La combinaison des éléments du contexte pédo-géochimique et des pollutions diffuses anthropiques constituent les concentrations de fonds. Les pollutions diffuses anthropiques proviennent essentiellement de deux voies de transfert (SPAQuE CBP n° 10) :

- les pratiques agricoles. Parmi celles-ci, les pratiques d'épandage d'amendement, d'engrais, de produits phytosanitaires, etc.) ;
- les retombées aériennes des activités humaines tout au long des siècles précédents. L'intensité des retombées aériennes dépend de facteurs de proximité et de l'orientation et la force des vents susceptibles de transporter les éléments.

En fonction de la proximité ou non d'activités rejetant dans l'atmosphère des fumées chargées en éléments ainsi que de l'orientation et la force des vents dominants (Ouest à Sud-Ouest), plusieurs configurations de diffusion de polluants sur le territoire pourraient être identifiées au sein du bassin versant de la Vesdre (Figure 7. e.11) :

- à l'intérieur des bassins industriels : au sein de chaque ancienne entité industrielle dans la vallée de la Vesdre on pourrait retrouver une pollution diffuse généralisée sans pouvoir identifier spécifiquement la source d'émission, chaque usine a participé à un « smog » global de polluants atmosphériques ;
- localement : pollutions plus intense retombée directement autour des usines émettrices et dont l'origine peut être identifiée (à Trooz les retombées des fumées des industries métallurgiques ont profondément modifiés les sols des versants en pelouse calaminaires) ;
- pollution atmosphérique de proximité : les usines peuvent impacter les sols par des retombées de polluants dans un rayon de quinze kilomètres, l'intensité est moins forte que localement. Dans le bassin versant, cela pourrait concerner les fonds de vallée non industrialisés tels qu'entre Nessonvaux et Pepinster, Verviers et Limbourg, Baelen et Eupen, Limbourg et Eupen, Theux et Spa, ainsi que les versants de ces fonds de vallée ;
- diffuse : une partie du Plateau de Herve avec les fumées en provenance de la vallée et des industries implantées sur le plateau dont une série de charbonnages depuis Liège jusque Battice, les plateaux de Jalhay et des Fagnes, etc.

Il convient également de prendre en considération que la forme des vallées encaissées dans lesquelles le vent s'engouffre peut également favoriser la dispersion de polluants atmosphériques sur de plus longues distances (Figure 7. e.12).

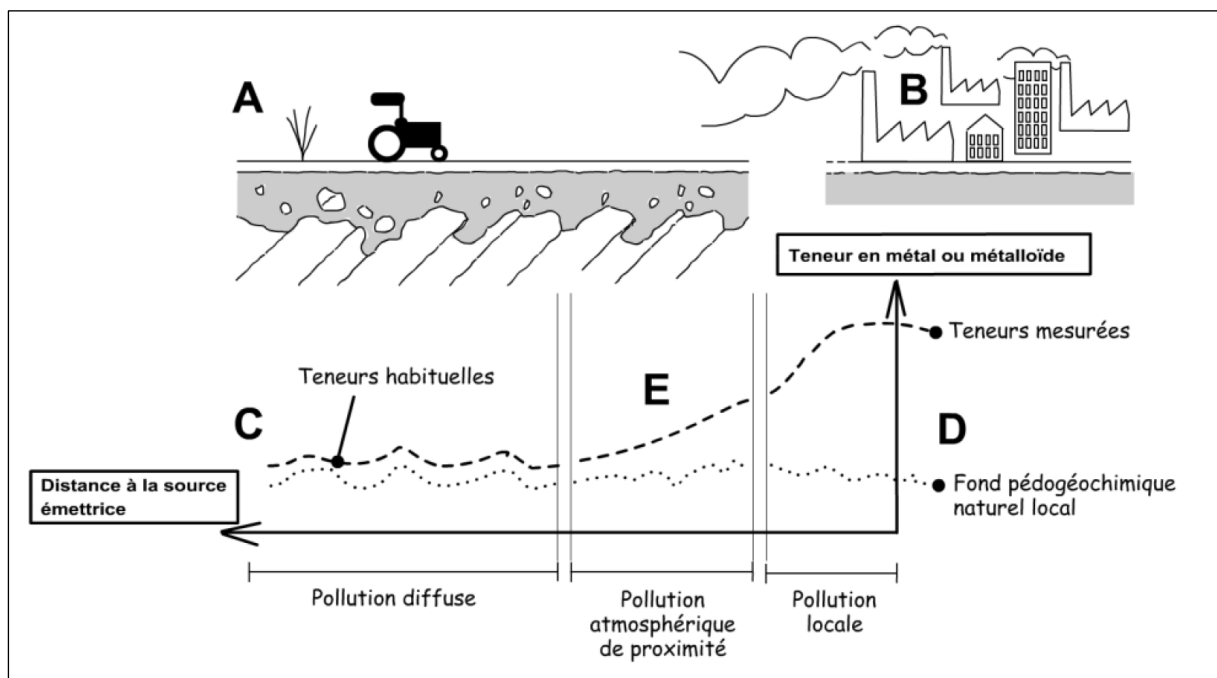


Figure 7. e.11 – Distinction entre pollution locale et pollution diffuse. SPAQuE CBP n° 10.

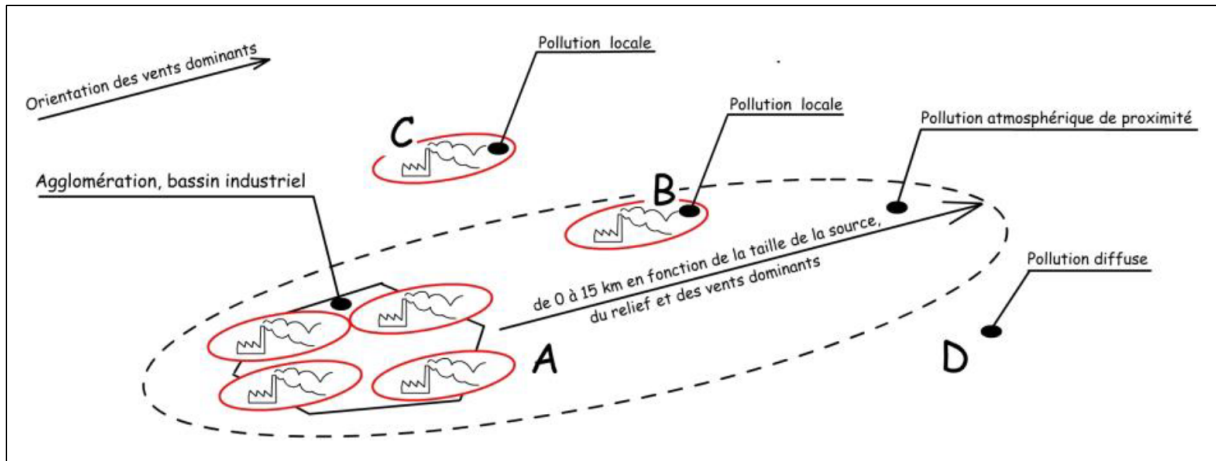


Figure 7. e.12 – Illustration de quatre différents contextes de pollution pouvant se présenter en Région Wallonne. SPAQuE CBP n° 10.

En outre, par rapport aux quatre configurations décrites ci-dessus, dans le cas du bassin versant qui a fait l'objet d'intenses activités tout au long des siècles et de manière disséminée, il est probable que celles-ci se soient superposées concomitamment ou à des temporalités différentes.

Il convient dès lors de garder à l'esprit cette spécificité de diffusion généralisée de polluants au sein de l'ensemble du bassin versant et ce quel que soit le lieu. L'apparence visuelle « naturelle » ou « champêtre » des lieux n'offre aucune certitude d'absence de pollutions.

La Figure 7. e.13 ci-dessous illustre l'accumulation potentielle de pollution en plus des éléments du fond pédogéochimique au regard des quatre situations décrites pour la figure précédente.

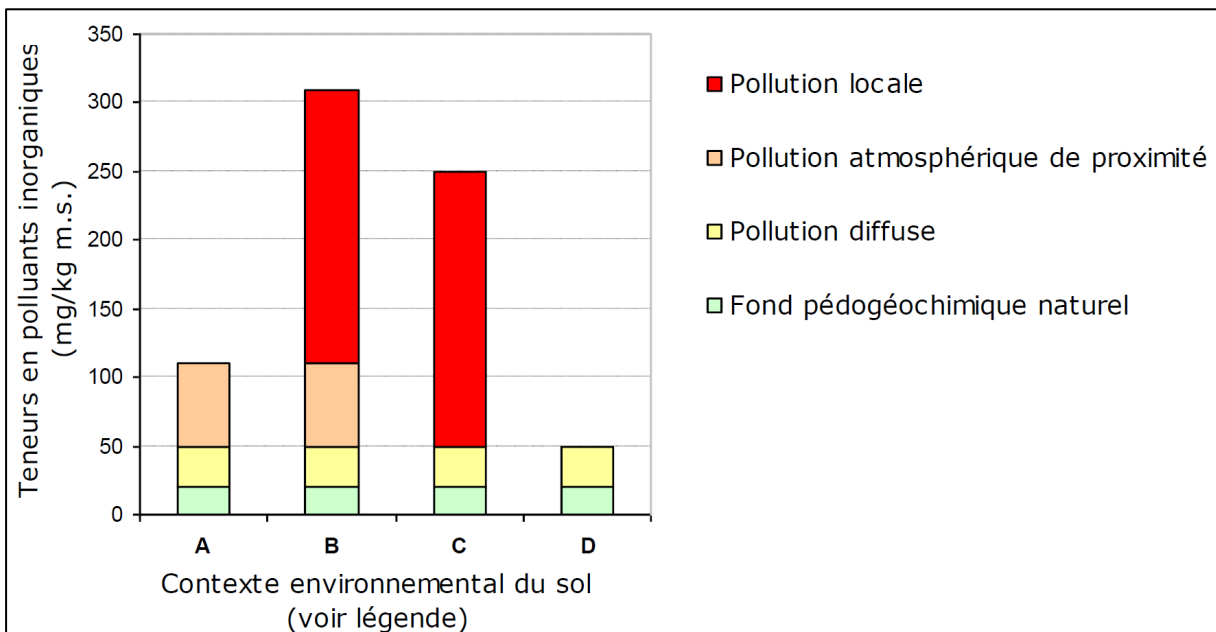


Figure 7. e.13 – Origine de la teneur en polluant inorganique mesurée dans un sol en fonction du contexte dans lequel il se trouve. SPAQuE CBP n° 10.

Dans le cadre de l'étude CAPASOL 6, différentes modélisations de retombées atmosphériques ont été réalisées en Wallonie sur base des industries historiquement émettrices par types d'émissions et de retombées (Figure 7. e.14 et Figure 7. e.15). Ces modélisations illustrent qu'une part importante du bassin versant est concernée par

les retombées atmosphériques issues des anciennes activités industrielles, présentes au sein du bassin versant mais également en provenance du bassin industriel liégeois, voir plus loin encore.

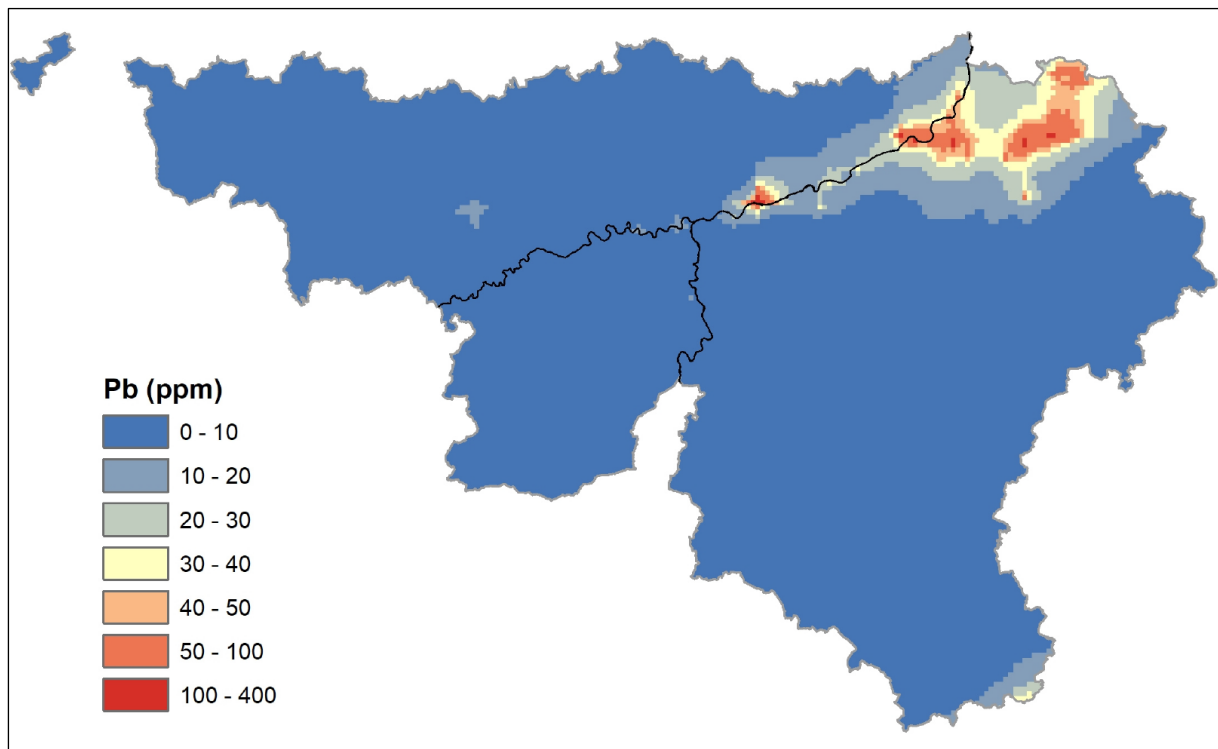


Figure 7. e.14 – Modélisation des retombées atmosphériques en Pb : prédiction de l’augmentation des teneurs dans l’horizon de surface du sol. (CAPASOL 6, Rapport final, 2018).

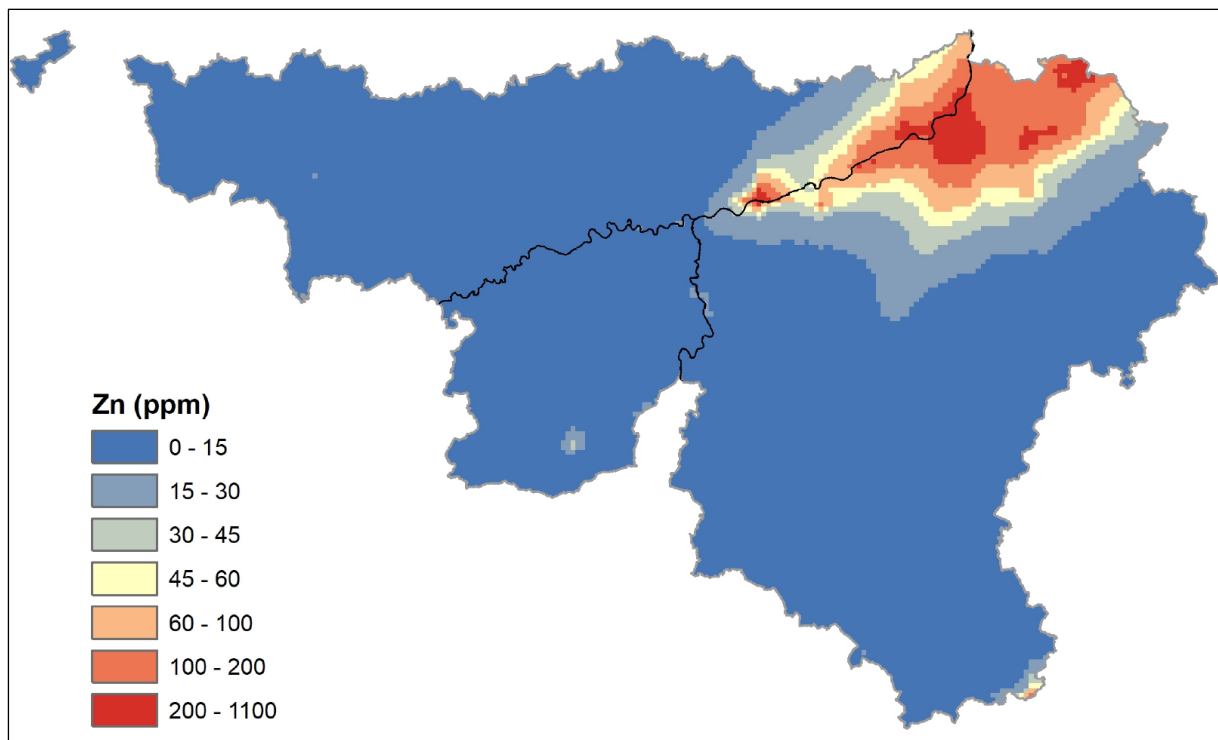


Figure 7. e.15 – Modélisation des retombées atmosphériques en Zn : prédiction de l’augmentation des teneurs dans l’horizon de surface du sol. (CAPASOL 6, Rapport final, 2018).

A ces retombées anthropiques diffuses au sein du bassin versant, pour chaque élément inorganique de type métaux et métalloïdes : Arsenic, Cadmium, Cobalt, Chrome, Cuivre, Mercure, Nickel, Plomb et Zinc, une cartographie spécifique en montre la variabilité au sein du territoire des concentrations de fond (combinaison du fond pédo-géochimique naturel et des pollutions diffuses anthropiques) (Figure 7. e.16 et Figure 7. e.17).

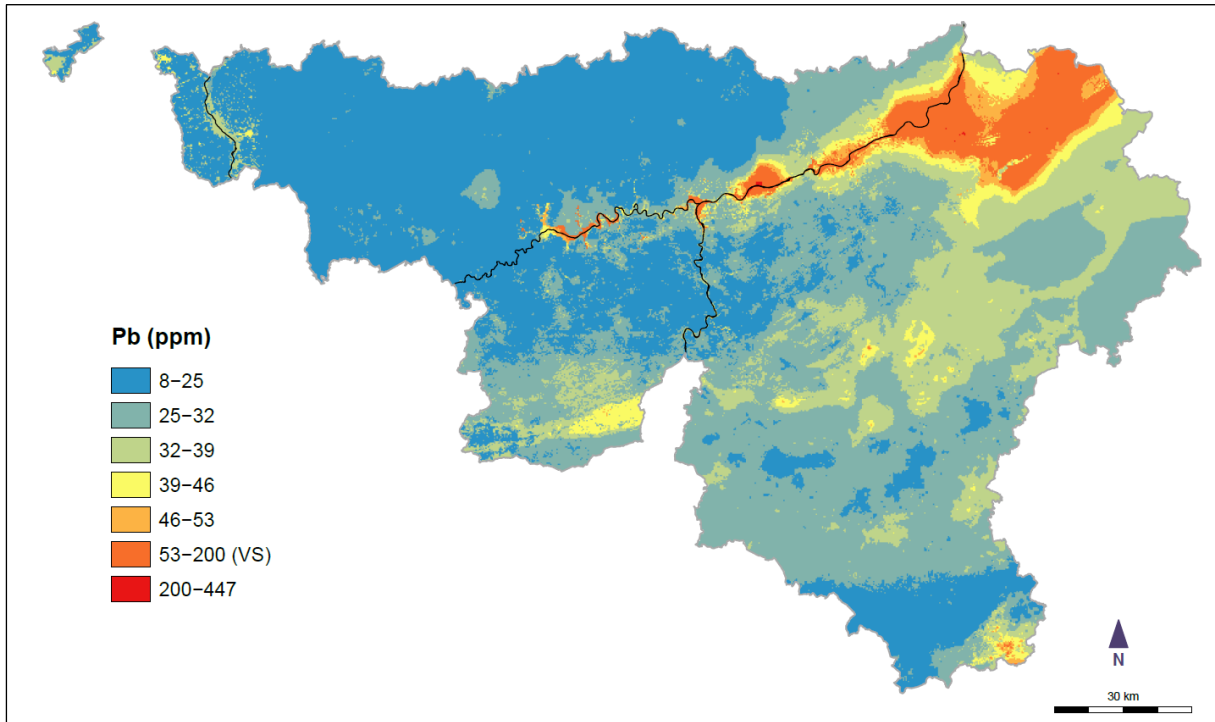


Figure 7. e.16 – Concentration de fond du plomb : Teneur attendue dans un sol agricole en Wallonie. (CAPASOL 6, Rapport final, 2018).

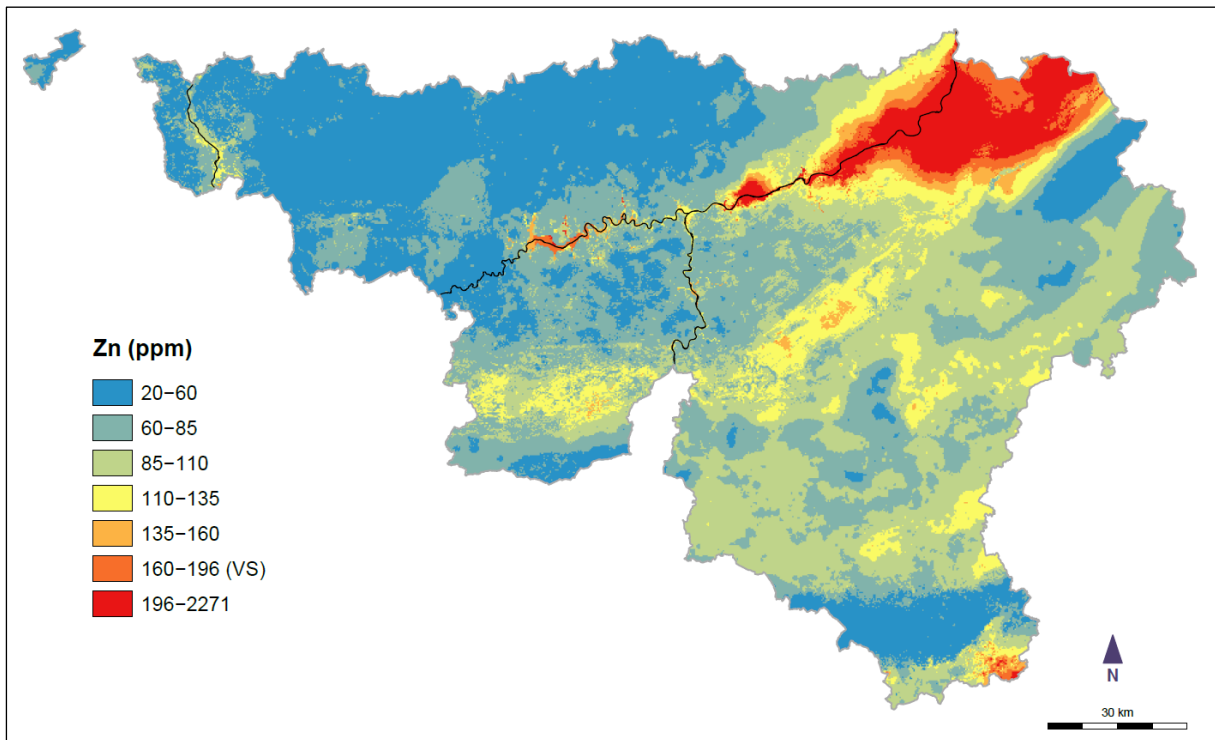


Figure 7. e.17 – Concentration de fond du zinc : Teneur attendue dans un sol agricole en Wallonie. (CAPASOL 6, Rapport final, 2018).

Cette situation particulière de variabilité pour chaque élément démontre la complexité de toute analyse pour la gestion des sites et sols pollués au sein du bassin versant puisqu'il convient de faire la distinction entre l'état des concentrations de fond et les apports spécifiques d'une installation qui a pollué un terrain par ses activités.

Complémentairement, la présence de concentrations de fond susceptibles de dépasser les différentes valeurs seuils (VS) obligent à envisager une stratégie générale à l'échelle du bassin de gestion des sols et des terres, notamment dans le cas de travaux d'aménagement pour juguler les inondations mais aussi pour guider les futures trajectoires agricoles, maraîchères qui vont se développer, en lien avec une adaptation aux changements climatiques, à la préservation de la biodiversité et en circuits courts.

Diverses réflexions sont en cours à ce sujet, entre autres suite à l'arrêt temporaire de certaines exploitations maraîchères au début de l'année 2022 sur les hauteurs d'Olne et le plateau de Herve.

Gestion de l'assainissement des sites et sols potentiellement pollués au regard des coûts

La gestion des pollutions, selon les cas de figure, peut représenter un impact budgétaire important (surcoûts et moins-values) qui s'explique par :

- les coûts d'études spécifiques (étude d'orientation, de caractérisation, combinée, de risques résiduels, plan d'assainissement, etc.) ;
- l'allongement des délais dans le processus de conception de projet et les modifications de projets ;
- un processus de demande d'autorisation spécifique à prendre en considération ;
- les coûts de gestion des pollutions et la durée du chantier d'assainissement ;
- les restrictions d'usage éventuelles qui peuvent rendre un projet moins attractif.

Concernant les projets de développements immobiliers, ces surcoûts engendrés par la gestion des pollutions sont répercutés au niveau des prix de vente des biens immobiliers. Or, dans le cas spécifique du contexte wallon, l'intégration de ces surcoûts peuvent rendre les développements immobiliers non compétitifs par rapport à des développements sur des terrains préservés de toute pollution. En effet, comme l'expose le graphique ci-après (Figure 7. e.18), de manière générale, les prix des terrains en Wallonie sont relativement bas comparativement aux prix pratiqués à Bruxelles et en Flandre par exemple ou dans d'autres pays. L'impact d'un surcoût est directement perceptible et dessert les vellétés de recyclage de foncier dégradé.

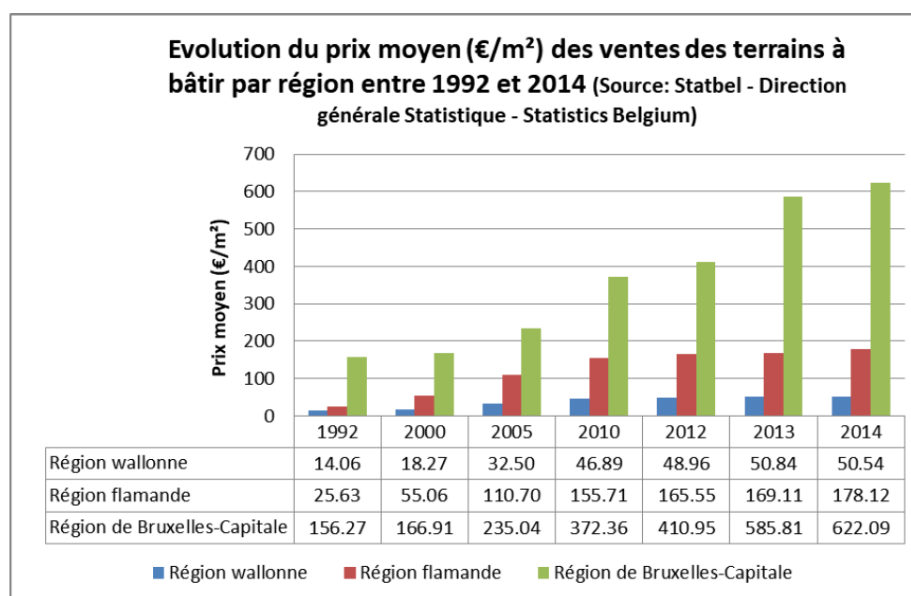


Figure 7. e.18 – Évolution du prix moyen (€/m²) des ventes des terrains à bâtir par région entre 1992 et 2014. Source : Statbel – Direction générale statistique – Statistics Belgium.

Le modèle ABC représenté dans le graphique réalisé par le réseau européen de recherche en la matière, CABERNET (Concerted Action on Brownfield and Economic Regeneration Network), illustre les trois situations rencontrées (Figure 7. e.19).

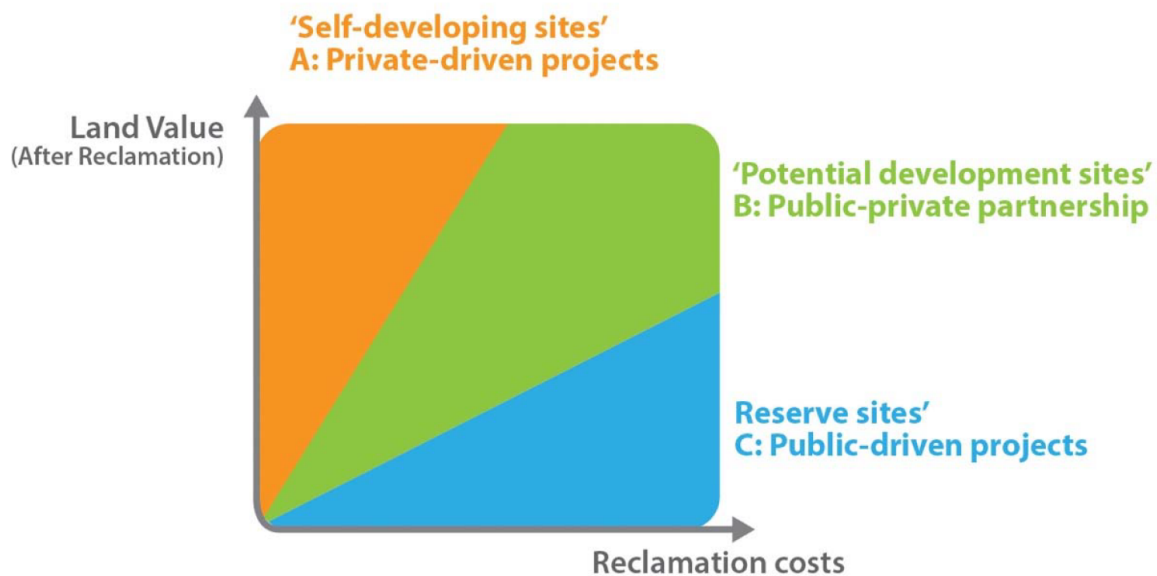


Figure 7. e.19 – Le modèle ABC-Cabernet : le potentiel économique d'utilisation des terrains (potentiellement) pollués exprimé en fonction du coût du réaménagement - en ce inclus les coûts de la gestion des pollutions du sol - et de la valeur foncière du bien après réaménagement. Ce modèle illustre les modes de portages opportuns en fonction des coûts de réaménagement et de la valeur foncière de sortie. Source : project CABERNET Sustainable Brownfield Regeneration: CABERNET Network Report.

Situation A : les coûts de réaménagement, en ce inclus les coûts de gestion des pollutions, sont couverts par la valeur foncière de sortie et/ou par les prix de vente des biens immobiliers. Cette configuration correspond aux projets portés par le secteur privé qui est ainsi en capacité de traiter l'assainissement vu la rentabilité économique globale de l'opération.

Situation B : les coûts de réaménagement, en ce inclus les coûts de gestion des pollutions, ne sont plus couverts par la valeur foncière de sortie et/ou par les prix de vente des biens immobiliers. La rentabilité économique n'est pas assurée à cause des surcoûts et la prise de risque pour un opérateur privé seul peut s'avérer rédhibitoire. Dès lors, un soutien par le secteur public est nécessaire pour retrouver un équilibre. Ce soutien peut prendre diverses formes : subsides directs ou indirects, réduction ou suppression de charges d'urbanisme, participation dans l'opération via la mise en place d'un partenariat public-privé, etc. A titre d'exemple, en Wallonie, la procédure de subsides SAR est conçue dans cette optique d'apporter potentiellement une aide financière lors d'une opération de réaménagement.

Situation C : les coûts de gestion des pollutions déséquilibrent totalement la balance économique de l'opération au regard de la valeur foncière de sortie et/ou des prix de vente des biens immobiliers. Le secteur privé ne s'engage pas dans ce type d'opération. Seul le secteur public, en charge d'une mission d'intérêt général peut mettre à disposition des moyens financiers adéquats pour réaliser une telle opération. C'est d'ailleurs le genre d'opérations réalisées par les opérateurs publics tels que la SPAQuE, la SORASI, la SARSI, etc.

Alors que les valeurs foncières en Wallonie évoluent peu et que de manière générale, les prix de vente de sortie des opérations immobilières ne seront sans doute pas suffisants pour supporter les coûts de gestion des

pollutions, le modèle ABC de Cabernet, permet d'identifier rapidement les conditions ou les leviers pour inciter l'amplification des opérations de recyclage du foncier dégradé :

- réduction des coûts de gestion des pollutions notamment par une optimisation des techniques mises en œuvre et des projets au regard des polluants en présence ;
- réduction des prix d'achat du foncier dégradé : avec l'expérience de l'application du décret sol, on constate que les opérateurs professionnels visent à dégrever les coûts de la gestion des pollutions du prix d'achat des biens immobiliers. Ce qui conduit parfois à des prix de vente négatifs ;
- renforcement du soutien du secteur public aux opérations de recyclage du foncier dégradé, que ce soit par une augmentation des subsides, par des montages immobiliers spécifiques en partenariat, etc. ;

La mise en place du ZAN (Zéro Artificialisation Nette) avec une réduction progressive de l'artificialisation jusqu'en 2050 pour arriver à zéro artificialisation nette au-delà de cette date, devrait favoriser les opérations de recyclage du foncier dégradé, notamment via l'augmentation de la pression foncière ayant pour conséquence une augmentation de la valeur foncière.

Dans le cas du bassin versant de la Vesdre, à quelques exceptions, la capacité des valeurs foncières à supporter les surcoûts de gestion des pollutions reste faible. C'est peut-être un élément d'explication du faible taux de recyclage du foncier dégradé par le secteur privé seul. Cela signifie que dans ce contexte particulier, le secteur public va devoir s'investir fortement pour amplifier les opérations de recyclage du foncier dégradé.

iv. Discussion

Le développement du bassin versant de la Vesdre est intimement lié à la présence de gisements géologiques (minerais, charbon, etc.) et des cours d'eau qui ont apporté la force motrice, l'eau et la possibilité d'évacuer les effluents de toutes sortes.

Ces caractéristiques spécifiques qui ont été des atouts indéniables doivent faire l'objet d'une vision attentive et d'un soin particulier afin d'une part les prendre en considération dans toute décision, tout projet d'aménagement. D'autre part, afin de « réparer » ou à tout le moins de « gérer » les conséquences d'un passif d'activités humaines.

Le bassin versant de la Vesdre est concerné par un fond pédo-géochimique naturel spécifique qui amène à devoir considérer une série d'éléments hors norme (au regard du Décret Sol) mais qui ne devraient pas être considérés comme des pollutions. Cela concerne les métaux lourds essentiellement. Ce fond pédo-géochimique particulier peut requérir l'application de mesures de gestion « administratives », des mesures d'hygiène ou encore phytotechniques pour prévenir les transferts vers les usagers de ce territoire.

A ce fond pédo-géochimique spécifique, s'ajoute des pollutions anthropiques en sous diverses formes : diffuses pour les retombées aériennes, ponctuelles liées aux activités industrielles par exemple, diffuses par la présence de nombreux remblais généralisés dans les fonds de vallée (pour mettre les terrains hors eau ou les aplanir) ou encore concentrées sur des sites anciens sites industriels ou charbonniers.

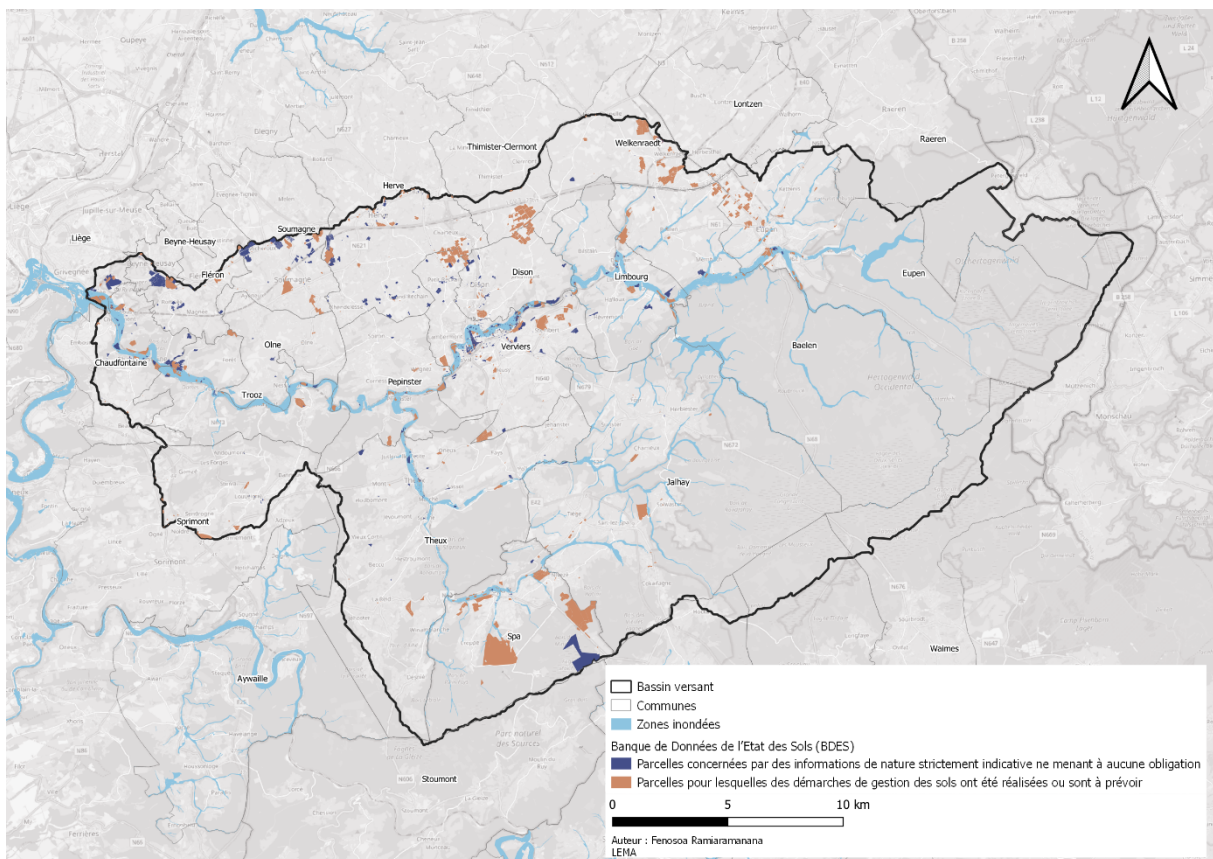
Par ailleurs, les cours d'eau principaux, la Vesdre, la Hoëgne, la Helle et la Soor, la Magne, etc. sont concernés par la présence de sédiments pollués, notamment en métaux lourds, issus des anciennes activités industrielles qui se sont développées au long des siècles.

Les inondations ont généré des impacts ponctuels de pollutions par les hydrocarbures notamment. Elles ont aussi concouru à remettre en suspension les sédiments présents au fond des cours d'eau et à les redéposer en d'autres lieux.

A ce stade-ci, nous ne bénéficions pas encore d'analyses suffisamment avancées que pour maîtriser la situation environnementale globale des terres et sols du bassin versant de la Vesdre au regard de son histoire géochimique et de ses interactions avec les activités récentes ou plus anciennes.

Il ressort également de cette approche-ci que les informations délivrées par la BDES constituent une base de données nécessaire mais pas encore suffisante à ce stade-ci (Carte 7. e.4). Il s'agit d'une « banque de données » qui centralise toutes les informations qui lui sont transmises. Elle est alimentée en permanence d'une part et d'autre part, elle ne reprend pas de manière systématique la problématique des remblais pollués en fond de vallée ou sur les plateaux. Elle n'apporte pas d'information quant aux pollutions diffuses, etc.

Une analyse qui se baserait uniquement sur la BDES serait d'office lacunaire à ce stade-ci de sa constitution. Il convient dès lors de toujours se référer à des documents historiques pour identifier les éventuelles sources de pollutions potentielles sur le territoire, quelle que soient les apparences des terrains concernés.



Carte 7. e.4 – Base de données de l'état des sols (BDES) au sein du bassin versant et zone inondée. Sources : BDES-SPW- ARNE, Zone inondée – SPW-TLPE, Fond topographique IGN 2022. LEMA 2022.

v. Conclusion

L'adaptation du bassin versant aux impacts climatiques futurs va sans doute nécessiter des modifications du relief ou des usages du sol qui sont susceptibles d'être confrontés aux problématiques de sites et de sols pollués ou concernés par des concentrations de fond hors normes. Si aucune vision spécifique à ce sujet n'est mise en place de manière globale, on peut craindre des surcoûts de gestion et de traitement qui pourraient remettre en cause les aménagements ou grèveraient intensément les finances publiques et qui plus est pourraient porter atteinte à la santé, aux écosystèmes et aux nappes.

Il conviendra de discriminer les origines des éléments rencontrés (naturelles, anthropiques, récentes ou historiques) et apporter la prise en compte adéquate et circonstanciées à leurs égards.

Toute intervention dans les cours d'eau (avec des sédiments vraisemblablement concernés par des pollutions potentielles) et autour de ceux-ci doit anticiper la gestion du risque de pollutions potentielles. Il en est de même pour la gestion d'anciens biez ou de biez à remettre en activité.

Cette approche globale visera également à considérer tant les besoins en déblais (pour élargir le lit par exemple) qu'en remblais (pour mettre en place des retenues d'eau) à l'échelle du bassin versant pour assurer un équilibre le plus pertinent notamment au regard des spécificités des sites d'origine que de ceux d'accueil.

Au sein du bassin versant, une attention particulière devra est prise à l'égard du secteur agricole et maraîcher au regard des concentrations de fonds qui pourraient remettre en cause le développement d'une production locale en circuits courts par exemple. Notamment dans la perspective d'une gestion agricole différenciée comme moyen de gestion des impacts climatiques.

Par ailleurs, en termes d'aménagement du territoire et d'urbanisation, une attention particulière devra être apportée pour gérer les sites pollués les plus problématiques et continuant encore potentiellement à diffuser des polluants dans le réseau hydrographique.

Une recherche exhaustive des anciennes décharges communales ou privées devra être réalisée pour s'assurer que celles-ci ne polluent pas le réseau hydrographique d'une part et d'autre part ne constituent un frein aux développements d'activités humaines dont la gestion des inondations. Il ne conviendrait pas que l'on découvre en cours de réalisation qu'un site retenu pour le stockage d'eau soit situé au droit d'une ancienne décharge.

vi. Références

- CABERNET COORDINATION TEAM (2006) Sustainable Brownfield Regeneration: CABERNET Network Report, Nottingham, University of Nottingham, UK.
- DENAYER J., PACYNA D., BOULVAIN F. (2011). Le minerai de fer en Wallonie, cartographie, histoire et géologie. ULiège - DGO3, Direction de Risques industriels, géologiques et miniers. Jambes.
- GOUVERNEMENT WALLON (2018), AGW du 5 juillet 2018 relatif à la gestion et à la traçabilité des terres et modifiant diverses dispositions en la matière.
- GOUVERNEMENT WALLON (2018), Décret relatif à la gestion et à l'assainissement des sols.
- PEREIRA B., VANDEUREN A., DELMELLE P. (2018) Rapport final de la convention de recherche intitulée : "Gestion des concentrations de fond élevées à l'échelle régionale : mesure et diagnostic du risque adapté aux spécificités du contexte wallon" (acronyme : CAPASOL 6).
- PEREIRA B., VANDEUREN A., SONNET P. (2013) Aide à l'expert pour la proposition de concentrations de fond dans le cadre du décret du parlement wallon du 5 décembre 2008 relatif à la gestion des sols.
- SONNET PH. (COORD.), BOCK L., BOGAERT P., COLINET G., DELCARTE E., DELVAUX B., DUCARME F., LAROCHE J., MAESEN P., MARCOEN J. & WIBRIN M. (2003), Établissement et cartographie des teneurs brutes de fond en éléments traces métalliques (ETM) et micro-polluants organiques (MPO) dans les sols de la Région Wallonne. Rapport final du groupe d'étude APPP, "Application de la pédologie aux problèmes de pollution" (SPAQUE - UCL - FUSAGx - BEAGx - CAFX), UCL, unité des sciences du sol.
- SPAQuE (2008). Guide pour la définition des concentrations de fond en polluants dans les sols. Cahiers de Bonnes Pratique N° 10, CBP-10-1.0-0803.

f. Anciens sites d'activités : impacts et remobilisation

Auteur : Joël Privot, LEMA, ULiège.

i. Introduction

Le bassin versant de la vallée de la Vesdre est témoin d'une importante activité pré-industrielle et industrielle, qui s'est établie en raison des différents gisements de minerais (le zinc et le plomb par exemple), de roches (calcaire pour des fours à chaux par exemple), de matières premières (le bois, la tourbe, le charbon, l'argile, etc.) ainsi que pour la force hydraulique et la qualité des eaux.

C'est donc un territoire qui, dans son ensemble, a connu une activité soutenue au gré des époques. Un certain nombre d'entreprises tendent aujourd'hui à se localiser dans les grandes zones d'activités économiques localisées le long des autoroutes ou à proximité de celle-ci sur les plateaux (les Plénesses, l'East Belgium Park, Battice, Sprimont, etc.) ainsi que de parcs d'activités plus modestes comme celui d'Olne. Un certain nombre d'industries ont fermé ou se sont déplacées, délaissant ainsi des parties de territoire laissées en friches.

Suite à la réflexion induite par la Communication de la Commission européenne relative à la politique de « no let land take », les friches sont de plus en plus perçues comme autant de gisements d'opportunités pour répondre aux besoins futurs plutôt que comme fardeaux hérités de l'histoire. Cependant, ces sites doivent être abordés avec circonspection au regard des pollutions potentielles qui peuvent y être présentes et dont la gestion est encadrée par une législation spécifique qui nécessite une série de démarches préalables à tout projet (étude d'orientation au départ) afin d'assurer une optimisation entre la gestion des pollutions et le projet envisagé afin de juguler au mieux les coûts de gestion.

De manière classique, les friches sont abordées pour y redévelopper de nouvelles activités économiques, de l'habitat ou encore des équipements publics de toutes sortes (hall de sport, administration, bâtiments, techniques, etc.). Ces approches de redéveloppement courantes sont connues et font partie des réflexions urbanistiques. Or, les friches sont également mobilisables pour un large panel d'autres usages. Ceux-ci sont moins explorés habituellement, notamment par les développeurs, car ils ne présentent pas de retour financier direct au regard des investissements consentis pour les remobiliser.

Dans le cadre de ce présent diagnostic, il importe de faire un focus spécifique sur le potentiel de mobilisation de ces friches dans le cadre de la gestion des impacts climatiques. Les autres approches de remobilisation classiques des friches ne seront pas développées expressément car déjà appliquées en partie au sein du bassin versant de la Vesdre et de manière plus générale en Wallonie.

Pour identifier ce potentiel de mobilisation, la question des friches est abordée selon deux angles :

- Identification des friches impactées par les inondations de juillet 2021 ;
- Analyse de l'intérêt que les friches présentent pour la gestion potentielle des inondations futures.

En effet, à l'échelle du bassin versant de la Vesdre, selon les bases de données du SPW-TLPE, on dénombre :

- 59 hectares de terrils ;
- 188 hectares de Sites à Réaménager (sites dont le périmètre a été reconnu légalement définitivement ou provisoirement par un arrêté) ;
- 431 hectares de sites repris à l'inventaire des sites à réaménager (couche ISA).

Ces chiffres bruts sont à nuancer (certains sites figurent au sein d'une à deux bases de données) mais ils démontrent quand même l'intérêt d'aborder la question du potentiel que représente ce gisement territorial pour la gestion future des impacts climatiques ou le développement de la biodiversité.

ii. Méthodologie

Identification des friches impactées par les inondations

L'analyse des friches impactées par les inondations est fondée sur le croisement de trois bases de données fournies par le SPW-TLPE (SAR, ISA et Terril) et la zone inondée de la mi-juillet fournie par le SPW-TLPE.

Au sein du bassin versant, on dénombre 74 SAR, 393 sites ISA et 20 Terrils.

Potentiel des friches dans la gestion globale des inondations

L'analyse de ce potentiel repose sur le croisement des trois bases de données fournies par le SPW-TLPE (SAR, ISA et Terril) et la cartographie des aléas d'inondation.

Plusieurs typologies de sites sont présentées pour illustrer les potentiels de gestion des inondations : élargissement du lit de cours d'eau, espace pour temporiser l'eau, espace à préserver d'imperméabilisation, etc.

Limites des données

Les couches SAR, ISA et Terril, sont ici considérées de manière « brute » afin de pouvoir fournir un aperçu de l'impact des inondations sur ces parties de territoire. Cependant, il convient de garder à l'esprit que ces données représentent soit une situation de droit (SAR et Terril) soit une situation de fait (ISA, sites correspondant à la définition du CoDT) prise antérieurement. Or, les situations réelles sur le terrain diffèrent de ce que les périmètres leur attribués renseignent. Pour rappel, la définition d'un site à réaménager donnée par le CoDT en son Article D.V.1. 1° est : « *un bien immobilier ou un ensemble de biens immobiliers qui a été ou qui était destiné à accueillir une activité autre que le logement et dont le maintien dans son état actuel est contraire au bon aménagement des lieux ou constitue une déstructuration du tissu urbanisé ; n'est pas considérée comme étant exercée l'activité de toute personne physique ou de toute personne morale qui n'est pas en règle avec les dispositions légales qui régissent l'exercice de son activité ; le site est délimité par le périmètre comprenant l'ensemble des biens immobiliers visés ci-dessus ; le périmètre peut également s'étendre :*

- a) *à un ou des biens immobiliers ou parties de biens immobiliers encore affectés à une activité, à la condition que le réaménagement du site permette la poursuite de cette activité ;*
- b) *à un ou des biens immobiliers ou parties de biens immobiliers, sièges d'une activité mais occupés à titre précaire ;*
- c) *à un ou des biens immobiliers ou parties de biens immobiliers affectés ou destinés au logement ».*

Ainsi un site repris avec un périmètre SAR (périmètre avec un arrêté de reconnaissance provisoire ou définitif) peut avoir entretemps fait l'objet d'une opération de recyclage. Cependant le périmètre perdure dans le temps, car il n'existe pas de mécanisme pour retirer le périmètre une fois la reconversion finalisée.

Il en est de même pour les sites ISA, dont la situation peut avoir évolué depuis l'inventaire réalisé en 2015 par le consortium Converto-Lepur-Walphot pour le SPW-TLPE. Une mise à jour de cet inventaire est en cours. Bien que la couche des sites ISA se décline en plusieurs couches d'informations différentes, dont celle IVA qui représente le potentiel de reconversion d'un site, il nous semblait pertinent de considérer la couche dans son ensemble afin de maintenir une vision globale de la problématique.

Par ailleurs, de nouveaux sites répondant à ces caractéristiques sont apparus depuis 2015 mais ne sont pas encore repris dans cette base de données.

Il convient en particulier de souligner que les inventaires actuels ont été établis avant les inondations de juillet 2021. Le nombre de sites à réaménager (au sens de l'article D.V.1. 1° du CoDT) est susceptible d'augmenter suite aux événements, en raison de l'arrêt ou de la délocalisation, effective ou à venir, d'un certain nombre

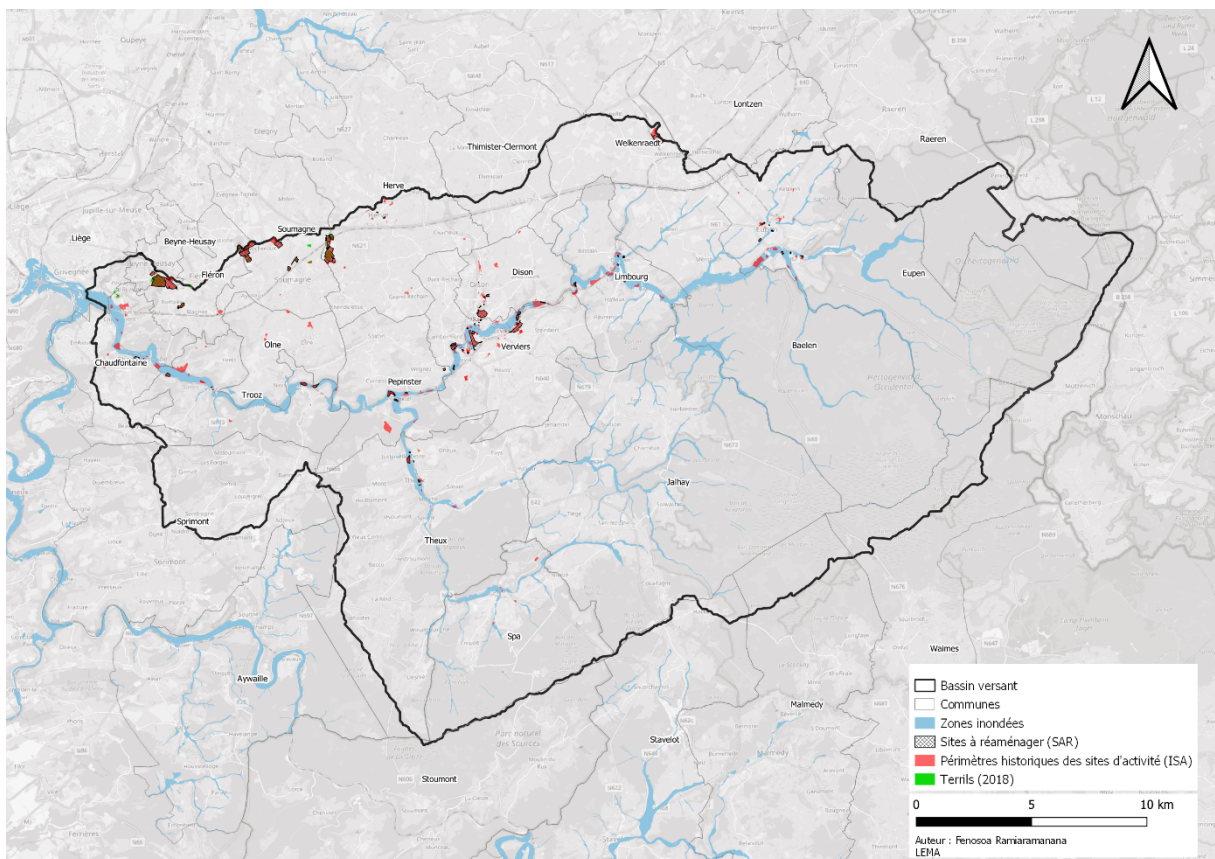
d'activités. Au vu du temps accordé à cette étude, nous nous sommes basés sur les données disponibles dans les inventaires existants. Le gisement estimé dans le cadre de ce diagnostic nous paraît dès lors sous-estimé au regard de la situation post-inondation.

Il s'agit de différents biais manifestes à prendre en considération dans le traitement de données.

iii. Résultats

Identification des friches impactées par les inondations

La Carte 7. f.1 ci-dessous regroupe les trois catégories de sites (SAR, ISA et Terrils) croisées avec la couche de la zone inondée fournie par le SPW-TLPE. De ce premier croisement, nous pouvons déjà mettre en évidence une série d'éléments selon chaque catégorie de sites.



Carte 7. f.1 – Sites repris dans les inventaires SAR, ISA et Terrils du SPW-TLPE et la zone inondée de mi-juillet 2021. (Source des données : SPW-TLPE, Fond de plan : carte topographique IGN). LEMA 2022.

SAR impactés par les inondations

Au niveau des sites bénéficiant d'un arrêté de reconnaissance de périmètre SAR, trente-cinq d'entre eux ont été touchés par les inondations, ce qui représente 30,8 hectares, soit 16% de la surface totale des 188,9 hectares de SAR au sein du Bassin Versant de la Vesdre (Tableau 7. f.1).

Les sites globalement atteints sont ceux situés en en fond de vallée de la Vesdre et de son affluent la Hoëgne ainsi que le long du ruisseau Stadtbach à Eupen et le ruisseau de Baelen à Limbourg.

SAR	Dans le BV		Inondés en tout ou en partie		Proportion BV/inondés	
	Nombre	Surface (ha)	Nombre	Surface (ha)	% (nombre)	% (surface)
Chaufontaine	1	1,7	1	1,7	100 %	100 %
Olne	1	1,8	1	1,8	100 %	100 %
Limbourg	5	2,6	5	2,6	100 %	99 %
Eupen	7	4,1	5	1,7	71 %	42 %
Theux	5	4,3	5	4,2	100 %	98 %
Trooz	4	4,6	4	4,6	100 %	100 %
Pepinster	4	5,7	3	4,4	75 %	77 %
Dison	10	13,0	1	0,6	10 %	5 %
Verviers	17	29,7	10	9,3	59 %	31 %
TOTAL	74	188,9 ha	35	30,8 ha	47 %	16 %

Tableau 7. f.1 – Identification du nombre de SAR (source SPW-TLPE) dans le bassin versant de la Vesdre impactés par les inondations de la mi-juillet 2021 (source zone inondée SPW). Classement des communes selon l'ordre croissant de surface totale de SAR sur leur territoire. LEMA 2022.

En termes de reconversion ou d'usages, parmi les SAR impactés, on en retrouve peu à l'état de friches non reconverties et correspondant à la notion de sites à réaménager au sens de l'article D.V.1. 1° du CoDT :

- Trooz : La Fabrique Automobiles Impéria et la Filature Peters ;
- Pepinster : la Textile de Pepinster ;
- Verviers : le site HDB à Ensival, la Manufacture de feutres et chapeaux Valency, les Etablissements Péturkenne, les Ateliers Communaux et la S.A. Solaver ;
- Limbourg : l'Usine Chapuis et le site Hoeck ;
- Theux : Etablissement Fil cardé à Jusleville.

Plusieurs de ces sites SAR faisaient l'objet de projets de reconversion immobilière. Suite aux inondations, un certain nombre de projets de reconversion font à présent l'objet d'une réflexion : projet d'écoquartier porté par la SPI sur le site HDB à Ensival et projet porté par la société Lamy Construction pour la reconversion de La Fabrique Automobiles Impéria à Trooz.

Un projet de développement d'infrastructures sportives (hall) avait été envisagé pour le site des Ateliers Communaux à Verviers, connu sous le nom « des Couvalles ». Il semble que ce projet soit maintenu.

Le site de la Textile de Pepinster a déjà fait l'objet d'une première phase d'assainissement. Cependant, les budgets pour finaliser l'important assainissement ainsi que le manque de maîtrise foncière globale du site, morcelé entre multiples propriétaires, pénalisent la reconversion. Le site est depuis plusieurs années en attente d'un déblocage de la situation.

A Limbourg, la reconversion du site Hoeck est liée à la construction de la future administration communale et de parkings, après l'assainissement du site.

Quant aux SAR reconvertis en tout ou en partie, ils accueillent une diversité d'activités, gérées par le secteur public ou privé dont notamment :

- bâtiments industriels reconvertis en logements privés avec activités économiques au rez : Theux ;
- nouvel ensemble d'immeubles d'appartements privés avec commerces au rez : Pepinster ;
- nouvel ensemble de logements sociaux publics : Verviers-Ensival ;
- bâtiments industriels reconvertis en logements sociaux publics : Verviers (site Bouchoms) ;

- bâtiments industriels reconvertis en logements privés : Verviers, Eupen ;
- nouvelle maison de repos du CPAS : Pepinster ;
- centre d'expertise et de formation : Verviers – Polygone de l'eau ;
- surface commerciale privée : Limbourg ;
- service de travaux communaux : Limbourg ;
- parc d'activités économiques et services communaux : Theux
- anciens bâtiments industriels adaptés pour des activités économiques privées liées à la voiture : Trooz ;
- anciens bâtiments industriels adaptés pour des activités économiques privées : Eupen ;
- hall de sport public : Limbourg ;
- bâtiments reconvertis en infrastructures touristiques: « Source o Rama » et syndicat d'initiative à Chaudfontaine et CTLM à Verviers ;
- espaces publics et parkings : Theux, Eupen.

Sites ISA impactés par les inondations

Les sites repris dans l'inventaire ISA du SPW-TLPE sont ceux dont l'état lors de relevé de 2015 correspondait à la définition de l'article D.V.1. 1° du CoDT (la définition du CoDT en application depuis 2017 correspond à celle qui était reprise précédemment dans le CWATUPE). Par définition, cela réfère à une situation de fait plus large que celle de friches et que celle de droit définie par les périmètres SAR reconnus légalement par Arrêté.

Il s'ensuit dans le relevé ci-dessous une quantité plus importante de sites concernés dont la majeure partie est localisée en fond de vallée de la Vesdre, de la Hoëgne, du Wayai et de ses affluents (la Picherotte et le ruisseau du Vieux Spa) à Spa, du ruisseau Stadtbach et de la Helle à Eupen, du ruisseau de Baelen, de la Magne à Trooz, etc. (Tableau 7. f.2).

ISA	Dans le BV		Inondés en tout ou en partie		Proportion BV/inondés	
	Nombre	Surface (ha)	Nombre	Surface (ha)	% (nombre)	% (surface)
Liège	2	0,2	1	0,2	50 %	80 %
Baelen	6	0,4	5	0,4	83 %	99 %
Spa	10	4,4	7	1,2	70 %	27 %
Olne	8	10,2	2	1,9	25 %	19 %
Theux	14	13,8	13	11,1	93 %	80 %
Limbourg	15	22,1	14	13,9	93 %	63 %
Trooz	27	27,9	21	17,8	78 %	64 %
Chaudfontaine	25	30,6	16	16,6	64 %	54 %
Pepinster	19	30,9	14	16,0	74 %	52 %
Eupen	33	32,4	16	19,4	48 %	60 %
Dison	46	34,2	6	6,6	13 %	19 %
Verviers	127	73,4	87	27,1	69 %	37 %
TOTAL	393	431,3 ha	202	132,2 ha	51 %	31 %

Tableau 7. f.2 – Identification du nombre de sites ISA (source SPW-TLPE) dans le bassin versant de la Vesdre impactés par les inondations de la mi-juillet 2021 (source zone inondée SPW). Classement des communes selon l'ordre croissant de surface totale des sites ISA sur leur territoire. LEMA 2022.

On notera que certains sites repris dans la base de données des SAR sont également repris dans la base de données ISA, que ce soit en tout ou en partie.

Le tableau relatif aux sites ISA impactés par les inondations illustre l'importance de ce gisement, mais il conviendra d'analyser chaque situation individuellement car à ce stade-ci les évolutions depuis 2015 sont relativement importantes, que ce soit en tout ou en partie au sein des différents périmètres. En outre, une série de sites, bien que repris dans l'inventaire, sont toujours occupés par des activités économiques, précaires ou non.

La diversité des situations identifiées dans cet inventaire, depuis les sites industriels d'importance jusqu'aux maisons modestes affectées à des usages de restaurant par exemple, limite fortement la généralisation de conclusions, si ce n'est un constat simplement factuel.

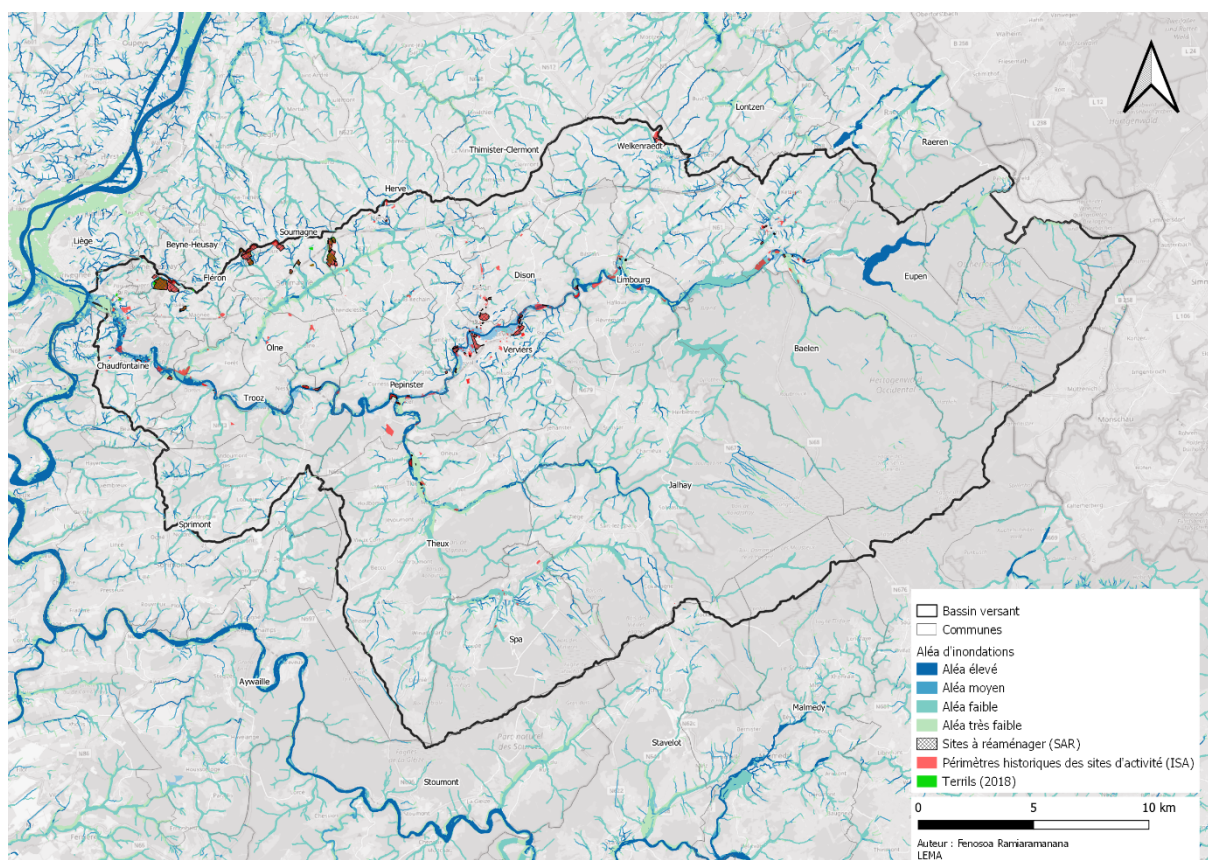
Terrils impactés par les inondations

Aucun terril n'a été impacté par les inondations de la mi-juillet selon le croisement de la base de données des terrils (SPW-TLPE) et la couche de la zone inondée.

Potentiel des friches dans la gestion globale des inondations

Selon les configurations et les contextes, les friches peuvent être mobilisées pour un usage autre qu'une reconversion immobilière ou économique. La grande quantité de friches présentes au sein du bassin versant est l'occasion de développer une telle approche, notamment au regard de la gestion des eaux de pluie et la lutte contre les inondations. La prise en compte de la gestion des pollutions doit cependant être intégrée d'emblée tel que cela est évoqué dans le chapitre précédent « Assainissement des sites et sols potentiellement pollués ».

La Carte 7. f.2 reprise ci-dessous illustre à cet égard la proximité fréquente de friches (SAR, ISA, Terrils) des cours d'eau et des zones d'aléa d'inondation.



Carte 7. f.2 – Sites repris dans les inventaires SAR, ISA et Terrils du SPW-TLPE et la carte des aléas d'inondation. (Source des données : SPW-TLPE, SPW-MI, Fond de plan : carte topographique IGN). LEMA 2022.

Cette proximité est reprise dans le Tableau 7. f.3 ci-dessous qui identifie les interactions de ces sites avec les aléas d'inondations au niveau des surfaces concernées. Il convient cependant, de ne pas se limiter à la surface interagissant avec une zone d'aléa mais de prendre en considération cette proximité et le fait que les sites en question puissent jouer un rôle dans la gestion des eaux de pluies et la lutte contre les inondations.

Communes	SAR dans le BV			ISA dans le BV			Terrils dans le BV		
	Nombre	Surface (ha)	Superficie totale dans les 4 zones d'aléa (ha)	Nombre	Surface (ha)	Superficie totale dans les 4 zones d'aléa (ha)	Nombre	Surface (ha)	Superficie totale dans les 4 zones d'aléa (ha)
Baelen	-	-	-	6	0,4	0,44	-	-	-
Beyne-Heusay	4	16,655	0,244	6	20,9	0,30	1	15,7	0,10
Chaufontaine	1	1,676	1,676	25	30,6	14,51	2	1,8	0,005
Dison	10	13,015	0,315	46	34,2	5,88	-	-	-
Eupen	7	4,1	1,133	33	32,4	14,46	-	-	-
Fléron	3	35,9	0,192	9	37,5	0,21	5	13,3	0,10
Herve	4	30,6	0,473	27	40,1	1,15	4	17,9	0,03
Jalhay	-	-	-	1	0,1	0,00	-	-	-
Liège	-	-	-	2	0,2	0,13	1	0,7	0,01
Limbourg	5	2,6	2,044	15	22,1	12,01	-	-	-
Lontzen	1	0,0	0	1	0,01	0,00	-	-	-
Olné	1	1,8	1,45	8	10,2	1,65	-	-	-
Pepinster	4	5,7	4,895	19	30,9	13,32	-	-	-
Soumagne	7	27,217	0,355	13	35,6	1,11	7	10,4	0,03
Spa	-	-	-	10	4,4	1,00	-	-	-
Sprimont	-	-	-	1	0,2	0,19	-	-	-
Theux	5	4,269	4,263	14	13,8	11,63	-	-	-
Trooz	4	4,606	3,391	27	27,9	16,35	-	-	-
Verviers	17	29,697	2,981	127	73,4	6,07	-	-	-
Welkenraedt	1	11,033	0,028	3	16,4	0,05	-	-	-
TOTAL	74	188,868	23,44	393	431,3	100,43	20	59,8	0,266

Tableau 7. f.3 – Identification des sites repris dans les inventaires SAR, ISA et Terrils du SPW-TLPE croisés avec les quatre zones d'aléas d'inondation. (Source des données : SPW-TLPE, SPW-MI). Classement des communes selon l'ordre alphabétique. LEMA 2022.

Il ressort du tableau que les communes de Eupen, Pepinster, Theux, Trooz, Verviers et Limbourg sont celles pour lesquelles le gisement de friches potentiellement mobilisables pour la lutte contre les inondations est le plus important. Il convient par ailleurs de souligner que dans le cas de Limbourg et Eupen les principales friches sont en aval des centres urbains, alors qu'elles sont plutôt en amont à Verviers et à Trooz. Pepinster présente une situation mixte avec les principales friches en amont sur la Vesdre et une à la confluence. La position amont-aval pourrait conduire à adopter des stratégies différenciées en matière de reconversion et de mobilisation dans la cadre de la lutte contre les inondations.

Dans l'optique d'une interaction entre les sites SAR, ISA et Terrils ainsi que les cours d'eau et les axes de ruissellement, il convient d'inscrire la réflexion dans un cadre plus vaste, notamment au regard du ZAN (Zéro Artificialisation Nette). Ce cadre vise à éviter d'artificialiser des terres non artificialisées. Cette approche vise d'une part à développer prioritairement les espaces déjà urbanisés et à recycler le foncier dégradé pour de nouveaux usages.

Dès lors, si l'on veut privilégier l'installation des habitants et des activités dans les zones déjà urbanisées, il convient de leur assurer un cadre de vie attractif et de qualité ainsi que leur sécurité. En ce sens, les friches présentent une opportunité indéniable pour répondre à ces deux conditions : qualité de cadre de vie et sécurité. Dans le cas du bassin versant, une grande partie est localisée en fond de vallée et dans le tissu bâti. L'autre partie est localisée sur les plateaux.

Au niveau de la qualité du cadre de vie, les friches « intra-urbaines » peuvent servir à la mise en place d'îlots de fraîcheur pour lutter contre l'augmentation de température et assurer une « climatisation urbaine » pour la population. Cette mise en place requiert une désimperméabilisation, la création d'espaces verts (privés ou publics), la plantation d'arbres, etc. ainsi qu'une gestion des eaux de pluies qui aura également un effet bénéfique dans le ralentissement des écoulements vers le réseau hydrographique lors des événements pluvieux.

Au niveau de la sécurité, les friches, situées le long des cours d'eau peuvent servir à l'élargissement du lit mineur pour juguler soit la vitesse, soit la hauteur d'eau lors des inondations. Pour les autres friches, elles peuvent servir de zones de temporisation des eaux de pluies (bassin de rétention ou autre), zones d'infiltration si l'état géotechnique des sols et sous-sols le permet ainsi que la présence éventuelle de pollutions (risque de migration ou de lessivage de polluants à vérifier).

Par ailleurs, une série de friches aujourd'hui colonisées par la végétation, devraient pouvoir préserver ce couvert végétal, pour autant que les pollutions éventuelles le permettent (pas d'atteinte à la santé humaine, aux écosystèmes et aux nappes). Ces « bosquets » présentent d'une part la possibilité de gérer les eaux de pluies par absorption végétale, par infiltration, etc. D'autre part, ils s'inscrivent dans un réseau écologique utile à maintenir et développer pour juguler les pertes de biodiversité.

A titre illustratif, plusieurs typologies de friches rencontrées dans le bassin versant sont présentées afin d'exposer le potentiel de celles-ci et de pouvoir l'extrapoler à d'autres situations similaires.

Potentiel d'élargissement du lit de cours d'eau

Exemples : à Nasproué, l'ancienne centrale à INTER-BETON (Identifiant ISA 63020_D_006) dans le méandre de la Vesdre, abandonnée depuis plusieurs années, le site, repris en zone d'Espace Vert au Plan de Secteur offrirait la possibilité d'un élargissement du lit de la Vesdre à cet endroit pour protéger une partie des habitats et bâtiments de la rue des Surdents et de Nasproué (Figure 7. f.1).

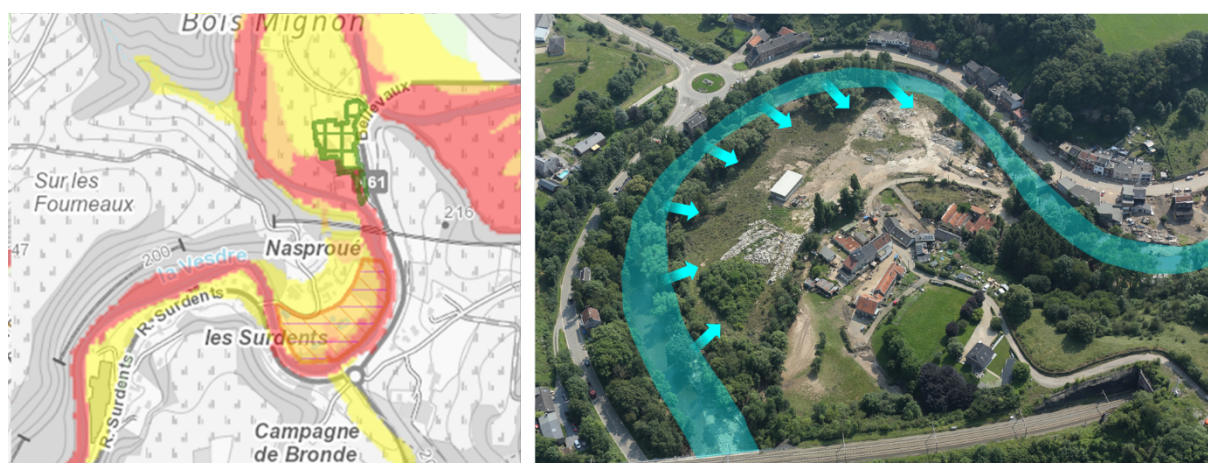


Figure 7. f.1 – Potentiel d'élargissement à du lit de la Vesdre à Nasproué. Extrait de la cartographie de l'aléa d'inondation (SPW-TLPE – 2022 sur fond IGN) avec le périmètre ISA. Vue aérienne du site illustrant le potentiel d'élargissement.

Photo : SPI © 2021, graphisme LEMA 2022.

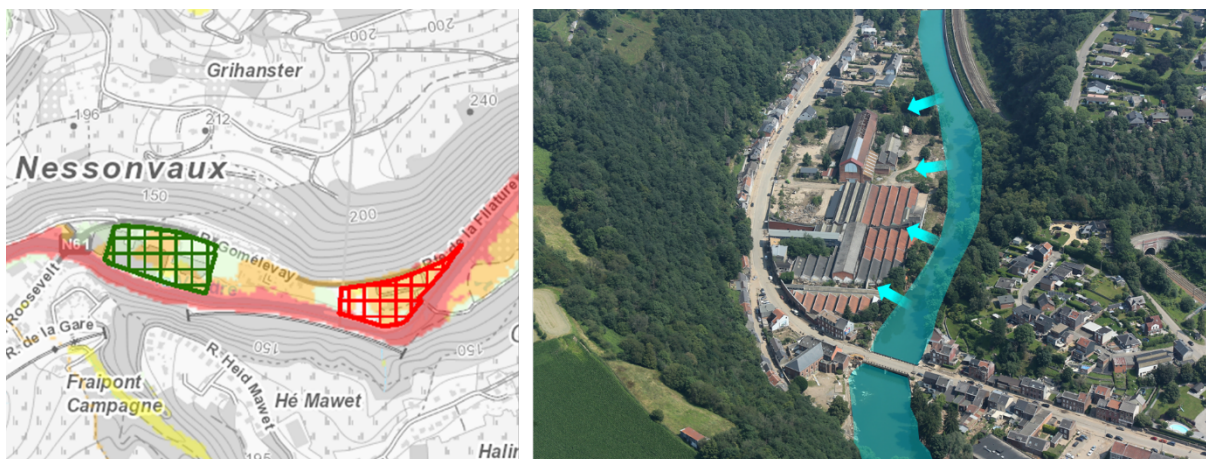


Figure 7. f.2 – Potentiel d’élargissement à du lit de la Vesdre à Nessonvaux – Usine Impéria. Extrait de la cartographie de l’aléa d’inondation (SPW-TLPE – 2022 sur fond IGN) avec le périmètre SAR. Vue aérienne du site illustrant le potentiel d’élargissement. Photo : SPI © 2021, graphisme LEMA 2022.

Potentiel de création d’une zone stockage de l’eau pour temporiser les pics de crue

Exemple : le site de l’ancienne piscine du Préry à Enival et ses abords (Identifiant ISA 63079_D_008) (Figure 7. f.3). Ce site pourrait servir à temporiser les eaux en provenance des ruisseaux de Préri et de Chinhé pour limiter et différer les afflux d’eau en aval à Enival et dans la Vesdre.



Figure 7. f.3 – Potentiel d’élargissement de création d’une zone de stockage sur le site du Préry à Enival. Extrait de la cartographie de l’aléa d’inondation (SPW-TLPE – 2022 sur fond IGN) avec le périmètre ISA. Vue aérienne du site illustrant le potentiel d’élargissement. Photo : SPI © 2021, graphisme LEMA 2022.

Potentiel de création d’une zone humide urbaine pour le développement de biodiversité et réceptacle de ruissellements concentrés.

Exemple : la rive droite en pied de versant du site HDB à Enival (SRPE) (Figure 7. f.4). Cet ancien site industriel est implanté en rive droite en pied de versant d’un massif boisé, parcouru par un ruissellement concentré en provenance du plateau de Lambermont. Cette partie de site déjà en partie humide vu l’alimentation par le ruissellement du versant et par la Vesdre, devrait être renaturée et aménagée pour permettre un meilleur développement des milieux humides. Ce qui accroîtrait la biodiversité en milieu urbain.



Figure 7. f.4 – Potentiel de création d’une zone humide intra-urbaine sur le site HDB à Ensival en rive droite. Extrait de la cartographie de l’aléa d’inondation (SPW-TLPE – 2022 sur fond IGN) avec le périmètre SAR. Vue aérienne du site illustrant le potentiel d’élargissement. Photo : J. Privot © 2021, graphisme LEMA 2022.

Potentiel de création d’îlot de fraîcheur

Exemples en milieu intra-urbain dense : le site dit « Haas » (SAR arrêté de rénovation du 23/12/1982) à Verviers et la grappe de sites à Cheval sur Verviers et Dison : Pacarbel (SAR arrêté de rénovation du 06/03/1981) et Simac (SAR, arrêté de rénovation du 07/03/1989) (Figure 7. f.5).

Ces trois sites non réaménagés depuis près de quarante ans offrent l’opportunité de développer un îlot de fraîcheur et de valoriser les eaux de pluies pour d’une part alimenter les différentes végétations et d’autre part ralentir l’écoulement de celles-ci dans le réseau hydrographique, le ruisseau de Dison en l’occurrence, affluent direct de la Vesdre.



Figure 7. f.5 – Potentiel de création d’îlots de fraîcheur intra-urbains dans le quartier de Hodimont. Extrait de la cartographie de l’aléa d’inondation (SPW-TLPE – 2022 sur fond IGN) avec les périmètres SAR. Vue aérienne du site illustrant le potentiel d’élargissement. Photo : J. Privot © 2021, graphisme LEMA 2022.

iv. Discussion

Nombreux sites repris dans les bases de données SAR et ISA ont été impactés par les inondations de la mi-juillet 2021. Parmi ceux-ci, une partie a déjà fait l'objet d'une reconversion partielle ou totale ou abrite des activités s'accommodant d'un bâti ancien, fragilisé ou non.

En termes de besoin de reconstruction au sein du bassin versant, il convient de pouvoir développer une approche considérant, au-delà des approches classiques de redéveloppement, ces sites issus des anciennes activités comme un gisement d'opportunités pour juguler les eaux de pluies, les inondations et plus globalement les enjeux climatiques et de pertes de biodiversité. En effet, on constate une proximité récurrente entre ces sites et la présence des cours et leurs aléas d'inondation. Dès lors, au lieu d'envisager classiquement une reconversion économique ou immobilière de ces sites, nous avons l'opportunité de les envisager de manière globale en termes de bénéfices pour l'ensemble du bassin versant et des activités humaines.

La reconversion économique ou immobilière ne doit pas être l'unique approche à développer mais doit être considérée comme une potentialité parmi nombreuses autres dont on doit objectiver la pertinence de manière globale. Mobiliser une friche pour la désartificialiser, la renaturer et réaliser une « compensation hydraulique » d'un futur projet est également une piste à explorer dans une vision d'équilibrage global.

Cette approche particulière relève notamment du fait que l'on bénéficie de pléthore de sites qui ne correspondent plus nécessairement à des critères actuels de développement économique (accessibilité aisée, foncier facilement mobilisable sans devoir intégrer des surcoûts de dépollution, etc.) ou immobilier (au vu des coûts de commercialisation locaux insuffisants pour financer une dépollution en vue d'atteindre les normes spécifiques).

Dès lors, cela offre la possibilité d'intégrer ces sites dans une vision large de gestion des eaux en s'appuyant sur leur configuration, leur localisation judicieuse dans le réseau hydrographique, leur relative mobilisation foncière, etc.

D'autre part, par rapport à la mobilisation de sites « vierges » de toutes anciennes activités humaines, considérés comme non artificialisés, les friches nécessitent bien souvent une intervention, même minime pour la gestion des pollutions potentielles.

Remobiliser les friches dans le cadre d'une gestion des impacts climatiques, doit être considéré également comme un moyen de gérer les éventuelles pollutions présentes ainsi que les parties indurées (parkings, bâtiments, infrastructures, substructures, etc.). Celle-ci limitent, voire impactent, les capacités écosystémiques des sols et plus largement de la biodiversité. D'une manière ou d'une autre, ce passif de friches devra être traité tôt ou tard au regard de ses impacts environnementaux.

La remobilisation des friches risque d'être plus onéreuse qu'une simple mobilisation de sites non artificialisés si l'on s'en tient uniquement à la vision des coûts directs de gestion des pollutions et des parties indurées. Par contre, si l'on considère une action plus globale, la mobilisation de sites non artificialisés peut générer une perte de biodiversité et des capacités fonctionnelles des sols, non chiffrable à l'heure actuelle pour des raisons de méthodologie encore non stabilisée scientifiquement dans l'estimation des coûts des services écosystémiques rendus par la biodiversité.

En outre, toujours selon une vision de l'action plus globale, l'assainissement d'anciennes friches permet une amélioration de la qualité environnementale globale.

Notre approche vise donc à identifier les potentiels de ces friches et avertir de leur intérêt manifeste dans le cadre d'une gestion globale des impacts climatiques comme piste spécifique au-delà du potentiel des sites non-artificialisés.

v. Conclusion

L'adaptation du bassin versant aux impacts climatiques futurs va nécessiter de mobiliser toutes les opportunités territoriales dont les anciens sites d'activités. En effet, par leurs spécificités intrinsèques, leur implantation à proximité ou dans les milieux urbains, leur présence disséminée sur le territoire, etc. ceux-ci représentent un gisement non négligeable à pouvoir intégrer dans une vision globale d'aménagement.

Si la dynamique du ZAN, vise à inciter les populations et les activités humaines à privilégier leur installation dans les zones déjà urbanisées, cela ne pourra se réaliser que si celles-ci offrent un cadre de vie de grande qualité, comparable aux aménités en milieux périphériques ou ruraux. Leur sécurité doit par ailleurs être assurée. Cette sécurité concerne notamment les aléas climatiques, dont les inondations et les vagues de chaleur.

Nombreux anciens sites d'activités peuvent être mobilisés au plus proche des habitants pour répondre à ces objectifs de sécurité et de qualité de cadre de vie, que ce soit via le développement d'îlot de fraîcheur, d'espaces verts en milieu urbain ou via des aménagements qui permettent de juguler les eaux de pluies ou les éventuelles inondations.

En outre, ces anciens sites d'activités, en partie recolonisés par la végétation ou à désartificialiser et renaturer, peuvent devenir des refuges pour le développement de la biodiversité, elle aussi fortement impactée ces dernières décennies. Une intégration de ces sites au sein des réseaux écologiques, des infrastructures vertes et bleues constituerait un atout indéniable.

vi. Références

- ADEME (2014). La reconversion des sites et des friches urbaines pollués. ADEME Éditions, Angers, France.
- ADEME (2014). Friches urbaines polluées & Développement durable. ADEME Éditions, Angers, France.
- ADEME (2014). Biodiversité & reconversion des friches urbaines polluées. ADEME Éditions, Angers, France.
- ADEME (CHATEAU L.), ARCADIS (PIQUANT M., BESTIEU A.), EFFICACITY (CAUCHARD L., SERRE J.) (2020). Evaluer les bénéfices socio-économiques de la reconversion de friches pour lutter contre l'artificialisation – Outil BENFRICHES. Référentiel d'évaluation. 45 pages. ADEME Éditions, Angers, France.
- BORDES-PAGES E. & ROSSANO F. (2016). Intégration du risque inondation : un programme national aux Pays-Bas. Note rapide de l'Institut d'aménagement et d'urbanisme - Île-de-France, n° 731.
- BRUGGEMAN D., DEFER V., HENDRICKX S., LEGRAND A., VERELST S., GODART M.-F. ET TELLER J. (2020). Infrastructures vertes: Pourvoyeuses de services écosystémiques. Conférence Permanente du Développement Territorial. CPDT.
- CEREMA (2017) Guide de recommandations pour la prise en compte des fonctionnalités des milieux humides dans une approche intégrée de la prévention des inondations. Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, 189 p. France.
- COMPOSANTE URBAINE (2014). Eaux de pluie, un atout pour l'espace public : Etude présentant des projets innovants en matière de gestion des eaux pluviales sur l'espace public et en voirie. Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement.
- CPDT (2015). Note de recherche 55, Sites à réaménager : méthodologie pour l'optimisation du recensement. SPW-TLPE.
- LAMBOTTE J-M, BASTIEN B., ENGELS T. (2015) Actualisation de l'inventaire des sites à réaménager – Rapport de synthèse du Consortium Lepur ULg - Convento – Walphot pour la DGO4 – DAO.
- OLIVER L., FERBER U., GRIMSKI D., MILLAR K. et NATHANAIL P. (2005) The scale and nature of European brownfields, in Cabernet 2005-International Conference on Managing Urban Land LQM Ltd, Nottingham, UK, Belfast, Northern Ireland, UK.
- PROMINSKI, M., STOKMAN, A., A, S., STIMBERG, D., VOERMA, EK, H. (2012). River. Space. design., Birkhauser, Basel.
- ROSSANO, F. (2021). La Part de l'Eau. Vivre avec les crues en temps de changement climatique. Editions de la Vilette.
- SEIDL, M. (2020). Aménager la ville avec l'eau, pour une meilleure résilience face aux changements globaux. Presse des Ponts, Paris.
- TRIBU, CEREMA, ADEME (2021). Rafrâichir les villes, des solutions variées. ADEME Éditions, Angers, France.

g. Développement des infrastructures vertes

Auteurs : Audrey Douinot et Marc Dufrière, Grégory Mahy, GxABT, Université de Liège.

i. Introduction

Les infrastructures vertes consistent en la mise en place d'espaces naturels, semi-naturels, mais aussi d'éléments structurants de connexion entre ces espaces, qui favorisent le développement des services écosystémiques rendus par ces milieux et la protection de la biodiversité dans les milieux ruraux et urbains. Les zones naturelles et semi-naturelles sont des espaces où la nature se développe, de façon spontanée ou par une gestion particulière. L'infrastructure verte intègre également des éléments artificiels, tels que les toitures ou les façades végétalisées, les voies cyclables (le Ravel en Wallonie par exemple), ou encore les parcs et jardins aménagés pour maximiser le développement de la biodiversité.

L'idée originelle des infrastructures vertes est ainsi d'aller au-delà de la mise en place de protection spécifique sur des zones particulières (habitat d'intérêt) ou à des espèces cibles (espèces protégées), mais de favoriser un maillage écologique sur tout le territoire. L'objectif est de limiter la **fragmentation du territoire** en créant des corridors écologiques. L'objectif est également d'introduire des espaces de développement de la faune et de la flore **au sein même des lieux de vie** des résidents du territoire. Le développement des infrastructures vertes répond donc aux besoins d'améliorer la **qualité de vie** des résidents, la **biodiversité** et la **résilience** du territoire par les biais d'une augmentation des **services écosystémiques** rendus par la nature.

En Wallonie, le développement des infrastructures vertes se base sur la **structure écologique principale (SEP)** qui a pour objectif de former un réseau écologique cohérent autour de zones du territoire ayant un intérêt biologique avéré ou potentiel (restaurable afin de maximiser le développement de la biodiversité). Les SEP sont ainsi idéalement constituées de zones noyaux (ou zones d'habitat d'intérêt centrales) et de corridors permettant la connexion entre ces derniers. En France, le terme « **trame verte et bleue** » est également utilisé pour définir ce réseau écologique cohérent, faisant notamment référence à l'**importance du réseau hydrographique** comme vecteur de connexion principal entre les différents îlots de « nature ».

Dans cette section, nous ferons dans un premier temps état de la SEP existante dans le bassin versant de la Vesdre. Dans un second temps, nous nous intéresserons aux **bilans** européens et nationaux concernant l'**état de la biodiversité** et nous détaillerons les directives d'aménagement et les actions conseillées (ou contraintes). Les besoins du bassin versant en infrastructures vertes seront analysés dans l'**optique d'améliorer la résilience aux événements extrêmes**, et d'apporter en partie réponse à la problématique de la gestion du cycle de l'eau. Parmi les moyens de développer la biodiversité, on se focalisera ainsi sur les instructions favorisant en particulier les services régulateurs des écosystèmes.

ii. Méthodologie

1. Structure Écologique Principale du bassin de la Vesdre

La structure écologique principale est constituée de **zones centrales (ZC)**, dans lesquelles la conservation de la nature est prioritaire, et des **zones de développement (ZD)** dans lesquelles la protection des espèces et de la flore se fait en concomitance avec une exploitation économique ou résidentielle.

Les zones définies comme zones « **Natura 2000** », « **réserves naturelles** » (RN & Co) ou « **site de grand intérêt biologique** » (SCIB), constituent les zones centrales de la SEP. Le réseau Natura 2000 est le premier réseau de conservation de la nature mis en place à l'échelle européenne pour faire face au déclin de la biodiversité. Les réserves naturelles ont été inventoriées soit parce qu'elles abritent des espèces ou biotopes rares ou menacés, soit parce qu'elles se caractérisent par un excellent état de conservation que l'on souhaite protégé. Différents

statuts peuvent être appliqués selon la spécificité du site : « **réserve naturelle domaniale** » (RND), « **réserve naturelle agréée** » (RNA), « **réserve forestière** » (RF) ; « **zone humide d'intérêt biologique** » (ZHIB) ou encore « **cavité souterraine d'intérêt scientifique** » (CSIS). Les zones humides d'intérêt biologique peuvent par ailleurs appartenir au réseau RAMSAR, lorsqu'une importance internationale lui est attribuée. Les sites de grand intérêt biologiques (SGIB), à l'instar des réserves naturelles correspondent à des habitats d'intérêt pour des espèces rares ou menacées. Cependant, elles ne disposent pas de statut de protection officiel.

Les **zones de développement (ZD)** correspondent théoriquement aux zones où le potentiel en termes de développement économique est faible (terrain pentu, humide par exemple), et où les contraintes environnementales sont prioritaires (par exemple, préservation des nappes phréatiques ou des zones ripariennes). Les **particularités agricoles** (haies, bandes enherbées, mares, vergers hautes tiges), les zones à **activité extensive** (prairies de fauche, forêts de feuillus), ainsi que les parcs, jardins, toitures végétalisées en zone urbaine, constituent les zones de développement de la SEP.

Par ailleurs, l'Union européenne distingue deux niveaux de conservation de la nature selon l'utilisation des termes « **protections** » ou « **protections strictes** ». La « *protection stricte n'interdit pas nécessairement l'accès des personnes, mais n'autorise aucune perturbation significative des processus naturels afin de respecter les exigences écologiques des zones en question* »¹. On considérera ici que les statuts de SGIB ou RN & Co correspondent au niveau de protection stricte, tandis que la notion de protection « simple » correspond au réseau Natura 2000.

Le Tableau 7. g.1 résume les différents termes utilisés suivant le niveau de conservation et l'échelle de centralisation afin de faciliter la compréhension des équivalences.

Niveau de protection	Terminologie wallonne	Terminologie européenne / française
	Structure écologique principale	Trame verte et bleue
	Zone de développement :	
+	<ul style="list-style-type: none"> Parc, jardin, toitures végétalisées 	
+	<ul style="list-style-type: none"> Gestion extensive : forêt de feuillus et prairie de fauches 	MAEC : Mesures agro-environnementales et climatiques
+ / ++	<ul style="list-style-type: none"> Zones tampons et éléments linéaires : bandes ripisylves, bandes enherbées, fleuries, haies 	
	Zone centrale :	
++	<ul style="list-style-type: none"> Réseau Natura 2000 	Protection simple
+++	<ul style="list-style-type: none"> SGIB (sans statut légal) 	Protection stricte
+++	<ul style="list-style-type: none"> RN & Co (avec statut légal) : RNA, RND, ZHIB, RF, CSIS 	

Tableau 7. g.1 – Concepts et équivalences dans la mise en place d'un réseau écologique cohérent.

Afin de présenter la structure écologique principale de la Vesdre on considérera les Réserves Naturelles, le réseau Natura 2000 et les SGIB couvrant de grandes étendues et ne figurant pas sous les deux premiers statuts

de protection pour définir les zones centrales de SEP. Concernant la zone de développement, il n'est pas possible de cartographier les MAEC, pour des raisons de la confidentialité de la gestion des parcelles. Par ailleurs, les zones de feuillus ont déjà été présentées en section 3.c. On s'intéressera ici simplement aux parcs et jardins urbains afin d'évaluer la connectivité des espaces urbains à la nature.

2. Bilan sur l'état de la biodiversité et directives pour des actions futures

Afin de diagnostiquer le bon état écologique du territoire, on utilisera les documentations européennes et wallonnes les plus récentes, à défaut de documentation plus spécifique sur le bassin versant de la Vesdre. On utilisera en particulier le cadre législatif et les directives et stratégies futures pour le développement des SEP, pour identifier les besoins spécifiques en infrastructures vertes. Les documents décryptés sont :

37. La stratégie de l'UE en faveur de la biodiversité à l'horizon de 2030 ;
38. La stratégie de l'UE pour la protection des sols à l'horizon 2030 ;
39. La stratégie nationale pour les pollinisateurs 2021-2030 ;
40. Le projet de plan stratégique PAC 2023-2027 pour la région wallonne.

Cette numérotation sera utilisée comme moyen de citation des documents.

On s'attachera à relever les points applicables au bassin de la Vesdre, suivant la spécificité des paysages rencontrés. La mise en place d'infrastructures vertes répond à un objectif global d'enrayer le déclin de la biodiversité mais aussi – de manière indirecte et dans une vision anthropocentriste – de maintenir les services rendus par la nature. Ici, dans le cadre du Schéma Stratégique, on se focalisera sur le développement des **services de régulation**, afin de répondre en premier lieu aux objectifs d'amélioration de la résilience du bassin versant de la Vesdre

iii. Résultats

1. Structure Écologique Principale du bassin de la Vesdre

La structure écologique principale comprend un réseau Natura 2000 couvrant 12 700 ha, soit 18 % du bassin versant (Figure 7. g.1). Ce taux de couverture est ainsi plus élevé qu'à l'échelle wallonne (13 %), mais moins important que dans l'ensemble des 28 états membres de l'Union Européenne (24%).

Le plateau des Hautes Fagnes constitue la grande majorité des sites sous statut de protection (RN & Co), du fait de la vaste étendue de tourbière unique en Europe à cette latitude. Référencé comme site RAMSAR, c'est à dire comme « zone humide d'importance internationale », il s'étend sur 6700 ha (soit 9,6 % du bassin versant de la Vesdre) essentiellement sur sol tourbeux. En outre, on dénombre 991 ha (1,4 %) de réserves naturelles et forestières situés ailleurs sur le bassin versant. Au total, 11,4 % du bassin versant de la Vesdre est sous statut de protection stricte. Ce chiffre peut être comparé au chiffre d'à peine plus de 1 % du territoire wallon sous statut de protection et montre la spécificité du plateau des Hautes Fagnes, au-delà du bassin versant.

Par ailleurs, les parcs et jardins qui constituent les infrastructures vertes principales en milieu urbain couvrent 3780 ha (5,5 %) du bassin versant. Ce chiffre se compare au taux d'urbanisation (infrastructures routières, parkings et résidences) qui est de 8,9 % (Figure 7. g.4).

Malgré une part significative du bassin versant incluse dans la SEP, il est important de notifier sa **répartition très hétérogène** avec une majorité des zones sous statut de conservation sur la partie Est (Figure 7. g.1). Les bassins versants de la Gileppe, de la Vesdre en amont de la confluence avec le Menebach, du Wayai et de la Hoëgne en amont de Theux comprennent plus de 95 % des RN & Co et des zones Natura 2000 du bassin versant alors qu'ils couvrent à peine plus de la moitié de celui-ci (54%). La rive droite de la Vesdre dans son intégralité et l'ouest aval sont ainsi marqués par l'absence de développement de zone de conservation de la nature.

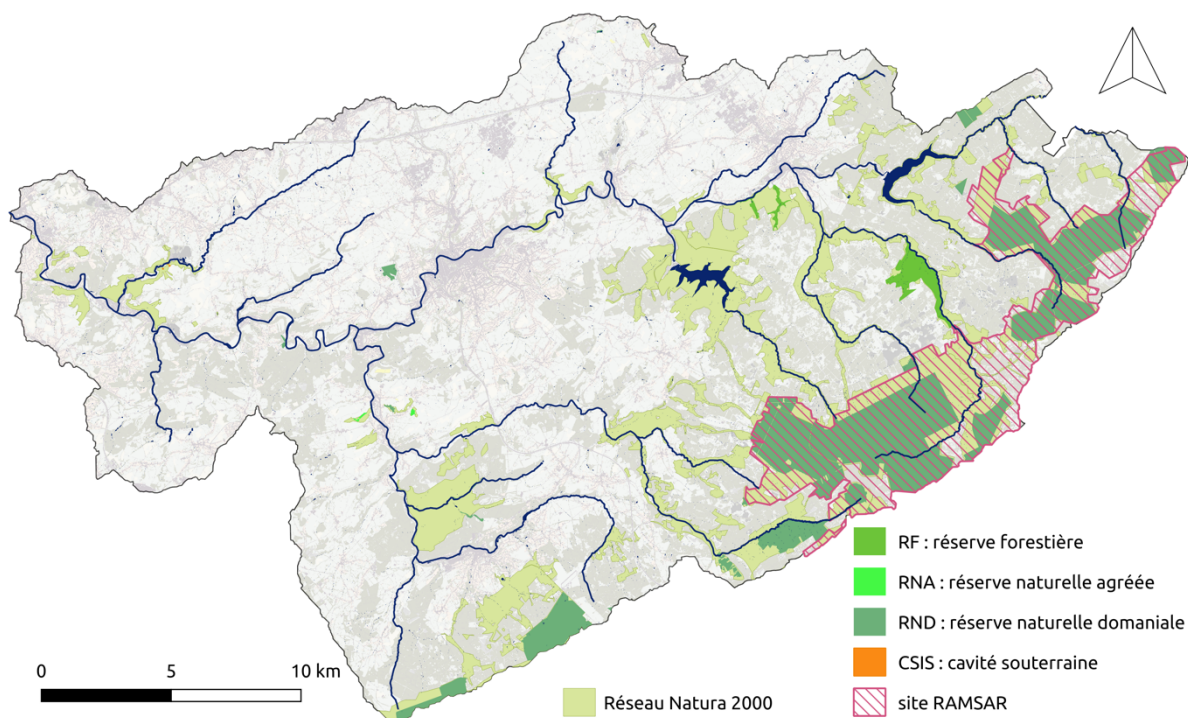


Figure 7. g.1 – Carte des zones centrales de la Structure Écologique Principale du bassin de la Vesdre : Nature 2000, RF, RNA, RND, CSIS, ZHIB (RAMSAR).

En termes de continuité écologique, on observe un développement structuré de la SEP sur les sous bassins versants de la Gileppe, et de la Vesdre amont, ainsi que la Hoëgne en amont de Reyompré. Il y a continuité écologique autour de l'intérêt international de conservation porté sur les plateaux amont de ces bassins versants – les Hautes Fagnes, avec un statut de protection quasi systématique des fonds de vallée et des pourtours hydrographiques des principaux cours d'eau : d'ouest en est, on retrouve la Hoëgne amont, La Statte, La Gileppe, la Soor, la Helle, le Steinbach et le Weser.

Sur le Wayai, on observe trois zones Natura 2000 de superficie conséquente avec les Fagnes de Malchamps et le bois de Belleheid dans le parc Naturel des Sources, ainsi que la forêt Staneux. On n'observe cependant pas de continuité écologique entre ces espaces.

Ailleurs dans le bassin versant où la SEP est peu développée, on observe trois zones qui tendent à connecter plusieurs espaces Natura 2000 autour d'agglomérations : autour de Theux, Trooz (Magne aval) et Chaudfontaine. La vallée de la Vesdre présente également un tronçon Natura 2000 en amont de Verviers, à distance approximative de 1 km de sa confluence avec la Poncherelle, qui est également sous réglementation Natura 2000.

En ce qui concerne les jardins et les parcs, ils se regroupent logiquement autour des zones résidentielles (Figure 7. g.4). On note toutefois une forte hétérogénéité entre les fonds de vallée très denses en habitations mais peu fournis en espaces verts (notamment à Trooz, Pepinster, Verviers et Spa), et les versants adjacents ou les plateaux de la rive droite qui présentent une proportion de jardins et parcs plus importante relativement au nombre d'habitations. Si on reprend une délimitation hydrographique par sous-bassin versant par exemple (Tableau 7. g.2), on observe que les bassins du Mangombroux, du Wayai et de la Magne possèdent un ratio espace vert / zone résidentielle supérieur à 70 % tandis que les autres n'atteignent pour certains pas la moitié (sous-bassin versant de Dison et Ruyff).

Sous-bassin versant	Taux d'urbanisation [%]	Surface couverte par les espaces verts [%]	Ratio espace vert / zones urbaines
Vallée de la Vesdre	59,61	7,91	0,13
Dison	23,71 (res ~ 15,1)	8,75	0,38 (0,51)
Baelen	18,27 (res ~ 6,5)	5,17	0,28 (0,79)
Mangombroux	16,87	18,47	1,10
Magne	15,01	11,12	0,74
Menebach	14,52	9,51	0,65
Ruyff	13,78 (res ~ 11,3)	5,72	0,41 (0,51)
Wayai (région de Spa)	10,96	8,82	0,81

Tableau 7. g.2 – Taux d'urbanisation et d'espaces verts des sous-bassins versants (ou tronçons dans le cas de la vallée de la Vesdre et de la région de Spa) aux sols les plus artificialisés. Entre parenthèses pour les sous-bassins versants de Dison, Baelen et Ruyff (voir Figure 7. g.4 pour la localisation des sous-bassins versants).

2. Bilan sur l'état de la biodiversité et directives pour des actions futures

L'Union Européenne dresse un constat scientifique sans équivoque du déclin de la biodiversité et des pertes résultantes des services écosystémiques rendus par ces derniers dans le plan stratégique de la biodiversité de 2030. Sont cités ci-après quelques exemples explicites issus de la « Stratégie de l'UE en faveur de la biodiversité à l'horizon de 2030 » :

- « plus de la **moitié du PIB mondial dépend de la nature** et des services qu'elle fournit et trois secteurs clés de l'économie (construction, agriculture et production alimentaire) en sont fortement tributaire »
- « la conservation de la biodiversité peut offrir des avantages économiques directs dans de nombreux secteurs. [...] On estime à **100 pour 1 le rapport avantage-coûts global** pour un programme mondial efficace pour la conservation de la nature sauvage »
- « la biodiversité est également essentielle pour la sauvegarde de la sécurité alimentaire de l'Union comme celle du monde ». Par exemple plus de **75% des différents types de cultures alimentaires** dans le monde dépendent de la **pollinisation animale**. »
- « Les terres cultivées et les prairies dans l'Union européenne fournissent chaque année des services écosystémiques pour une valeur de **76 milliards d'euros**. »
- « Au cours des 40 dernières années, les activités humaines ont entraîné une **diminution de 60 % des populations mondiales d'espèces sauvages**, et près des trois quarts de la surface de la planète ont été altérés, la nature étant acculée sur un territoire toujours plus restreint. »
- « **Entre 2013 et 2018, les absorptions nettes annuelles de carbone ont diminué de 20 %**. En matière de changement climatique, deux principaux types de sols jouent un rôle important : les sols organiques (y compris les tourbières) ont une teneur élevée en carbone représentant plus de 20 % de leur poids net et couvrent 8 % de l'UE 34. Les tourbières sont des zones humides terrestres dans lesquelles les conditions d'accumulation de l'eau empêchent la décomposition complète du matériel végétal. Le **drainage des tourbières** dans toutes les catégories de sols en Europe émet environ **5 % des émissions** totales de gaz à effet de serre de l'UE. »

Face à ce constat, la stratégie biodiversité affiche 8 objectifs principaux à atteindre à l'horizon 2030 afin d'enrayer le processus de déclin de la biodiversité, dont 5 concernent directement le bassin versant de la Vesdre et l'aménagement d'infrastructures vertes. Ils sont cités ci-après :

- Objectif 1 : Étendre les zones protégées pour atteindre 30% de la superficie terrestre sous protection (c'est-à-dire incluse en zone Natura 2000 ou équivalente) et 10% sous un statut de protection stricte/forte ⁽¹⁾ (c'est-à-dire considérée comme RN & Co ou SGIB). Sont ciblées plus particulièrement pour ce niveau de conservation :
 - o les **forêts primaires** ou le statut de protection forte est jugé « essentiel ». La « stratégie de l'union pour les forêts » évoque en parallèle un objectif de 3 milliards d'arbres supplémentaires en Europe d'ici 2030 ;
 - o les vastes zones abritant des écosystèmes riches en carbone tels que les **tourbières, les prairies, les zones humides**, les mangroves et les prairies sous-marines pour lesquels un statut de protection forte « conviendrait ».
- Objectif 2 : Ramener la nature sur les terres agricoles. Afin d'assurer des espaces de développement de la biodiversité et notamment de favoriser la pollinisation ⁽⁴⁾, est visé un quota de **10% des terres agricoles** à utiliser en tant que « **particularités topographiques** à haute diversité biologique ». Cela peut être des bandes tampons, terres en jachère rotationnelle ou permanente, haies, arbres non productifs, murs en pierre ou encore mares. En particulier, l'installation de ces particularités doit améliorer la connectivité entre les habitats (ou zones centrales) et être intégrée dans la SEP.
- Objectif 3 : Contrôler l'artificialisation des sols et restaurer les écosystèmes des sols ⁽³⁾. Pour les sols organiques, la commission européenne entend « proposer des objectifs juridiquement contraignants dans le cadre de la législation sur la restauration de la nature, afin de faire **cesser le drainage des zones humides et des sols organiques** et de restaurer les tourbières gérées et drainées, afin de conserver et d'augmenter les stocks de carbone dans les sols, de réduire au minimum les risques d'inondation et de sécheresse, et de favoriser la biodiversité. »
- Objectif 4 : Restaurer les écosystèmes d'eau douce. En poursuite de l'objectif de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), est visée la restauration de **25 000 km de cours d'eau** afin de permettre la **circulation libre**, par l'élimination d'obstacles obsolètes et par la restauration de la connectivité lit mineur – lit majeur. Est visée en conséquence la restauration de plaines inondables et la restauration de prairies humides dans la zone riparienne des cours d'eau.
- Objectif 5 : Écologiser les zones urbaines et péri-urbaines. La volonté est d'intégrer la nature au sein des lieux de vie des résidents, afin de pouvoir profiter des effets bénéfiques (bien-être physique et mental) générés par la présence d'espaces verts. Un plan d'écologisation pour toutes les villes de plus de 20 000 habitants sera à adopter. Ce plan vise la création de forêts, parcs, jardins, toitures et murs végétalisés, ainsi que des prairies et haies urbaines. Au même titre que l'objectif 2, le développement d'infrastructures vertes en milieu urbain doit être intégré dans la SEP.

Ainsi pour atteindre le premier objectif à l'horizon 2030, les zones de développement de la SEP devront être étendues à une couverture de 30%, ratio à comparer aux 18 % de couverture du réseau Natura 2000. Dans les sous-sections qui suivent, les particularités paysagères de la Vesdre sont confrontées à cette stratégie de développement de la SEP pour en identifier les potentiels.

2.1 Potentiel des forêts anciennes subnaturelles en aval de la Vesdre

La protection des **forêts primaires**, des **tourbières** et des **prairies humides** est à privilégier pour étendre le réseau Natura 2000. Le bassin de la Vesdre ne comprend aucune forêt primaire mais une part significative de forêt ancienne subnaturelle (c'est-à-dire des forêts anciennes restées feuillues sans interruption depuis le 18^{ème} siècle). Sur les 6 900 ha de forêt ancienne subnaturelle, 3 600 ha sont actuellement hors zone Nature 2000 et pourraient être une base intéressante d'extension de la SEP (Figure 7. g.2). Une part conséquente de ces 3 600 ha est en effet localisée au niveau de la Vesdre aval entre Pepinster et Trooz, zone actuellement peu pourvue en infrastructures vertes.

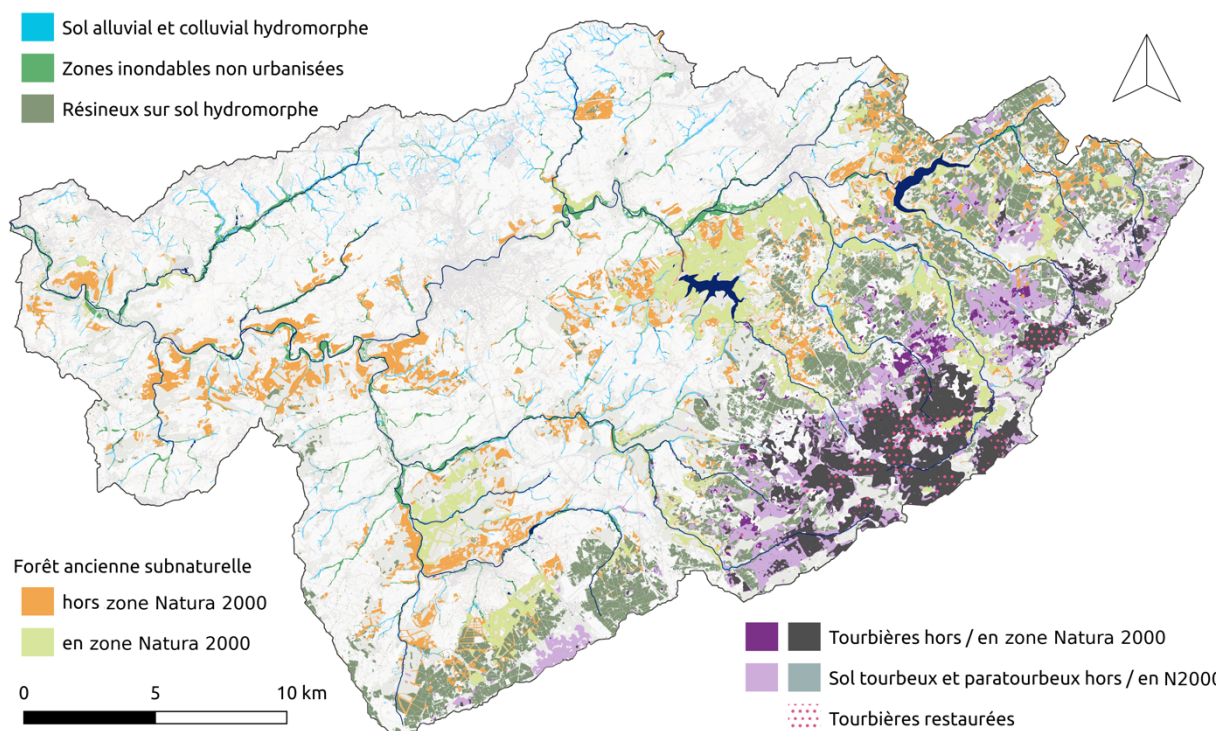


Figure 7. g.2 – Carte des potentiels de développement de la Structure Écologique Principale (SEP) du bassin de la Vesdre. Localisation des forêts subnaturelles (6 900 ha), des sols tourbeux et paratourbeux (5 800 ha), des plantations de résineux sur sol hydromorphe (5 800 ha), ainsi que des plaines inondables non urbanisées.

2.2 Potentiel des sols tourbeux et paratourbeux des Hautes Fagnes

L'extension de la SEP aux zones de tourbières répond également à l'objectif 3 d'assurer la protection et la restauration des sols organiques. La bassin de la Vesdre dispose de ce **haut potentiel de biodiversité et puits carbone** que sont les tourbières des Hautes Fagnes. Sur les **3 000 ha de tourbières actuelles**, plus de 90% font l'objet d'une protection forte (statut RAMSAR). On outre, on dénombre pas moins de **2 800 ha de sols tourbeux et paratourbeux supplémentaires** actuellement couverts de landes humides ou de forêts de résineux sur lesquels des mesures de restauration pourraient être mises en place. En effet, l'exploitation sylvicole de la seconde moitié du 20^{ème} siècle par la mise en place de drainage a mis à mal le fonctionnement des tourbières. L'abaissement de la nappe perchée empêche en effet la mise en eau permanente des sols et le processus de minéralisation des végétaux qui est à la base du stockage du carbone des tourbières. Les projets LIFE successifs ont permis la restauration (par bouchage de drains, étrépage et réensemencement) de pas moins de 1 000 ha de tourbières protégés. La poursuite de ces travaux de restauration permettraient de saisir tout le **potentiel de ces 5 800 ha de sol tourbeux et paratourbeux** du bassin versant afin de favoriser la biodiversité d'intérêt de cet habitat et ses services régulateurs du climat. Les habitats d'intérêt sur sols tourbeux sont : les tourbières hautes (7120*) et tremblants (7140*), les landes humides tourbeuses (4110) qui vont évoluer vers des boulaies tourbeuses (91D0*). La présence d'un code indique qu'il s'agit d'habitats d'intérêt européen (Natura 2000) et l'astérisque indique des habitats considérés comme « prioritaires » pour lesquels la Wallonie a des obligations de restauration qui peut être soutenue à travers des fonds européens (LIFE, PwDR...).

2.3 Potentiel des sols hydromorphes des Hautes Fagnes

Au-delà des sols tourbeux, les sols hydromorphes – c'est-à-dire des sols montrant une saturation régulière en eau – constituent un contexte écologique marginal pour lequel une gestion appropriée avec un drainage limité est suggérée, puisqu'il s'agit de zones humides à préserver. Le code forestier (2008) interdit actuellement le

drainage à moins de 25 m des cours d'eau. De plus, la circulaire « biodiversité » interdit ou recommande l'interdiction de l'établissement des nouveaux drainages dans les forêts domaniales et communales respectivement. Actuellement **5 800 ha de forêt sylvicole** en résineux se trouve **sur sol hydromorphe**. Bien qu'il est difficile de connaître la proportion actuellement drainée, il est vraisemblable qu'une majorité de cette étendue à visée productrice ancienne soit pourvue d'un réseau de drains. Par ailleurs, l'objectif de préservation des zones humides (objectifs 1 et 3) comme contexte écologique marginal et qui tend à une suppression du drainage des zones hydromorphes, rejoint l'objectif d'atteindre une **meilleure résilience face à la variabilité des précipitations** accentuée par le changement climatique. En effet, le relèvement du niveau de la nappe perchée d'un ordre même faible d'une dizaine de centimètres, mais sur des surfaces significatives, peut déjà avoir un impact significatif sur le soutien hydrologique en période d'étiage. C'est ce qui a été observé par exemple dans le cas de la restauration de la forêt de Chaux sur quelques centaines d'hectares, les rivières ayant un régime intermittent ont vu leur période de tarissement décalée de 3 semaines (Communication M. Licot, UMR Chrono-Environnement, CNRS). La suppression des drains doit faire l'objet d'une étude globale comprenant la gestion des collecteurs des chemins forestiers, ceux-ci induisant un rôle similaire sur le transfert des précipitations en aval. Les habitats naturels cibles d'une restauration des sols hydromorphes correspondent à des landes humides (4110) et bas-marais, qui évoluent vers les chênaies-boulaies à molinies (9190*), soit un habitat d'intérêt européen.

2.4 Potentiel de renaturation des plaines alluviales aval

L'objectif 4, enjoignant la restauration de l'équilibre écologique en eau douce, va de pair avec l'objectif 1 de restauration des prairies humides. Le réseau hydrographique de la Vesdre est fort chenalisé de par son utilisation industrielle. Les vallées de la Vesdre ainsi que la Hoëgne sont également très urbanisées, ce qui contraint les capacités de restauration de la continuité latérale. Néanmoins, il existe quelques tronçons libres d'extension qui pourraient faire l'objet de renaturation. Bien qu'ayant eu le rôle de zone d'immersion lors de la crue exceptionnelle de juillet 2021, il convient de s'assurer par une étude hydromorphologique de la bonne connexion entre lit majeur et lit mineur. On estime par exemple la nécessité d'un débordement du lit mineur régulier à une fréquence de deux ans pour assurer un bon développement de mégaphorbiaies rivulaires (code 6430). Les tronçons libres se situent principalement entre Trooz et Pepinster (Figure 7. g.3). On note également un potentiel intéressant de développement de prairies humides sur la Vesdre entre la grotte de Bellevaux et la ville de Limbourg. Cela permettrait notamment la connexion de deux zones Natura 2000 (confluence de la Poncherelle, et la forêt ancienne subnaturelle en aval de Bellevaux) et ainsi rendre plus consistante la SEP. En tout, une étendue totale de **95 ha le long d'environ 6 km de tronçon de la Vesdre** a été identifiée comme potentiel pour une renaturation pour un développement de végétation rivulaire (mégaphorbiaies qui peuvent évoluer vers des aulnaies alluviales (91E0*)), de méandres ou de zones d'immersion temporaire.

Sur le Wayai et la Hoëgne, on observe deux plaines alluviales assez étendues et non urbanisées situées entre la confluence avec le ruisseau de Turon et la commune de Spixhe (~ 14 ha), ainsi qu'entre le village de Pré au pont et l'impasse de la Frégate (~ 12 ha). Ces deux zones situées en amont de Theux offrent un potentiel de ralentissement des flux avant la confluence des deux rivières.

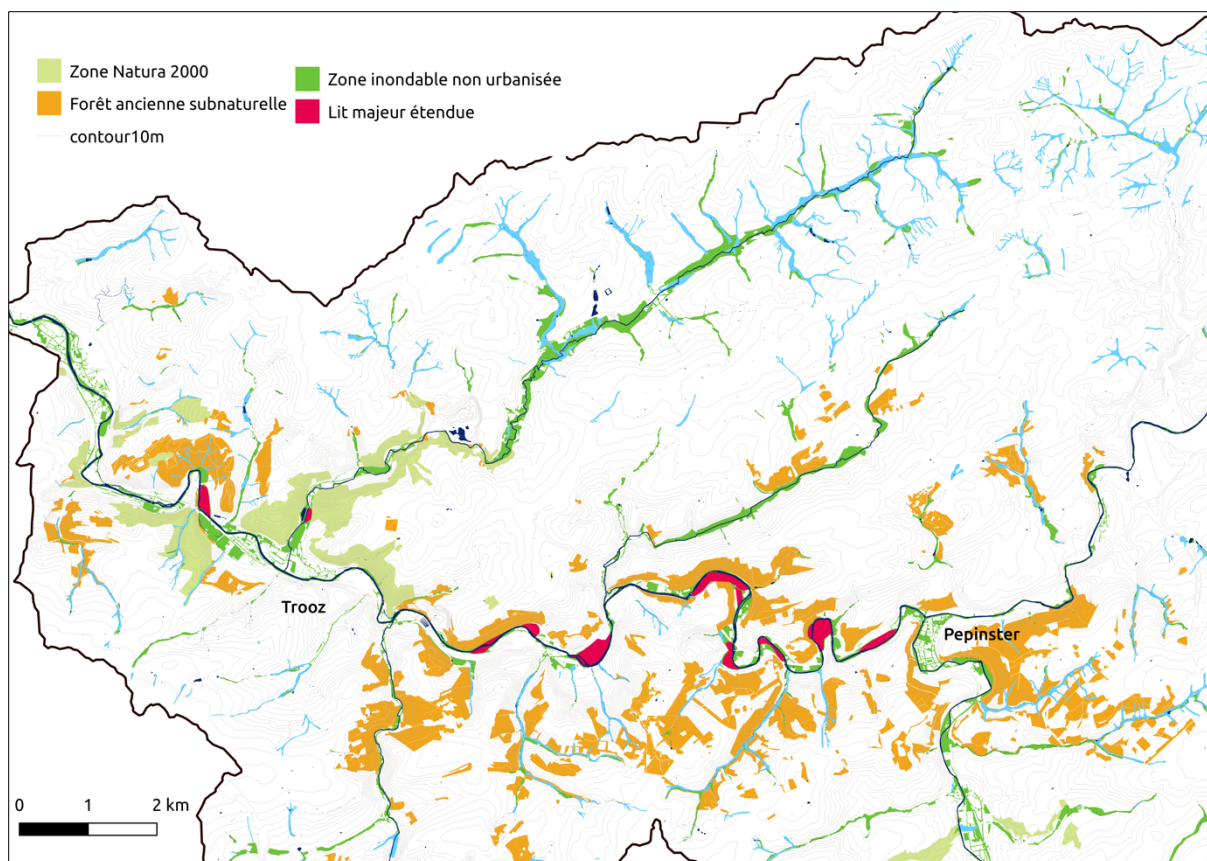


Figure 7. g.3 – Plaines alluviales non urbanisées le long de la Vesdre aval pouvant faire l’objet d’une renaturation (en rouge). Zone inondable non urbanisée le long de l’affluent de la Magne pouvant faire l’objet d’une renaturation.

2.4 Potentiel de renaturation des plaines alluviales des affluents

Par ailleurs, puisque les plaines inondables des principales vallées (Vesdre, Hoëgne et Wayai) sont limitées, il convient de ralentir les écoulements dès l’amont. Selon la topographie et l’occupation du sol, les lits de la **Magne en amont** de la Carrière de Bay-Bonnet (Figure 7. g.3), du **Bola** en amont de Soignon, du **Poncherelle** en amont de Villers ou encore du **ruisseau intermittent entre Dison et la grotte de Bebronne** présentent des topographies « relativement » plates pour permettre un débordement régulier sur les prairies aux alentours. Là encore des études hydromorphologiques sont nécessaires pour évaluer les capacités de ces tronçons à déborder régulièrement sur les prairies rivulaires, et ainsi limiter les vitesses de transfert vers l’aval. Un rehaussement du lit mineur, des créations de méandres ou encore la création de bras morts peuvent par exemple parfois s’avérer nécessaires pour assurer la connectivité latérale. Ces mesures de restauration de ripisylves vont de concert avec l’objectif de réintroduction de la nature en milieu agricole (objectif 2) et doivent donc être menées de façon intégrée en tenant une vision globale de l’aménagement en faveur de la biodiversité.

2.5 Les infrastructures vertes urbaines au service de l’atténuation des ruissellements

L’objectif 5 de la stratégie biodiversité vise à réintégrer la nature en zone urbaine, afin que les habitants puissent profiter des effets bénéfiques des espaces naturels sur la santé mentale et physique. Ici on s’intéresse plus particulièrement à l’introduction d’infrastructures vertes dans l’optique d’atténuer les ruissellements. Plusieurs sous-bassins versants sont à la fois fortement urbanisés et présentent très peu d’éléments permettant l’infiltration ou la limitation du transfert en aval.

La Figure 7. g.4 montre l’étendue des zones urbaines, des espaces verts et du réseau de concentration des ruissellements (qui diffère du réseau hydrographique qui ne montre que les rivières apparentes).

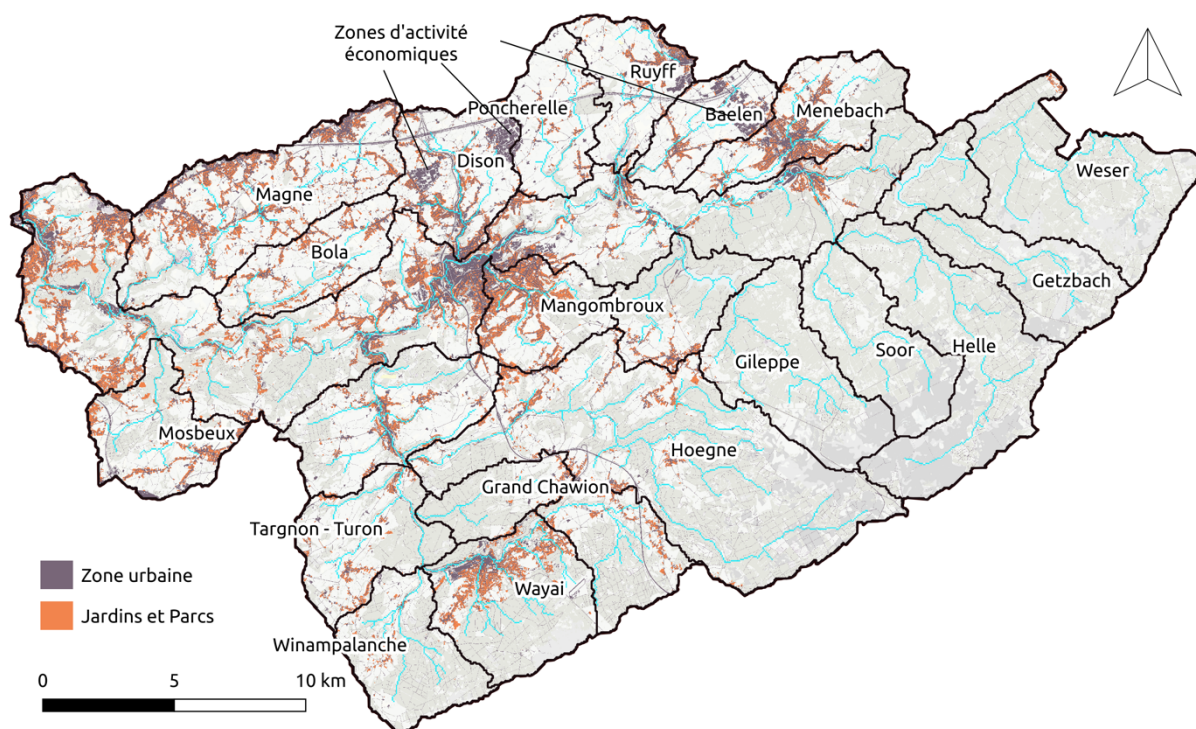


Figure 7. g.4 – Zones urbaines du bassin versant de la Vesdre et concentration des ruissellements (en bleu, aire drainée > 1 km²). Délimitation des sous-bassins versants nommés dans le texte.

Hormis l'agglomération de Verviers, elle montre la **forte urbanisation** des sous-bassins versants de **Dison**, de **Baelen**, du **Mangombroux**, de la **Magne**, du **Menebach**, du **Ruyff** et du **Wayai** amont. Les zones urbanisées se distinguent : sur la Magne et le Ruyff et le Baelen, les zones urbaines se situent sur les crêtes ; sur le Menebach, le Wayai amont et le Mangombroux, les zones urbaines se situent au niveau de points de concentration des ruissellements ; enfin sur Dison l'urbanisation est la fois présente sur les plateaux amont et en aval.

L'urbanisation sur Dison et sur Baelen est en partie ou principalement liée respectivement à des zones d'activités économiques étendues (Petit Rechain (~ 80 ha), les Plenesses (~ 108 ha), et East Belgium Park (~ 200 ha)). L'enjeu de l'urbanisation des sols est d'autant plus important pour les sous-bassins versants de Mangombroux et de Dison qu'ils se jettent directement dans la Vesdre dans l'agglomération de Verviers. A noter pour cette dernière l'absence totale de rivière apparente, et une canalisation fermée sur le dernier kilomètre aval avant l'exutoire dans la Vesdre drainant une surface de 21 km² (Figure 7. g.5).

Le code l'eau modifié en date du 1^{er} décembre 2016 stipule l'interdiction d'un raccordement à l'égout des eaux pluviales générées sur une parcelle bâtie et la nécessité de prioriser l'infiltration hormis en cas d'impossibilité technique. La mise en vigueur en 2017 concerne cependant seulement les nouvelles habitations et il est vraisemblable que peu de constructions antérieures aient réalisé volontairement une gestion au sein de la parcelle des volumes précipités.

A notre connaissance, il n'existe pas de définition ni de contrainte dans la réglementation wallonne quant à la mise en place d'une infrastructure verte (CPDT, Opérationnalisation d'une infrastructure verte pourvoyeuse de services écosystémiques, 2019). Seul le schéma de développement du territoire contraint de « créer des espaces verts privés (à rétrocéder le cas échéant aux pouvoirs publics) à raison d'un minimum de 10% de la superficie dans tous projets d'urbanisation de plus de 2 ha ». La stratégie européenne en faveur de la biodiversité stipule la nécessité de mettre en place un plan d'écologisation des zones urbaines pour les villes de plus de 20 000

habitants, ce qui inclut uniquement la commune de Verviers sous ce critère. Néanmoins, ne serait-ce qu'au vu des capacités purement régulatrices du cycle hydrologique des infrastructures vertes, et de la répercussion évidente de l'aménagement des plateaux amont sur la gestion hydrologique aval, il conviendrait d'élargir ce critère aux communes précédemment citées.



Figure 7. g.5 – A gauche, « exutoire » du sous bassin versant incluant la commune de Dison. Les points de concentration des ruissellements correspondent à des surfaces imperméabilisées (routes, habitation et parking). A droite, photo de la rue principale où se concentrent les ruissellements.

iv. Conclusion

Le bassin versant de la Vesdre est doté d'une structure écologique aux zones centrales importante (18%), et même d'intérêt international pour ce qui concerne le haut potentiel de biodiversité et de ces services régulateurs du plateau tourbeux des Hautes Fagnes. On note toutefois une répartition très inégale des zones de conservation de la Nature, mais aussi des espaces verts insérés en milieu urbanisé. Les sous-bassins versants de la rive droite amont, à savoir les sous-bassins versants de Dison, du Ruyff, du Baelen et du Menebach apparaissent comme les parents pauvres de la structure écologique principale.

La stratégie européenne en faveur de la biodiversité à l'horizon 2030 enjoint une extension des lieux de conservation de la nature et un développement d'infrastructures vertes au sein même des lieux d'activités humaines. Au vu des lacunes actuelles, tout en visant les objectifs à l'horizon 2030, plusieurs zones potentielles ou cibles d'aménagements ont été identifiées :

- 3 600 ha (5,1 % du territoire) de forêt ancienne subnaturelle pourrait joindre le réseau des sites de conservation de la nature, et représenter des zones centrales de la SEP, en aval de la vallée de la Vesdre.
- Des 5 800 ha de sols tourbeux et paratourbeux, 1 800 ha (2,6%) ne sont pas sous statut de protection malgré le potentiel de biodiversité et le service de régulation du climat qu'ils fournissent. On dénombre également 2 800 ha de sols tourbeux actuellement couverts de landes humides ou de résineux pouvant faire l'objet de restauration. Le réaménagement pour une couverture tendant aux habitats naturels (tourbières hautes (7120*) et tremblants (7140*), landes humides tourbeuses (4110), boulaies tourbeuses (91D0*)) est d'autant plus intéressant qu'il améliore la régulation hydrologique.
- Les 5 800 ha (8,3 % du territoire) de sols hydromorphes enrésinés et drainés figurent à la fois comme un potentiel de développement de biodiversité, mais aussi comme une zone cible d'intervention nécessaire pour la régulation des flux hydriques. La suppression du drainage et la gestion générale des eaux de surface vers la diffusion plutôt que vers le transfert en aval, répond en effet au double objectif du développement d'habitats naturel d'intérêt (landes humides (4110), chênaiies-boulaies à molinies (9190*)) et de la temporisation des ruissellements.
- 120 ha de plaines alluviales ont été identifiées le long des rivières principales (Vesdre, Hoëgne, Wayai) et 8 km de cours d'eau sur les affluents de la rive droite (Bola, Magne, Poncherelle) comme des plaines actuellement inondables, non urbanisées et étendues. Il serait intéressant d'optimiser le fonctionnement hydrique de ces zones et notamment d'assurer la continuité latérale, afin de développer les zones d'habitats d'intérêt rivulaire et par la même occasion la SEP et les services régulateurs inhérents à ces milieux.
- Enfin, on note la nécessité de développer les infrastructures vertes en zones urbanisées, et plus particulièrement – pour des raisons de régulation hydrologique – sur les sous-bassins versants présentant un taux d'artificialisation des sols très important au niveau de confluence des ruissellements. Il s'agit en priorité des bassins de Dison, du Mangombroux, du Menebach et du Wayai amont. Les zones d'activités économiques de Dison, Baelen et du Ruyff représentent par ailleurs des potentiels d'atténuation de l'artificialisation par la mise en place d'infrastructures vertes, puisqu'elles couvrent des surfaces significatives.

v. Références

Opérationnalisation d'une infrastructure verte pourvoyeuse de services écosystémiques, CPDT, 2019.

Stratégie de l'UE en faveur de la biodiversité à l'horizon 2030, Ramener la nature dans nos vies. Commission européenne, 2020.

Stratégie de l'UE pour la protection des sols à l'horizon 2030, Récolter les fruits de sols en bonne santé pour les êtres humains, l'alimentation, la nature et le climat. Commission européenne, 2021.

vi. Glossaire

CSIS : cavité souterraine d'intérêt scientifique

Forêt primaire : forêt composée d'espèces indigènes où aucune trace d'activité humaine passée ou présente n'est clairement visible.

Forêt ancienne subnaturelle : espace forestier implanté de façon continue depuis 250 ans (visible sur les cartes Ferraris), et composé d'espèces autochtones proches de l'état naturel (hêtre, chêne).

SE : Les **services écosystémiques** correspondent aux services rendus à la société par les écosystèmes. On classe généralement ces services en 3 catégories :

- les services de production ou d'approvisionnement, c'est-à-dire la capacité d'un écosystème à fournir un bien marchand : nourriture, combustible, matériaux, médicaments, etc. ;
- les services de régulation, c'est-à-dire la capacité de l'écosystème à contrôler le climat, le cycle hydrologique, ou encore son propre cycle ;
- les services culturels.

SEP : système écologique principal

SGIB : site de grand intérêt biologique

RNA : réserve naturelle agréée. Statut de protection qui concerne des terrains gérés par une personne physique ou morale autre que la Région wallonne et qui est reconnue à ce titre.

RND : réserve naturelle domaniale. Statut de protection qui concerne des terrains publics gérés par le Service public de Wallonie.

RF : réserve forestière. Statut qui protège une forêt présentant des faciès caractéristiques ou remarquables des peuplements d'essences indigènes, conservés à ce titre.

ZC : zone centrale de conservation

ZD : zones de développement

ZHIB : zone humide d'intérêt biologique

h. Développement touristique

Auteur : Serge Schmitz, Laplec, Université de Liège

i. Introduction

« La Vesdre est une rivière-torrent qui descend de Saint-Cornelis-Munster, entre Aix-la-Chapelle et Duren, à travers Verviers et Chauffontaine, jusqu'à Liège, par la plus ravissante vallée qu'il y ait au monde. Dans cette saison, par un beau jour, avec un ciel bleu, c'est quelquefois un ravin, souvent un jardin, toujours un paradis. » (Hugo, éd. 1906)

En contraste avec la vision romantique du paysage décrit par Victor Hugo dans ses récits de voyage, bien antérieur à l'arrivée du chemin de fer, la vallée de la Vesdre constituait avant les inondations de juillet 2021 un paysage marqué par l'industrie, les carrières, les maisons ouvrières et les voies de communication. Pour les touristes, elle était souvent un passage obligé pour se rendre dans des lieux plus accueillants tels que Spa, la région des Trois frontières ou le Plateau des Hautes Fagnes. Pourtant, les chemins d'autrefois sont encore présents et la campagne se fait riante lorsque l'on quitte les agglomérations. La reconstruction peut dès lors être une opportunité d'améliorer le cadre paysager et l'attractivité touristique avec des retombées potentiellement positives pour les habitants. Cette section vise à établir une liste de besoins prioritaires en reconstruction dans le cadre d'une stratégie de développement touristique de type « slow » (Liège Europe Métropole, 2017), c'est-à-dire qui privilégie la lenteur, la déconnexion, la proximité, les modes de transport doux, la gastronomie à base de produits locaux, le bien-être, le rapprochement de la nature et la rencontre avec les habitants.

ii. Méthodologie

La présente section découle de l'analyse du territoire réalisé dans le cadre du diagnostic de l'offre en hébergements, attractions touristiques et infrastructures MICE de l'étude de la CPDT « Tourisme et territoire, gérer le passé et préparer l'avenir » (Decroly et al., 2020) et de l'analyse des dégâts aux établissements et équipements touristiques de la présente étude. Elle examine également les propositions du schéma provincial de développement territorial (Liège Europe Métropole, 2017). Elle repose sur une connaissance fine du terrain, un arpentage de celui-ci neuf mois après les inondations et une enquête auprès des maisons du tourisme, syndicats d'initiative et de l'Agence du tourisme des cantons de l'Est.

iii. Résultats

Les vingt-cinq communes appartenant en tout ou en partie au bassin versant de la Vesdre comptabilisaient avant les inondations 95 hôtels, 28 campings, 7 établissements de tourisme social, 3 villages de vacances et 456 hébergements de terroir reconnus. A ces données officielles, il faut ajouter de nombreux hébergements alternatifs dont plus de 3 000 hébergements Airbnb. Cela représente une capacité maximale de 36 560 lits, soit 1 lit touristique pour 14 habitants. Sur base des données de la téléphonie mobile (Nyns et Schmitz, 2022), la fréquentation touristique au sein de ces communes les deux mois d'été 2019 était de 1 591 493 nuitées.

Les analyses des dégâts suite aux inondations de juillet 2021 montrent qu'un peu plus de 2% des lits touristiques ont été fortement impactés. Il existe cependant de grandes disparités territoriales entre les communes, avec pour les endroits les plus touchés des conséquences non négligeables sur l'économie présente mais aussi sur l'offre d'équipements et de services pour les populations locales. Au-delà des hébergements, le secteur de la restauration, les équipements culturels et sportifs, les espaces publics, les éléments du patrimoine culturel et les possibilités de parcours ont été, par endroit, fortement impactés.

Les entretiens avec les maisons du tourisme et syndicats d'initiative ont d'abord pointé les dégâts aux infrastructures gérées par ces institutions (ex. bâtiment d'accueil, mini-golf, salle d'exposition) avant de signaler

la réduction dans certaines communes de l'offre HoReCa, ce qui pose des soucis en matière d'accueil du public, en particulier les groupes. Les cheminements piétons à proximité des rivières, y compris les passerelles, sont également une préoccupation, car ils sont une part importante de l'offre d'activités. Enfin, dans les communes moins sinistrées, c'est l'image d'une région dévastée qu'il faut arriver à gommer.

A une échelle plus vaste, l'analyse de l'intégration de la vallée de la Vesdre en tant que destination touristique pointe la reconstruction post-inondation comme une opportunité d'améliorer le cadre de vie des habitants et, d'un point de vue touristique, d'assurer un continuum avec les destinations voisines et compléter l'offre de loisirs et de villégiatures de ces destinations. Verviers mérite une attention particulière en tant que principale ville possédant un patrimoine remarquable mais peu connu et mis en valeur. Cependant, Il ne semble pas opportun d'envisager de transformer la vallée de la Vesdre en destination principale (Single destination) mais plutôt de privilégier la possibilité d'y développer une destination « camps de base », pour rayonner dans la région, ou une destination de tourisme itinérant (Gunn et Var, 2002 ; Nyns et al., 2021). De plus, la localisation de la vallée à proximité d'agglomérations urbaines importantes la positionne potentiellement comme destination de tourisme d'un jour. L'intérêt croissant pour un tourisme plus durable et les modes doux de transport place également la vallée de la Vesdre dans une situation favorable à condition du maintien des nombreux arrêts de chemin de fer et du projet de Vesdrienne et du réaménagement des sentiers érodés par la crue.

Développer le tourisme en tant qu'activité économique demande de soigner tant le produit primaire, c'est-à-dire les éléments comme les paysages, les attractions et autres curiosités qui justifient le déplacement, que le produit secondaire, principalement l'HoReCa, qui assure l'accueil du touriste et les retombées économiques. Dans cette optique, il est recommandé d'une part de privilégier des orientations urbanistiques plus soucieuses de l'intégration paysagère, de supprimer une série de chancres (notamment) industriels, de réaménager les espaces publics et les parcours, et d'autre part de veiller à favoriser l'équipement de la vallée en infrastructure d'accueil.

iv. Conclusion

Le bassin de la Vesdre est situé à proximité de destinations relativement bien fréquentées et devrait mettre à profit la reconstruction suite aux inondations pour améliorer son intégrité paysagère afin de se positionner comme destination touristique « camp de base », « d'un jour » ou « itinérante » en relation avec l'offre des destinations mieux développées et des agglomérations urbaines voisines. Le modèle du slow tourisme retenu par le schéma de développement territorial provincial reste pertinent et devrait permettre de hiérarchiser les actions et les soutiens à donner.

Les besoins en matière de reconstruction et de développement touristique sont le réaménagement des parcours de randonnées à pied et à vélo, le travail sur l'image du bassin versant terni par les inondations, la recherche de qualité paysagère, le soutien au développement d'infrastructure d'accueil en particulier dans les villages et villes où il n'y en a pas, le soutien et le développement de la politique de rénovation urbaine à Verviers, la remise en état des équipements sportifs et culturels.

v. Références

- Decroly, J.-M., Diekmann, A., Nyns, S., Schmitz, S., Courtois, X., Bruggeman, D., Haine, M., Quierat, S., Nouri, M. & Cawoy, V. (2020). *Tourisme et territoire : gérer le passé et préparer l'avenir : Recherche R4, rapport final*. [Namur] : CPDT, 199 p. <http://hdl.handle.net/2268/257204>.
- Gunn, C.A., Var, T. (2020). *Tourism planning*. [New-York] : Routledge, 464 p.
- Hugo, V. (éd. 1906). *Le Rhin, En Voyage, Tome 1, Lettre VIII*, [Paris] : Librairie Ollendorff, 63-65.
- Liège Europe Métropole (2016) *Destination 2040. Diagnostic territorial . Schéma provincial de développement territorial & plan provincial de mobilité*. [Liège] : LEM, 91p.
https://www.liegeeuropemetropole.eu/documents/rapport_diagnostic_final.pdf
- Liège Europe Métropole (2017) *Destination 2040. Projets pour le futur. Schéma provincial de développement territorial & plan provincial de mobilité*. [Liège] : LEM, 169 p.
https://www.liegeeuropemetropole.eu/documents/Rapport_phase2.pdf
- Nyns, S., Crespin-Noël, E., & Schmitz, S. (2021). La notion de destination touristique urbaine à travers les pratiques des touristes à Liège. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, 76. 21-35. <https://hdl.handle.net/2268/264741>
- Nyns, S., Schmitz, S. (2022). Using mobile data to evaluate unobserved tourist overnight stays, *Tourism Management* 89, 14p. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2021.104453>