

Exemples de Méthodologies en Sciences et Gestion de l'Environnement



Antoine DENIS - Juillet 2025

Antoine.DENIS@ULIEGE.BE



INTRODUCTION



Objectif

Ce document a pour objectif de donner un aperçu par l'**exemple** d'une **diversité de méthodologies** utilisées en **Sciences et Gestion de l'Environnement**, notamment en vue de préparer les étudiants en Sciences et Gestion de l'Environnement à la réalisation de leur mémoire de fin d'étude, mémoire de type recherche.



Contenu

- ❖ Ce document présente une série **d'extraits de différents types de travaux de recherche** :
 - 3 projets de recherche
 - 5 mémoires de fin d'études
 - 1 recherche d'un autre type
- ❖ Il se concentre sur les aspects **méthodologiques** de ces recherches
- ❖ Les **résultats** sont peu ou pas présentés
- ❖ Face à la très grande diversité de méthodologies utilisées en sciences et gestion de l'environnement, ce document aura pour vocation d'en donner un aperçu partiel mais éclairant, à travers quelques exemples choisis pour être particulièrement pertinent et rentrer en résonnance avec le cursus des étudiants du master en sciences et gestion de l'environnement de l'université de Liège.

Liste des recherches présentées

3 projets de recherche :

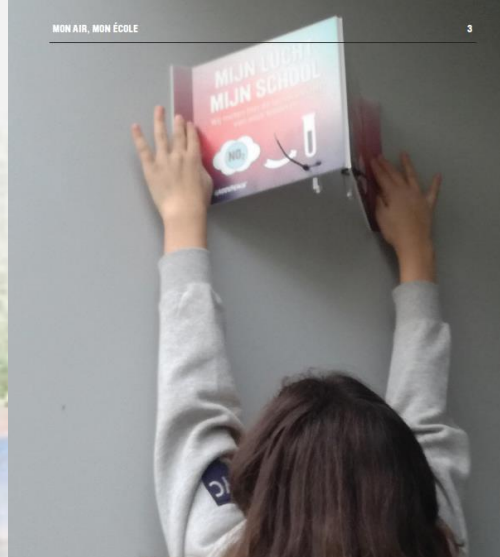
	N° dia
❖ Mon air, mon école. Étude sur la pollution de l'air dans 222 écoles belges.	18
❖ Les mammifères prédateurs en Wallonie : une menace pour la chouette hulotte ?	40
❖ Evaluation de l'impact des aires de faulde (charbonnières) centenaires sur la croissance des cultures à l'aide d'imagerie drone.	51

5 mémoires de fin d'étude :

❖ La définition des prix justes dans les coopératives citoyennes de circuits courts : comment traduire les projets collectifs en matière de système agroalimentaire ?	94
❖ Analyse de l'effet saisonnier sur la qualité écologique des cours d'eau, Cas appliqué au sous-bassin Semois-Chiers.	120
❖ Les enjeux de la compensation carbone par le boisement et le reboisement : étude comparative de programmes de compensation volontaire belges et français.	145
❖ Amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation selon les principes agroécologiques de gestion de l'eau : cas de la carotte dans les maraîchages irrigués à Grand Popo, Bénin.	156
❖ Eutrophisation de 2 étangs dans la région de Fays-Les-Veneurs, recherche de solutions.	170

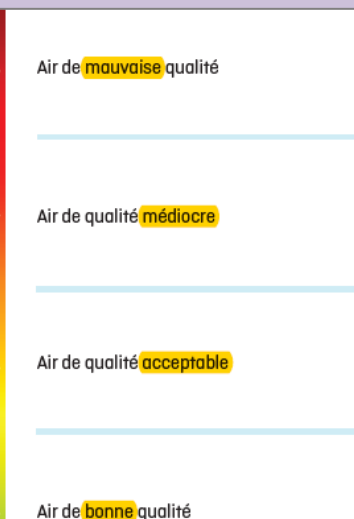
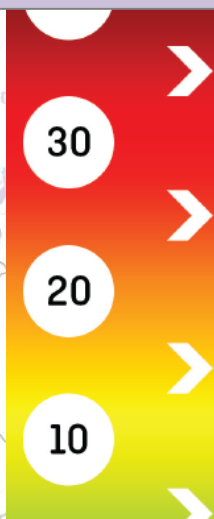
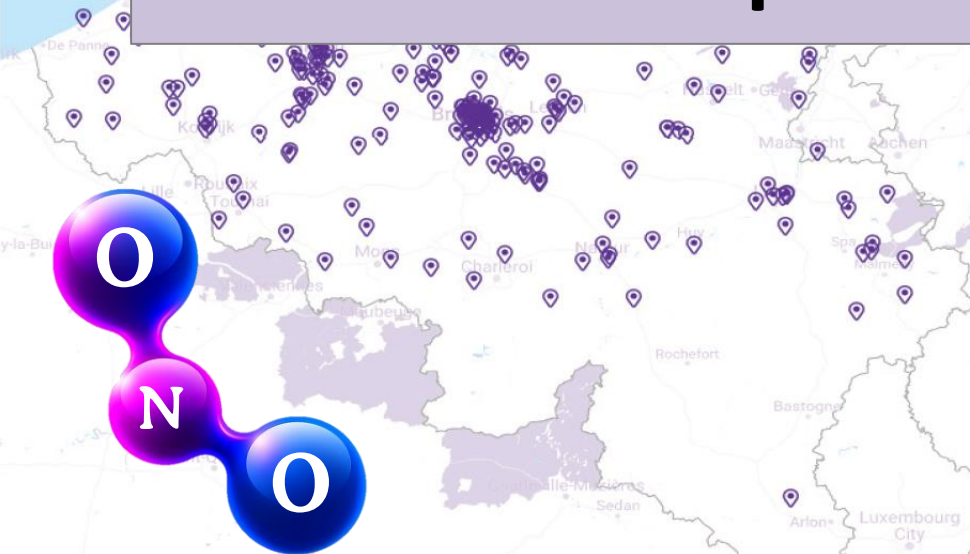
1 recherche d'un autre type :

❖ Démonstration de déforestation illégale en Amazonie.	196
--	-----



MON AIR, MON ÉCOLE

Étude sur la pollution de l'air dans 222 écoles belges





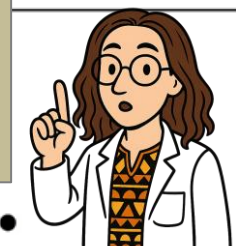
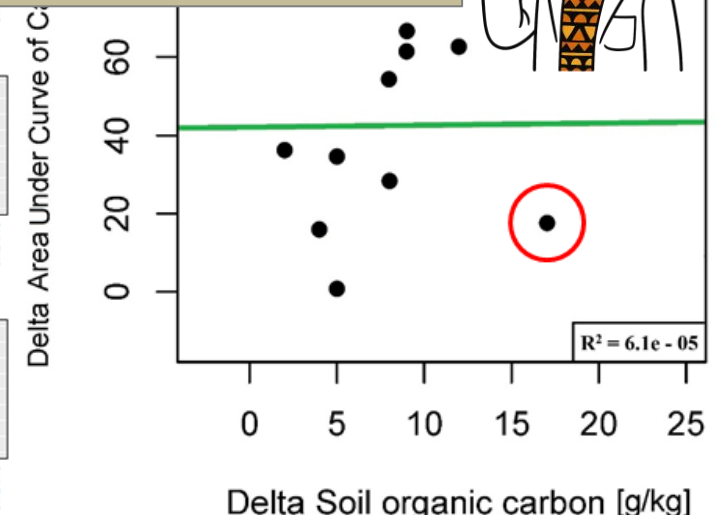
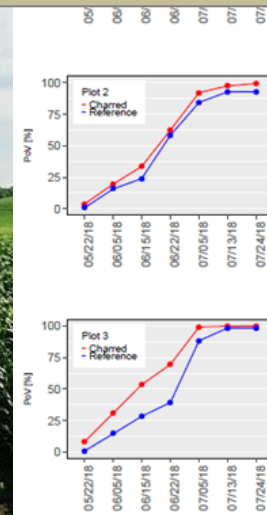
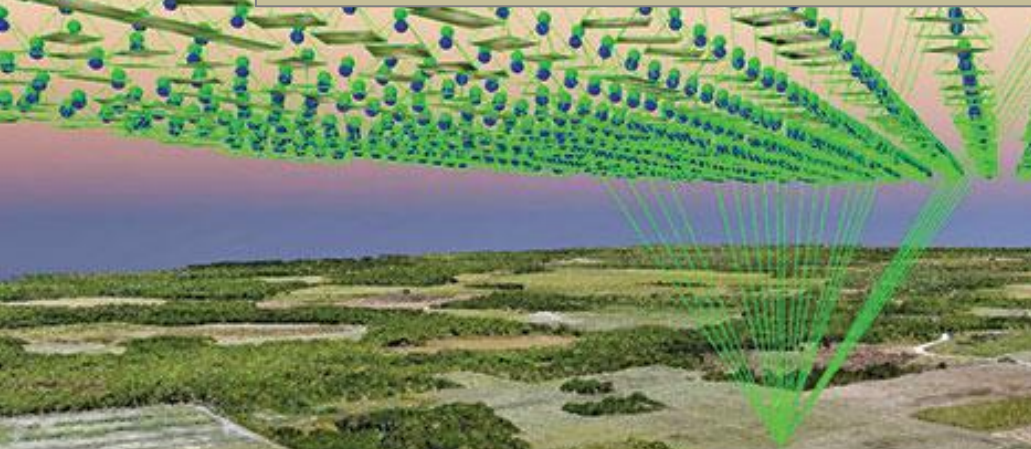
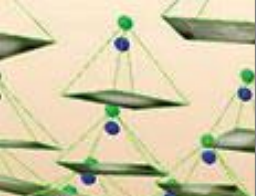
Les mammifères prédateurs en Wallonie : une menace pour la chouette hulotte ?





Evaluation de l'impact des aires de faulde (charbonnières) centenaires sur la croissance des cultures à l'aide d'imagerie drone

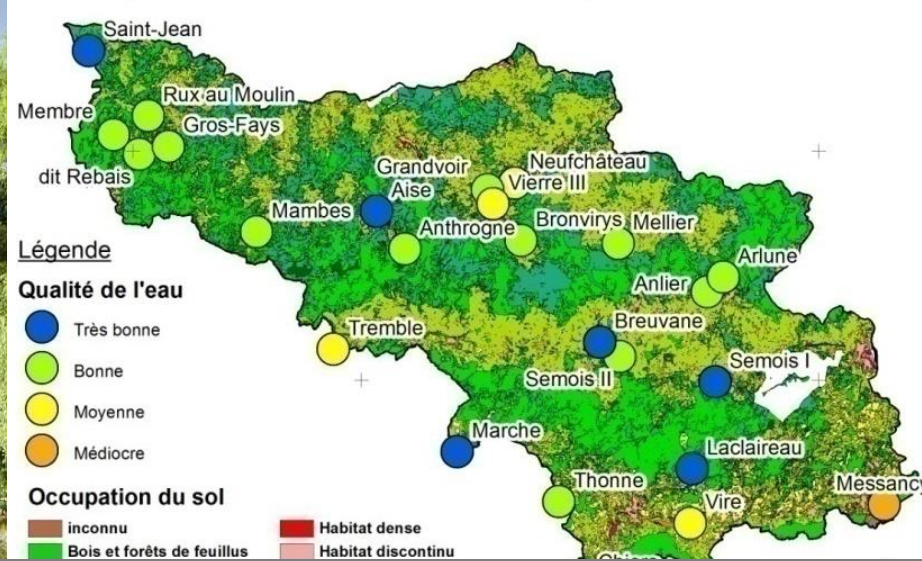
d'après Panch





La définition des prix justes dans les coopératives citoyennes de circuits courts : comment traduire les projets collectifs en matière de système agroalimentaire ?





Analyse de l'effet saisonnier sur la qualité écologique des cours d'eau, Cas appliqué au sous-bassin Semois-Chiers





Les enjeux de la compensation carbone par le boisement et le reboisement : étude comparative de programmes de compensation volontaire belges et français





**Amélioration de l'efficiencia d'utilisation de l'eau d'irrigation
selon les principes agroécologiques de gestion de l'eau : cas de
la carotte dans les maraîchages irrigués à Grand Popo, Bénin**





Eutrophisation de 2 étangs dans la région de Fays-Les-Veneurs, recherche de solutions





Démonstration de déforestation illégale en Amazonie



Accès au matériel de cours



La dernière version de ce document est disponible sur ORBI :

<https://hdl.handle.net/2268/306854>



L'ensemble des vidéos associées à ce document sont disponibles sur la chaîne YouTube « Méthodologies Sciences et Gestion Environnement »

www.youtube.com/@MéthodologiesSciencesetGestion

Fin de l'introduction



1^{ère} partie

Exemples de projets de recherche



Exemples de méthodologies en Sciences et Gestion de l'environnement



Antoine DENIS

Antoine.DENIS@ULIEGE.BE



Exemples de de projets de recherche (1/3)

MON AIR, MON ÉCOLE

ÉTUDE SUR LA POLLUTION DE L'AIR DANS 222 ÉCOLES BELGES

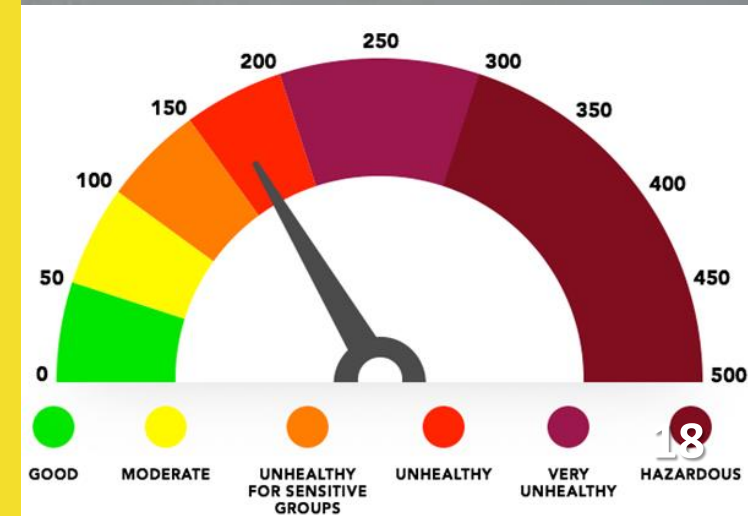
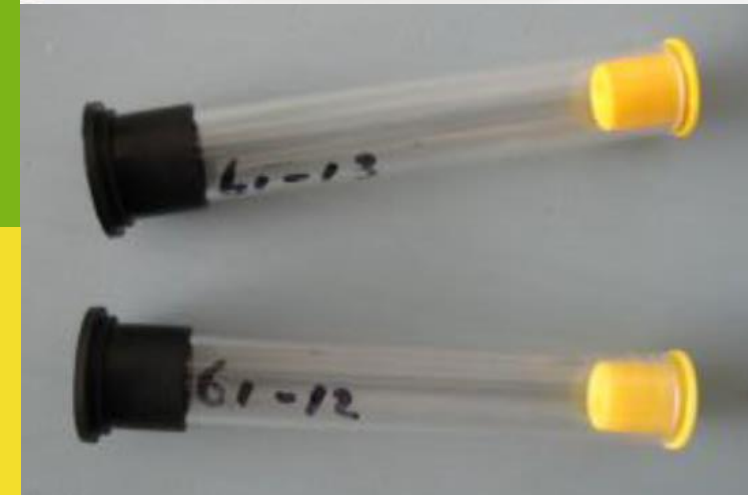
Rapport scientifique d'une campagne de mesure à grande échelle du dioxyde d'azote (NO₂) dans 222 écoles belges

Greenpeace - 2018

Source du rapport scientifique : <https://www.greenpeace.org/belgium/fr/rapports/998/mon-air-mon-ecole/>

Source de l'illustration vectorielle: Freepik

Sources des images : <https://www.test-achats.be/>, <https://www.greenpeace.org/belgium/fr/rapports/998/mon-air-mon-ecole/>,
<https://cowayindia.in/>





Ces principes fondent le cadre d'évaluation suivant pour la qualité de l'air dans et autour des écoles en Belgique.

Concentration annuelle moyenne en NO_2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Qualification
40	Air de qualité inacceptable légalement
30	Air de mauvaise qualité
20	Air de qualité médiocre
10	Air de qualité acceptable
	Air de bonne qualité

Tableau 4.1. Cadre d'évaluation de la qualité de l'air dans et autour des écoles, en fonction de la concentration en dioxyde d'azote mesurée.

Contexte

- ❖ En **Belgique**, les émissions liées au **trafic routier** constituent la principale source de **pollution de l'air**.
- ❖ Les émissions de **dioxyde d'azote (NO_2)** et de **particules fines** causent des dommages énormes à la santé, notamment chez les **enfants** (asthme, allergies, infections pulmonaires, cancers).



Objectifs

En **savoir** plus sur:

- ❖ **Qualité de l'air** dans et autour des écoles primaires belges et ses effets sur la santé ;
- ❖ Différences entre les écoles situées dans des **zones urbaines** ou **non urbaines** ;
- ❖ Différences entre les écoles, et leur lien éventuel avec une éventuelle **politique propre à l'école** ;
- ❖ **Possibilités dont disposent les écoles pour améliorer** la qualité de l'air qui y circule ;

Formuler des **recommandations** de dispositifs pour aider les écoles à lutter contre la pollution de l'air.



Méthode : intervenants

1. Investigateur principal : **Greenpeace**
2. Population étudiée : **222 écoles primaires belges**
3. Aide d'une série de **partenaires**
4. Sous-traitance de l'étude scientifique à **Buro Blauw**, une firme d'ingénierie néerlandaise indépendante et spécialisée dans la qualité de l'air (<https://buroblauw.nl/stikstofdioxide-in-basisscholen/>)

GREENPEACE

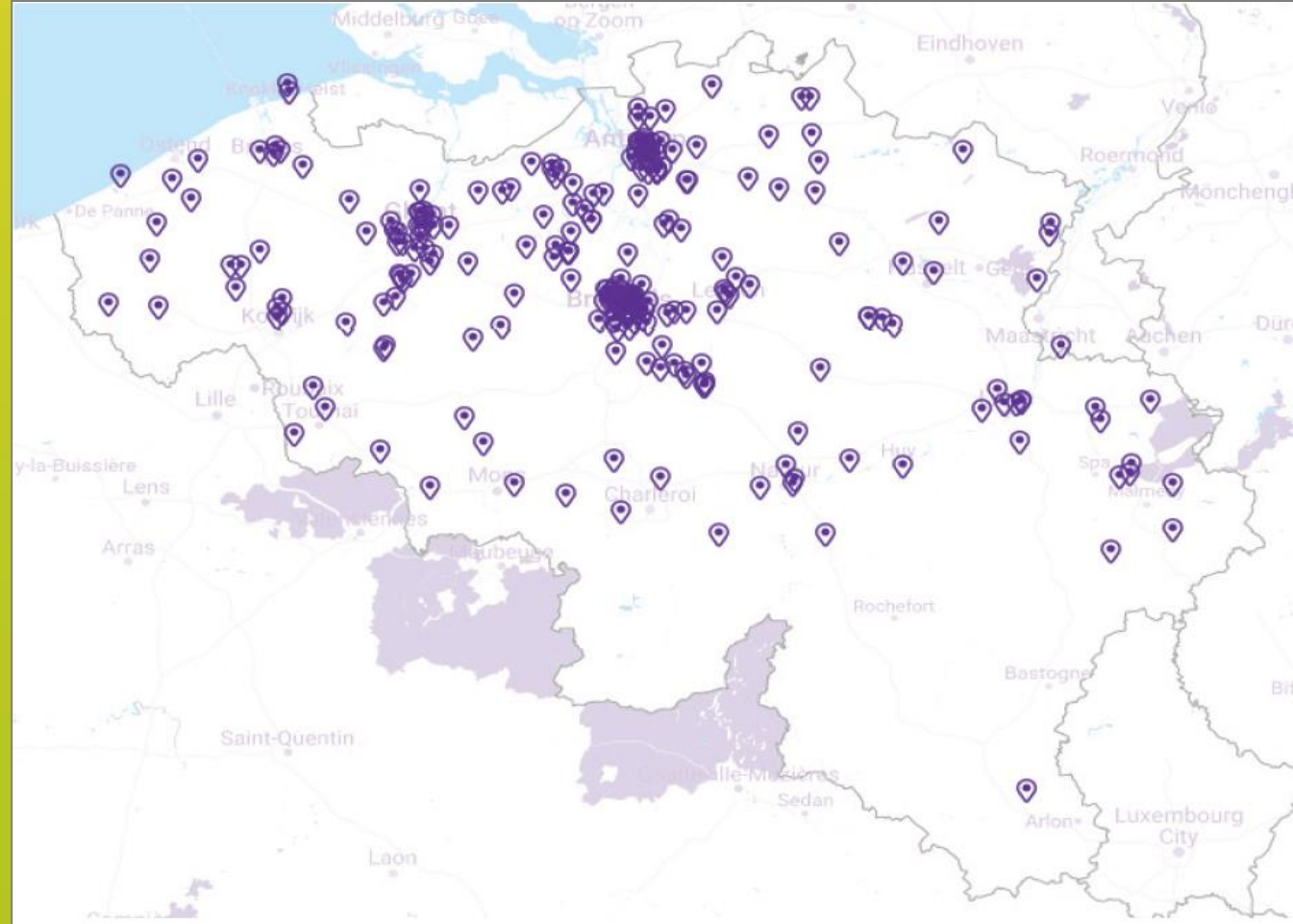


Méthode : échantillonnage

- ❖ **Invitation** des écoles à s'inscrire au projet via les partenaires de l'étude.
- ❖ **458 écoles inscrites** sur base de leur **intérêt** (par des directeurs, des enseignants et des parents)
- ❖ → **222 sélectionnées** (après approbation nécessaire par la direction)
- ❖ Echantillon **pas pleinement représentatif** de toutes les écoles en Belgique, mais il est « **géographiquement bien réparti dans tout le pays** » selon l'étude → Pas vraiment ! (le sud de la Wallonie est peu étudié)

64 % Flandre, 17 % Bruxelles, 19 % Wallonie

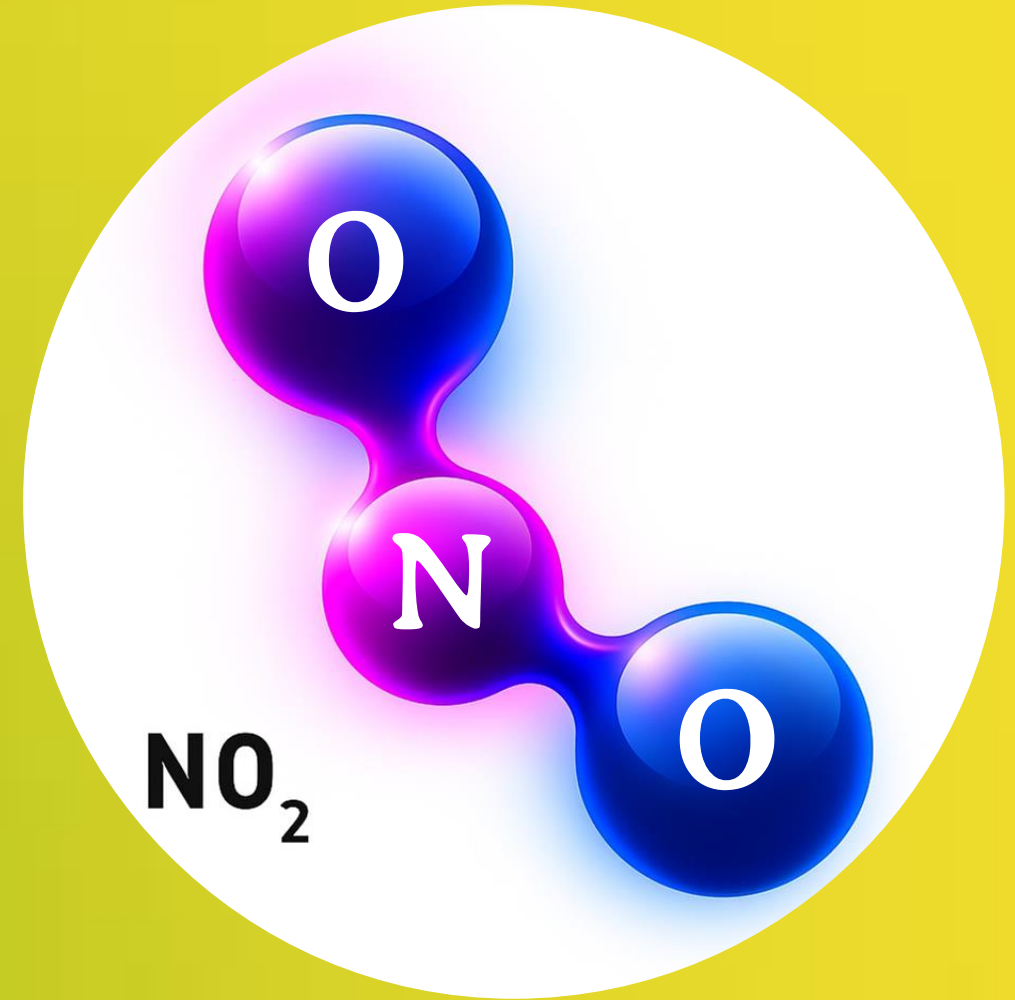
46 % zones rurales, 54 % zones urbaines ou urbanisées



Méthode : justification de l'indicateur NO₂

Pourquoi mesurer le dioxyde d'azote (NO₂) ?

- ❖ NO₂ = le **problème** le plus préoccupant pour la qualité de notre air.
- ❖ NO₂ = un **indicateur important** de la **pollution de l'air** causée par les émissions de la **circulation automobile**, et du **diesel** en particulier.
- ❖ NO₂ = un **indicateur facile à mesurer** de la pollution de l'air liée au trafic routier (corrélation entre NO₂ et particules fines, noir de carbone...).



Méthode : comment le NO₂ a été mesuré ?

Tubes de diffusion Palmes

- ❖ Ne coûte pas cher.
- ❖ Facile à mettre en œuvre.
- ❖ Méthode **de référence** : résultats comparables à ceux d'un équipement de mesure continue par chimiluminescence (méthode de référence).
- ❖ **Echantillonneurs passifs*** : contient un tampon imprégné d'un adsorbant.
- ❖ Tube placé à l'endroit de mesure, **ouvert pendant 1 mois** (en hiver), puis fermé et analysé en laboratoire.

* Echantillonnage de l'air actif = par pompage ; passif = par diffusion



Méthode : comment le NO₂ a été mesuré ?

Placement des tubes de diffusion Palmes :

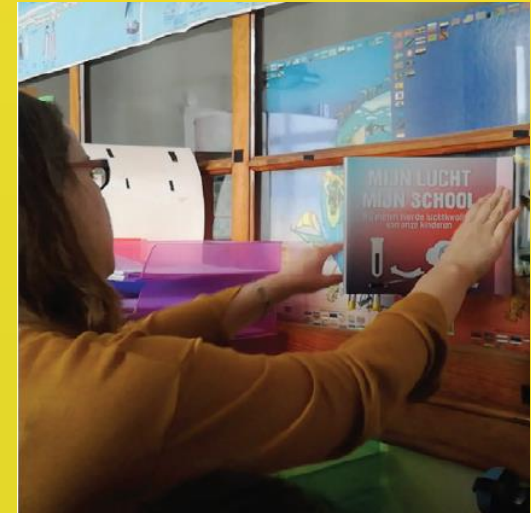
Mesures à **3 endroits**

- ❖ Dans la **rue à l'entrée de l'école** (circulation automobile aux abords de l'école)
- ❖ Dans la **cour** de récréation
- ❖ Dans une **salle** de classe représentative

A environ **2 mètres de haut** et hors de portée des élèves

En **double** : 2 tubes côte à côte

- ✓ Pour **réduire l'erreur potentielle (par moyenne)**
- ✓ Pour **vérifier** que la différence de mesure entre les 2 tubes ne s'écarte pas de l'erreur de mesure prédéterminée pour la méthode



Méthode : par qui le NO₂ a été mesuré ?

Buro Blauw, une firme d'ingénierie néerlandaise indépendante et spécialisée dans la qualité de l'air

- ✓ Effectue les mesures selon **norme européenne** NEN-EN 16339.
- ✓ Est **agréé** pour effectuer des opérations importantes conformément à la **norme** NEN-EN ISO/IEC170251
- ✓ **Accréditée** pour l'analyse de NO₂ par tubes Palmes



BURO BLAUW: KWALITEIT IN LUCHTONDERZOEK EN ADVIES

Buro Blauw is een onafhankelijk, internationaal opererend ingenieursbureau gespecialiseerd in luchtkwaliteit. Buro Blauw werkt voor bedrijven, overheden, instellingen, andere adviesbureaus en particulieren.

<https://buroblauw.nl/>

Metingen



Emissie / Buitenlucht / Arbo/ Binnenlucht

Analyses



Wegen / Diffusiebuisjes / Geurlaboratorium

Bureaustudies



Luchtkwaliteit / Stikstofdepositie / Geur / Verspreidingsberekeningen

Advies



Emissiecontroleplan / Reductie geur / VOS-balans / Contra-expertise

Méthode : données complémentaires

Questionnaire adressé aux écoles

- ❖ Données contextuelles supplémentaires par école
- ❖ Pour faciliter l'interprétation des résultats
- ❖ Par formulaire Google ou papier

ANNEXE 2

Questionnaire pour les écoles

Nombre d'élèves dans l'école ?

Quel est l'axe routier le plus proche de l'école ?

Quelle est la limitation de vitesse sur cet axe routier ?

Le trafic est local ou de passage ?

L'école est-elle située dans un canyon urbain ? (Choix entre 3 photos : canyon urbain, rue entourée de quelques arbres, rue verte)

Y a-t-il un arrêt de bus près de l'école ?

Si oui, à quelle distance de l'école ?

Où les élèves sont-ils déposés le matin ? <50 m, entre 50 et 100 m, >100 m ?

La cour de récréation principale est-elle fermée, ouverte ou couverte ?

Est-elle à côté de la rue, entourée d'immeubles, ouverte sur l'arrière de l'école ou dans un espace vert ?

Comment est ventilée la classe où sont accrochés les tubes ? Ventilation mécanique ou ouverture des fenêtres ?

Si ventilation mécanique, où se trouve l'arrivée d'air frais alimentant le système de ventilation ?

Est-ce que cette classe possède une fenêtre donnant sur la rue ?

Comment est chauffée l'école ? (Mazout, gaz, électricité, autre)

Où mène la cheminée/l'évacuation de la chaudière ?

Avez-vous une cuisine dans l'école ?

Où mène la sortie d'air de la hotte ?

Dans le rayon de 500 mètres autour de l'école, y a-t-il un port, un viaduc, une voie navigable, un aéroport, une route ayant pour limitation 70 ou 90 km/h, une usine, un incinérateur, un grand parking... ?

Comment les élèves se rendent-ils à l'école ? En voiture, à vélo, en bus / tram, en train, à pied, en scooter/moto.

Combien d'élèves ont des problèmes respiratoires (asthme, bronchite chronique, insuffisance cardiaque...)?

La majorité des élèves trouve que la qualité de l'air est bonne, moyenne ou mauvaise en classe ?

Les élèves ont-ils des difficultés pour se concentrer ?

Si oui, le matin, l'après-midi, ou toute la journée ?

Méthode

CADRE D'ÉVALUATION DES RÉSULTATS DE MESURES

« À ce jour, la **valeur limite annuelle européenne** pour le NO_2 est la même que la valeur recommandée par l'**Organisation mondiale de la Santé (OMS)**, soit $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. » (extrait de l'étude)

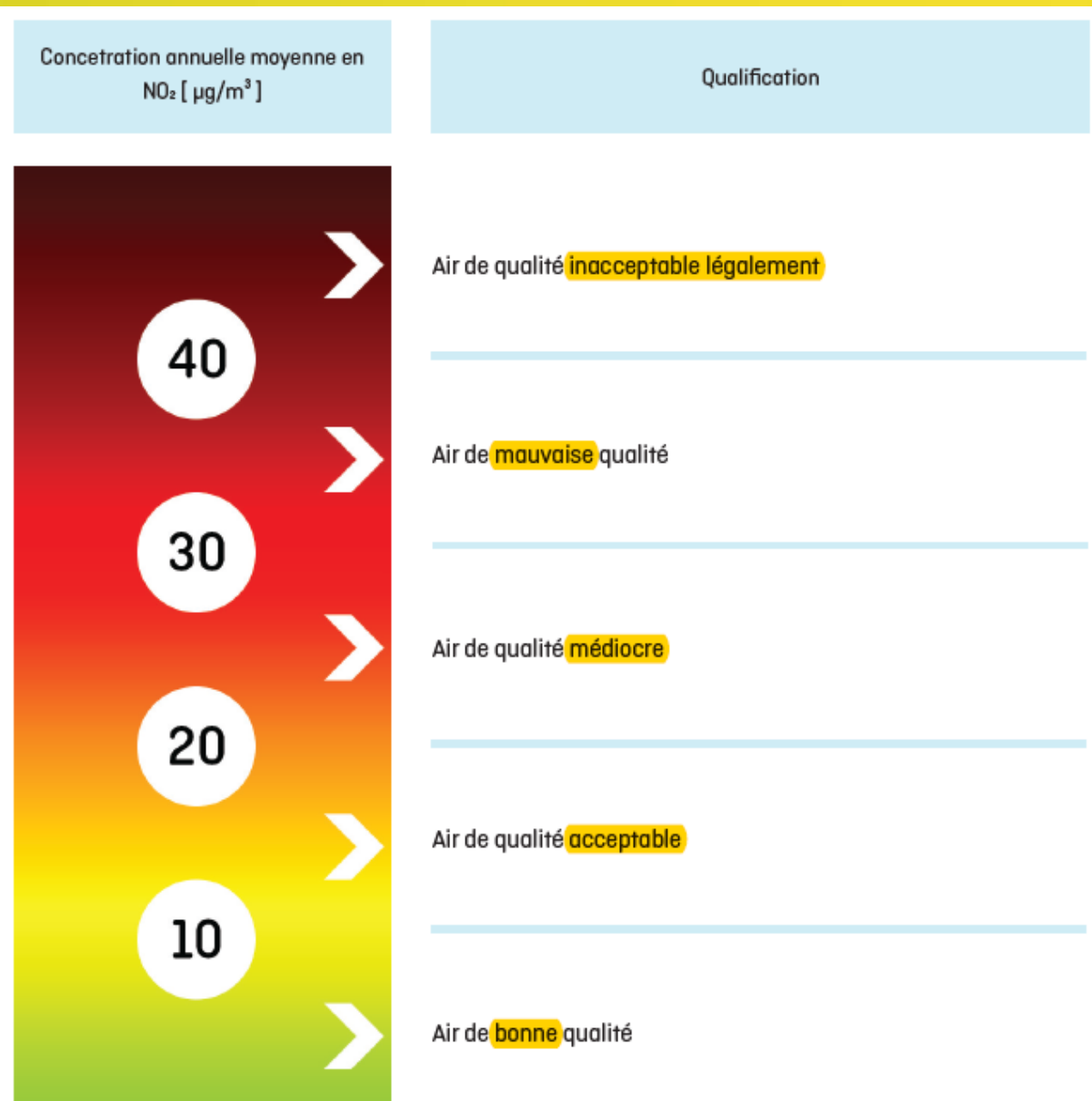


Tableau 4.1 Cadre d'évaluation de la qualité de l'air dans et autour des écoles, en fonction de la concentration en dioxyde d'azote mesurée.

Résultats : sur le mois mesuré

Quelques tubes de mesure n'ont pas bien fonctionné dans certaines écoles, de sorte que les totaux peuvent ne pas correspondre exactement au total de 222 écoles.

Résultats des mesures en novembre et décembre 2017

Écoles dont la concentration est :	Rue (#)	Cour de récréation (#)	Classe (#)
Supérieure à $> 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	19	3	0
Comprise entre $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	60	51	1
Comprise entre $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$	99	108	19
Comprise entre $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	34	52	112
Inférieure à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	6	6	89

Tableau 5.1 Nombre d'écoles selon les résultats de la mesure sur un mois de la concentration en NO_2 , réparties en 5 catégories.

Résultats : extrapolation sur l'année

ATTENTION !

- ❖ La limite légale de l'UE est basée sur une **concentration moyenne ANNUELLE**.
- ❖ Les concentrations **varient durant l'année** (conditions météorologiques,...) (plus élevées en hiver et moins élevées en été).
- ❖ Pour faire une **comparaison** avec la valeur limite de l'UE et des normes sanitaires : **besoin de corriger** ces résultats **MENSUELS** afin de les amener à des **concentrations moyennes ANNUELLES**.
- ❖ Calcul du **ratio** entre la concentration de **l'année moyenne** et celle de la **période de test pour 9 stations officielles**.
- ❖ **Correction des mesures** dans les écoles à l'aide du ratio calculé ($\text{ratio} * \text{vmh} = \text{vam}$).

Ratio =

valeur année moyenne (vam)

valeur mois hiver (vmh)

Ex: $20 / 50 = 0.4$

$\text{Vam} = \text{ratio} * \text{vmh} = 0.4 * 50 = 20$

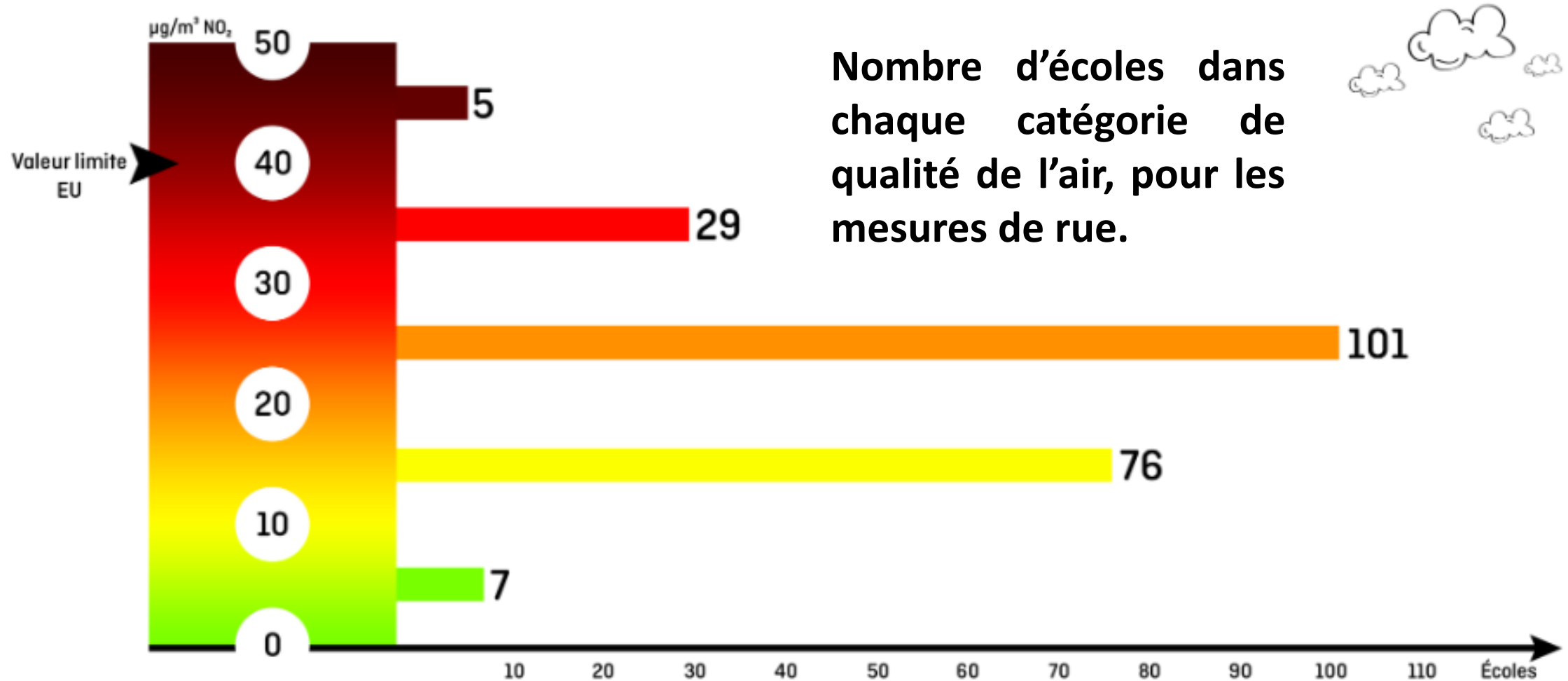
Concentrations annuelles moyennes en NO₂

Le tableau ci-dessous indique le nombre d'écoles dans chacune des cinq catégories, **après correction de la période de mesure qui passe d'un mois à une année civile**.

Écoles dont la concentration est :	Rue (#)	Cour de récréation (#)	Classe (#)
Supérieure à $> 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	5	0	0
Comprise entre $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	29	19	0
Comprise entre $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$	101	96	9
Comprise entre $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	76	95	98
Inférieure à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	7	10	114

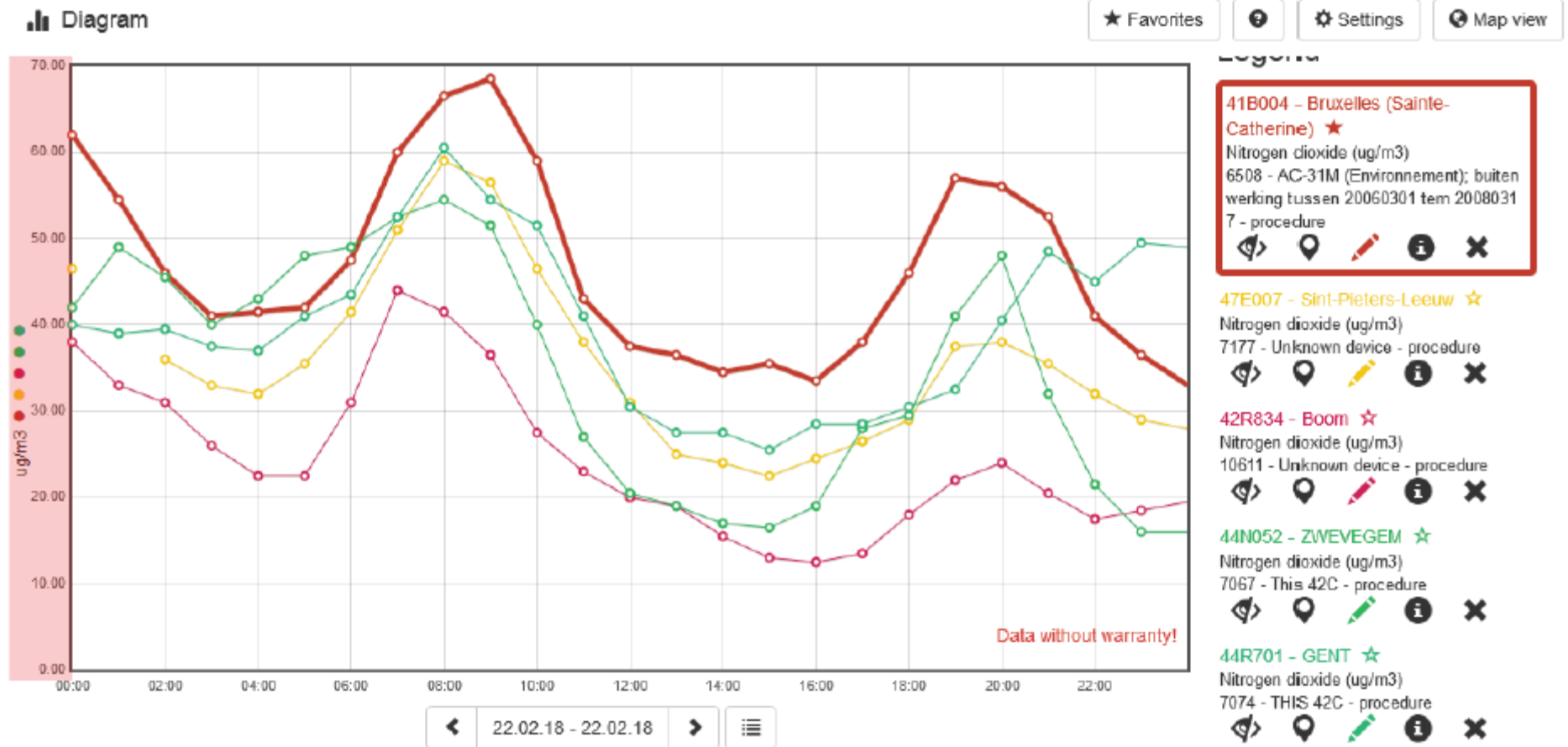
Tableau 5.2 Nombre d'écoles selon la concentration **annuelle moyenne corrigée** en NO₂, réparties en 5 catégories.

Résultats : extrapolation sur l'année



Résultats : variabilité journalière

Stations de mesures officielles (hors étude Greenpeace)



Ce graphique montre clairement la tendance qui se répète tous les jours de la semaine : **aux heures de pointe, la concentration en NO₂ est beaucoup plus élevée³¹**. 31 http://www.irceline.be/fr/qualite-de-lair/mesures/monitoring-stations/carte-interactif?set_language=fr

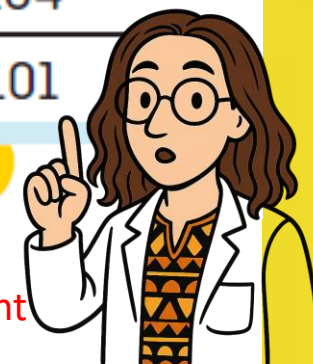
Résultats : calcul pendant les heures scolaires

la concentration pendant les heures scolaires est supérieure de 13 % à celles des autres heures. Le tableau ci-dessous répartit les écoles en fonction des concentrations en NO₂ recalculées pendant les heures scolaires.

Écoles dont la concentration est :	Rue [#]	Cour de récréation [#]	Classe [#]
Supérieure à $> 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	13	1	0
Comprise entre $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	51	43	0
Comprise entre $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$	103	105	16
Comprise entre $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	44	64	104
Inférieure à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	7	7	101

Tableau 5.3 Nombre d'écoles dans chacune des 5 catégories de concentration en NO₂ pendant les heures scolaires.

! Démarche probablement contestable car la limite légale de l'UE est basée sur une **moyenne annuelle qui ne considère pas que les heures scolaires, mais bien toutes les heures**. Ce tableau compare donc des valeurs qui ne sont pas directement comparables.



Résultats : comparaisons

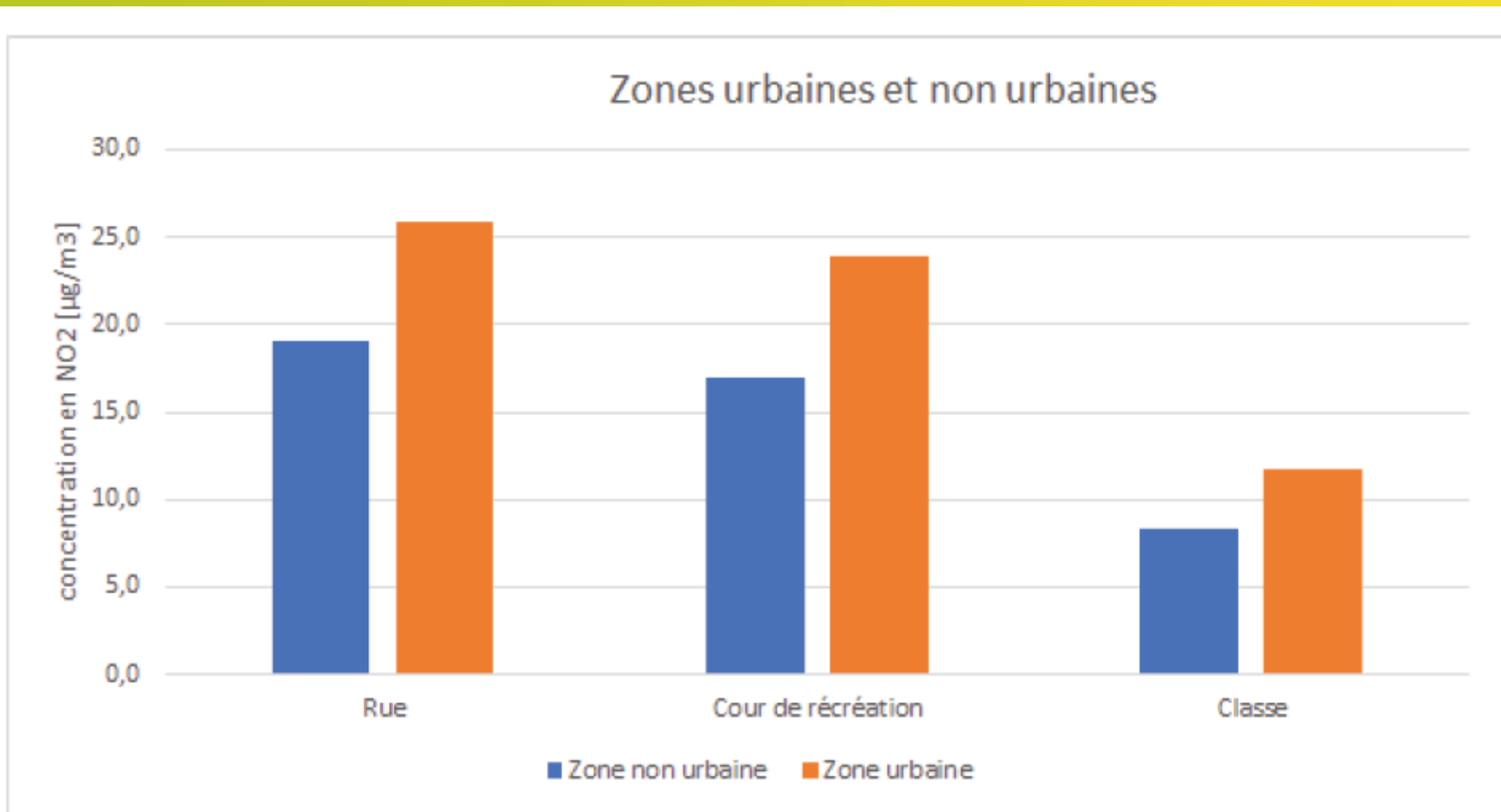


Figure 6.1 Comparaison des concentrations moyennes en NO₂ entre les zones urbaines et non urbaines.

Résultats : comparaisons

Mise en évidence de l'effet de canyon urbain

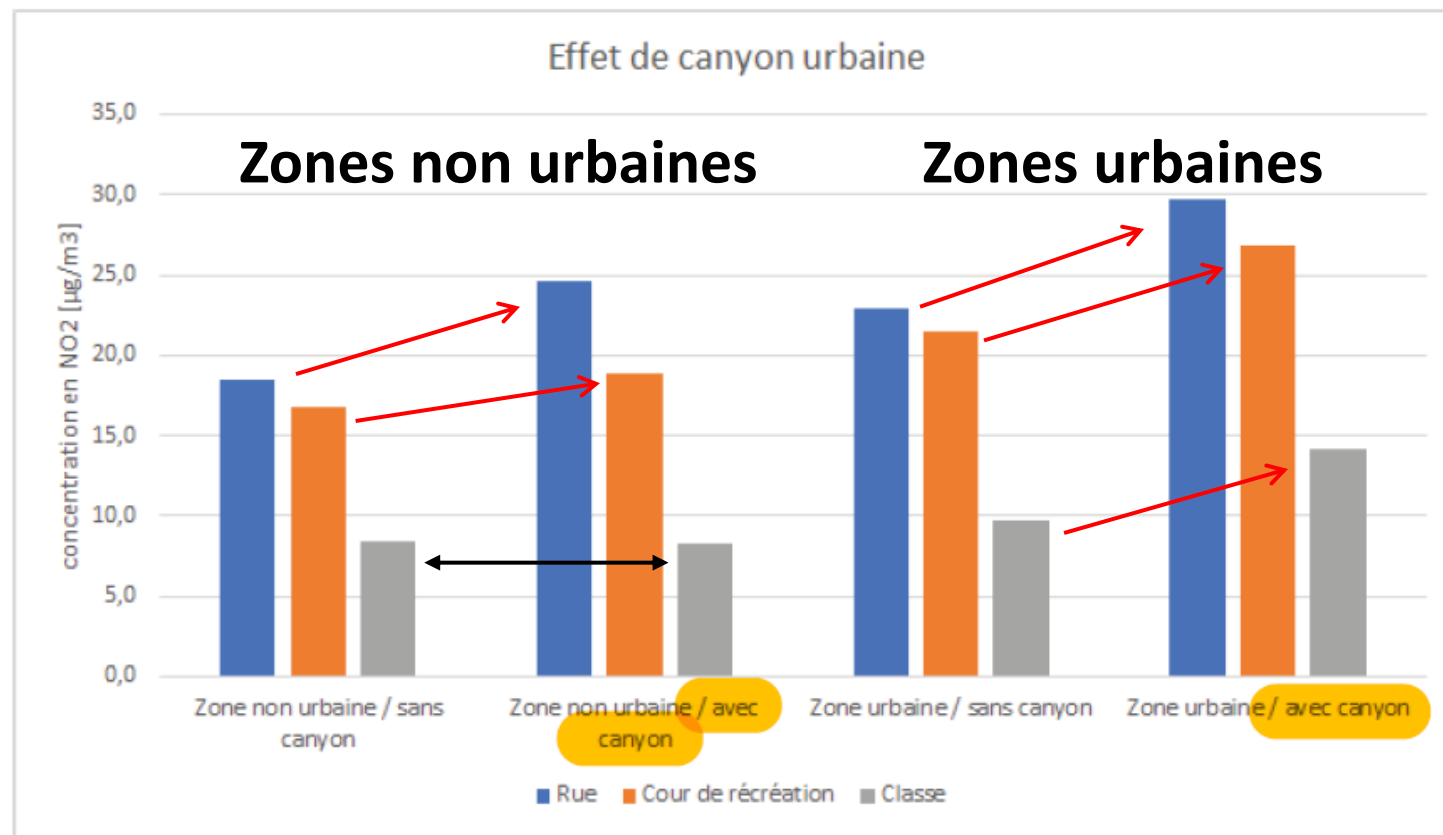
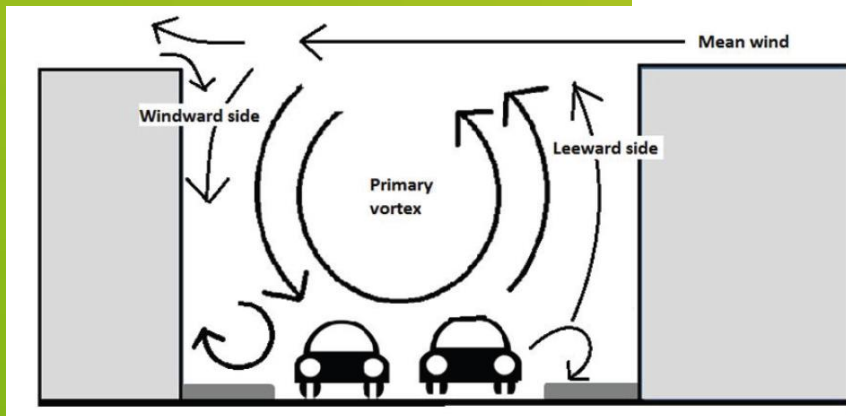


Figure 6.2 Comparaison des concentrations moyennes en NO₂ dans les zones urbaines et non urbaines, avec ou sans canyon urbain.

→ La présence d'un canyon urbain contribue à la dégradation de la qualité de l'air

Résultats : comparaisons

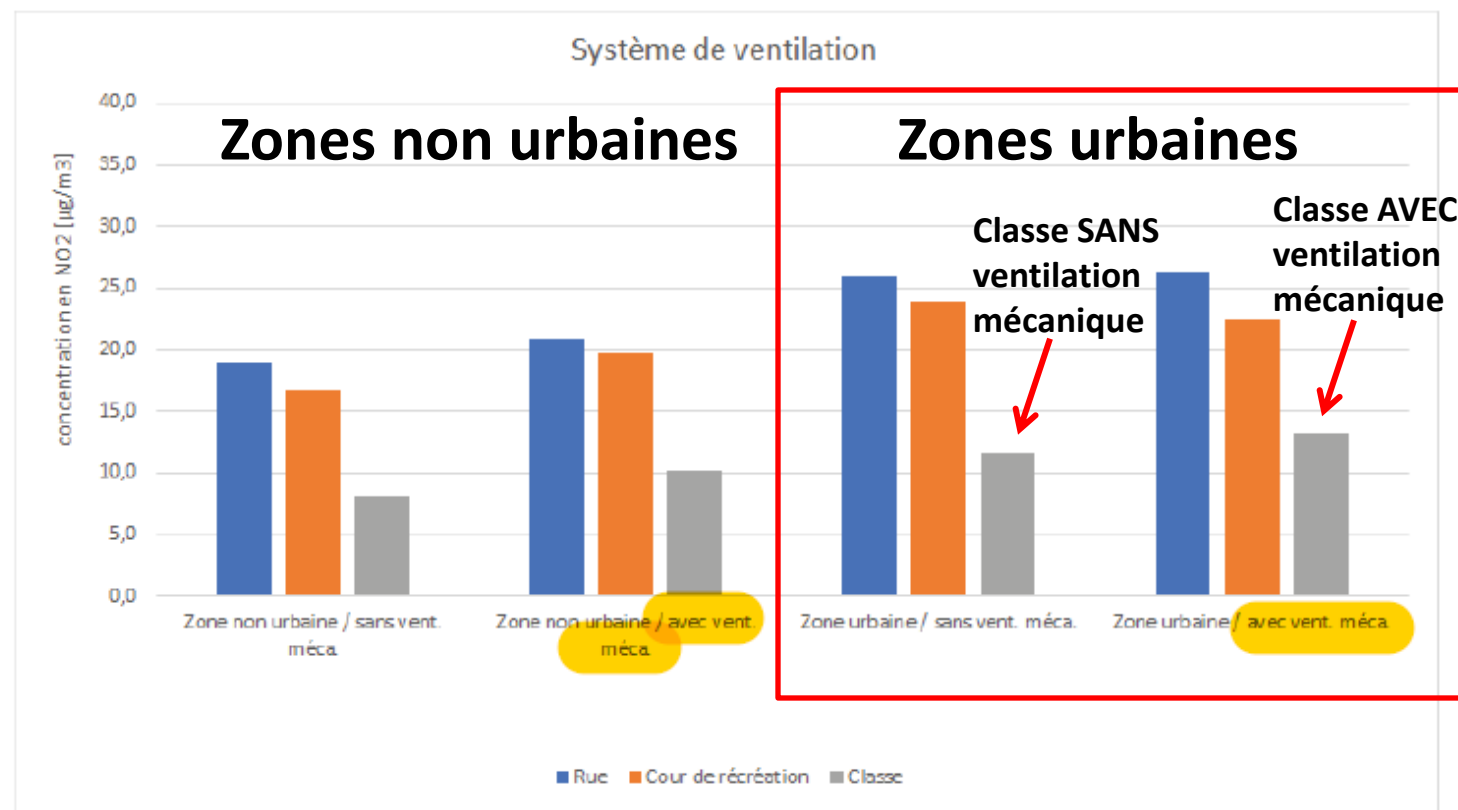


Figure 6.3 Comparaison des concentrations moyennes en NO₂ dans les zones urbaines et non urbaines, avec ou sans système de ventilation mécanique.

→ La présence d'un système de ventilation mécanique semble contribuer à la dégradation de la qualité de l'air en classe en zone urbaine

Résultats : comparaisons



Extrait de l'étude :

« Une comparaison des écoles entre elles permet de constater que la **concentration en NO₂** est **généralement plus élevée dans les classes équipées d'un système de ventilation mécanique**. Cet effet est plus évident dans les écoles situées en zone urbaine,... »

Un commentaire critique sur ces résultats?

→ Parmi les écoles non urbaines, celles avec ventilation mécanique présentent des valeurs en rue et cour plus élevées (sans raison à priori) → Difficile de tirer des conclusions en ne considérant que le critère de ventilation !

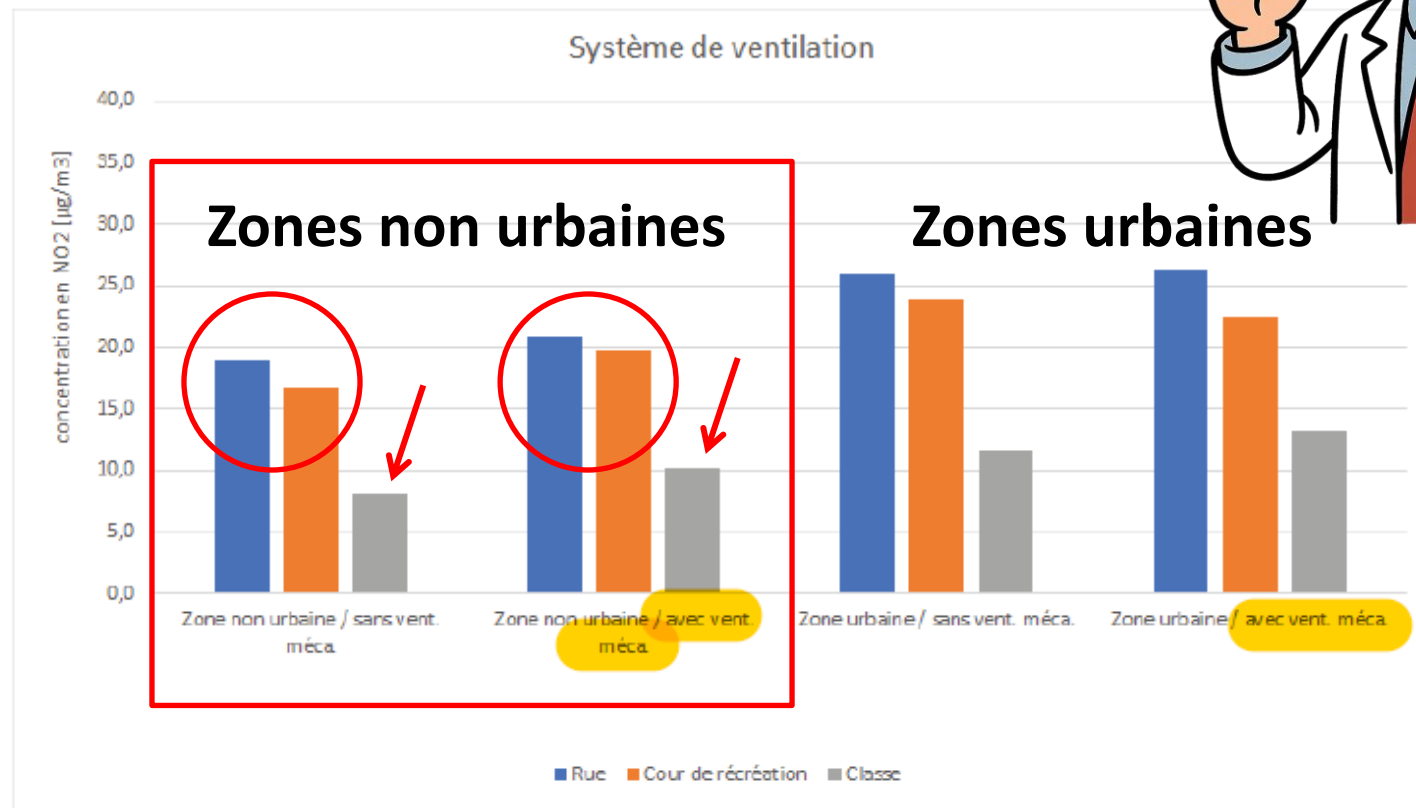
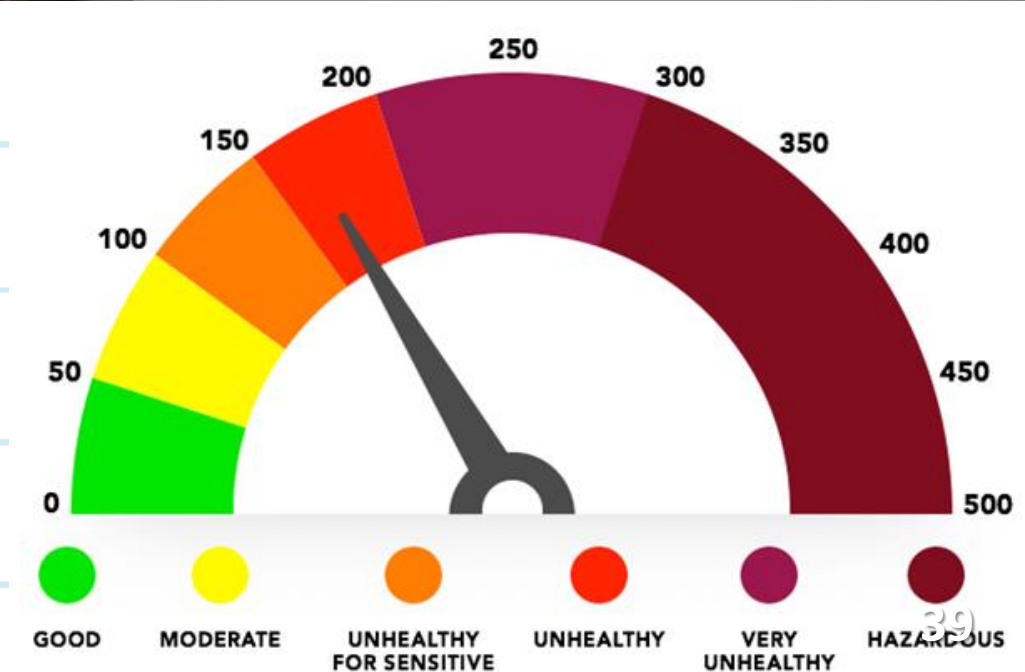
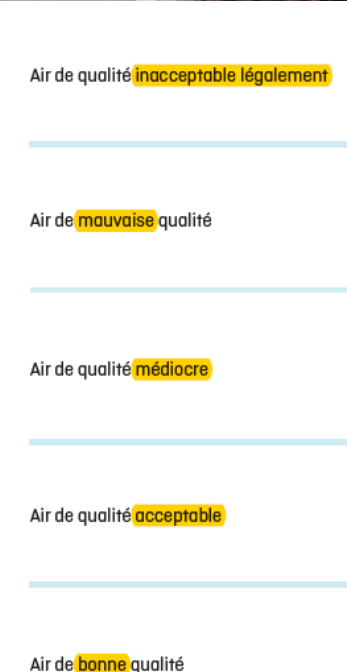
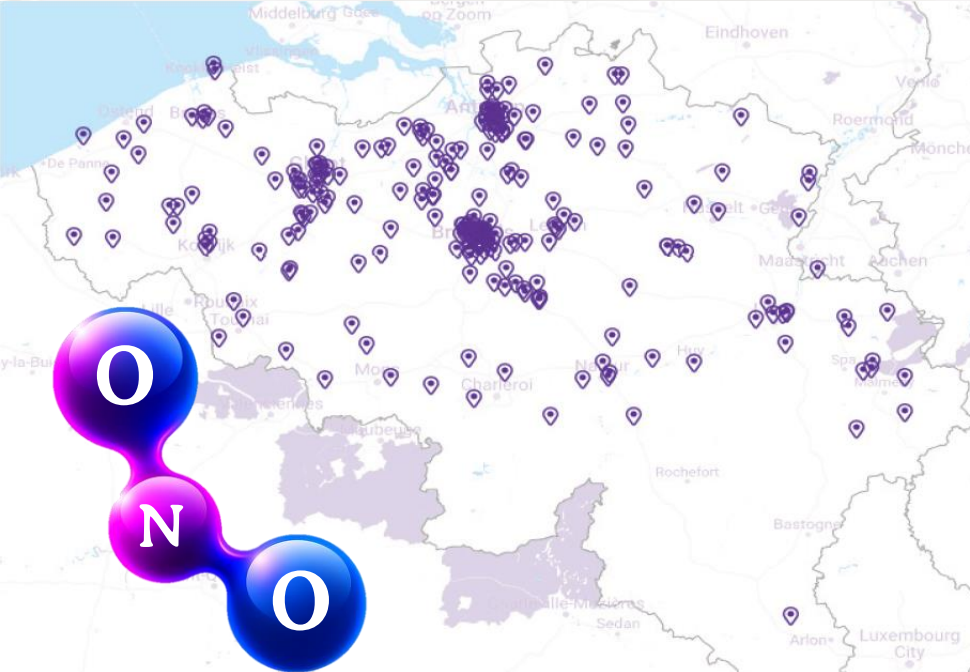


Figure 6.3 Comparaison des concentrations moyennes en NO₂ dans les zones urbaines et non urbaines, avec ou sans système de ventilation mécanique.



Sources des images : <https://www.test-achats.be/>, <https://www.greenpeace.org/belgium/fr/rapports/998/mon-air-mon-ecole/>, <https://cowayindia.in/>

Exemples de méthodologies en Sciences et Gestion de l'environnement



Antoine DENIS

Antoine.DENIS@ULIEGE.BE



Exemples de de projets de recherche (2/3)

LES MAMMIFÈRES PRÉDATEURS EN WALLONIE : UNE MENACE POUR LA CHOUETTE HULOTTE ?

Perrine Renard (Alumni ULiège), Étienne Branquart (DEMNA-SPW ARNE), Vinciane Schockert (DEMNA-SPW ARNE)

Tiré à part du Forêt.Nature n° 165 p. 23-29, octobre-novembre 2022

<https://librairie.foretnature.be/product/foret-nature-n-165/>
<https://foretnature.be/wp-content/uploads/2024/10/FO165-23-29.pdf>

Source de l'illustration vectorielle: Freepik
Sources des images : Forêt.Nature n° 165, <https://www.fr.vivara.be/>



FORÊT • NATURE

OUTILS POUR UNE GESTION
RÉSILIENTE DES ESPACES NATURELS

Octobre-décembre 2022

165



Les mammifères prédateurs en Wallonie : une menace pour la chouette hulotte ?

Perrine Renard¹ | Étienne Branquart² | Vinciane Schockert²

¹ Alumni, ULIège

² Direction de la Nature et de l'Eau, DEMNA, SPW ARNE

Depuis plusieurs années, les bagueurs observent une diminution du succès des nichées de chouette hulotte en Wallonie. Pour tenter d'en comprendre les causes, 118 nichoirs ont été suivis à la loupe, nuit et jour.



Tiré à part du Forêt.Nature n° 165 p. 23-29

LES MAMMIFÈRES PRÉDATEURS EN WALLONIE : UNE MENACE POUR LA CHOUETTE HULOTTE ?

Perrine Renard (Alumni ULIège), Étienne Branquart (DEMNA-SPW ARNE), Vinciane Schockert (DEMNA-SPW ARNE)

Rédaction : Rue de la Plaine 9, B-6900 Marché, info@foretnature.be, T +32 (0)44 22 35 70. Photo de couverture : Thomas Mounier
La reproduction ou la mise en ligne totale ou partielle des textes et des illustrations est soumise à l'autorisation de la rédaction, foretnature.be

Contexte

Observations par les acteurs de terrain dans certaines régions de Wallonie de :

- ❖ Une **diminution du succès des nichées** de chouette hulotte
- ❖ Des **portées de rats laveurs** détectées dans des cavités arboricoles et dans plusieurs **nichoirs** (photo)
- ❖ Une augmentation d'observations et d'indices de présence de **rats laveurs, de martres et de chats forestiers** à proximité des nichoirs installés
- ❖ La progression géographique et l'augmentation des densités du **raton laveur** ou d'autres **prédateurs**.

Craintes de :

- ❖ Diminution des **effectifs** de chouette hulotte
- ❖ Diminution de la disponibilité en **gîtes de reproduction** de la chouette hulotte
- ❖ Risque de **prédation** sur la chouette hulotte (pontes, nichées, adultes au nid)



Chouette hulotte dans un nichoir



Chouette hulotte fraîchement baguée.



Occupation d'un nichoir à chouette hulotte par une portée de rats laveurs.

Méthode 1 : témoignage de 9 bagueurs

Objectifs : quantifier

- ❖ Le **nombre de cas d'occupation** de nichoirs par des mammifères
- ❖ Le **taux de prédation** d'œufs ou de poussins dans ces nichoirs

Méthode

- ❖ **Témoignages de 9 bagueurs de chouettes hulottes certifiés** auprès du Centre belge de baguage de l'Institut des Sciences Naturelles de Belgique (BeBirds)
- ❖ Entre **2005 et 2022**
- ❖ Suivi de **60 à 153 nichoirs** (provinces de Namur, de Liège et du Luxembourg)



Femelle de raton laveur occupant un nichoir à chouette hulotte

Méthode 1 : témoignage de 9 bagueurs

Résultats :

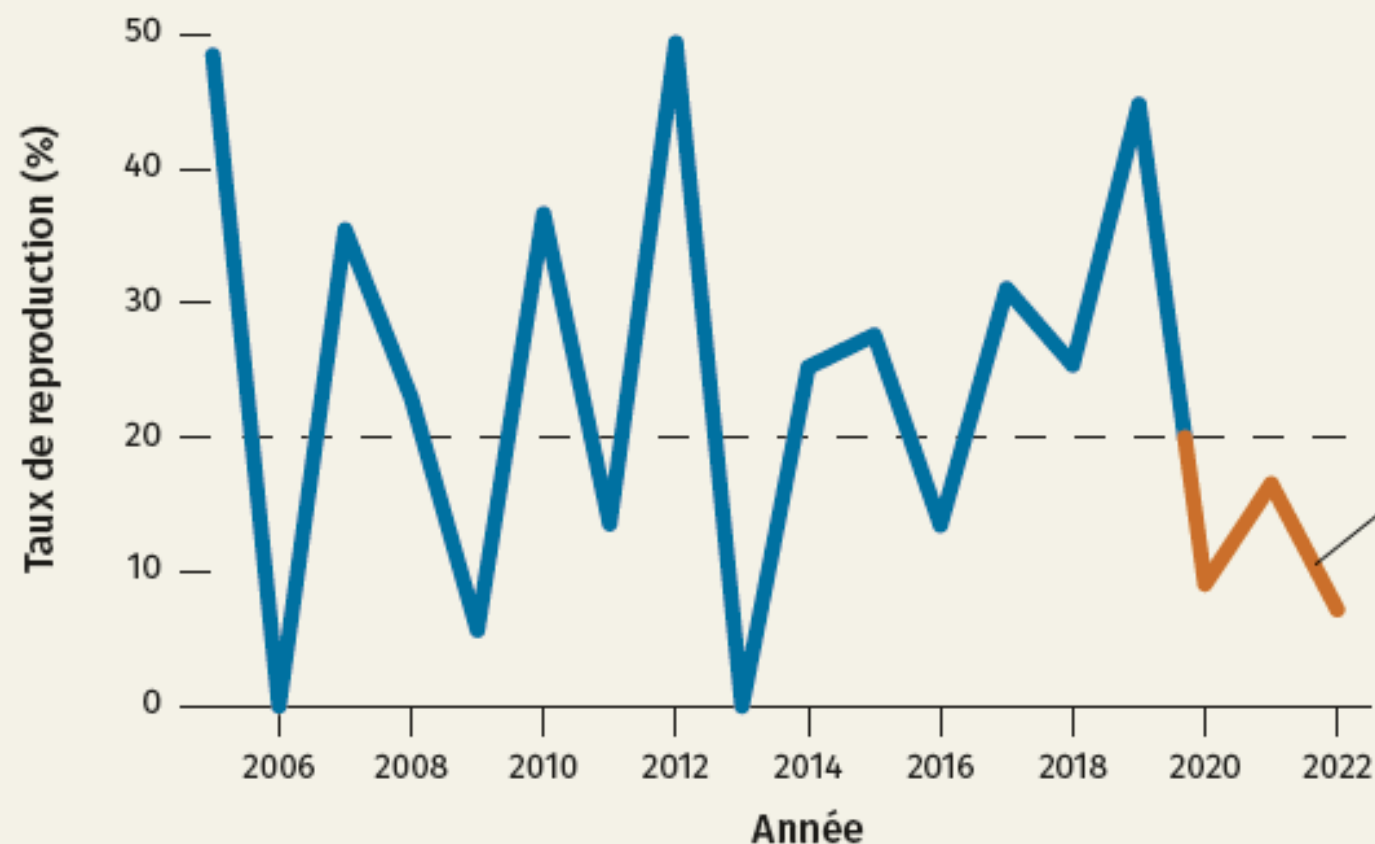


Figure 1. Taux de reproduction de la chouette hulotte au sein du réseau de nicher suivi par les 9 bagueurs entre 2005 et 2022.

Forte fluctuation historique, mais...

Taux inférieur à 20 % au cours des trois dernières années.

Méthode 1 : témoignage de 9 bagueurs

Résultats :

Occupants =

- Chat forestier
- Ecureuil roux
- Martre des pins
- Raton laveur (en majorité)

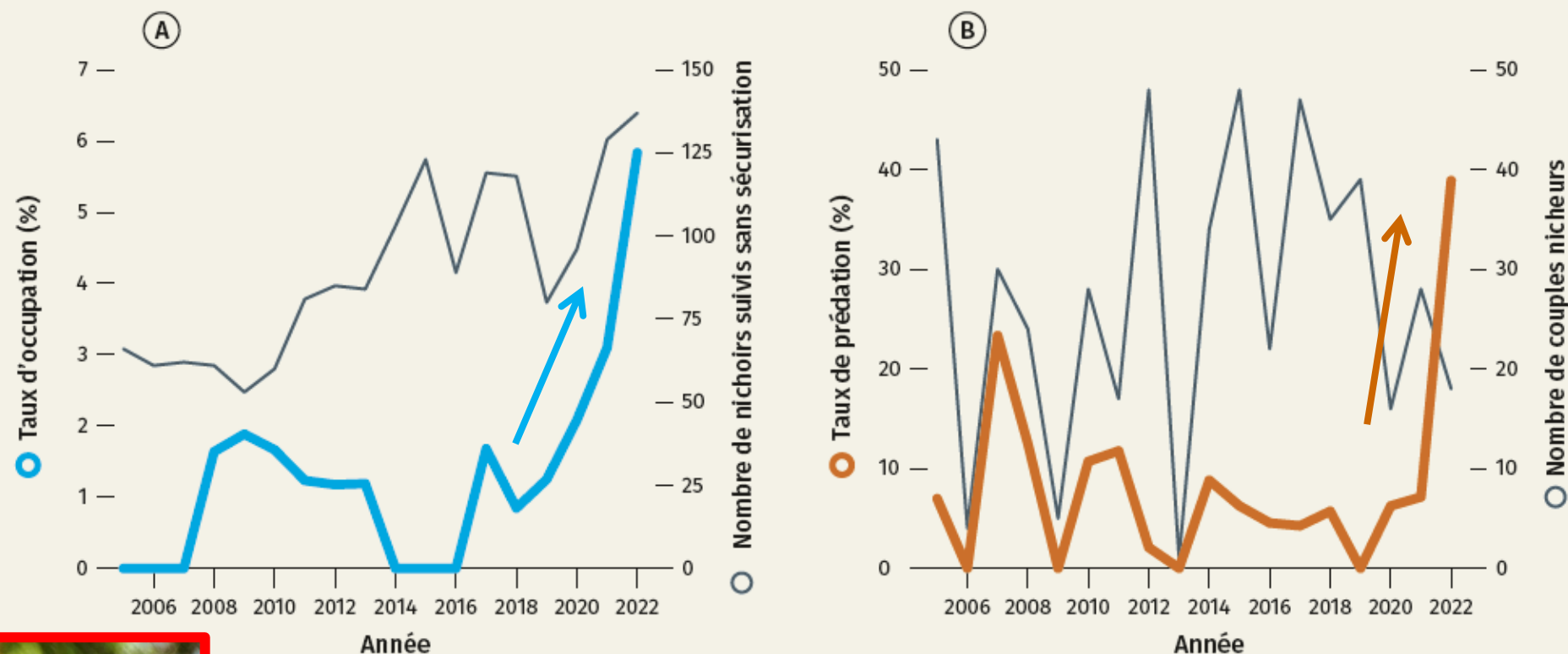


Figure 2. (A) Évolution du taux annuel d'occupation des nichoirs au regard du nombre total de nichoirs non sécurisés disponibles chaque année ; (B) et évolution du taux annuel de prédation des nichées de chouette hulotte par des mammifères entre 2005 et 2022 exprimé par rapport au nombre de couples nicheurs de chouette hulotte au sein du réseau de nichoirs suivi par les 9 bagueurs interviewés.

Source photos : <https://www.notrenature.be/banque-des-especes/ecureuil-roux>; https://fr.wikipedia.org/wiki/Felis_silvestris_silvestris; <https://www.salamandre.org/article/martre-ou-fouine-cest-n-est-pas/>; <https://lemagdesanimaux.ouest-france.fr/dossier-195-raton-laveur.html>

Source : Perrine Renard (Alumni ULiège), Étienne Branquart (DEMNA-SPW ARNE), Vinciane Schockert (DEMNA-SPW ARNE), Tiré à part du Forêt.Nature n° 165 p. 23-29, octobre-novembre 2022, LES MAMMIFÈRES PRÉDATEURS EN WALLONIE : UNE MENACE POUR LA CHOUETTE HULOTTE ?

Méthode 2 : pièges photographiques sur 118 niohirs

Objectifs : en savoir plus sur

- ❖ L'identité des mammifères prédateurs dans les niohirs
- ❖ Quantification du phénomène
- ❖ L'impact des prédateurs sur l'avifaune
- ❖ L'attractivité des niohirs



Source image camera : https://www.fr.vivara.be/camera-ltl-acorn-scouting-wildlife?utm_source=google_shopping&gclid=CjwKCAjw04yjBhApEiwAJcvNoatu1Yk_5dNM6DUfx5pLzJ798o12egeL1ASnO3dgJm-9NDOOn56mk0xoCadgQAvD_BwE

Source : Perrine Renard (Alumni ULiège), Étienne Branquart (DEMNA-SPW ARNE), Vinciane Schockert (DEMNA-SPW ARNE), Tiré à part du Forêt.Nature n° 165 p. 23-29, octobre-novembre 2022, LES MAMMIFÈRES PRÉDATEURS EN WALLONIE : UNE MENACE POUR LA CHOUETTE HULOTTE ?

Méthode 2 : pièges photographiques sur 118 niohirs

Méthode :

- ❖ 118 niohirs à chouette hulotte, en Ardenne et en Famenne
- ❖ Suivi rapproché durant toute la saison de nidification 2022 (février à juillet)
- ❖ 80 niohirs ont été protégés : pose sur le tronc d'arbre d'anneau en plastique lisse de 60 cm de haut ou par un « stop-minou » (modèle Schwegler) (pour limiter les déprédations)
- ❖ Contrôle mensuel de l'occupation des niohirs : endoscope monté sur un mât télescopique.
- ❖ Pièges photographiques et de pièges à poils (fil de fer barbelé) pour capturer les déplacements des prédateurs.
- ❖ Ces déplacements ont été comparés avec la fréquence des comportements de grimpe observée sur des arbres témoins dépourvus de niohirs.



Bande plastique



« Stop minou »

Source image camera, endoscope, fil barbelé : https://www.fruugo.be/endoscope-usb-camera-d%E2%80%99inspection-d%E2%80%99endoscope-etanche/p-95623238-200783372?language=fr&ac=ProductCasterAPI&asc=pmax&gclid=CjwKCAjw04yBhApEiwAJcvNofJRUk78CAgjPhKRO7nDnAsl4gOU_DS6Rz8xs_nGz6GmXulHylnTQxoCXvQQAyD_BwE; https://www.fr.vivara.be/camera-ltl-acorn-scouting-wildlife?utm_source=google_shopping&gclid=CjwKCAjw04yBhApEiwAJcvNoatu1Yk_5dNM6DUfx5plZj798o12egeL1ASnO3dgJm-9NDOn56mk0xoCadgQAyD_BwE ; https://www.linternaute.com/photo_numerique/galerie-photo/1051744-vos-101-meilleures-photos-de-l-ete/1051782-piege-a-pois

Méthode 2 : pièges photographiques sur 118 niohirs

Méthode :

- ❖ 118 niohirs à chouette hulotte, en Ardenne et en Famenne
- ❖ Suivi rapproché durant toute la saison de nidification 2022 (février à juillet)
- ❖ 80 niohirs ont été protégés : pose sur le tronc d'arbre d'anneau en plastique lisse de 60 cm de haut ou par un « stop-minou » (modèle Schwegler) (pour limiter les déprédations)
- ❖ Contrôle mensuel de l'occupation des niohirs par les oiseaux : endoscope monté sur un mât télescopique.
- ❖ Pièges photographiques et de pièges à poils (fil de fer barbelé) pour capturer les déplacements des prédateurs.
- ❖ Comparaison arbres à niohir et arbres témoins dépourvus de niohirs.



Source image camera, endoscope, fil barbelé : https://www.fruugo.be/endoscope-usb-camera-d%E2%80%99inspection-d%E2%80%99endoscope-etanche/p-95623238-200783372?language=fr&ac=ProductCasterAPI&asc=pmax&gclid=CjwKCAjw04yJBhApEiwAJcvNofJRUk78CAgjPhKRO7nDnAsl4gOU_DS6Rz8xs_nGz6GmXulHylnTQxoCXvQQAAd_BwE; https://www.fr.vivara.be/camera-ltl-acorn-scouting-wildlife?utm_source=google_shopping&gclid=CjwKCAjw04yJBhApEiwAJcvNoatu1Yk_5dNM6DUfx5plZj798o12egeL1ASnO3dgJm-9NDOn56mk0xoCadgQAAd_BwE; https://www.linternaute.com/photo_numerique/galerie-photo/1051744-vos-101-meilleures-photos-de-l-ete/1051782-piege-a-pois

Méthode 2 : pièges photographiques sur 118 niohirs

Résultats

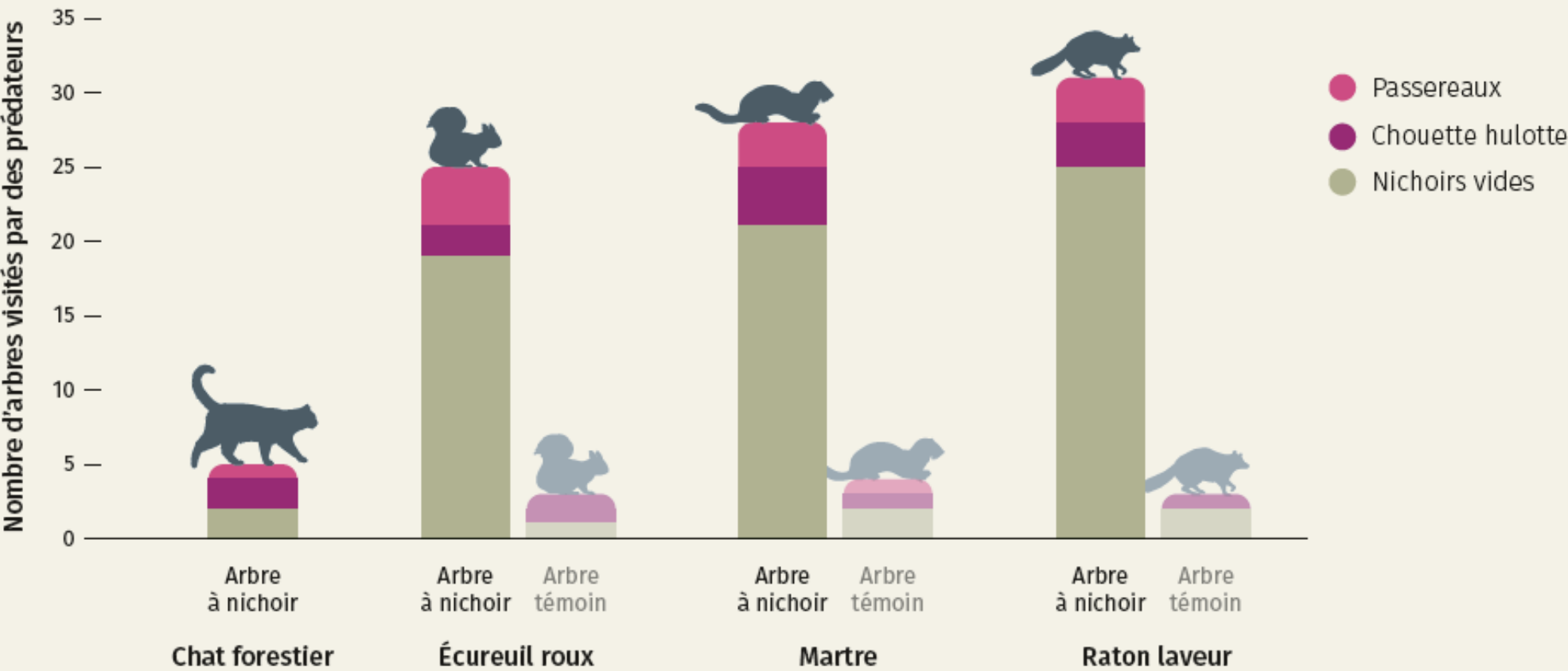
Nidifications

- 6/118 hulotte
- 19/118 passereaux

Pouvoir attractif important des niohirs (occupés ou vides) par rapport aux arbres témoins

11 arbres à niohir (sur les 49 visités) n'ont été visités que par le raton laveur (accroissement significatif par le raton laveur de la pression de prédation ou de la compétition pour l'occupation des cavités).

Figure 3. Nombre d'arbres à niohir et d'arbres témoins escaladés par des mammifères prédateurs (n = 118) en 2022.





Exemples de méthodologies en Sciences et Gestion de l'environnement



Antoine DENIS

Antoine.DENIS@ULIEGE.BE



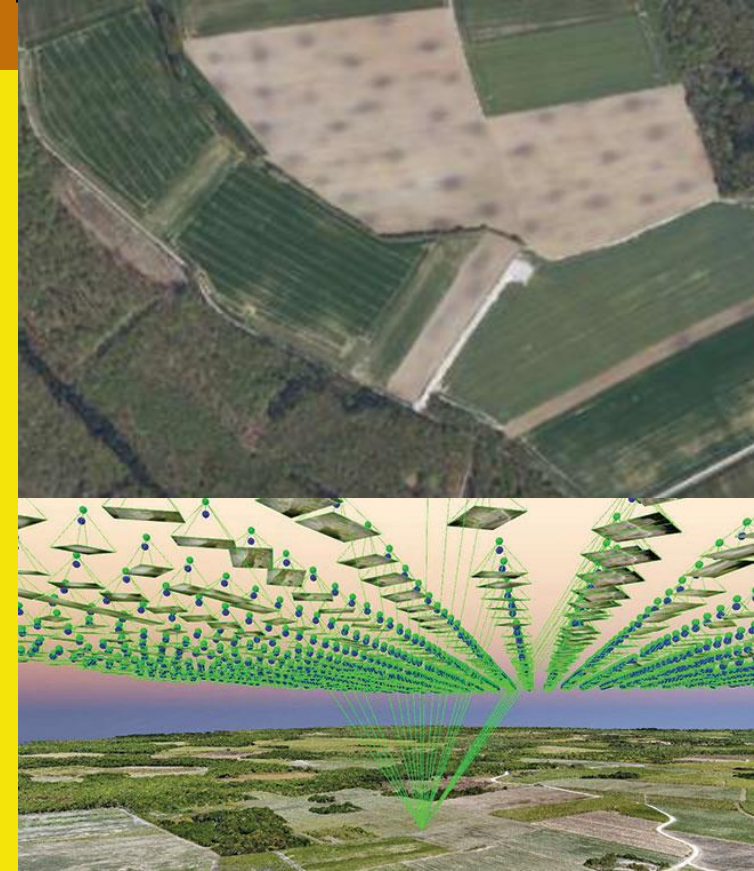
Exemples de de projets de recherche (3/3)

Evaluation de l'impact des aires de faulde (charbonnières) centenaires sur la croissance des cultures à l'aide d'imagerie drone

Ramin Heidarian Dehkordi, Antoine Denis, et al., 2020

Compilation d'informations de différentes sources (confer dia suivante)

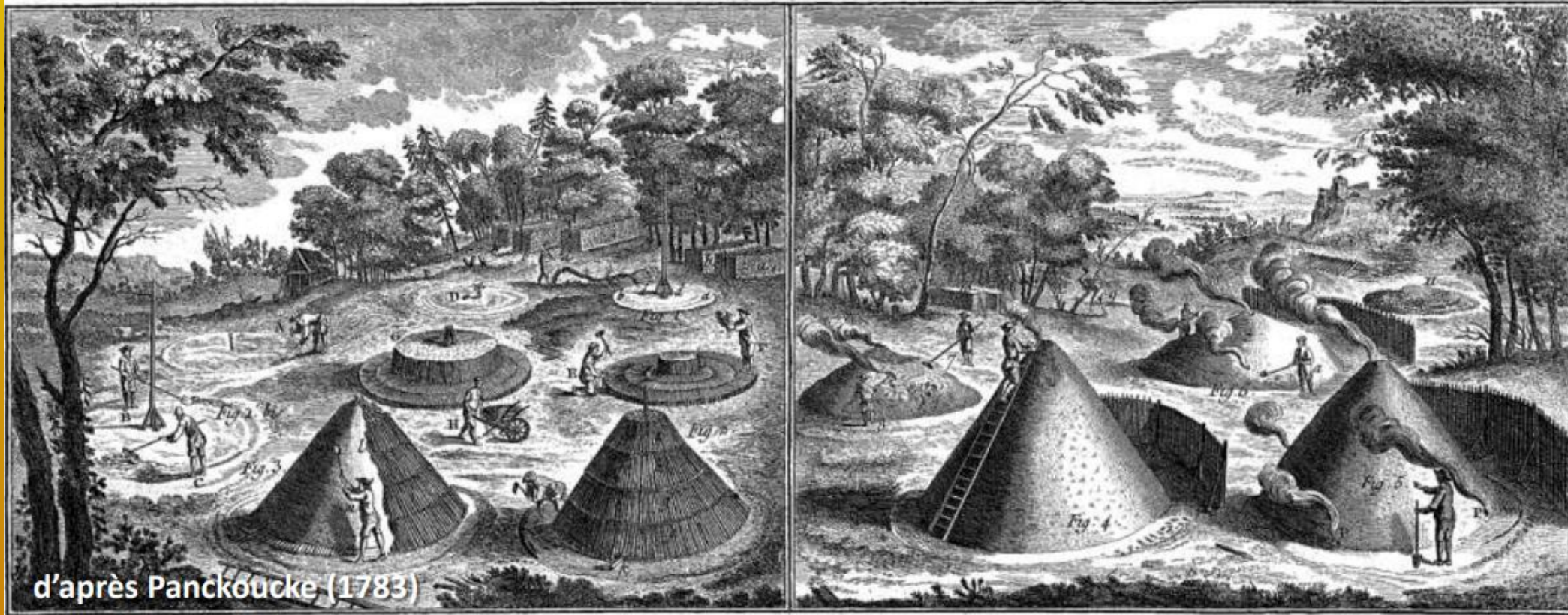
Source de l'illustration vectorielle: Freepik
Sources des images : confer dia suivantes



Sources

- ❖ Ramin Heidarian Dehkordi, Antoine Denis, Julien Fouche, Victor Burgeon, Jean Thomas Cornelis, Bernard Tychon, Edmundo Placencia Gomez, Jeroen Meersmans, Remotely-sensed assessment of the impact of century-old biochar on chicory crop growth using high-resolution UAV-based imagery, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Volume 91, 2020, 102147, ISSN 1569-8432, <https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102147>.
- ❖ Heidarian Dehkordi, R.; Burgeon, V.; Fouche, J.; Placencia Gomez, E.; Cornelis, J.-T.; Nguyen, F.; Denis, A.; Meersmans, J. Using UAV Collected RGB and Multispectral Images to Evaluate Winter Wheat Performance across a Site Characterized by Century-Old Biochar Patches in Belgium. *Remote Sens.* **2020**, *12*, 2504. <https://doi.org/10.3390/rs12152504>
- ❖ Ramin Heidarian Dehkordi, Spatial modelling of weeds and crop growth in century-old charcoal kiln sites with integration of high and very high resolution remote sensing, University of Liege – Arlon Campus Environment, Char Project, WP3 - 5th technical meeting, October 2019, PowerPoint presentation.
- ❖ Ramin Heidarian Dehkordi, Spatial modelling of weeds and crop growth in century-old charcoal kiln sites with integration of high and very high resolution remote sensing, University of Liege – Arlon Campus Environment, September 2018, PowerPoint presentation.
- ❖ B. Hardy, J. Dufey et P. Defourny, mars 2017, Workshop: utilisation du LiDAR aérien du SPW – 11/09/2017, La détection des aires de faulde en milieu forestier à l'aide du LiDAR, https://geoportail.wallonie.be/files/_backup/Lidar_11%2009/3.%20Workshop_LiDAR_20170911_BHardy.pdf.

En Wallonie, le charbon de bois a été l'unique combustible utilisé en métallurgie jusqu'au début du 19^{ème} siècle.



- Le charbon de bois a été longtemps utilisé comme combustible industriel et domestique
- L'aire de « faulde » est l'emplacement de la meule de charbonnage



- Reconstitution d'une meule de carbonisation à Dole, dans le Jura français



Contexte

Les **traces de ces aires de faille** sont toujours visibles dans le paysage, notamment dans les **parcelles agricoles : tâches plus sombres / noires.**



Revue de littérature

Biochar = thermochemical decomposition of biomass in an oxygen-limited environment (Trupiano et al., 2017)

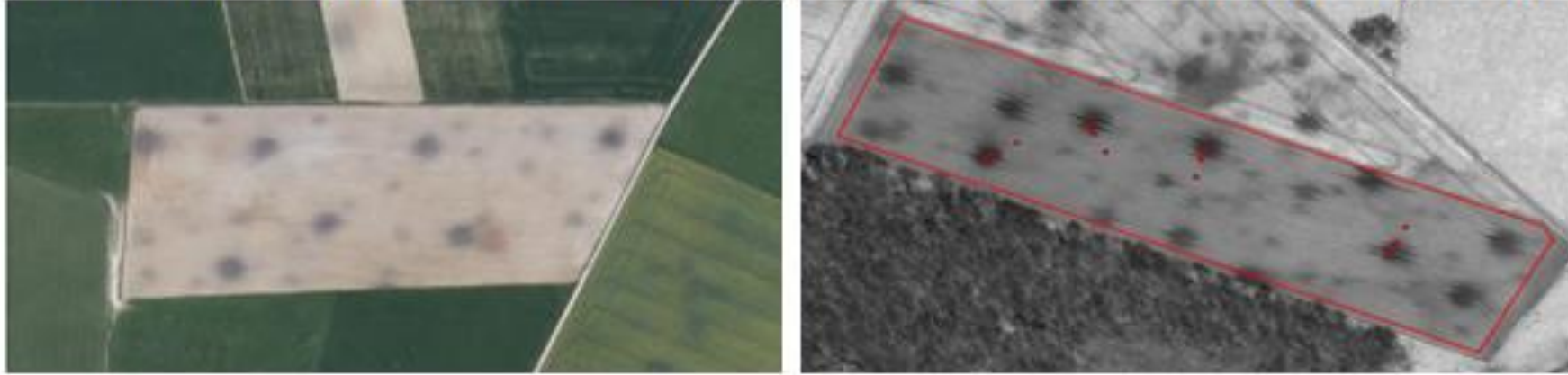
---> **Higher water** (Liu et al., 2012) **and nutrient** (Steiner, 2007) contents

---> **Improve the soil quality** (Paz-Ferreiro et al., 2014)

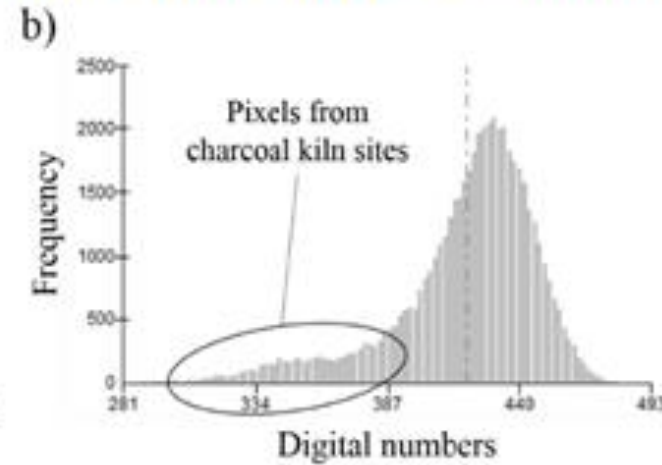


Revue de littérature

- High-resolution VIS-NIR Remote sensing is able to detect charcoal patches (B. Hardy, 2017)



- Charcoal patches ---> **darker soil** ---> **less reflectance** (B. Hardy, 2017)



Revue de littérature

- **Footprint** of charcoal kiln sites appears in growth stage (B. Hardy, 2017)
- **Response of the crop growth and yield to the charcoal** ---> remains open (B. Hardy, 2017)
- Biochar ---> **increased biomass and plant height** (Carter et al., 2013)
- Biochar ---> **no impact on the crop yield** (Liu et al., 2014)



Objectif

**Evaluation de
l'impact des aires de
faulde centenaires
sur la croissance des
cultures à l'aide
d'imagerie drone**



Méthodologie : zone d'étude

- ❖ 1 parcelle agricole près de Gembloux (Belgique)
- ❖ 2 années de mesures
 - Chicorée en 2018
 - Blé d'hiver en 2019



Méthodologie : zone d'étude

- ❖ 1 parcelle agricole près de Gembloux (Belgique)
- ❖ 2 années de mesures
 - Chicorée en 2018
 - Blé d'hiver en 2019



Temps

Méthodologie : zone d'étude

- ❖ 1 parcelle agricole près de Gembloux (Belgique)
- ❖ 2 années de mesures
 - Chicorée en 2018
 - Blé d'hiver en 2019



Méthodologie : matériel

- DJI Phantom 4 Pro --> RGB

- DJI Matrice 100 --> multispectral + thermal



- **Optical RGB** --> overview, (DSM & crop height)
- **Multispectral sensor** --> crop status, vegetation indices, crop growth
- **Thermal** --> crop stress, evapotranspiration



RGB - VISIBLE



Multispectral

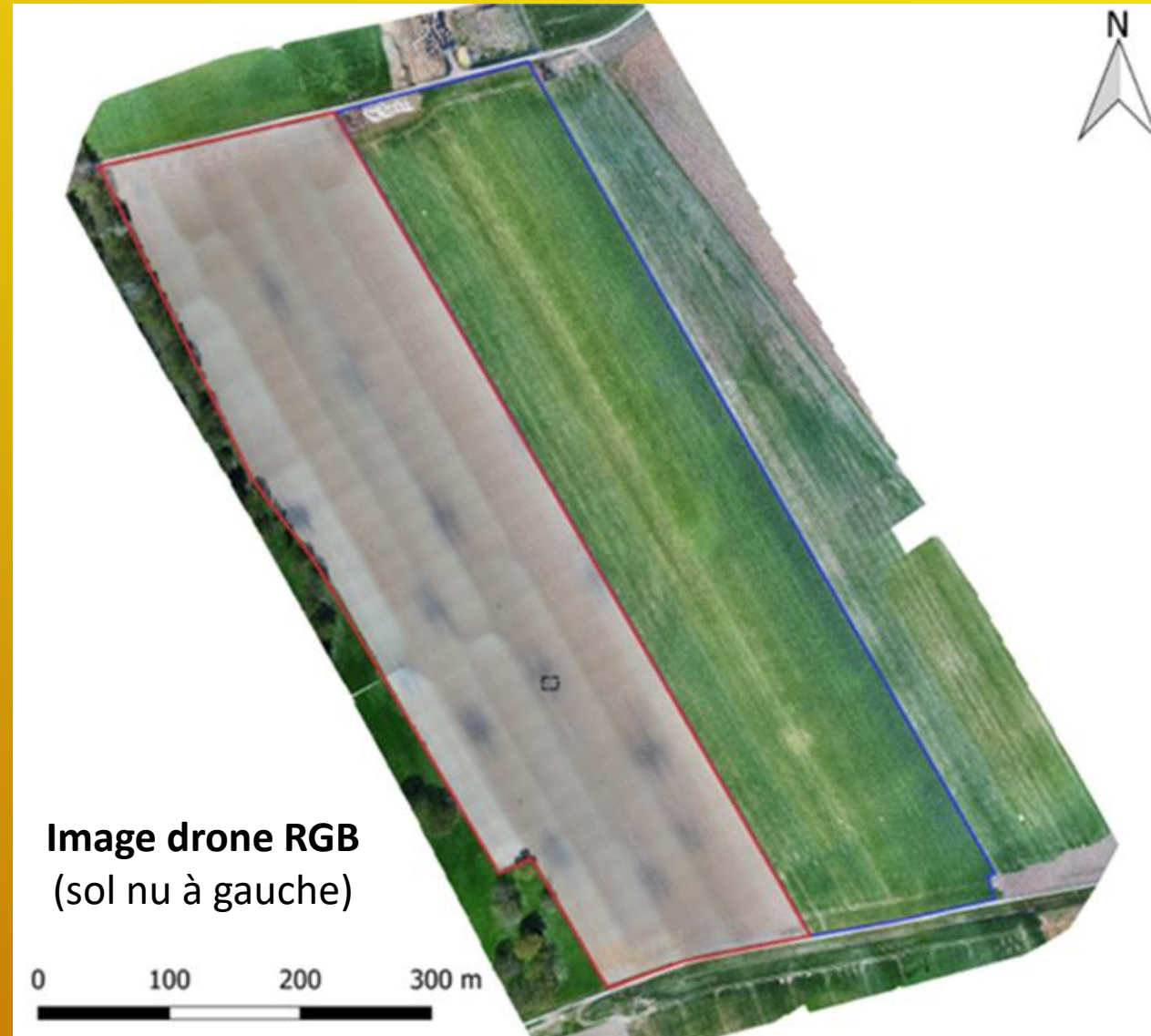


Thermique

Méthodologie : géoréférencement des images

Production d'images drones

- ❖ Avec les différents capteurs
- ❖ À différentes dates tout au long de la saison culturale

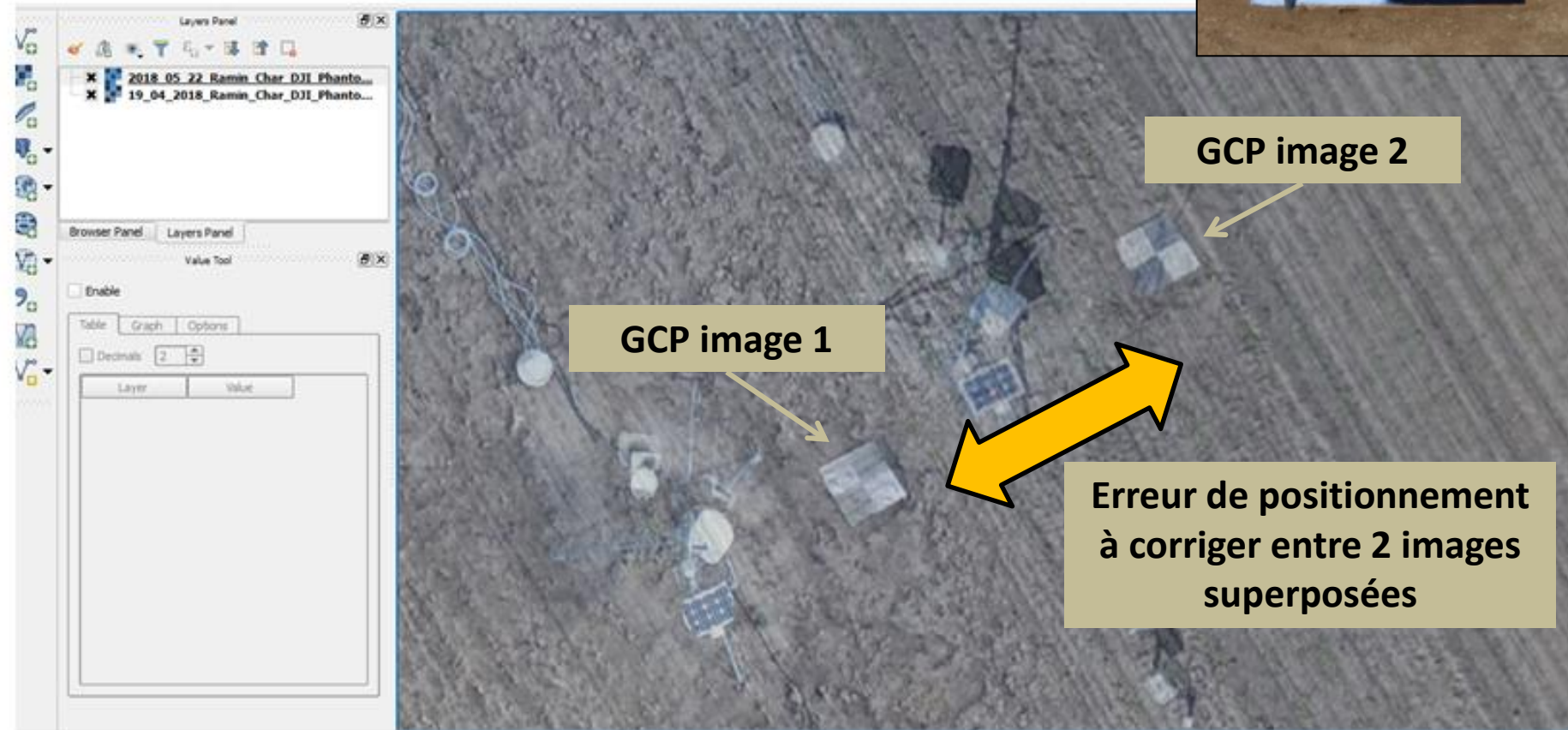


Méthodologie : géoréférencement des images

Utilisation de **séries temporelles d'images** (images acquises à **plusieurs dates**):

- ❖ Besoin des les **géoréférencer** correctement
- ❖ Pour pouvoir les **comparer** automatiquement les unes aux autres (analyse SIG)
- ❖ → Utilisation de **Ground Control Point (GCP)** = plaquettes à damier
 - ❖ **Position** fixe sur le terrain
 - ❖ De **coordonnées précises connues**
 - ❖ Facilement **identifiable** sur les images

- Geo-referencing
 - ✓ Accurate Geo-referencing
 - ✓ Satellite image registration
 - ✓ Pixel-by-pixel time-series analysis



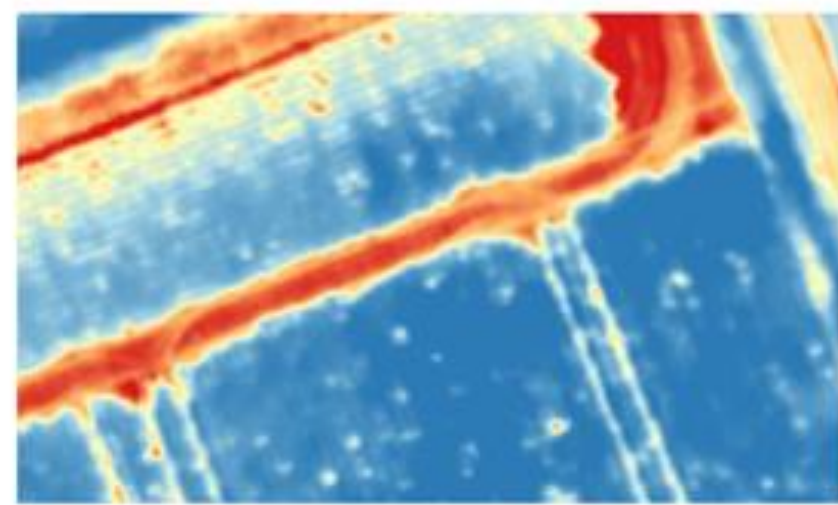
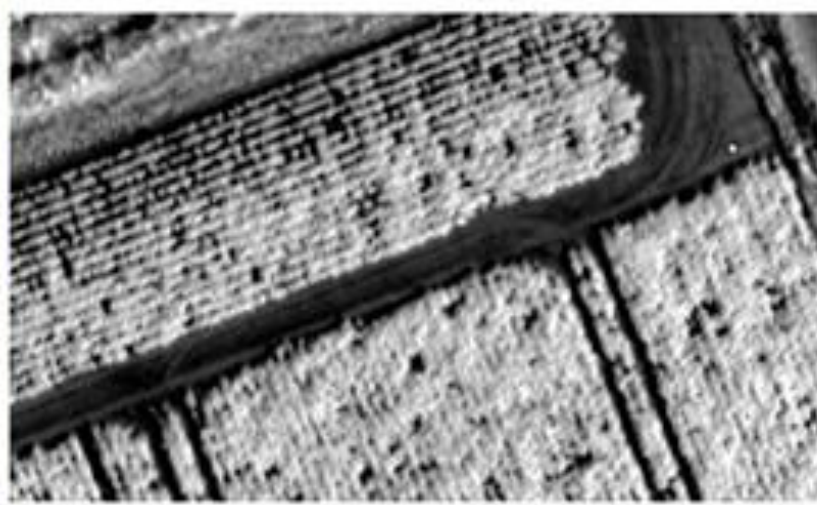
Méthodologie : géoréférencement des images

Le géoréférencement permet également de s'assurer de la bonne superposition spatiale d'images issues de **capteurs drone de différents types**

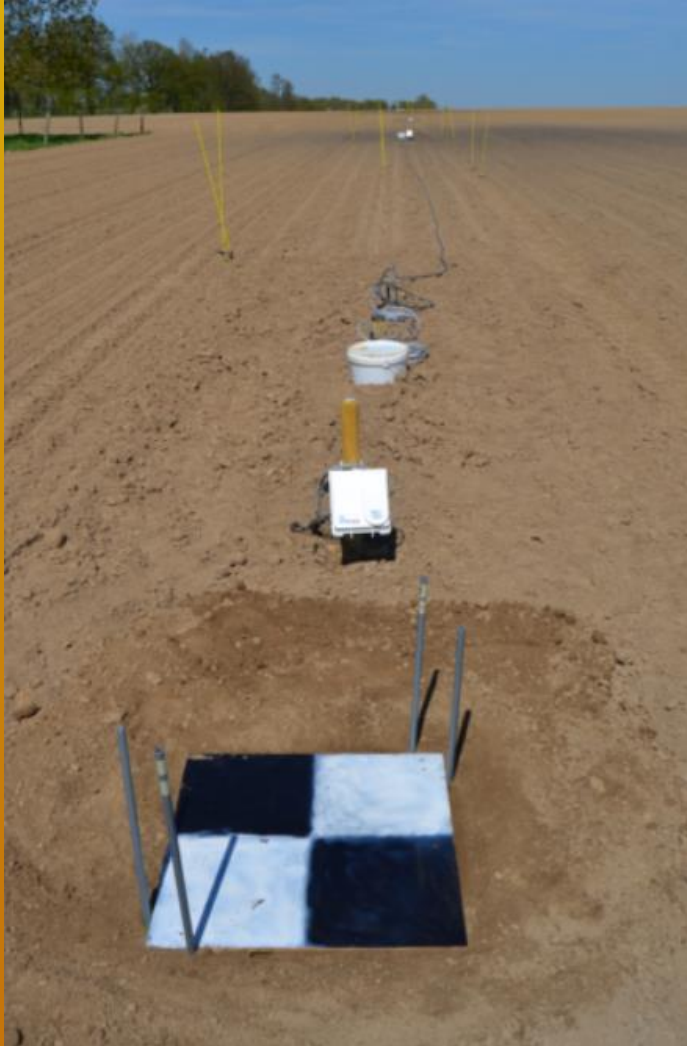
Visible-RGB

Multispectral

Thermique



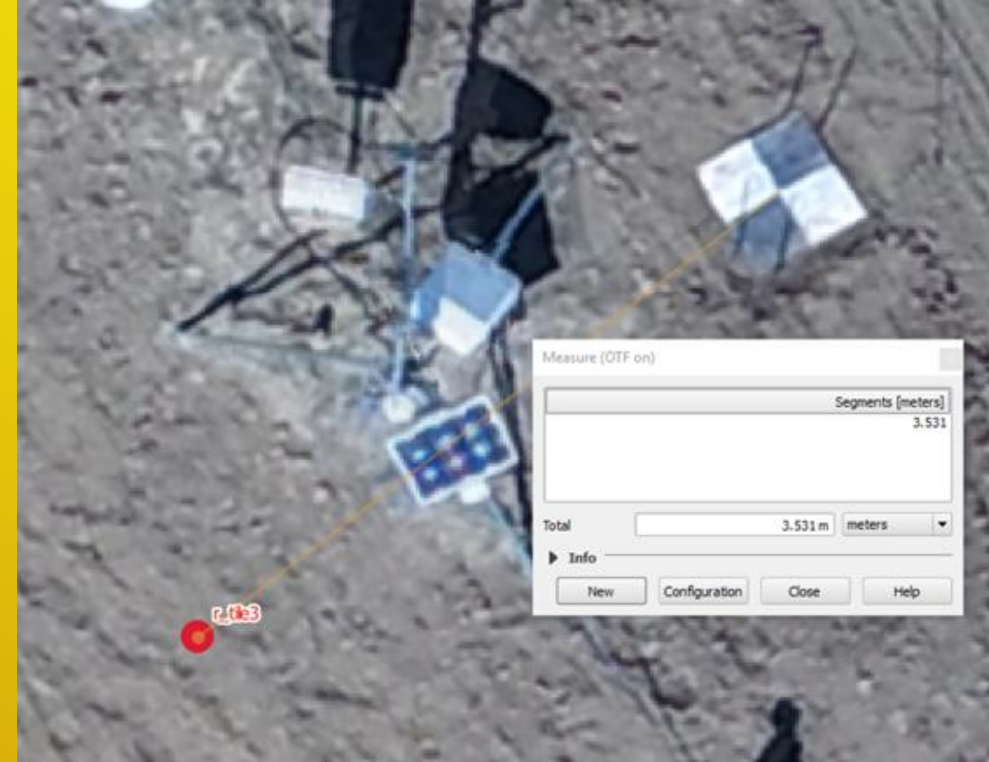
Méthodologie : géoréférencement des images



Plaquette GCP sur le terrain



Relevé GPS précis

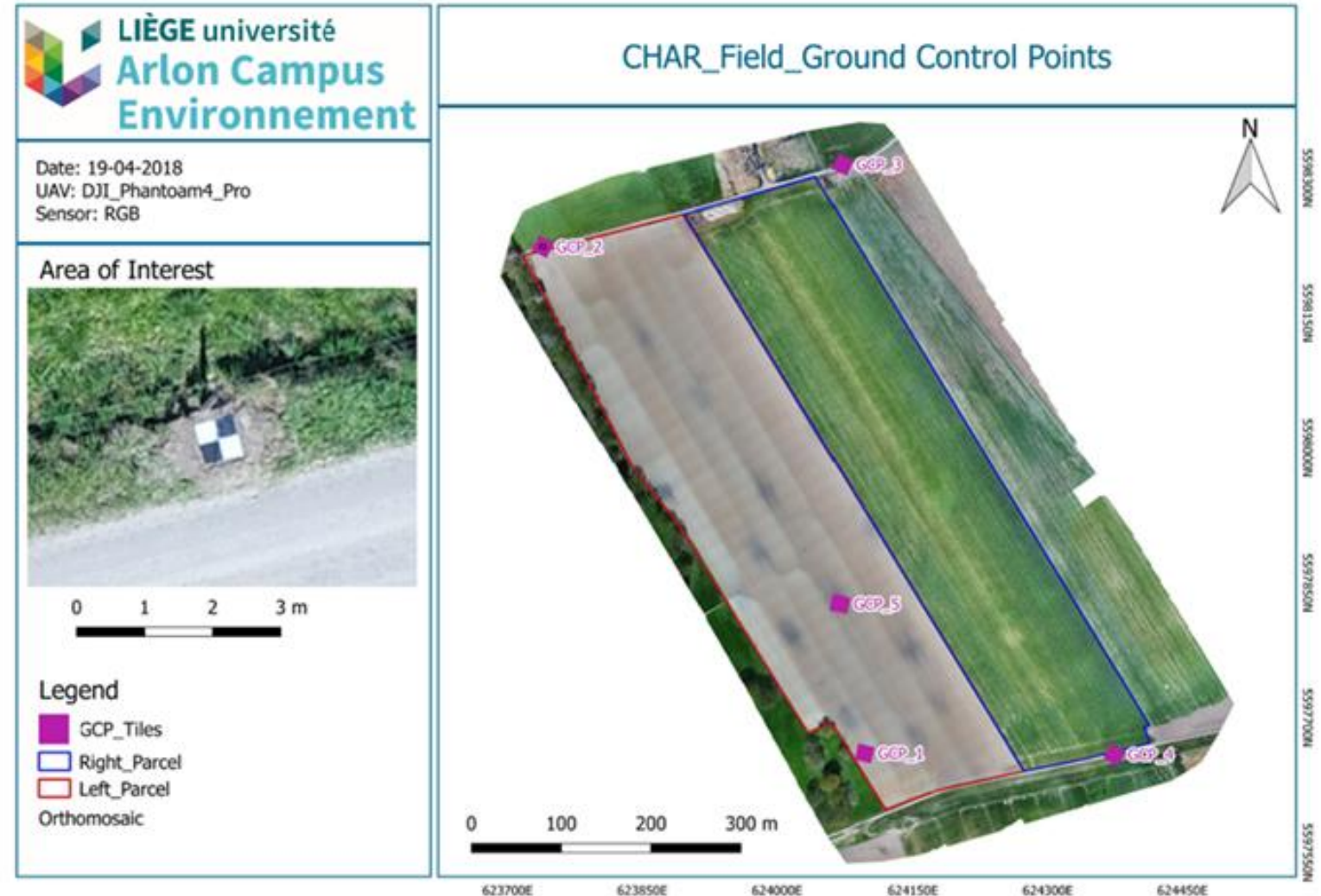


Plaquette GCP sur image drone et coordonnée de référence (point rouge)

Méthodologie : géoréférencement des images

Placement de 5 plaquettes GCP autour et au centre de la zone d'étude (points mauves)

- Geo-referencing
 - Ground Control Point (GCP) tiles



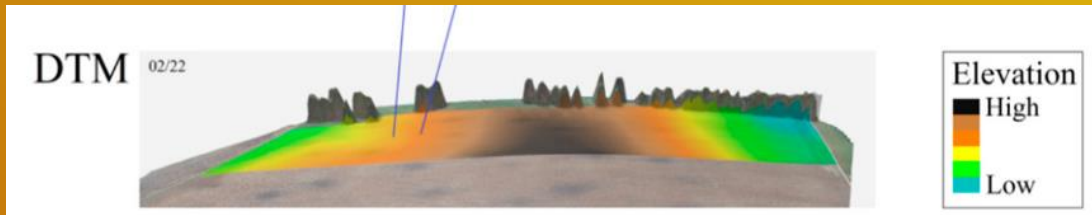
Méthodologie : quel design de mesure mettre en place ?

Quel design de mesure mettre en place pour répondre à l'objectif principal rappelé ci-dessous ? :

- ❖ "Evaluation de l'impact des aires de faulde centenaires sur la croissance des cultures à l'aide d'imagerie drone"

Attention ! La parcelle n'est pas homogène !

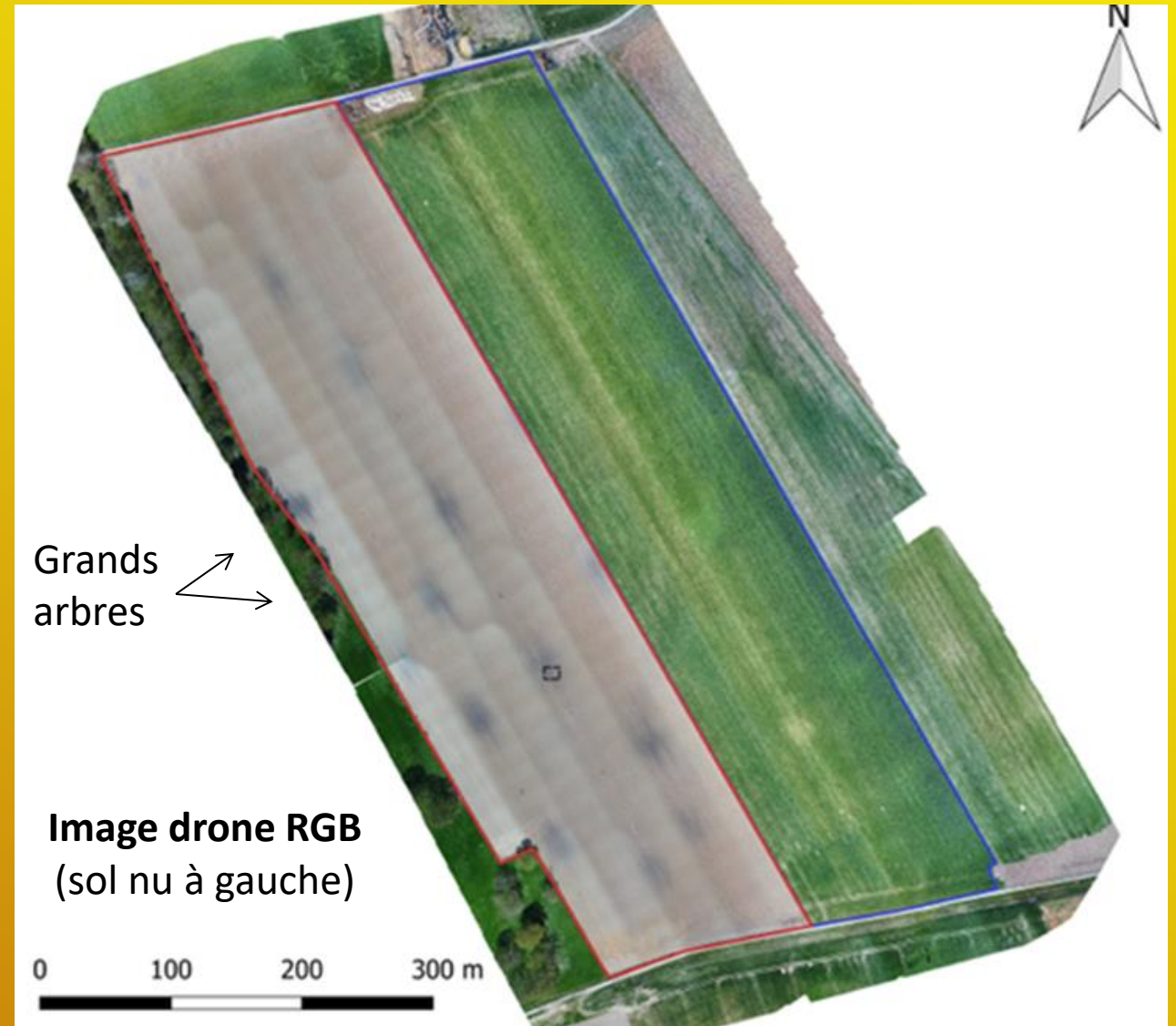
- **Relief bombé** (modèle numérique de terrain ci-dessous) → distribution d'eau variable



- **Effets de bordures** (arbres) à certains endroits
- Etc

→ Il existe d'autres facteurs de variation que la seule présence de biochar !! → En tenir compte !!

Source : adapté de Ramin Heidarian Dehkordi, Antoine Denis, et al., 2019-2020, compilation d'informations de différentes sources (confer la dia avec les sources), Evaluation de l'impact des aires de faulde (charbonnières) centenaires sur la croissance des cultures à l'aide d'imagerie drone

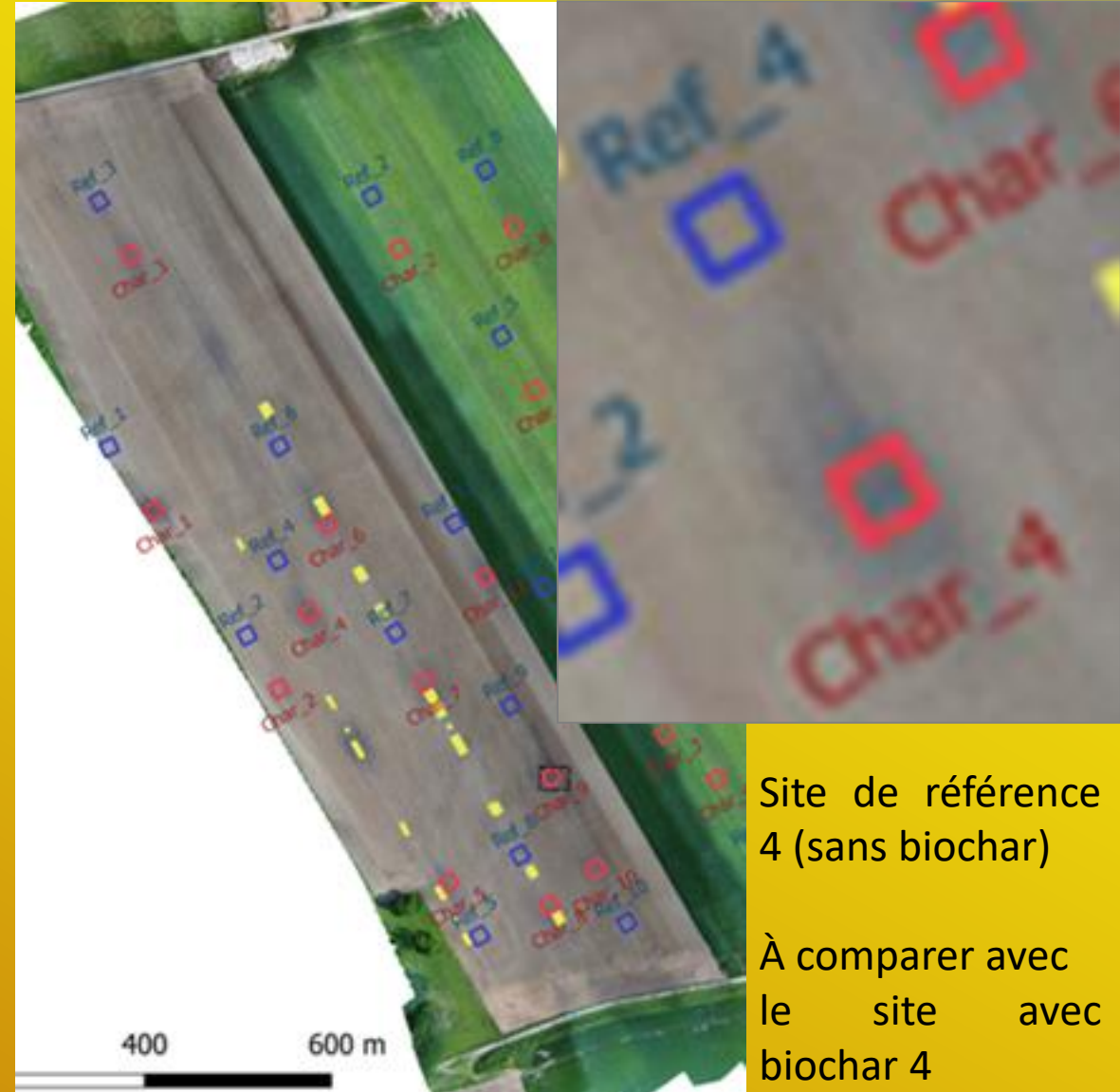


Méthodologie : quel design mettre en place ?

Mise en place d'un « **design pairé** » :

1. Sélection de 11 sites présentant du biochar (en rouge)
2. Sélection de 11 sites de référence (sans biochar) (en bleu) à proximité des sites avec biochar :
 - ❖ **A proximité des sites avec biochar**: pour minimiser les autres variations environnementales entre les sites d'une paire
 - ❖ **À 45 m de distance** : pour éviter la présence de biochar qui aurait pu être amené par labour sur le site de référence
 - ❖ **Sur une même ligne de passage de tracteur**, pour assurer un maximum de similarité en terme de traitement agronomique entre sites d'une paire

De cette manière on **maximise la comparabilité** des sites d'une paire de sites (site de référence sans biochar et site avec biochar) en réduisant l'effet des facteurs de variation autres que la présence de biochar (relief, eau, ombrage, traitement,...).



Site de référence
4 (sans biochar)

À comparer avec
le site avec
biochar 4

Aperçu d'échantillons de sol pairés

Les sols avec biochar sont plus foncés notamment parce qu'ils contiennent plus de carbone organique suite à l'activité de charbonnage.

Sol AVEC biochar ➡

Sol SANS biochar ➡

Soil samples

MSP



SOC [g/kg]	32	24	23	21	20	19	19	18	18	17	14
Charred											
Plot ID	1	9	5	4	2	6	7	8	3	10	11
Reference											
SOC [g/kg]	15	12	14	13	15	10	11	13	14	13	12

Méthodes de représentation graphique et d'analyse statistique du design pairé

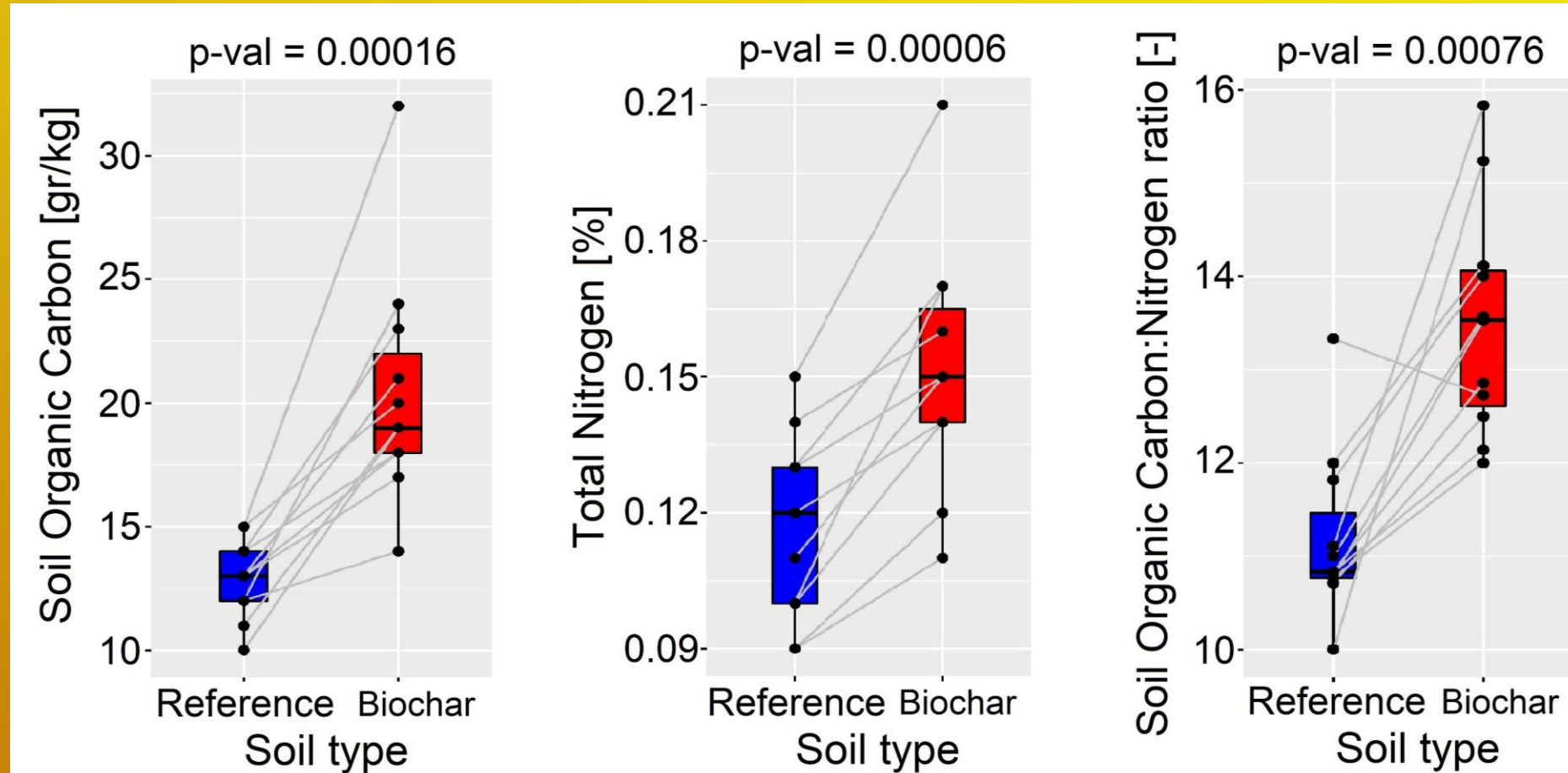
❖ Représentation

graphique adaptée à ce design : « boîtes à moustaches » ou « box-and-whisker plot »

❖ Test statistiques adapté à ce design : « Test t pour échantillons appariés » ou « paired t-test »

➤ Calcule la différence de valeur entre les 2 observations d'une paire, pour chaque paire

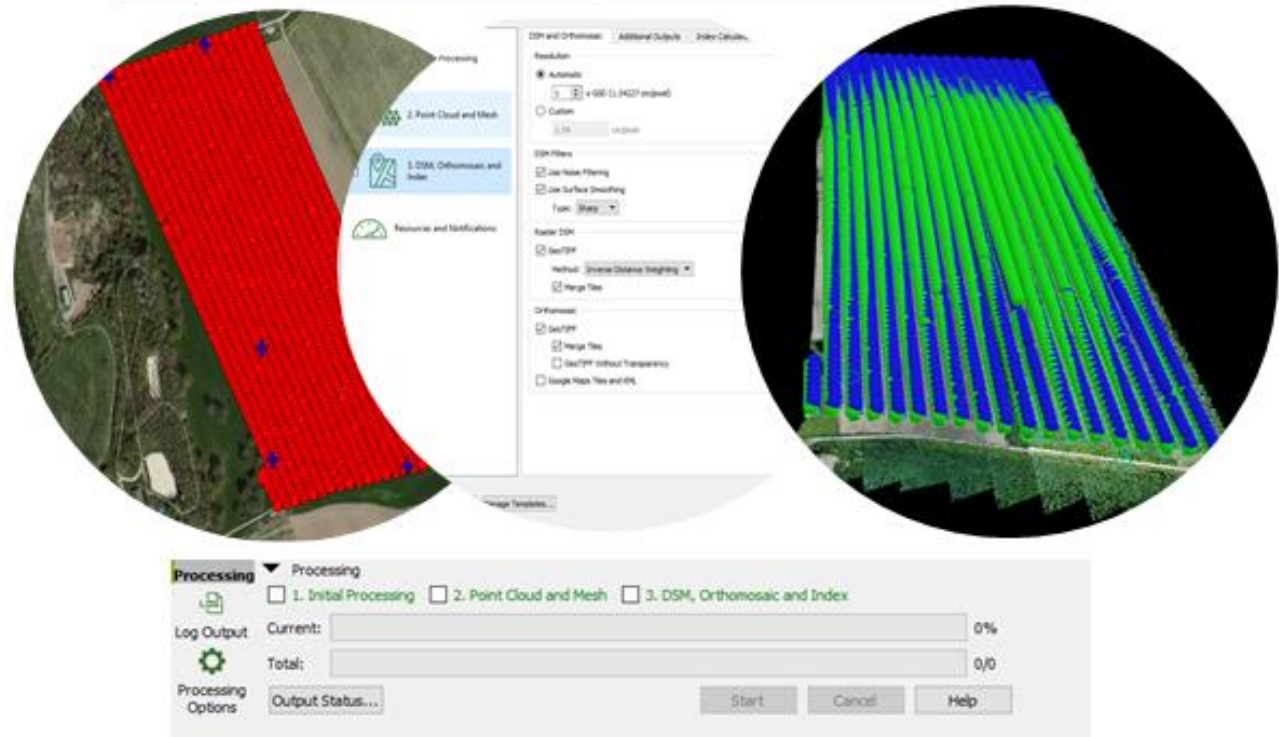
➤ Teste si la moyenne des différences diffère de 0



Méthodologie : aspects logiciels

- ❖ Planning de vol pour le drone
- ❖ Reconstitution d'une grande image à partir des photos individuelles (photogrammétrie)
- ❖ Manipulation des images pour extraction d'information (SIG, etc)

Type		Name
Software	Drone flight planner	Pix4D Capture
		DJI Go
	Photogrammetry	Pix4D Mapper
		Agisoft Photoscan Pro
	RS/GIS	QGIS, ArcGIS
		Envi, Erdas Imagine R



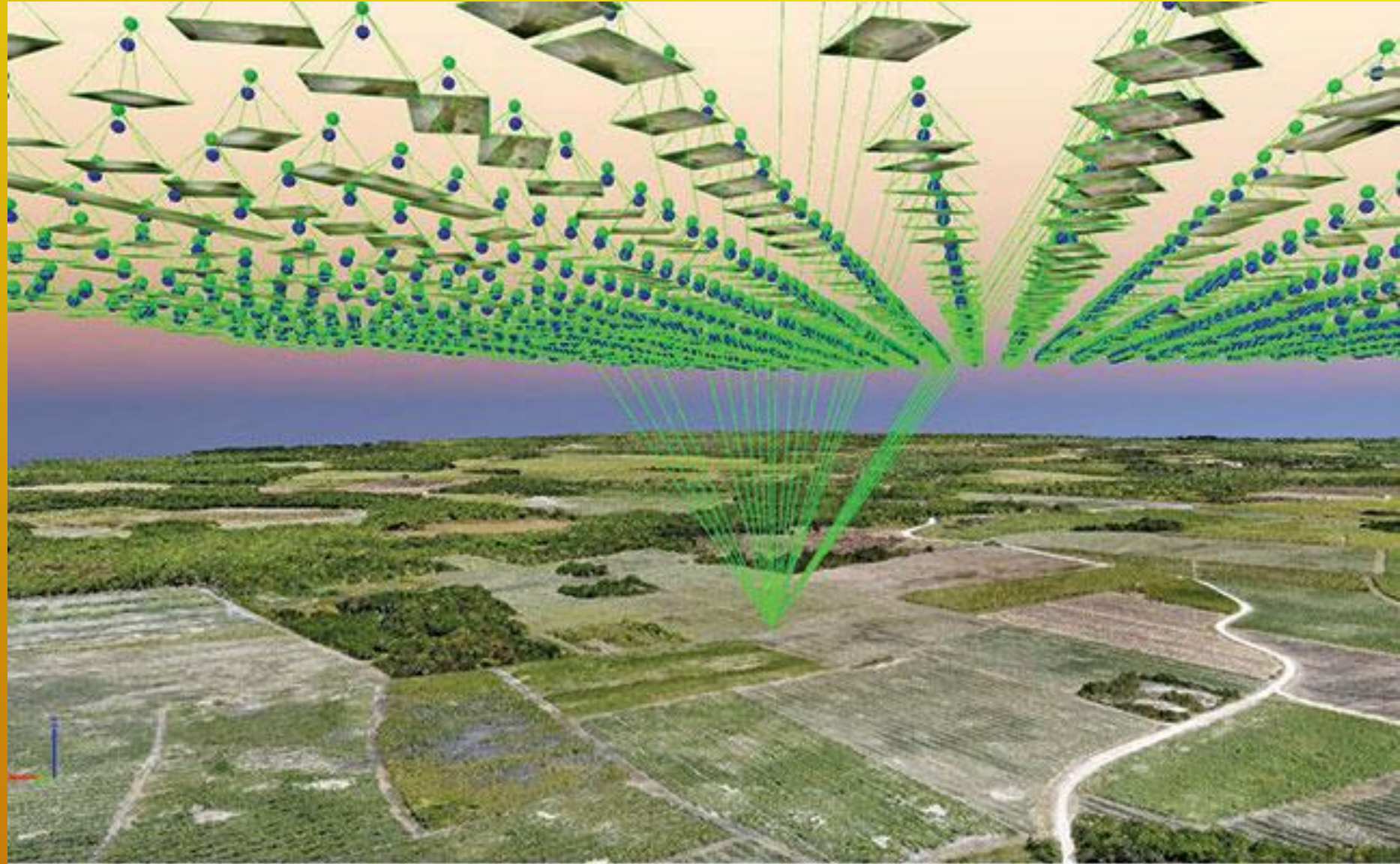
Méthodologie : aspects logiciels

- ❖ **Planning de vol pour le drone**
- ❖ Reconstitution d'une grande image à partir des photos individuelles (photogrammétrie)
- ❖ Manipulation des images pour extraction d'information (SIG, etc)



Méthodologie : aspects logiciels

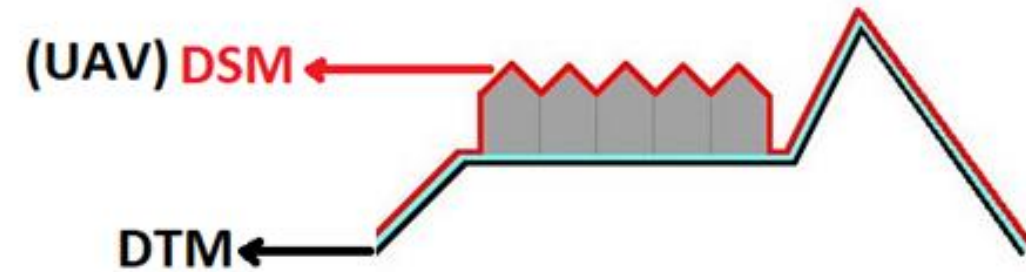
- ❖ **Planning de vol pour le drone**
- ❖ **Reconstitution d'une grande image à partir des photos individuelles (photogrammétrie)**
- ❖ **Manipulation des images pour extraction d'information (SIG, etc)**



Méthodologie : mesure par drone : capteur RGB-Visible

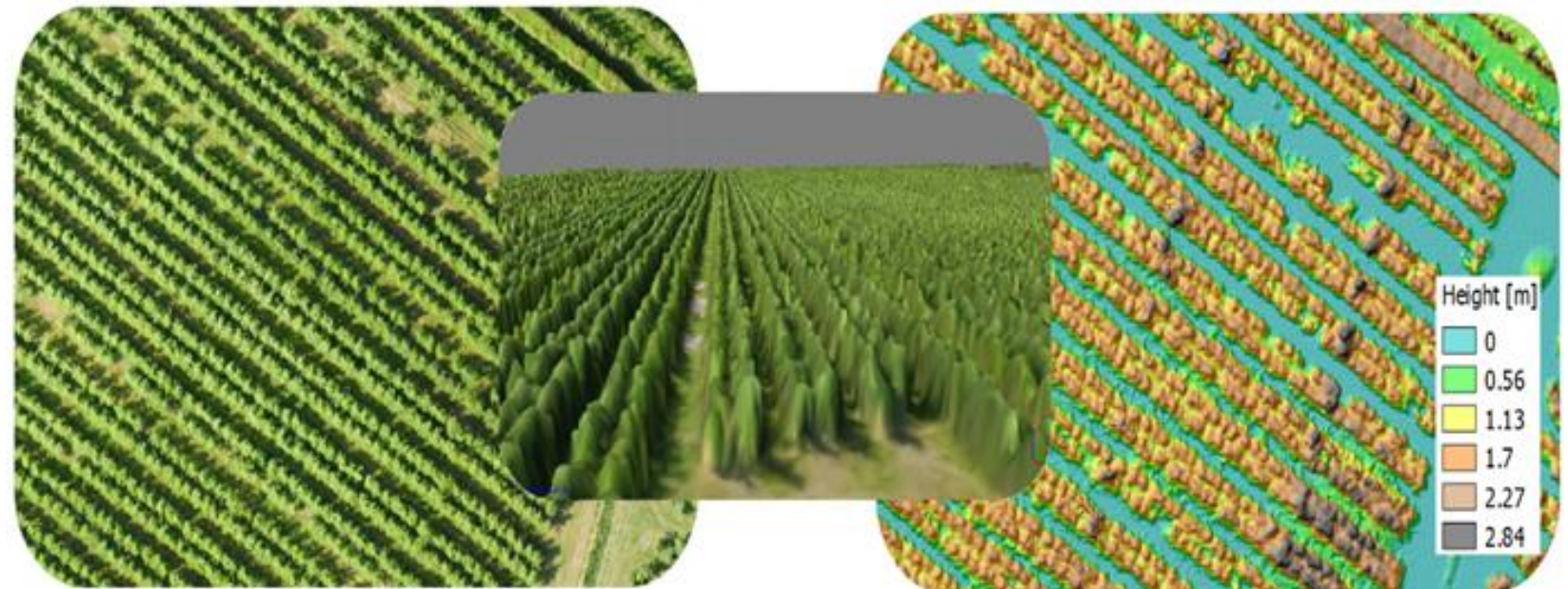
- Data Analysis → **RGB** mission

1. Crop height



crop height = Digital Surface Model – Digital Terrain Model*

*DSM → train points (or focal min function) → interpolation (cubic spline than IDW) → DTM



Hauteur de la culture
= modèle numérique
de surface
(végétation) –
modèle numérique
de terrain (sol nu)

Méthodologie : mesure par drone : capteur RGB-Visible

Modèle numérique de surface

= Relief de la végétation

Information qui peut être acquise à différentes dates



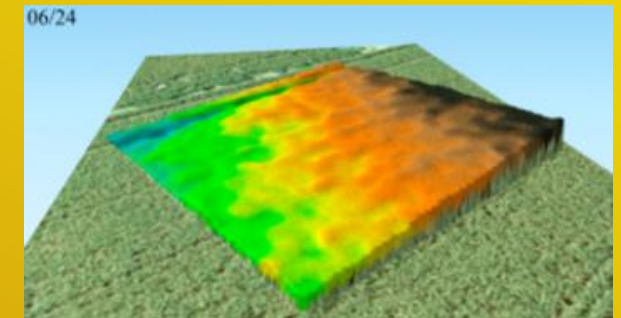
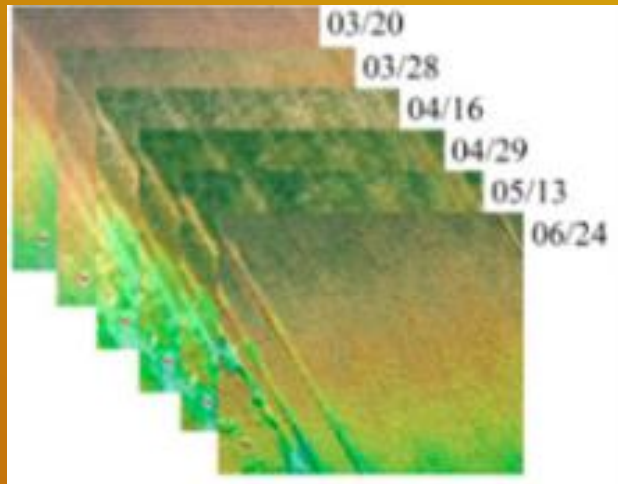
Modèle numérique de terrain

= relief du sol nu



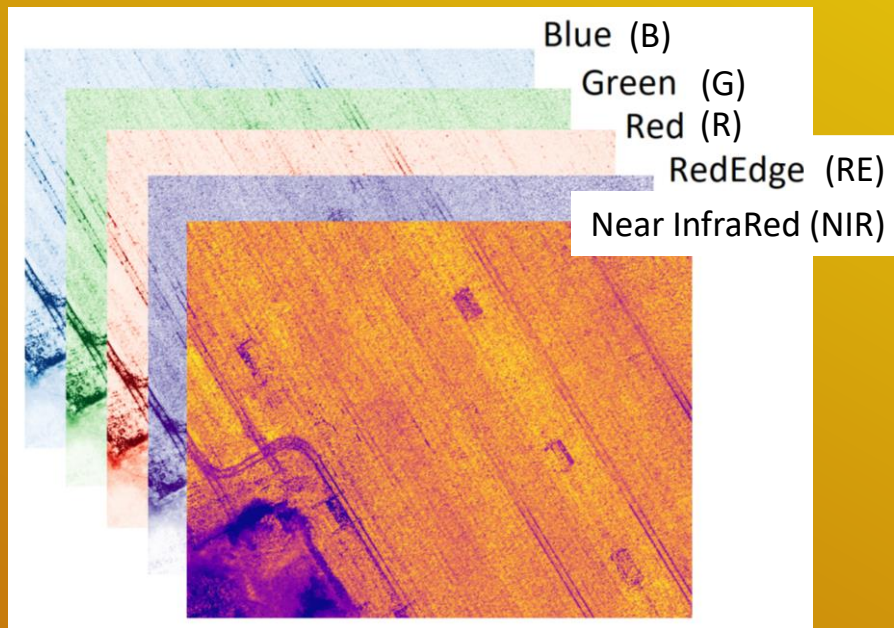
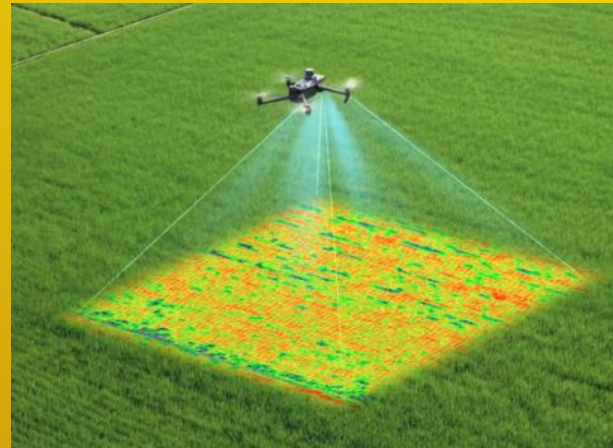
Hauteur de la culture

Information qui peut être calculée à différentes dates (une seule est représentée ci-dessous)



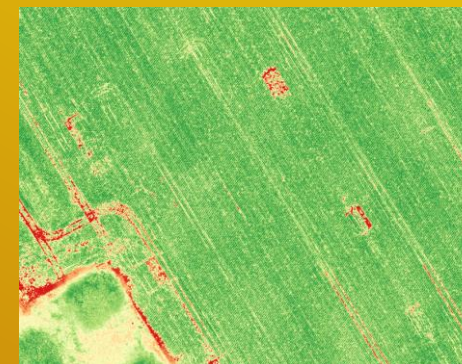
Méthodologie : mesure par drone : capteur multispectral

Le drone équipé d'un capteur multispectral produit, à chaque prise de vue, 5 images, chacune correspondant à une longueur d'onde particulière (B, G, R, RE, NIR)

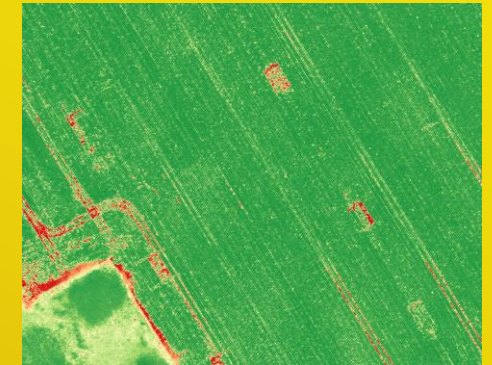


Ces images (B, G, R, RE, NIR) sont ensuite utilisées pour calculer des indices de végétation (NDVI, NDRE, CI_Red,...) qui sont particulièrement sensibles à certaines propriétés des cultures que l'on veut étudier

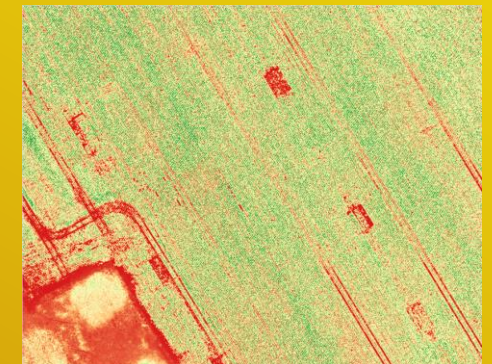
NDRE = $(\text{NIR}-\text{RE})/(\text{NIR}+\text{RE})$
~Azote au-dessus du sol



NDVI = $(\text{NIR}-\text{R})/(\text{NIR}+\text{R})$
~Verdure de la végétation



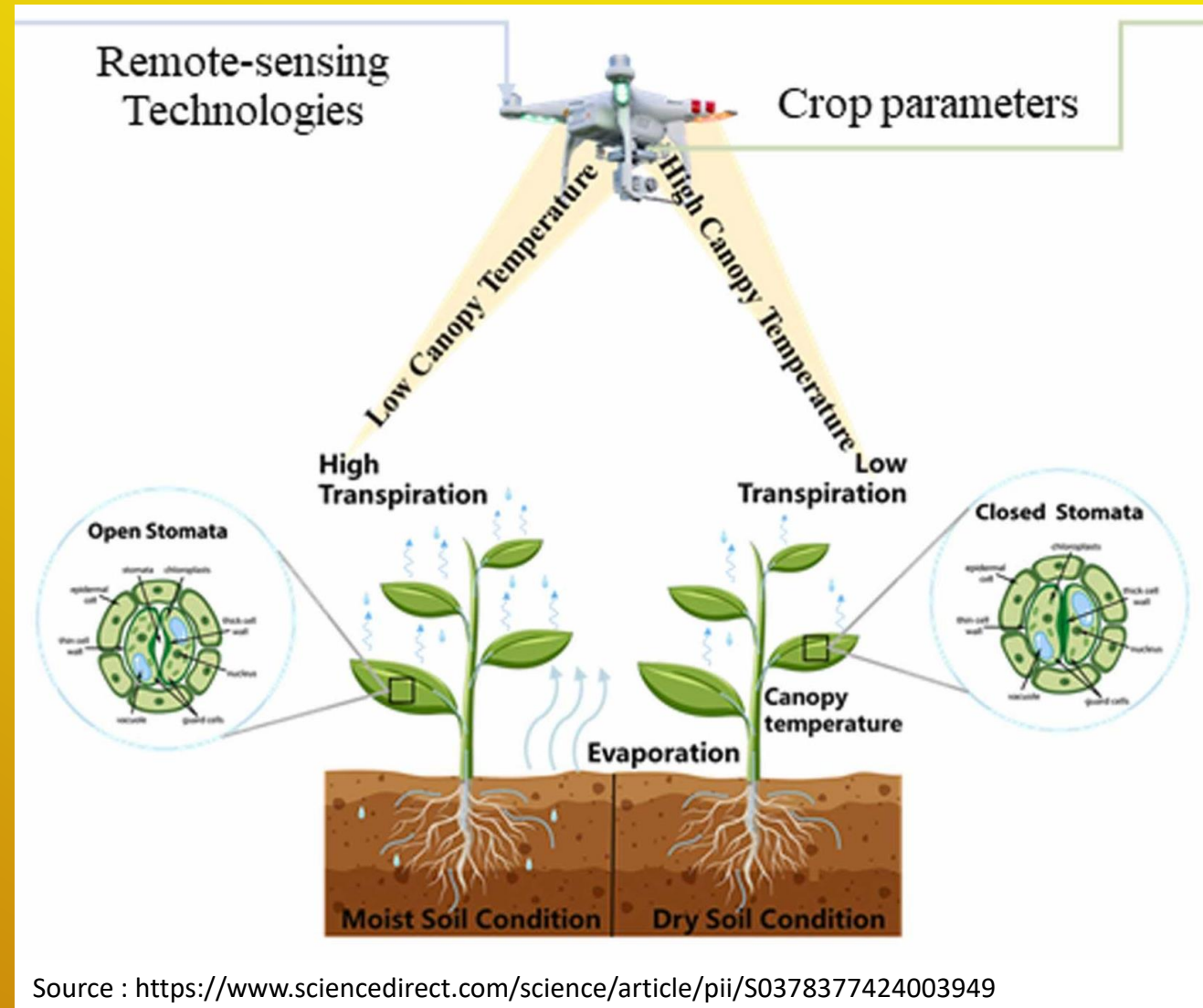
CI_Red = $(\text{NIR}/\text{R})-1$
~Productivité de la biomasse



Méthodologie : mesure par drone : capteur thermique

Le capteur thermique est sensible à la température de surface qui peut être utilisée comme indicateur du **stress hydrique des cultures**.

En cas de stress hydrique, les stomates de la plante se ferment, réduisant sa transpiration, ce qui engendre une augmentation de sa température, détectable par le capteur thermique.



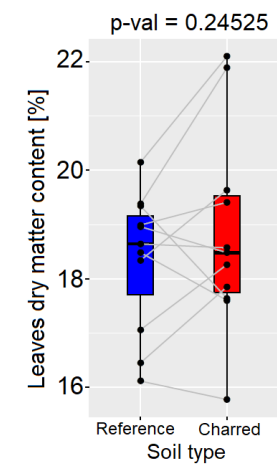
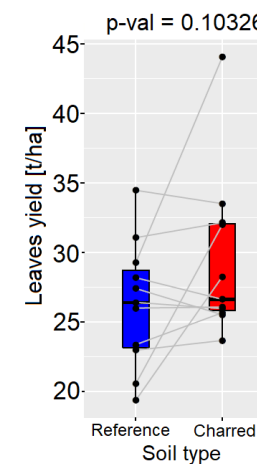
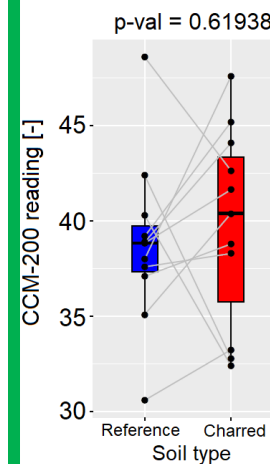
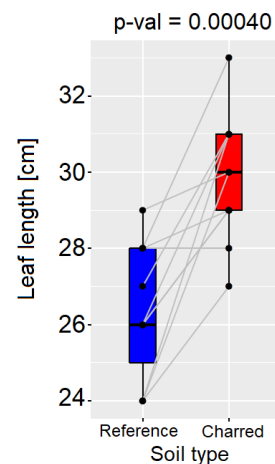
Source : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377424003949>

Aperçu des résultats pour la chicorée

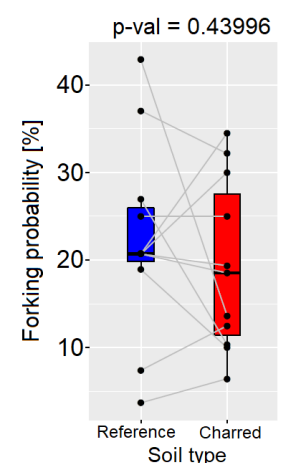
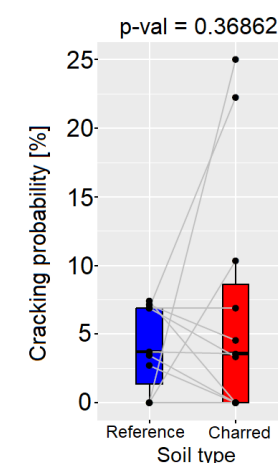
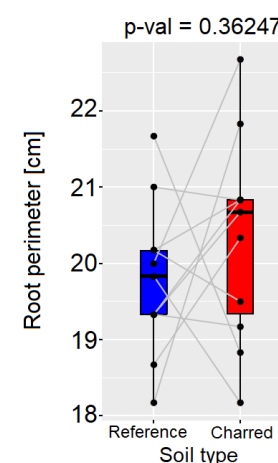
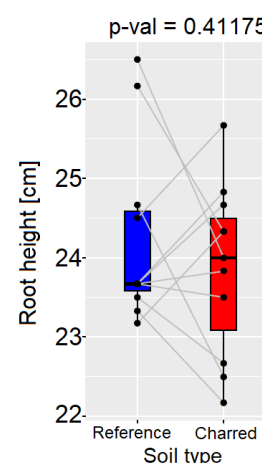
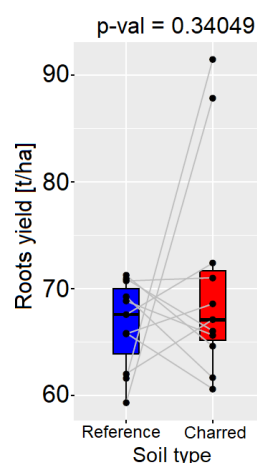
Mesures de terrain sur les feuilles et les racines en fin de saison.



Impact du biochar sur la longueur des feuilles

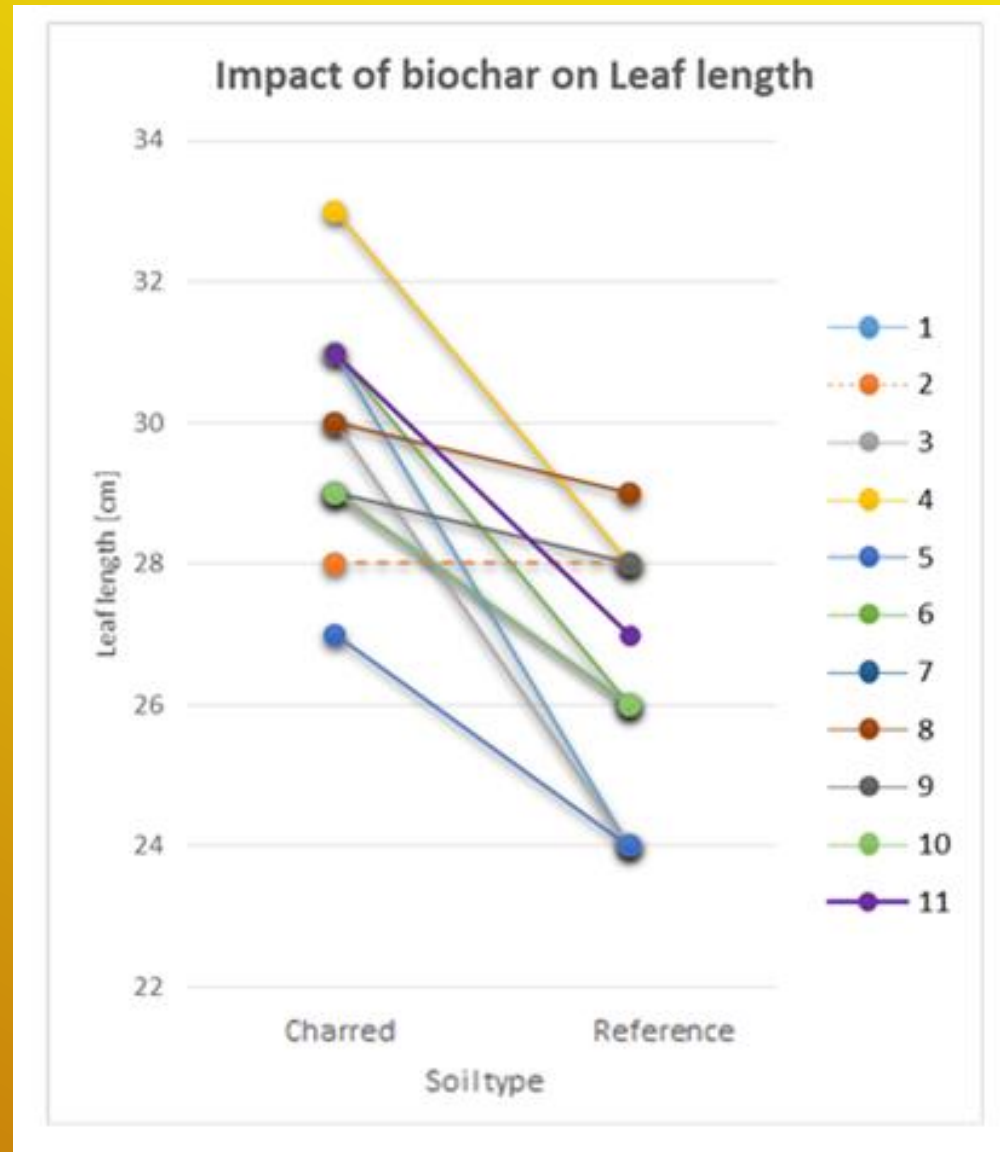


Pas d'Impact du biochar sur le rendement des racines



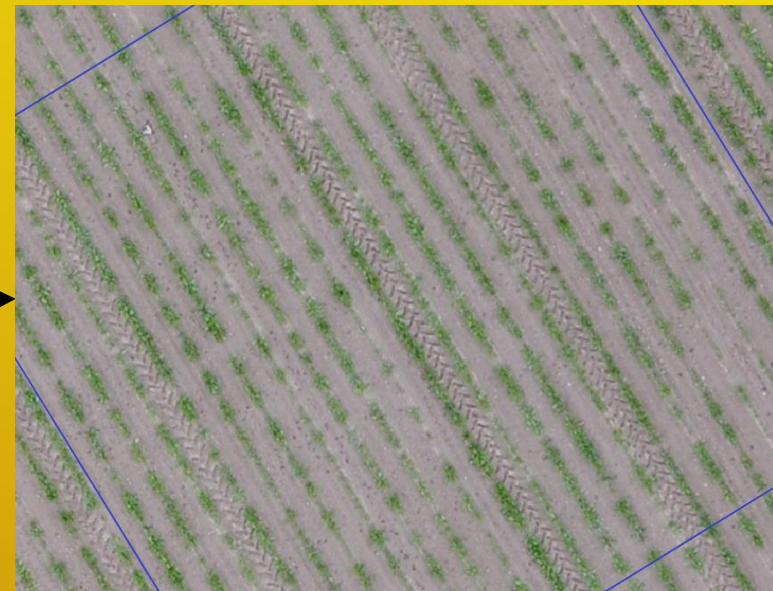
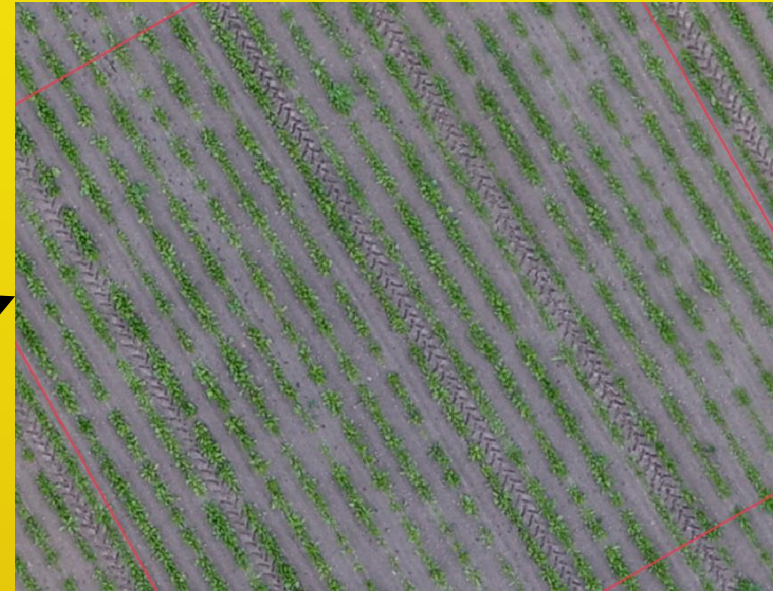
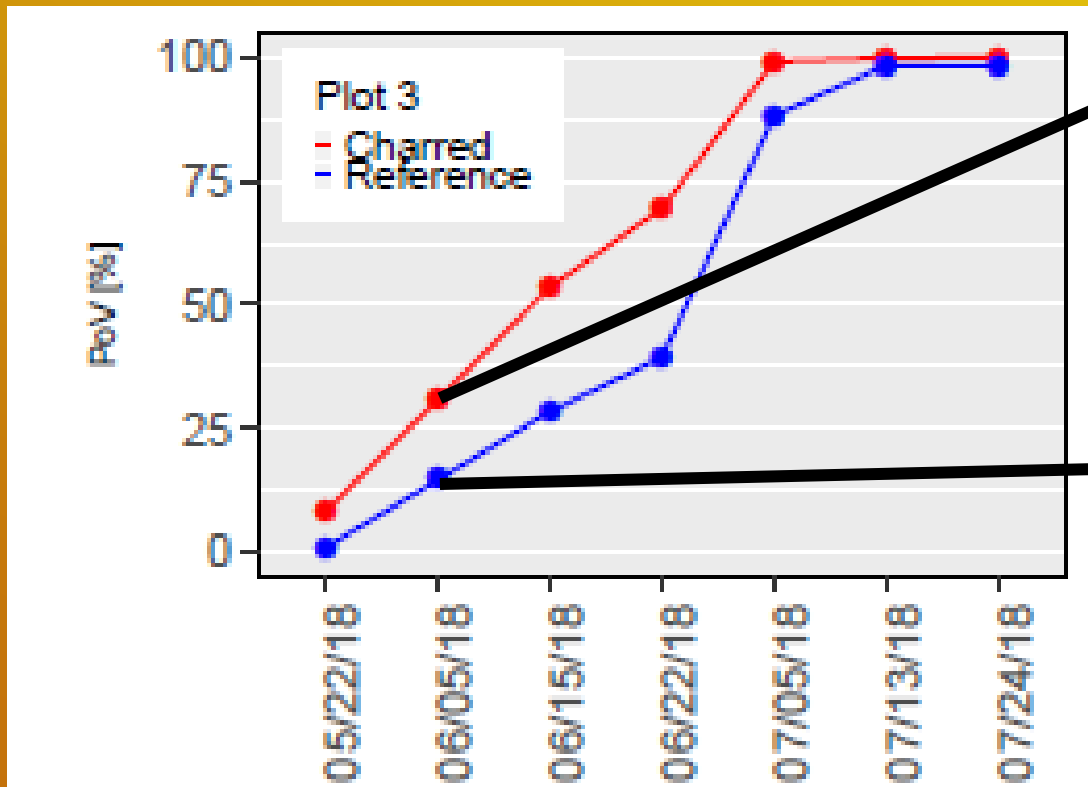
Aperçu des résultats pour la chicorée

Mesures de terrain sur les feuilles et les racines en fin de saison.



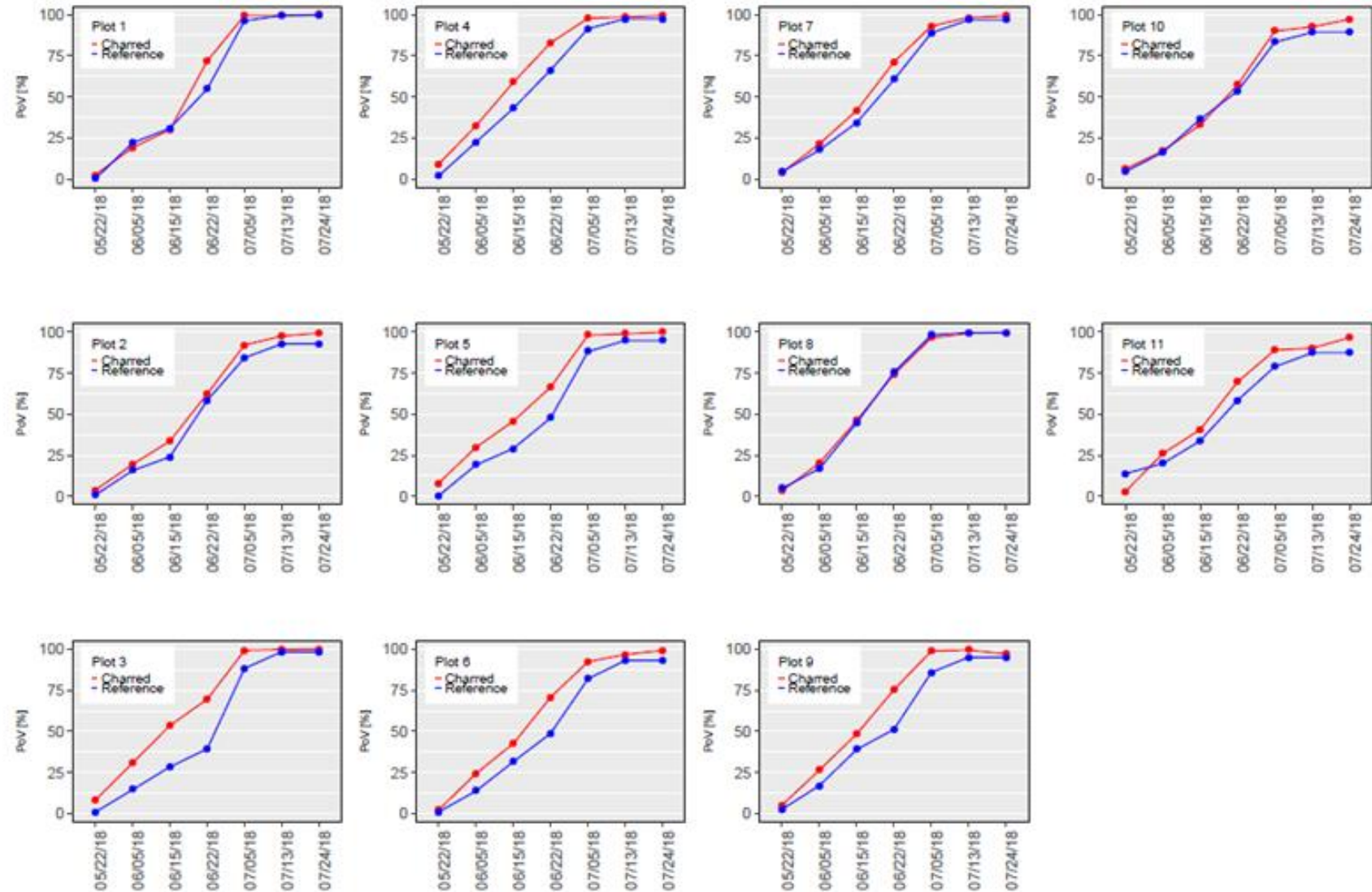
Aperçu des résultats pour la chicorée

- ❖ **Couverture du sol par la végétation** (canopy cover, PoV) en fonction du temps (7 dates = 7 vols **drone**), pour la paire de site numéro 3.



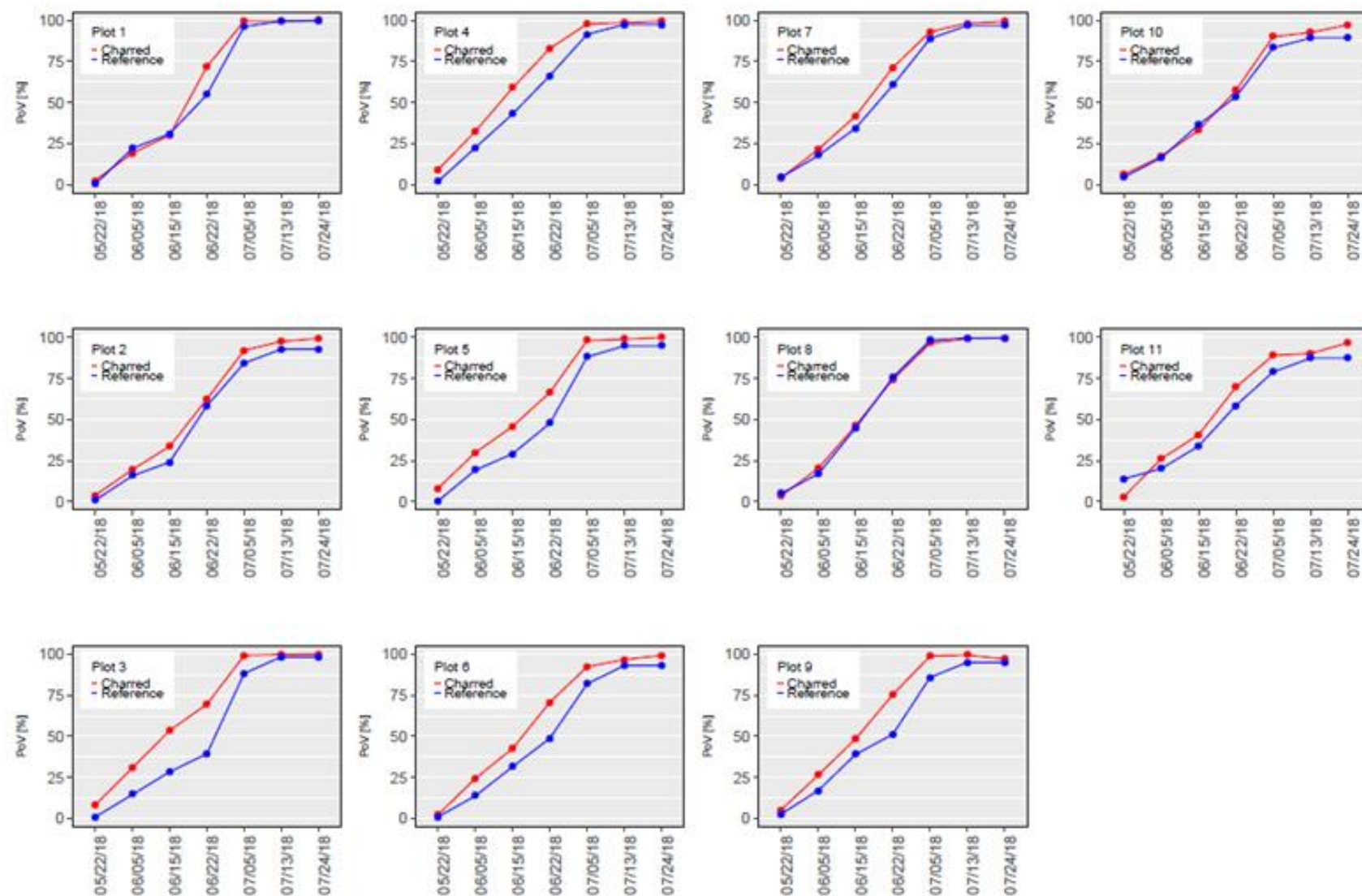
Aperçu des résultats pour la chicorée

- ❖ **Couverture du sol par la végétation** (canopy cover, PoV) en fonction du temps (7 dates = 7 vols **drone**), pour les 11 paires de sites.
- ❖ Comment faire pour obtenir une **métrique globale** qui serait **représentative de toute la saison**, c'est-à-dire qui donnera une idée de la différence globale observée toute au long de la saison ?



Aperçu des résultats pour la chicorée

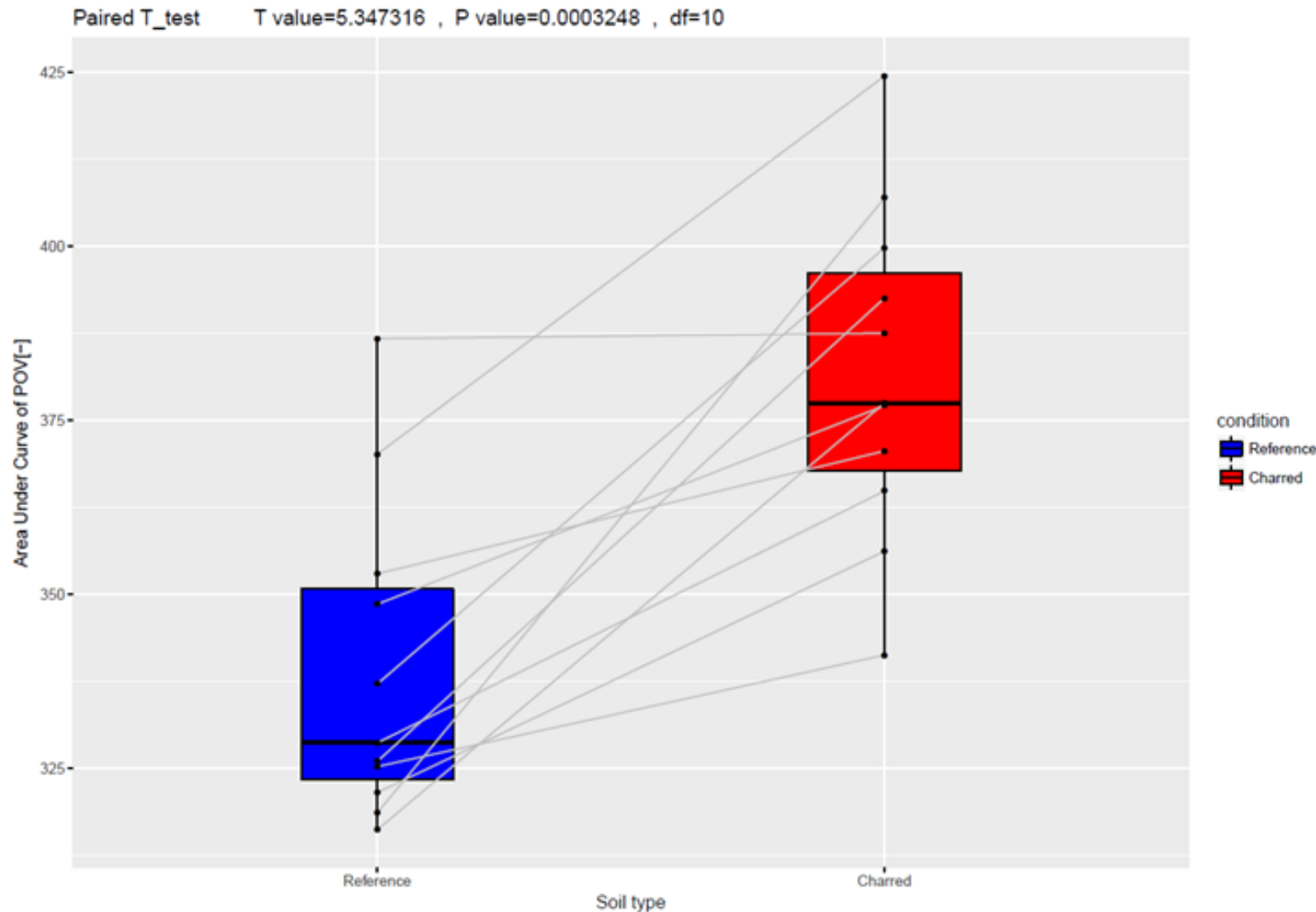
- ❖ **Couverture du sol par la végétation** (canopy cover, PoV) en fonction du temps (7 dates = 7 vols **drone**), pour les 11 paires de sites.
- ❖ Pour obtenir une **métrique globale représentative de toute la saison**, on peut calculer la **surface sous chaque courbe** (« Area Under the Curve AUC ») : elle donnera une idée de la différence globale observée toute au long de la saison.



Aperçu des résultats pour la chicorée

- ❖ Box plot de la surface sous la courbe (« Area Under the Curve AUC » ou « AUC »)
- ❖ Test t pour échantillons appariés
- ❖ P value = 0.0003 = différence très significative !

Paired T-test



Aperçu des résultats pour la chicorée



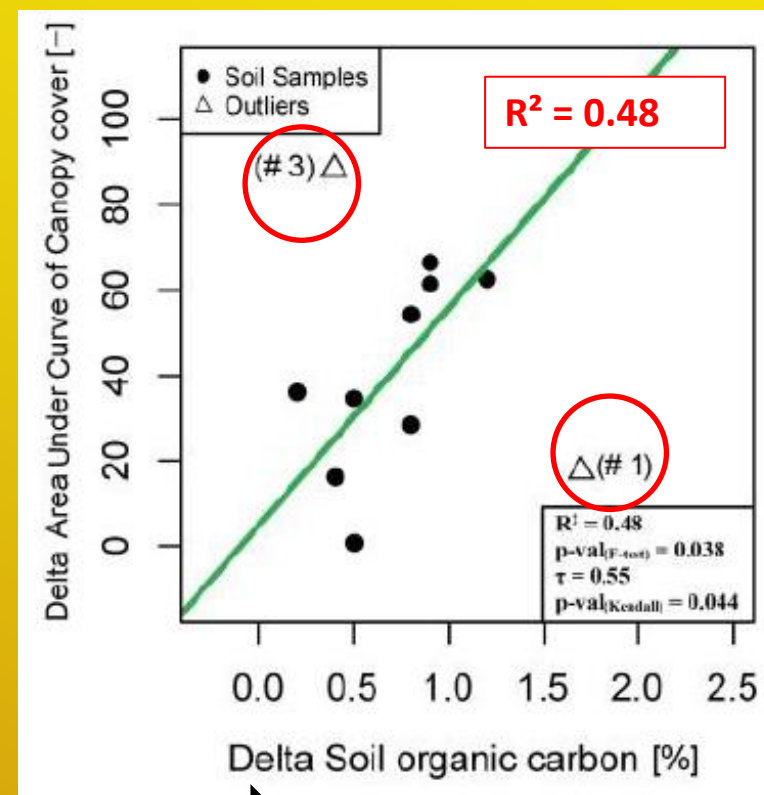
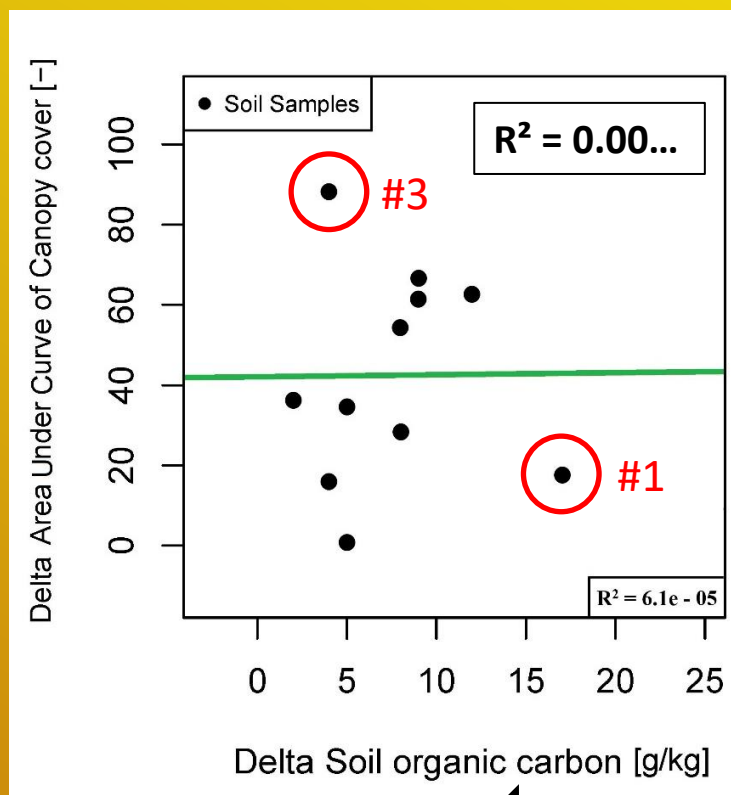
❖ Mise en relation de :

- Delta AUC
- Delta carbone organique du sol

❖ **Delta** = différence au sein d'une paire

→ Ce type de graphique permet de répondre à la question de savoir si la **différence de développement de la végétation** observée au cours d'une saison au sein d'une paire de site (biochar et non biochar) est corrélée (ou pas) à la **différence de carbone organique du sol** au sein de cette paire.

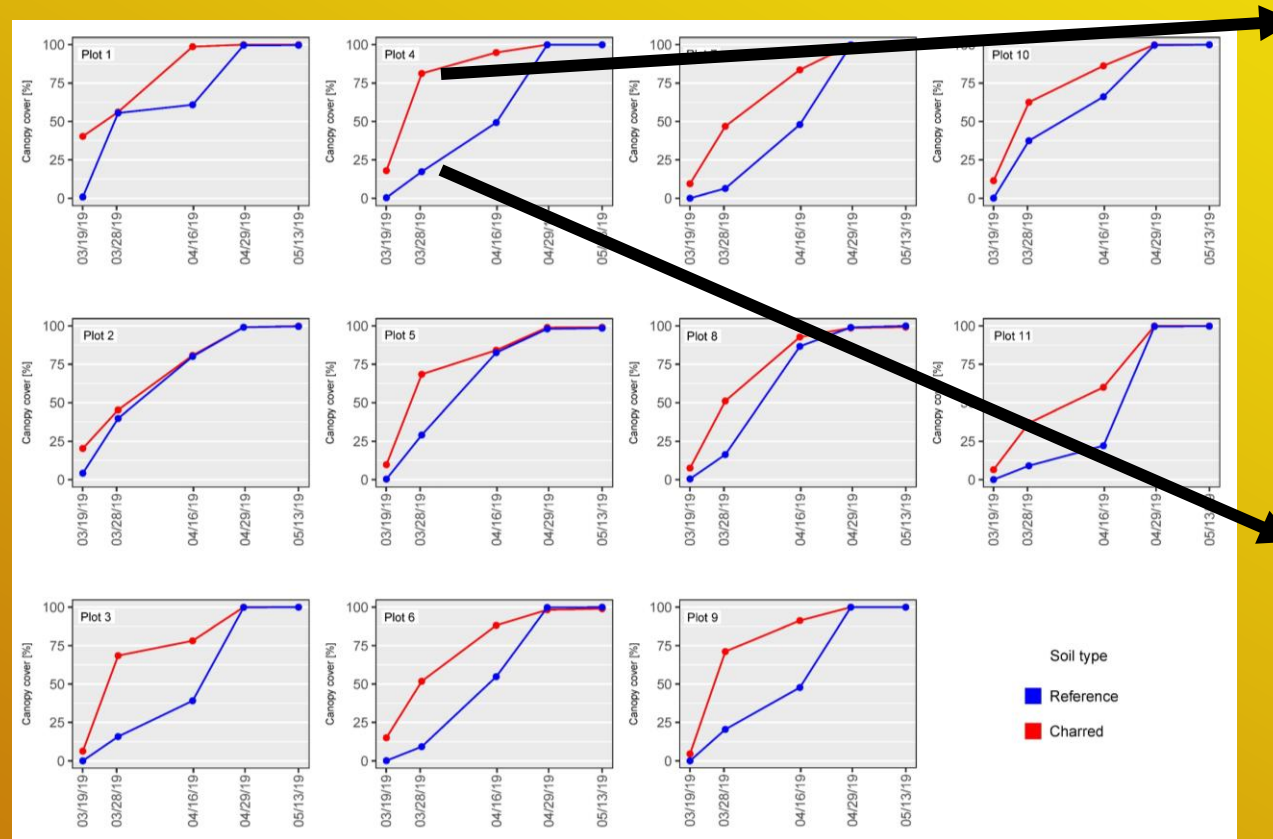
*Attention à la gestion des « outliers »
et à son impact sur les résultats et sur
leur interprétation !*



Suppression des outliers

Aperçu des résultats pour le blé d'hiver

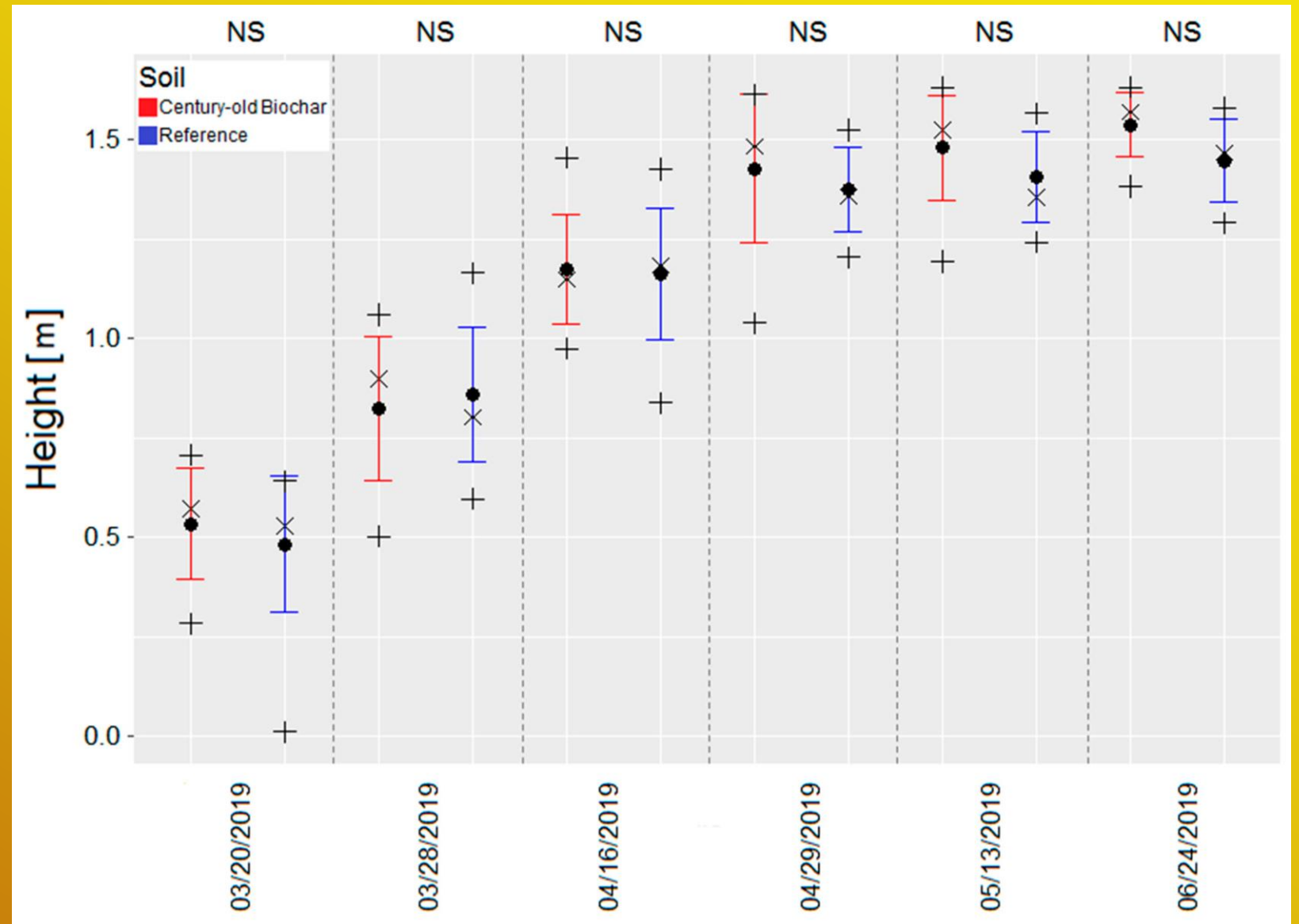
- ❖ Couverture du sol par la végétation (canopy cover) en fonction du temps, pour les différentes paires de sites



Aperçu des résultats pour le blé d'hiver

❖ Hauteur du blé

(NS = différence non statistiquement significative)

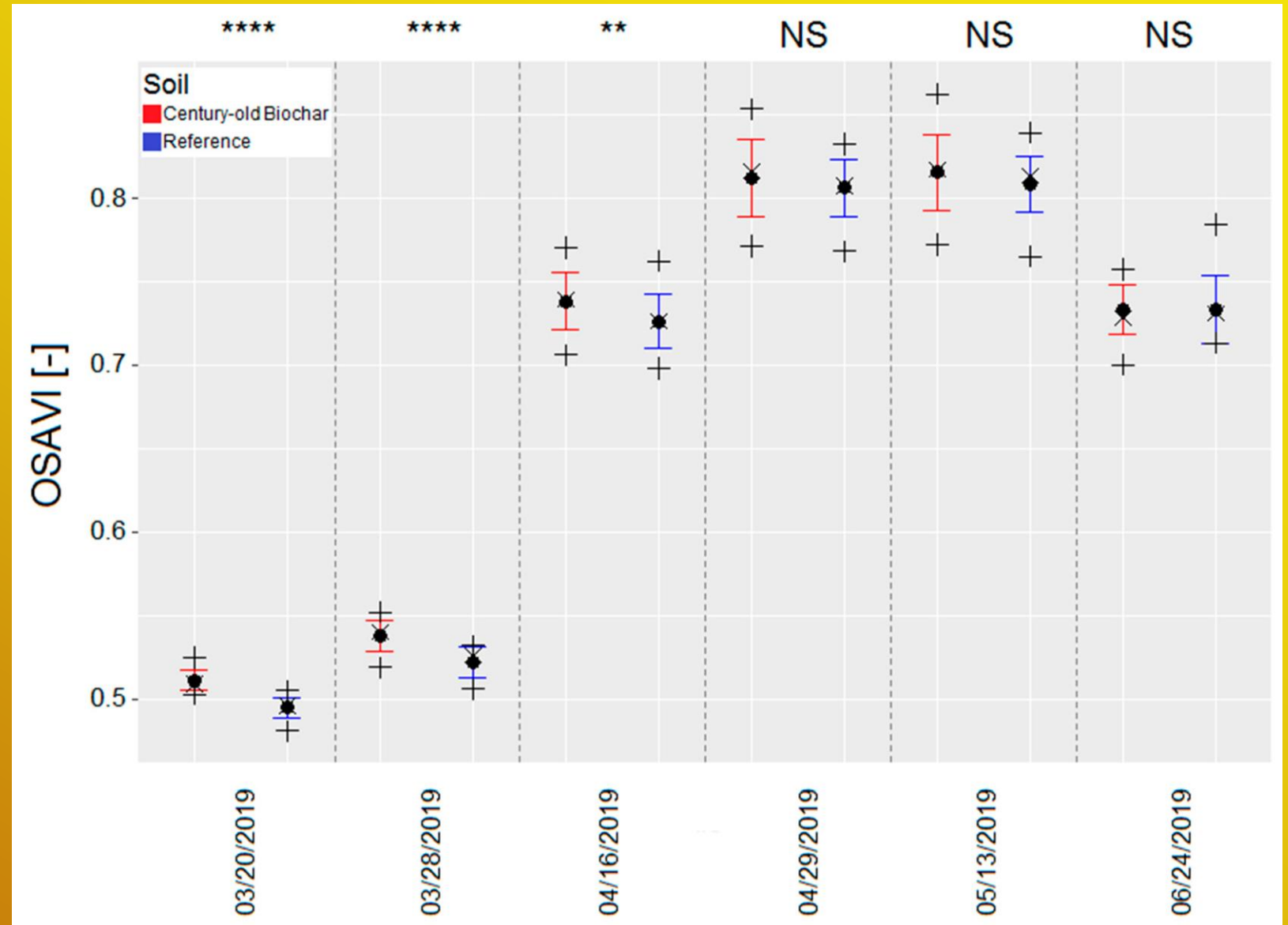


Aperçu des résultats pour le blé d'hiver

❖ **Indice de végétation OSAVI**
sur le blé

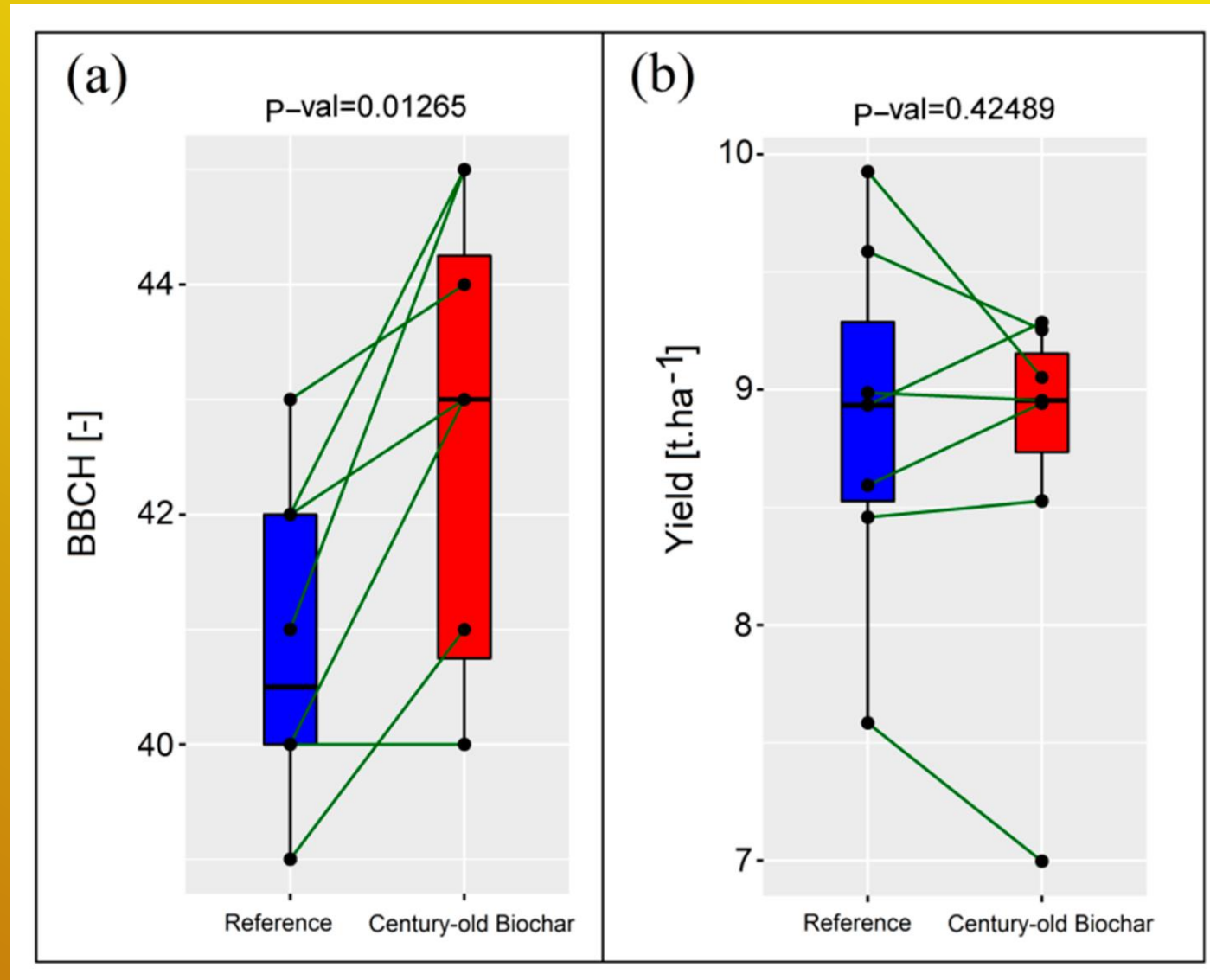
❖ NS = différence non statistiquement significative

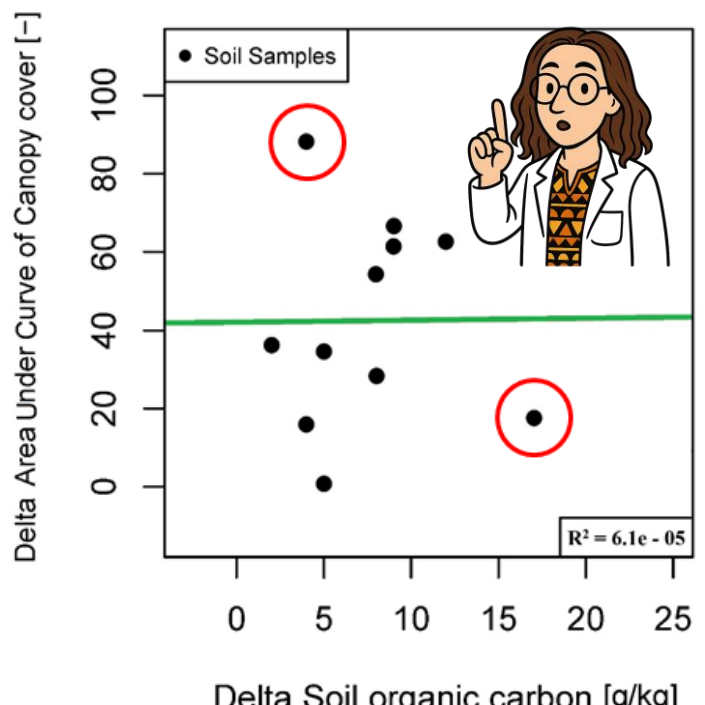
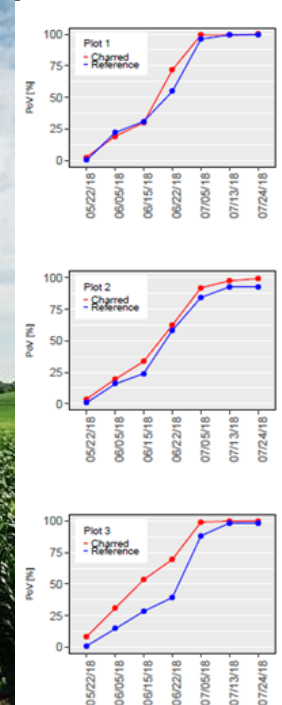
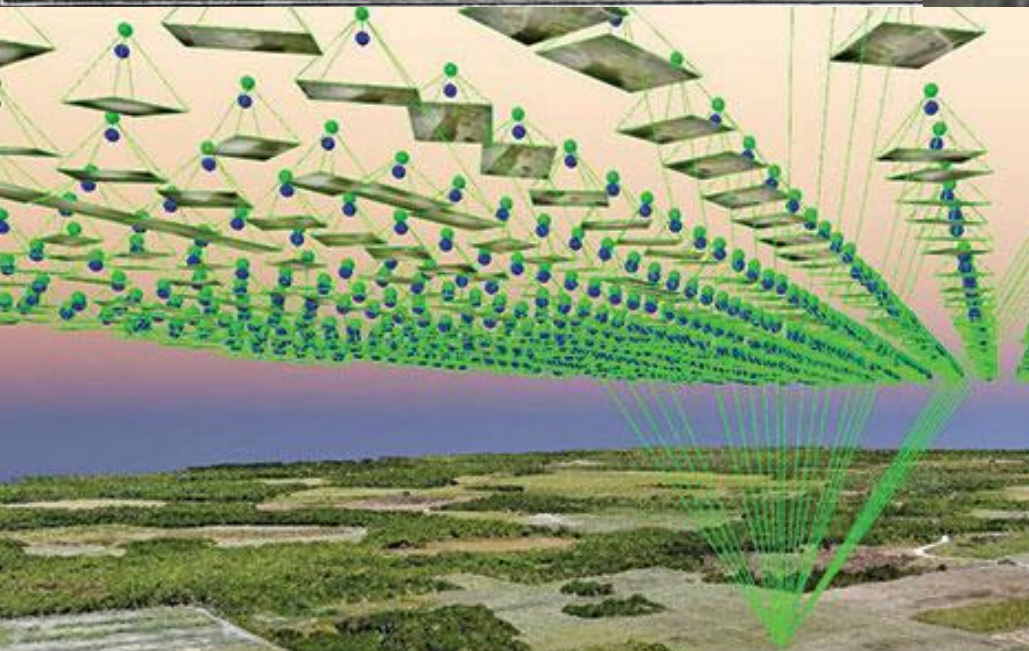
❖ *, **, ***, **** =
niveau de significativité statistique de la différence observée entre « biochar » et « non biochar »



Aperçu des résultats pour le blé d'hiver

- ❖ Stade de développement du blé (échelle BBCH)
- ❖ Rendement du blé





Sources des images : confer dia précédentes et https://stockcake.com/i/drone-over-fields_1336698_856878

2^{ème} partie

Exemples de mémoires de fin d'études



Exemples de méthodologies en Sciences et Gestion de l'environnement



Antoine DENIS

Antoine.DENIS@ULIEGE.BE



Exemples de mémoires de fin d'études en Sciences et Gestion de l'Environnement (1/5)

LA DÉFINITION DES PRIX JUSTES DANS LES COOPÉRATIVES CITOYENNES DE CIRCUITS COURTS : COMMENT TRADUIRE LES PROJETS COLLECTIFS EN MATIÈRE DE SYSTÈME AGROALIMENTAIRE ?

BERTHOLET Marie - 2019-2020

Mémoire de fin d'étude du Master en Sciences et Gestion de l'Environnement, ULIEGE

Source du mémoire : <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/9926>

Source de l'illustration vectorielle: Freepik, Sources des images : diaporama de Marie BERTHOLET

Une petite partie seulement du travail de Marie BERTHOLET est présentée dans les slides suivantes, en insistant sur l'aspect « méthodologique ».



Définition simple de « Coopérative »

“Une **coopérative** est :

- ❖ une association autonome de personnes **volontairement réunies**
- ❖ pour **satisfaire leurs aspirations et besoins** économiques, sociaux et culturels communs
- ❖ au moyen d'une **entreprise**
- ❖ dont la **propriété est collective** et
- ❖ où le **pouvoir est exercé démocratiquement.**”



Définition simple de « Circuit court alimentaire »

Circuit court alimentaire :

Un système de commercialisation des produits agricoles ou alimentaires qui impliquent un nombre limité d'intermédiaires entre le producteur et le consommateur (souvent aucun ou un seul).

Objectifs principaux :

- ❖ Réduire la distance physique et sociale entre producteurs et consommateurs
- ❖ Soutenir l'économie locale
- ❖ Garantir la fraîcheur et la traçabilité des produits
- ❖ Limiter l'empreinte environnementale liée au transport et à l'emballage



Construction du questionnaire ou de la question de recherche :

- ❖ Participation à des événements
- ❖ Revue de littérature - état de l'art



2.2.5. Événements annexes

Pour construire mon questionnaire, j'ai assisté à plusieurs événements abordant la thématique du prix juste :

- La mise au vert du Collectif 5C (le 17/11/2019 à Robertville) : un moment de partage d'expériences et de réflexion commune entre les représentants des coopératives membres du Collectif 5C.
- La soirée d'échange « Circuits courts et prix juste » au Réseau des GASAP (le 23/01/2020 à Bruxelles) : une table ronde avec une dizaine de participants et deux intervenants, un maraîcher et un représentant de la coopérative Terre-en-vue.
- La conférence participative à l'Université populaire d'Anderlecht « La good food au-delà des sentiers Bobos? Préjugés & accessibilité du bien manger en milieu populaire » (le 18/02/2020 à Anderlecht) : 8 intervenants issus du domaine associatif et citoyen sont venus partager leur expérience au sujet de l'accès à l'alimentation durable.
- La soirée de formation de l'Université populaire de Paysans-Artisans (le 4/02/2020 à Floreffe) autour de la question : « Agriculture paysanne : quel modèle d'entreprise pour avoir un revenu décent, des produits de qualité et du plaisir à travailler ? ».

Ces événements étaient composés de moments d'information et de moments de débats, de discussions, où les participants pouvaient échanger leur point de vue.

Construction du questionnaire ou de la question de recherche :

❖ Participation à des événements

❖ Revue de littérature - état de l'art

- Autour de la **définition des prix justes dans les circuits courts**
- Pour **synthétiser** la façon dont cette question est étudiée en **sociologie**
- Afin de
 - disposer d'un **cadre théorique (cadre d'analyse)** adapté pour **étudier les coopératives** et
 - de mettre en évidence des **pistes de recherche**

Table des matières

LISTE DES TABLEAUX 7

LISTE DES FIGURES 7

LISTE DES ABRÉVIATIONS 7

INTRODUCTION 8

1. ÉTAT DE L'ART ET CADRE D'ANALYSE 9

1.1. TERMINOLOGIE : LES CIRCUITS COURTS.....9

1.2. LA PROMESSE DE DIFFÉRENCE DES CIRCUITS COURTS ALIMENTAIRES10

1.3. CADRE D'ANALYSE : LA THÉORIE DE LA RÉGULATION SOCIALE13

1.3.1. Les activités de régulation constituent l'action collective14

1.3.2. La rencontre des régulations conventionnelles et alternatives14

1.3.3. Du projet aux régulations : le sens de l'action collective.....16

1.4. IMPLICATIONS DE LA TRS POUR LE « PRIX JUSTE »17

1.4.1. L'origine de l'injustice des prix17

1.4.2. Le prix juste : un impératif qui percute les régulations conventionnelles.....18

1.4.3. Le prix juste dans les circuits courts : hybridation des régulations.....19

1.5. L'ENGAGEMENT DES ACTEURS ET L'ACCEPTABILITÉ DES PRIX21

1.6. PRIX JUSTE ET EMPOWERMENT DES PRODUCTEURS21

1.7. CIRCUITS COURTS ET SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE22

1.8. RESEARCH GAP23

1.9. CONCLUSION ET PISTES DE RECHERCHE23

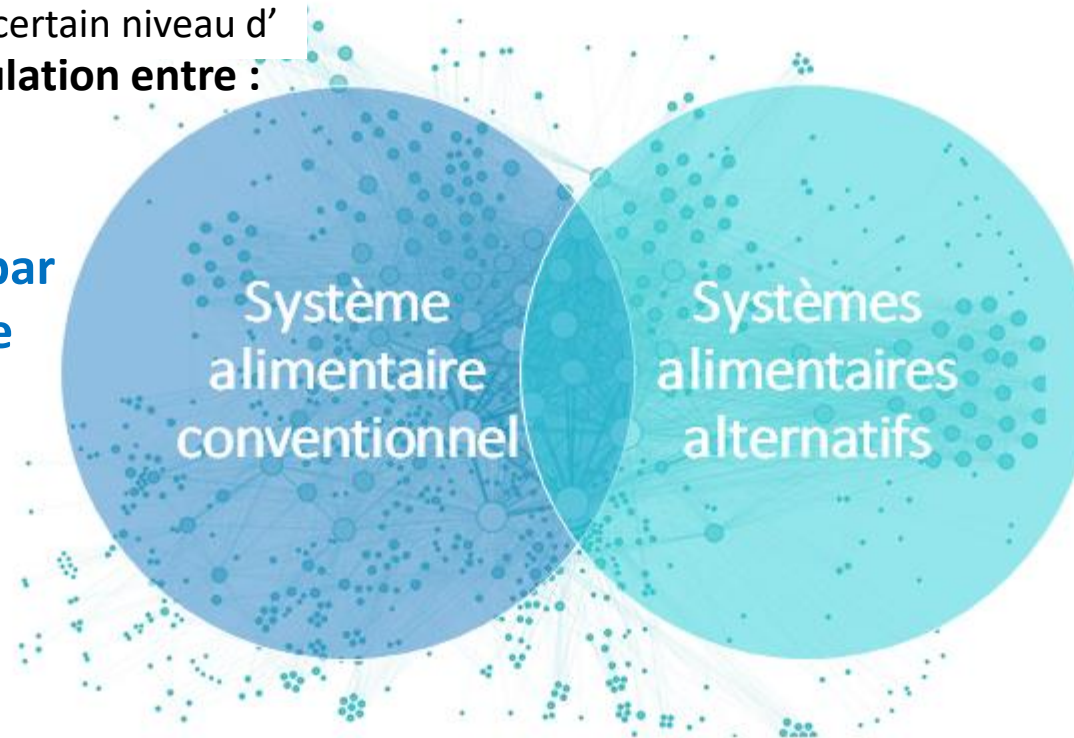
2. MÉTHODOLOGIE 25

1. Cheminement du questionnement

Les coopératives présentent un certain niveau d'

- Hybridation ou articulation entre :

Contraintes imposées par leur coexistence avec le système alimentaire conventionnel (offre et demande, prix, concurrence)



Comment les coopératives combinent des logiques d'action **alternatives** et **conventionnelles** pour définir des **prix justes**?

Promesse de différence

- Un cadre pour analyser ce phénomène : la **Théorie de la régulation sociale (TRS)**



TRS permet de comprendre comment les collectifs traduisent leur **projet** en **action concrète** en passant par des **activités de régulation (concernant la définition des prix)** qui détermineront leur mode de fonctionnement (faire le lien entre le **projet** et le **fonctionnement concret**).

1. Cheminement du questionnement

Revue de littérature - Etat de l'art

Hypothèse

- Dans les CCA, les prix justes seraient construits par des processus démocratiques permettant aux collectifs de définir et de traduire leur projet de système alimentaire.

Question principale

- Quels sont les **processus de définition des prix justes** dans les coopératives de circuits courts et comment traduisent-ils les projets collectifs en matière de système agroalimentaire ?

Sous-question 1

- Quel est le **projet** porté par les coopératives citoyennes de circuits courts ?

Sous-question 2

- Quelles sont les **régulations** qui encadrent la définition des prix dans les coopératives et quelle est leur logique sous-jacente (alternative ou conventionnelle) ?

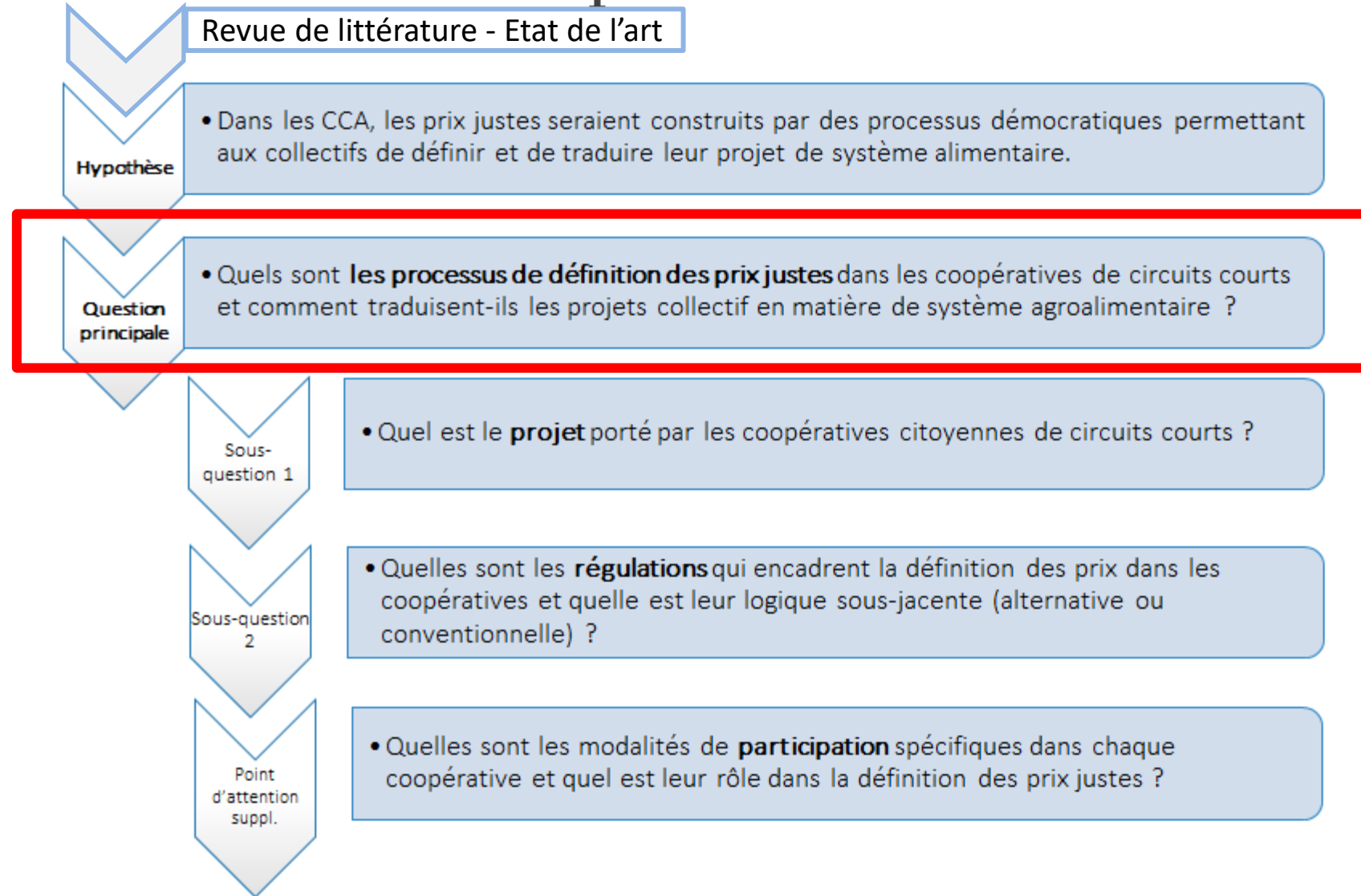
Point d'attention suppl.

- Quelles sont les modalités de **participation** spécifiques dans chaque coopérative et quel est leur rôle dans la définition des prix justes ?

→ **Traduction / simplification** : le collectif fixe les prix justes en « dialoguant » (processus démocratique), sur base des valeurs du projet



1. Cheminement du questionnement



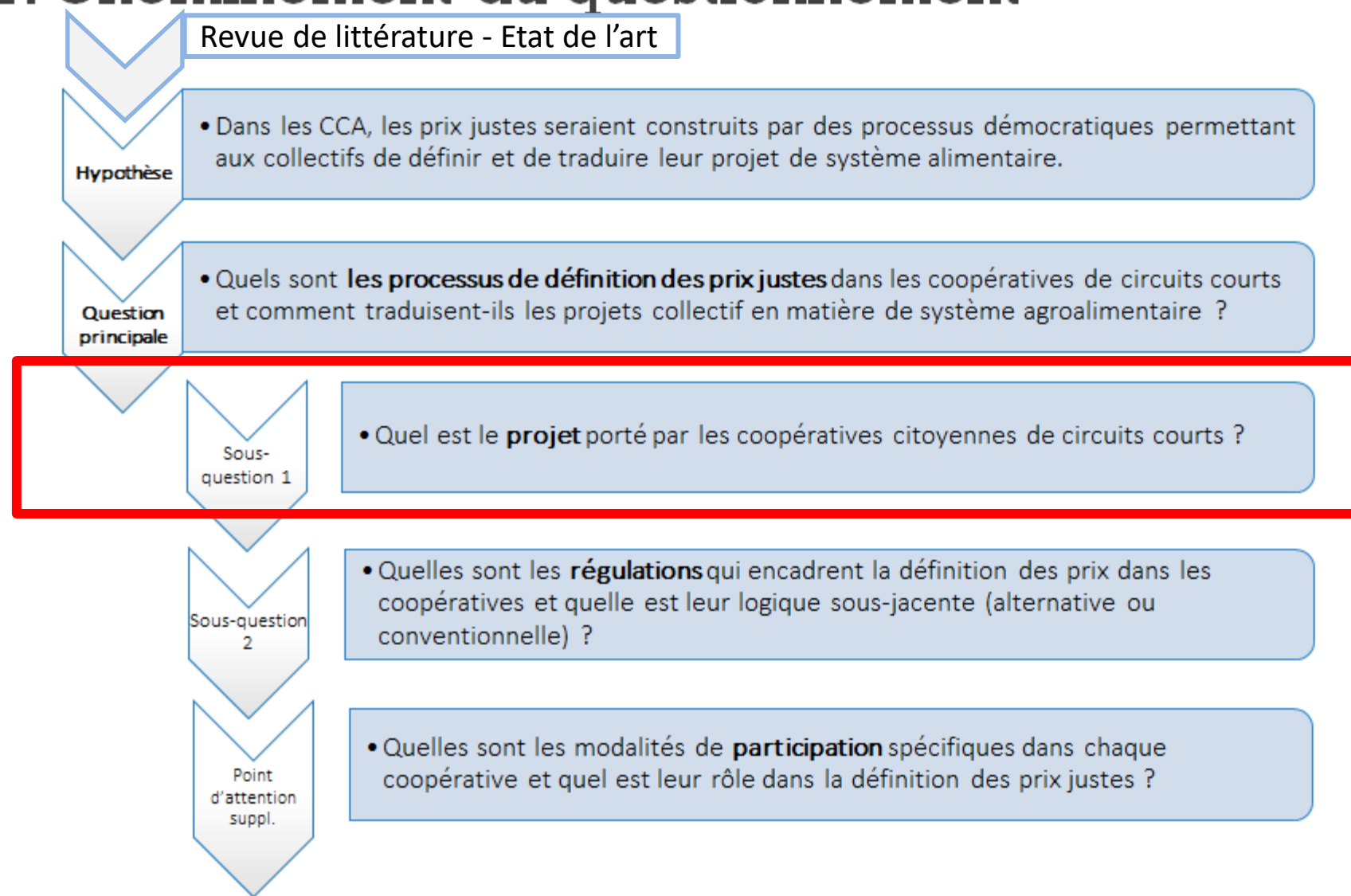
Construction du questionnement ou de la question de recherche

Pour vérifier cette hypothèse, j'ai élaboré une question de recherche principale :

Question de recherche principale : Quels sont les processus de définition des prix justes dans les coopératives de circuits courts et comment traduisent-ils les projets collectifs en matière de système agroalimentaire ?

Pour répondre à cette question de recherche, je mobiliserai le cadre d'analyse développé par R. Le Velly dans son livre « *Sociologie des systèmes alternatifs, une promesse de différence* » (2017) auquel je fais référence dans mon état de l'art. Ce cadre d'analyse est élaboré en croisant la théorie de la régulation sociale élaborée par J.-D. Reynaud, et la sociologie des agencements marchands. Comme expliqué dans l'état de l'art, ce cadre d'analyse invite à s'intéresser à deux notions principales : le projet et les activités de régulation.

1. Cheminement du questionnement



Sous-question 1 : Quel est le projet porté par les coopératives citoyennes de circuit court ?

Méthodologie de la première sous-question :

Pour répondre à cette question, j'analyserai le projet porté par les coopératives, c'est-à-dire le sens et les finalités qu'elles donnent à leur action, et j'identifierai leurs promesses de différences.

Selon R. Le Velly (2017), le projet peut être observé à travers 3 manifestations :

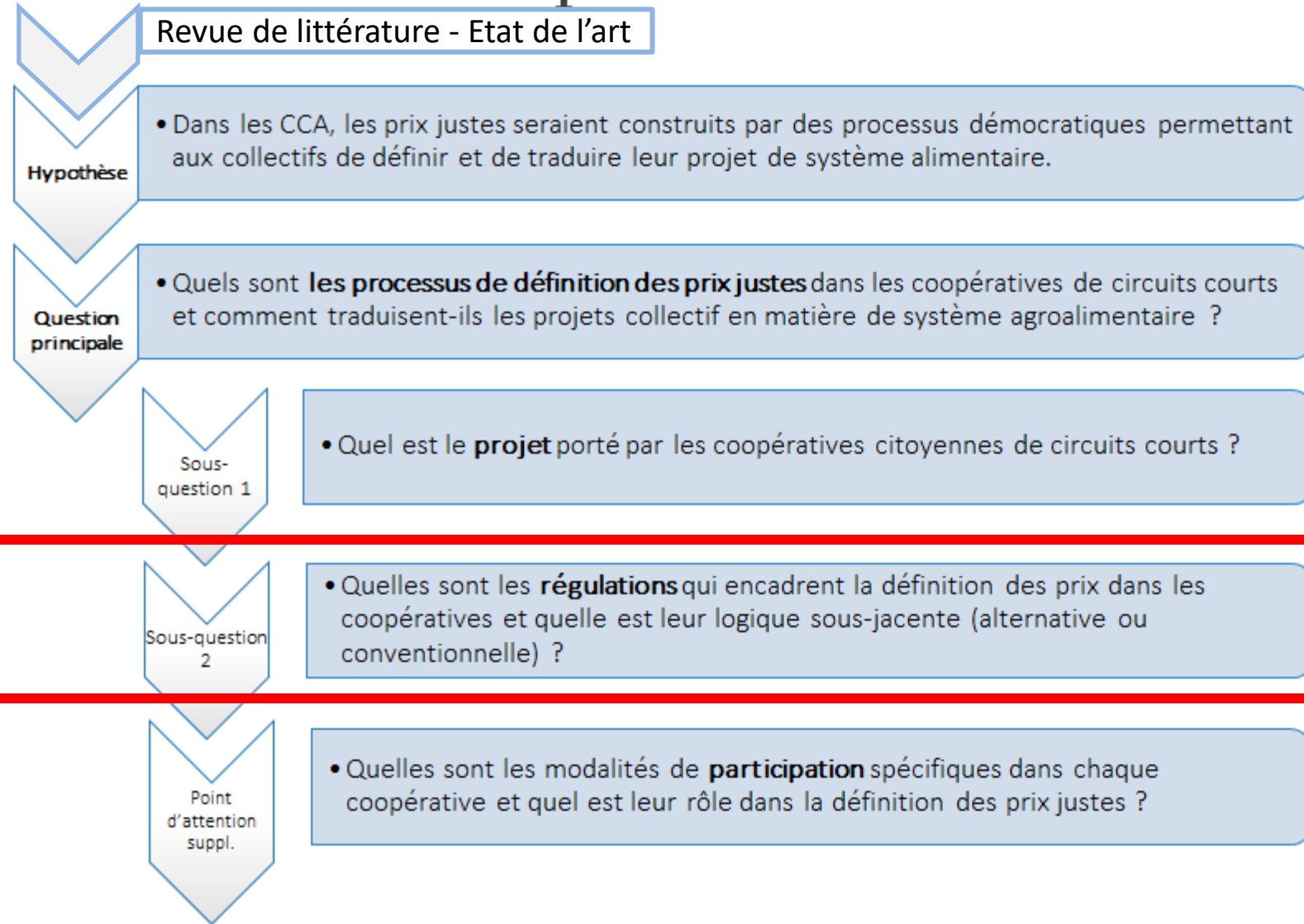
- Les discours promotionnels (utilisé sur leur site internet, sur les flyers, etc.);
- Les principes avancés dans des documents de référence (ex : charte, statuts, etc.) ;
- Des extraits d'entretien.

Une autre piste pour se saisir de manière pragmatique du projet est d'identifier les pratiques qui sont non négociables pour la coopérative et ses acteurs (Feyereisen, 2019).

Il est à noter que prendre en compte le rapport du projet au monde du marché permet de comprendre comment se fait l'activité de régulation centrale que constitue la définition des prix (Le Velly, 2017).

Dès lors, j'analyserai le projet des coopératives par le biais de leur matériel promotionnel et de leurs documents de référence. J'enrichirai mon analyse en réalisant des entretiens avec les différents acteurs impliqués dans les coopératives.

1. Cheminement du questionnement



Sous-question 2 : Quelles sont les régulations qui encadrent la définition des prix dans les circuits courts et quelle est leur logique sous-jacente (alternative ou conventionnelle) ?

Méthodologie sous question 2 :

Je partirai du projet pour identifier les activités de régulation qui en découlent, qui le mettent en action. Il s'agira d'étudier plus en détail le fonctionnement des coopératives autour de la définition des prix. Plus particulièrement, j'étudierai les moyens qu'elles mettent en œuvre pour appliquer le principe du prix juste.

De plus, analyser les régulations qui encadrent la définition des prix dans les circuits courts sera l'occasion de mettre en avant leur logique alternative ou conventionnelle et, de ce fait, le caractère hybride des circuits courts. Si la logique conventionnelle basée sur les marchés à concurrence parfaite est à la source du problème des prix injustes, alors définir des prix plus justes suppose de suivre des logiques alternatives pour élaborer les régulations qui encadrent l'activité de commercialisation.

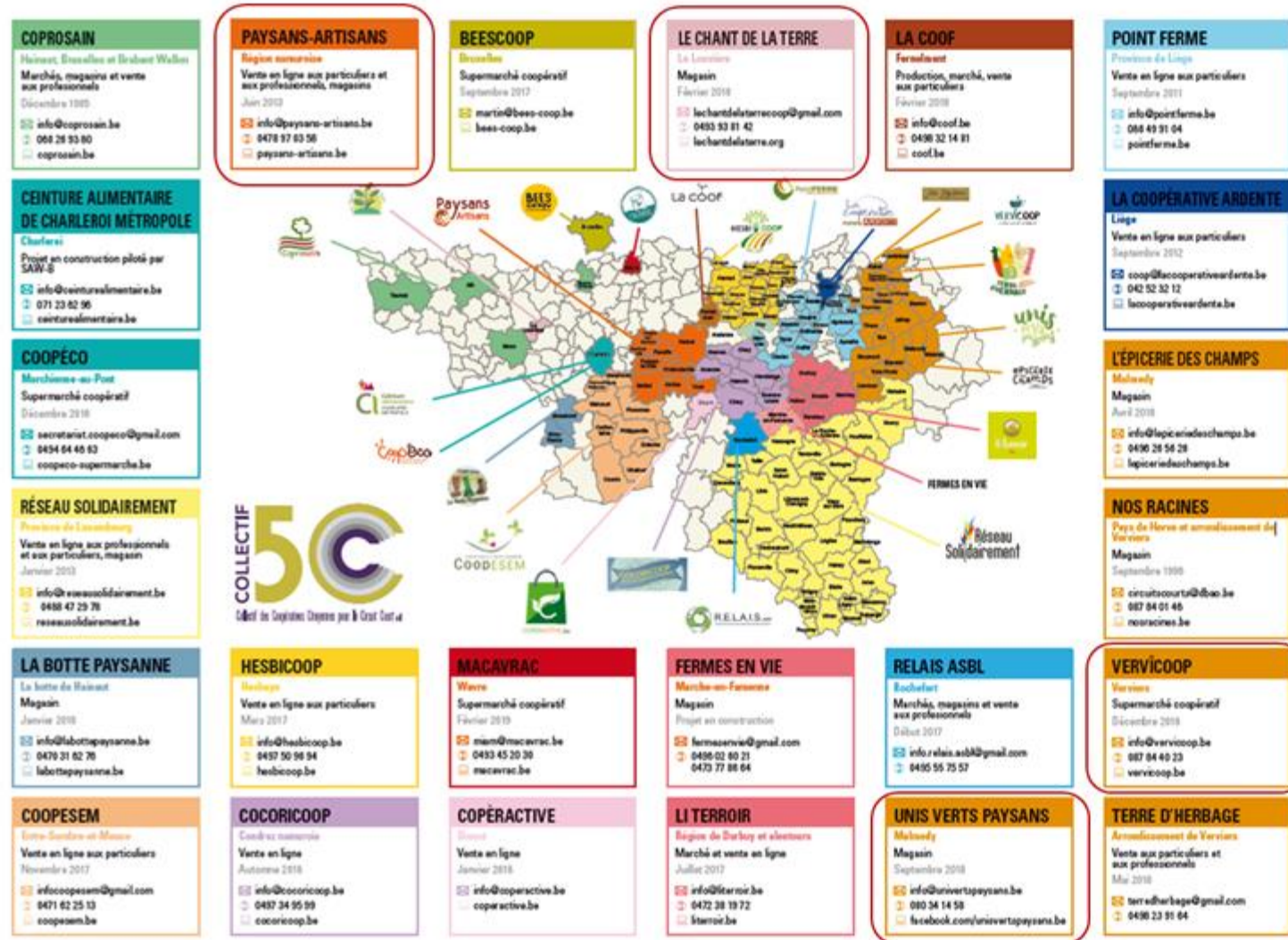
Construction du questionnement ou de la question de recherche

L'hypothèse qui ressort de mon état de l'art est la suivante : **les prix justes, dans les circuits courts alimentaires, seraient construits par des processus démocratiques permettant aux collectifs de définir et de traduire leur projet de système alimentaire.** Autrement dit, les initiatives de circuits courts

→ **Traduction / simplification** : le collectif fixe les prix justes en « dialoguant » (processus démocratique), sur base des valeurs du projet

Enfin, pour **vérifier mon hypothèse initiale**, je m'intéresserai à la **façon dont se déroulent les activités de régulations**. Je porterai particulièrement attention à la **gouvernance** et à la place des **processus démocratiques et participatifs** dans les coopératives, dans la formation de leur **projet**, la construction des **attentes collectives** (ex : rédaction de la **charte**) et leur **traduction en activités de régulation**.

2. Méthodologie



Sélection des 4 coopératives

Cartographie des coopératives du Collectif 5C (<https://collectif5c.be/>)

Collectif 5C : large réseau de coopératives wallonnes et bruxelloises qui partagent la même philosophie, les mêmes valeurs et la même stratégie.



2.2.1. Sélection des coopératives à étudier

Les quatre coopératives qui seront étudiées font partie du Collectif 5C et ont ouvert un magasin. Le Collectif 5C différencie quatre types de magasins (source : mise au vert du Collectif 5C):

- Les magasins de coopératives (ex : Paysans-Artisans, Le Chant de la Terre, Unis Verts Paysans) ;
- Les supermarchés coopératifs (ex : BeesCoop, Coopéco, Vervîcoop, Macavrac) ;
- Les magasins de (coopératives de) producteurs (ex : L'Épicerie des Champs, La Botte Paysanne, Fermes en Vie, Relais) ;
- Les magasins de coopératives et de producteurs (ex : Réseau Solidairement, Point Ferme, Coprosain).

Au départ, j'ai sélectionné les magasins de coopératives pour mettre en évidence les différences de fonctionnement et de projet qui peuvent exister au sein d'un même type de coopérative, ce qui a abouti à cette liste :

- **Paysans-Artisans**
- **Unis Verts Paysans**
- **Le Chant de la Terre**

En poursuivant ma réflexion sur le prix juste, je me suis finalement intéressée aux particularités des supermarchés coopératifs, et j'ai alors intégré l'un d'entre eux à ma recherche :

- **Vervîcoop.** Afin de pouvoir interviewer des consommateurs qui font aussi du travail bénévole dans le magasin

2. Méthodologie

Liste des personnes interviewées (p. 30 du mémoire)

Acteur	Coopérative	Rôle	Date de l'entretien
Jean-Pierre Favarin	Le Chant de la Terre	Porteur de projet Membre du conseil d'administration (CA)	Le 10/04/2020
Marc de Tender	Unis Verts Paysans	Porteur de projet Gérant du magasin Membre du CA	Le 15/04/2020
Quentin Goffinet	Unis Verts Paysans et Vervicoop	Producteur Coopérateur chez Unis Verts Paysans	Le 16/04/2020
Thérèse-Marie Bouchat	Paysans-Artisans	Porteuse de projet Co-directrice	Le 20/04/2020
Benoît Dave	Paysans-Artisans	Porteur de projet Co-directeur	Le 22/04/2020
Caroline Charlier	Paysans-Artisans	Consommatrice Bénévole Co-présidente du CA	Le 29/04/2020
Anne Wilmot	Vervicoop	Porteuse de projet Membre du CA	Le 23/04/2020
Colette Bathau	Vervicoop	Consommatrice Bénévole	Le 24/04/2020

Sources de données

- ❖ **Entretiens semi-directifs avec 8 personnes**
- ❖ **Les outils promotionnels** des coopératives (site internet, flyers, pages Facebook)
- ❖ **Les documents de référence** des coopératives (charte, statuts, appel à épargne)
- ❖ **Evénements annexes**



Récolte des données : entretiens semi-directifs

❖ Définition de l'entretien semi-directif :

- L'entretien semi-directif se déroule sous la forme d'un **dialogue/conversation** entre le chercheur et le/les enquêté(s), en s'appuyant sur un **guide d'entretien**.
- Le chercheur prépare et teste en amont, sur base d'une recherche exploratoire (littérature, échanges,...), une série de **questions ouvertes** qui constitueront le « **guide d'entretien** ».
- Les **données** recueillies doivent être **interprétées** par le chercheur.

❖ Entretiens semi-directifs auprès

- des **porteurs de projet** des quatre coopératives sélectionnées
- un **producteur**
- deux **consommatrices-bénévoles**



❖ Retranscription de ces entretiens pour en faciliter l'analyse = la **base de données** sur laquelle travailler

Récolte des données : entretiens semi-directifs

- ❖ Exemple de guide d'entretien : « **Guide d'entretien porteur de projet** »
- ❖ **Construction** du guide d'entretien : en fonction des **objectifs** / de l'information recherchée
- ❖ **! Reformulation** de certaines questions après premiers entretiens (évolution du guide d'entretien)
- ❖ Passer de questions qui n'avaient de pertinence que dans l'« univers de sens » (Olivier de Sardan, 1995) de la chercheuse (//état de l'art) vers des questions qui faisaient **sens pour les enquêtés**.
- ❖ **Modalités de rencontre** des enquêtés:
 - Pandémie Covid 19 → pas en présentiel
 - En visio ou par téléphone (téléphone préféré par les enquêtés).

Annexe 1 : exemple de guide d'entretien

Guide d'entretien porteur de projet

Introduction, rappeler le contexte de ma recherche,

⇒ Pour commencer, pouvez-vous vous présenter ainsi que votre rôle dans la coopérative ?

Formation du projet, des attentes collectives, projet collectif, promesse de différence

- Genèse de la coopérative, contexte, accueil, acteurs impliqués
- Composition de la coopérative (nombre de coopérateurs, consommateurs, producteurs)
- Motivations à vous impliquer dans la coopérative

Concept de « prix juste », activités de régulation, hybridation

- Qu'est-ce qu'un prix juste ? Que doit-il refléter ?
- Moyens mis en œuvre pour définir des prix justes, comment les prix sont fixés dans la coopérative (surtout fruits/légumes), qui intervient...
 - Quelle marge, pourquoi cette marge-là ?
 - Avez-vous des difficultés à fixer des prix qui correspondent aux valeurs/aux principes de la coopérative (càd des prix "justes") mais aussi à ses besoins ?
 - Exemple de produit pour lequel vous estimez que le prix est juste/injuste et comment il a été fixé ?
 - Le bénévolat : impact sur les prix ?
- Situation en termes de mixité sociale
- Retours (feedbacks) des clients sur leurs prix
- Gestion de la concurrence, comparaison de leurs prix avec les autres coopératives, les autres initiatives de CC, ou même avec la grande distribution. Comment ils se différencient.
- Y a-t-il une concurrence entre vos producteurs/fournisseurs ?

Concertation, démocratie

- Gouvernance : fonctionnement, difficultés rencontrée, améliorations à faire.
- Mise en place d'espaces de concertations entre consommateurs, producteur et autres acteurs de la coopérative (notamment en vue d'échanger sur la question des prix) ?
- Si ateliers de réflexion/débat : à quoi aboutissent les réflexions ?

Pour conclure, selon vous, quel pourrait être le rôle des coopératives dans la définition de prix plus justes ?

Clôture

Récolte des données : entretiens semi-directifs

Extrait d'un exemple de guide d'entretien utilisé :
« Guide d'entretien porteur de projet »

Guide d'entretien porteur de projet

Introduction, rappeler le contexte de ma recherche.

⇒ Pour commencer, pouvez-vous vous présenter ainsi que votre rôle dans la coopérative ?

Formation du projet, des attentes collectives, projet collectif, promesse de différence

- Genèse de la coopérative, contexte, accueil, acteurs impliqués
- Composition de la coopérative (nombre de coopérateurs, consommateurs, producteurs)
- Motivations à vous impliquer dans la coopérative

Concept de « prix juste », activités de régulation, hybridation

- Qu'est-ce qu'un prix juste ? Que doit-il refléter ?
- Moyens mis en œuvre pour définir des prix justes, comment les prix sont fixés dans la coopérative (surtout fruits/légumes), qui intervient...

Récolte des données : entretiens semi-directifs

Extrait d'un exemple de guide d'entretien utilisé :
« **Guide d'entretien porteur de projet** »

Concertation, démocratie

- Gouvernance : fonctionnement, difficultés rencontrée, améliorations à faire.
- Mise en place d'espaces de concertations entre consommateurs, producteur et autres acteurs de la coopérative (notamment en vue d'échanger sur la question des prix) ?
- Si ateliers de réflexion/débat : à quoi aboutissent les réflexions ?

Pour conclure, selon vous, quel pourrait être le rôle des coopératives dans la définition de prix plus justes ?

Clôture



3. Etude de cas : résultats

- a. L'hybridation : une menace pour le prix juste ?
- b. Le prix juste comme construit socio-culturel
- c. Le rôle de l'empowerment des acteurs



b. Le prix juste comme construit socio-culturel



Une des manières de présenter les résultats correspond à la retranscription d'extraits des paroles des personnes interviewées.

Ci-contre : extrait de la section « Etudes de cas > Le concept de prix juste vu par les acteurs des coopératives »

Marc de Tender

« La question du prix juste c'est qu'on sait ce qu'on paie »

Jean-Pierre Favarin

« Un prix juste c'est un prix qui rémunère le producteur, mais notre but c'est pas que tous nos maraîchers puissent acheter une Mercedes tous les 2 ans »

Anne Wilmot

« Je pense que finalement on est quand même fort déconnectés de ce que c'est un prix juste »

Caroline Charlier

« L'idéal ce serait qu'on puisse fixer des prix qui représentent vraiment ce qu'on achète en termes de travail, de qualité »

Quentin Goffinet

« C'est faux de dire que parce que c'est une petite coopérative que c'est juste pour les bobos qui gagnent bien leur vie »



4.1.2. Les régulations qui encadrent la définition des prix

- Les régulations coopérative-producteurs

Dans le processus de définition des prix, la première régulation est la façon dont la coopérative va s'accorder sur le prix d'achat au producteur. P-A différencie cette régulation en fonction du type de producteur : les producteurs-coopérateurs, les producteurs-coopérateurs maraîchers et les producteurs « extras ». Lors de ses achats aux producteurs-coopérateurs, P-A accepte les prix fixés :

« Pour l'ensemble de nos membres, sauf pour les maraîchers, les prix sont fixés par les producteurs » (Entretien avec Benoit Dave).

Dans la filière du maraîchage, depuis peu, la coopérative mène une activité de régulation particulière : les prix sont issus d'une concertation avec les maraîchers :

« Les maraîchers, à partir de cette année, on a fait autrement, on a fixé ensemble avec les producteurs un prix unique. Donc tout le monde vend ses carottes au même prix. (...) On a fait ça parce qu'il y avait une concurrence forte entre les producteurs sur les prix, donc on a jugé qu'il était plus correct de fixer un prix unique entre, avec les producteurs. En sachant que les producteurs sont non seulement vendeurs de leurs légumes, mais souvent sont acheteurs aussi, parce qu'ils ont un magasin à la ferme et ils achètent les légumes qui leur manque chez d'autres. Ce qui permet d'avoir, de fixer un prix raisonnable, puisqu'ils sont acheteurs et vendeurs » (Entretien avec Benoît Dave).

Une des manières de présenter les résultats correspond à la retranscription d'extraits des paroles des personnes interviewées.

Ci-contre : extrait de la section « Etudes de cas > Paysans-Artisans »

Une des manières de présenter les résultats correspond à la retranscription d'extraits des paroles des personnes interviewées.

Ci-contre : extrait de la section « Analyse et interprétation »

permettre aux coopératives de répondre à plusieurs ambitions : définir des prix plus justes mais également créer du lien social, une cohésion, un esprit de groupe jusqu'à « faire mouvement ».

Le travail bénévole ne suit pas une logique marchande conventionnelle, mais plutôt une logique de projet. Car ce qu'attendent les bénévoles en échange de leurs services, c'est la réalisation du projet collectif :

*« On demande 3 heures par mois mais il y a beaucoup beaucoup de gens qui donnent beaucoup plus que ça, notamment dans le conseil d'administration mais aussi sur place hein évidemment, donc heureusement qu'on a une grande énergie bénévole donnée par certaines personnes parce que sinon ça ne fonctionnerait pas. (...) **ça fonctionne parce qu'il y a des gens qui donnent plus que 3h et qui croient au projet** mais sinon ça ne pourrait pas tourner uniquement avec des bénévoles qui feraient 3 heures » (Entretien avec Anne Wilmot).*

D'un autre côté, le recours au travail bénévole peut être considéré comme une marge de manœuvre, permettant aux les coopératives de définir des prix juste tout en « faisant avec » les conditions du marché. Au final, même si le prix permet de mieux rémunérer le producteur tout en restant accessible pour le consommateur, il reste aussi concurrentiel grâce à cette faible marge.



Sources des images : diaporama de Marie BERTHOLET, et <https://www.meusecampagnes.be/>

Exemples de méthodologies en Sciences et Gestion de l'environnement



Antoine DENIS

Antoine.DENIS@ULIEGE.BE



Exemples de mémoires de fin d'études en Sciences et Gestion de l'Environnement (2/5)

ANALYSE DE L'EFFET SAISONNIER SUR LA QUALITÉ ÉCOLOGIQUE DES COURS D'EAU, CAS APPLIQUÉ AU SOUS-BASSIN SEMOIS-CHIERS

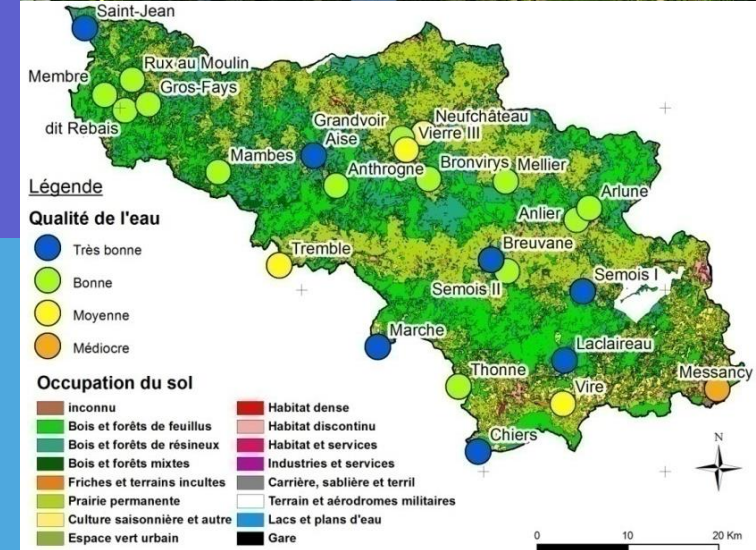
TCHAPO Labo - 2013

Mémoire de fin d'étude du Master en Sciences et Gestion de l'Environnement, ULIEGE

Source du mémoire : https://explore.lib.uliege.be/permalink/32ULG_INST/1iujq0/alma990018729810502321

Source de l'illustration vectorielle: Freepik

Sources des images : mémoire Labo TCHAPO, sybarite48 on flickr, <https://www.mediardenne.net/>



Contexte législatif européen sur la qualité de l'eau



Directive Cadre Eau (DCE) de
l'Union européenne

Obligation d'atteinte du bon
état des masses d'eau dans les
états membres

Etat des masses d'eau = état
chimique et écologique

Etat évalué sur base des paramètres hydro-
morphologiques, physico-chimiques et
biologiques

L'état biologique évalué sur base de la
composition en espèces et de l'abondance des
populations de différents groupes indicateurs

4 groupes indicateurs

→ 4 indices correspondants

Diatomées benthiques

Indice de polluosensibilité spécifique (IPS)

Macrophytes

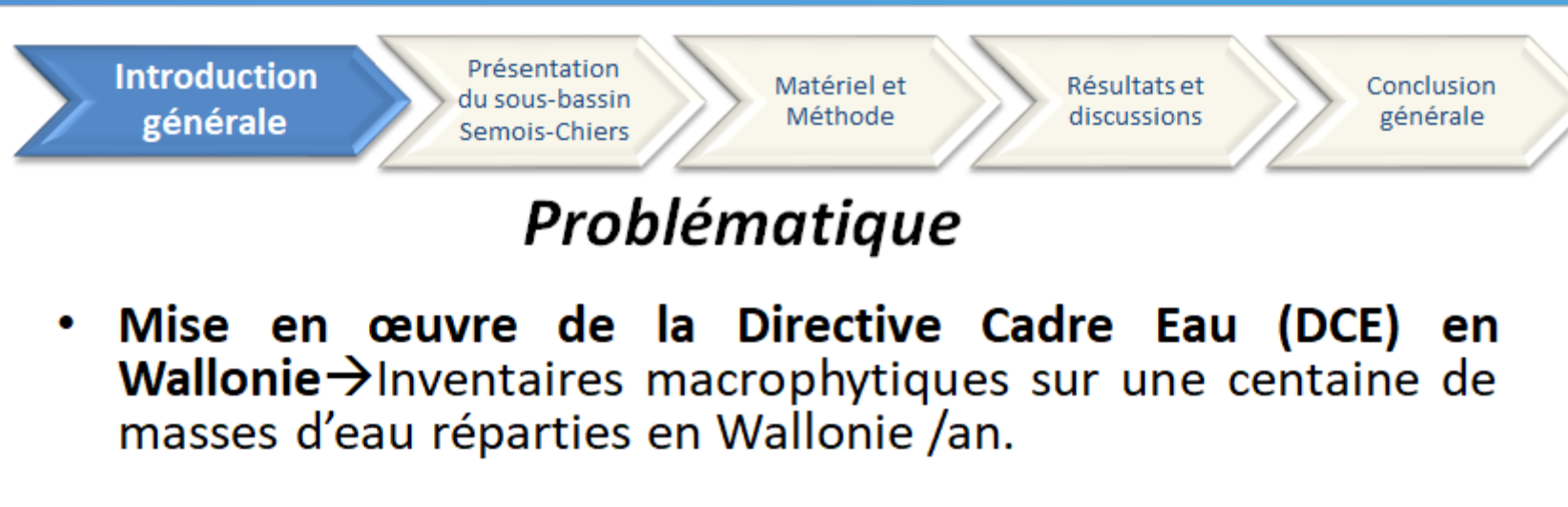
Indice Biologique Macrophytique en Rivière (IBMR)

Macroinvertébrés benthiques

Indice biologique global normalisé (IBGN)

Poissons

Indice biotique d'intégrité piscicole (IBIP)



Définition de Macrophyte :

- ❖ **Macrophyte** : plante aquatique assez grande que pour être vue à l'œil nu.
- ❖ « Les **macrophytes** sont notamment de bons **marqueurs de la quantité de nutriments** et de certaines **caractéristiques morphologiques** du milieu (substrat, vitesse d'écoulement, éclaircissement...). »

Bryophyte aquatique

= mousse aquatique



Phanérogame (spermatophyte)

= plante ayant des organes de reproduction apparents
dans le cône ou dans la fleur, plante à graines.



Algues



Problématique

- **Mise en œuvre de la Directive Cadre Eau (DCE) en Wallonie** → Inventaires macrophytiques sur une centaine de masses d'eau réparties en Wallonie /an.
- **Hypothèse**: la qualité écologique des cours d'eau est influencée par la saison.
- **Idéalement**: 2 à 3 inventaires par site pendant la période de développement végétative (mai-septembre) afin de prendre en compte les variations inter saisonnières.
- **Contraintes**: financières et de temps pour les inventaires → 1 à 2 inventaires pendant la période végétative.

Objectifs et Méthode

Analyser l'**effet saisonnier** sur la **qualité écologique** des cours d'eau sur base des **macrophytes aquatiques** du sous-bassin Semois-Chiers.

- Inventaire des macrophytes aquatiques dans **25 sites** du sous-bassin Semois-Chiers et déterminer leur qualité sur base de l'**IBMR** : Indice Biologique Macrophytes en Rivière.
- Analyser l'**effet saisonnier** sur:
 - la qualité écologique de **10** des ruisseaux considérés,
 - les différents **groupes macrophytiques** considérés dans l'inventaire (bryophytes, algues et phanérogames),
 - les **principales espèces**.
- Analyser quelques **paramètres météorologiques** (température et précipitations) pour les deux saisons.
- Dans la mesure où une différence de qualité existe entre les saisons, montrer quels paramètres sont à la base de cette variation.

Sites analysés selon les saisons:

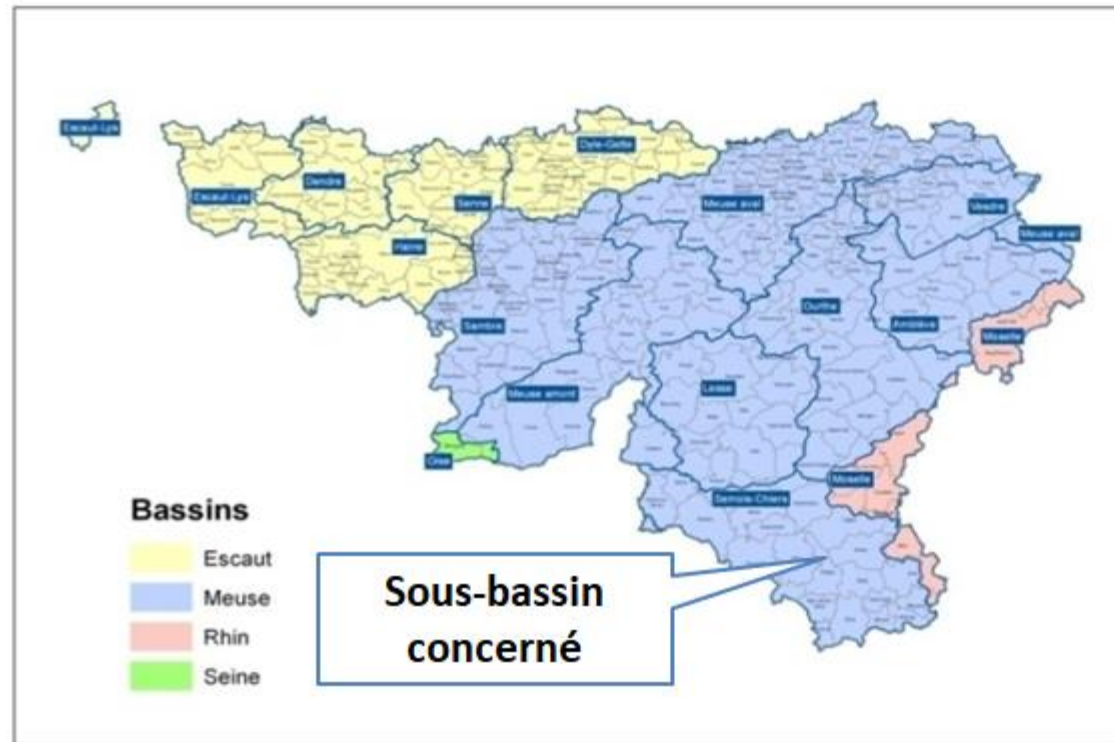
Printemps :

- 25 sites, 03 au 25/06/13

Eté :

- 10 sites, 16 au 18/07/13

Situation géographique



➤ **Superficie:** 1759, 34 km²

➤ **DHI*** de la Meuse

➤ **Limites:** Meuse
amont, Lesse,
l'Ourthe et la
Moselle.

* DHI = District Hydrographique International



Relevés macrophytiques: Méthode **IBMR**

Indice Biologique Macrophytes en Rivière

IBMR = méthode normalisée et choisi pour la mise en œuvre de la DCE.

« **L'Indice Biologique Macrophytes en Rivière (IBMR - AFNOR NF T 90-395, octobre 2003)** permet d'évaluer la **qualité de la rivière** et plus particulièrement son **degré d'eutrophisation** lié aux **teneurs en azote et phosphore** dans l'eau. Il prend également en compte les caractéristiques physiques du milieu comme **l'intensité de l'éclairement et des écoulements**. »

IBMR : Méthode normalisée (norme AFNOR T90-305) mise au point par le CEMAGREF (IRSTEA)

Relevés macrophytiques: Méthode IBMR

Sur le terrain

Echantillonnage → inventaire exhaustif des macrophytes présents dans les tronçons de 100 m de l'aval vers l'amont.

Identification: Loupe
de terrain



Fiches de prélèvement



Barre métallique de 2 m



Sondage du lit et
mesure des
tronçons de 10 m

Cuissardes

L'identification des macrophytes a été effectuée sur le terrain jusqu'à l'espèce à l'aide d'une **flore** (livre de détermination des espèces).

Pour les bryophytes et les algues l'utilisation d'une **loupe** de terrain a été parfois nécessaire.

Chaque **tronçon** de **100 m** a été subdivisé en **10 petites sections** de **10 m**. Les relevés ont ensuite été effectué sur des distances de **10 m**, **d'une rive à l'autre**.

Relevé macrophytique en rivière : matériel



**Utilisation d'un
bathyscope pour
observer la
végétation aquatique**

(Non utilisé dans le cadre du
mémoire)

Fiche de prélèvement : template de 5 pages

1. Annexe I: Fiche de prélèvement

ANNEXE N 7 Fiche de prélèvements de macrophytes de la station n° Neufchâteau₁₇₃

BERN: 15 064 Site Grapfontaine Nom du cours d'eau Neufchâteau

Prélèvement (visite)

OPERATEURS TCHAPO | Labo

ORGANISME ULg

DATE 17/07/2013

Hydrologie

Régime_Eau ☐ 1 A sec ☐ 2 Etiage ☒ 3 Normal ☐ 4 Crue ☐ 5 Crue forte

Environnement immédiat

- | | |
|--|---|
| ☐ 1 Prairie | ☐ 6 Forêt feuillue et Forêt résineuse |
| ☒ 2 Prairie et Forêt feuillue | ☐ 7 Terre de culture |
| ☐ 3 Prairie et Forêt résineuse | ☐ 8 Terre de culture et Prairie |
| ☐ 4 Forêt feuillue | ☐ 9 Terre de culture et Forêt |
| ☐ 5 Forêt résineuse (peu) | ☐ 10 Zone urbanisée |

Fiche de prélèvement : template de 5 pages

Facies présents

Facies_Présents			
Chenal lotique	☐ 0 ☒ 1		L O T I Q U E S
Radier	☐ 0 ☒ 1		
Rapide	☐ 0 ☐ 1		
Plat courant	☐ 0 ☐ 1		
Escalier	☐ 0 ☐ 1		
Autres	☐ 0 ☐ 1		
Mouille	☐ 0 ☐ 1		L E N T
Plat lent	☐ 0 ☐ 1		
Autres	☐ 0 ☐ 1		

Dimensions et proportions

	lotique	lenticue
Profondeur_Max_Site	90cm	Profond = 26cm
Vitesse_Eau	Moyenne	
Longueur_totale	100m	Largeur 5,80m
	Facies lotique	Facies lenticue
Longueur	100m	
Eclairement %	26%	

Fiche de prélèvement : template de 5 pages

Fiche de prélèvements de macrophytes de la station n° *Neufchâteau* 2/3

Substrats	Faciès lotique		Faciès lentique	
Blocs	☐ 0	☐ 1	☐ 0	☐ 1
Vase Limons (meubles)	☐ 0	☒ 1	☐ 0	☐ 1
Terre Argile Marne Tourbe (solides)	☐ 0	☐ 1	☐ 0	☐ 1
Sable Gravier (Mobiles)	☐ 0	☒ 1	☐ 0	☐ 1
Cailloux Pierres galets	☐ 0	☒ 1	☐ 0	☐ 1
Schistes	☐ 0	☐ 1	☐ 0	☐ 1
Blocs dalles	☐ 0	☐ 1	☐ 0	☐ 1
Débris organiques	☐ 0	☒ 1	☐ 0	☐ 1
Artificiel	☐ 0	☐ 1	☐ 0	☐ 1

Fiche de prélèvement : template de 5 pages

Fiche de prélèvements de macrophytes de la station n° *Nauphâteau* 3/3

TAXA rencontrés	Lotique ou unique	Recouvrement %	Lentique	Recouvrement %									
	Forme Helophytes Hygrophytes Hydrophytes	Position			Appil. au racin. bm Appil. au subs.	Emergé Immergé Flottant	Forme Helophytes Hygrophytes Hydrophytes	Position			Appil. au racin. bm Appil. au subs.	Emergé Immergé Flottant	
		Helophytes	Hygrophytes	Hydrophytes				Helophytes	Hygrophytes	Hydrophytes			
<i>Lern flu.</i>					X	X	X	1					
<i>Rhy bip</i>					X		X	0,05					
<i>Fen out</i>					X	X	X	5					
<i>Ran. com.</i>					X			30					
<i>Vau op</i>					X	X	X	1					
<i>Amb flu.</i>					X	X	X	0,05					
<i>Amb bip</i>					X	X	X	1					
<i>Bra nist</i>						X	X	0,05					
<i>Alb. nist</i>													

Fiche de prélèvement : template de 5 pages

Neufchâteau
21.

ANNEXE N°7 FEUILLE DE GROQUIS ET D INVENTAIRE			
Lieu:	Cours d'eau:		Date:
50	Ran pen (20) Lem flu Vau sp	Vau sp (20) Ran p (20) Vau sp	Vau sp Ran pen Amb rüp Lem flu Osc sp
40	Ran pen Fon ant Osc sp Fon ant Ran pen	Amb rüp (20) Lem flu Ran pen (20) Amb rüp Fon ant Osc sp	Vau sp Fon ant Lem flu Amb rüp Ran pen (b)
30	Bran rüp Spa oss (f.c.) Cal sp Fon ant Ran pen	Lem flu Ran pen	Osc sp Amb rüp Fon ant Bran rüp

Neufchâteau
21.

ANNEXE N°7 : FEUILLE DE GROQUIS ET D INVENTAIRE			
Lieu:	Cours d'eau:		Date:
Opérateur:	Rive droite	Centre	Rive gauche
50	Ran pen (20) Lem flu Vau sp	Vau sp (20) Ran p (20) Vau sp	Vau sp Ran pen Amb rüp Lem flu Osc sp
40	Ran pen Fon ant Osc sp Fon ant Ran pen	Amb rüp (20) Lem flu Ran pen (20) Amb rüp Fon ant Osc sp	Vau sp Fon ant Lem flu Amb rüp Ran pen (b)
30	Bran rüp Spa oss (f.c.) Cal sp Fon ant Ran pen	Lem flu Ran pen Rhy rüp	Osc sp Amb rüp Ran pen Fon ant
20	Lem min Vau sp Ran pen (b) Osc sp	Amb rüp Vau sp Ran pen (b) Cal sp	Amb rüp Fon ant Ran pen Vau sp
10	Fon ant Amb rüp Ran pen Rhy rüp	Ran pen (b) Amb rüp Vau sp Rhy rüp	Ran pen (b) Vau sp Fon ant Bran rüp

Les espèces **non identifiables sur le terrain** ont été prélevées et conservées dans un herbier pour une identification ultérieure au **laboratoire**.

Les **algues** ont été conservées dans de petits flacons étiquetés contenant de **l'eau formolée**.

Tandis que la conservation des **bryophytes** a été faite dans des **sachets** étiquetés.

Les échantillons ont ensuite été conservés dans un **réfrigérateur**.

Introduction
générale

Présentation
du sous-bassin
Semois-Chiers

**Matériel et
Méthode**

Résultats et
discussions

Conclusion
générale

Relevés macrophytiques: Méthode IBMR

Au laboratoire

Microscope binoculaire

Ouvrages de
détermination

Loupe
binoculaire



Pinces ...

Données mésologiques et météorologiques

Paramètres mésologiques: régime, la vitesse du courant, les types de substrats, les dimensions (longueur, largeur, profondeur).

Données météorologiques

Température moyenne mensuelle

Total de précipitations

Institut Royal de
Météorologie.

Juin et Juillet

Traitement des données: Méthode indicielle

Principe de l'indice: Evaluation du statut trophique des rivières sur base d'un examen réalisé sur les macrophytes.

Termes de calcul de l'indice

- Cs= **cote spécifique** de 0 à 20,
- E= **coefficient de sténoécie-eurycie** compris entre 1 et 3,
- K= **coefficient d'abondance** ou de recouvrement variant de 1 à 5,
- i= taxon contributif et
- n= nombre total de taxon

Classe	Degré de recouvrement	Pourcentage de recouvrement (x)
1	Espèce juste présente	$x < 0.1\%$
2	Espèce peu recouvrante	$0.1 \leq x < 1\%$
3	Espèce assez recouvrante	$1 \leq x < 10\%$
4	Espèce moyennement recouvrante	$10 \leq x < 50\%$
5	Espèce très recouvrante	$\geq 50\%$

Valeur de l'IBMR	Niveau trophique	Classe	Qualité
IBMR > 14	Très faible	Bleu	Très bonne
$12 < \text{IBMR} \leq 14$	Faible	Vert	Bonne
$10 < \text{IBMR} \leq 12$	Moyen	Jaune	Moyenne
$8 < \text{IBMR} \leq 10$	Fort	Orange	Médiocre
$\text{IBMR} \leq 8$	Très élevé	Rouge	Mauvaise

$$IBMR = \frac{\sum_i^n E_i \cdot K_i \cdot Cs_i}{\sum_i^n E_i \cdot K_i}$$

Statut trophique = niveau de présence **d'éléments nutritifs** dans le milieu, directement relié à la **productivité biologique** du milieu.

La **Cote spécifique (CS)**, de 0 à 20, indique l'affinité d'une plante pour les conditions trophiques du milieu :

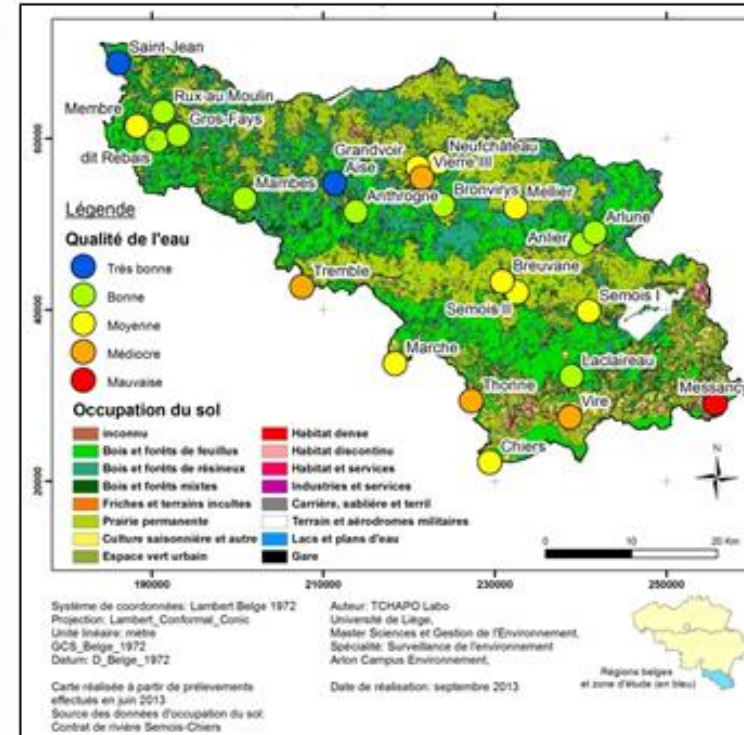
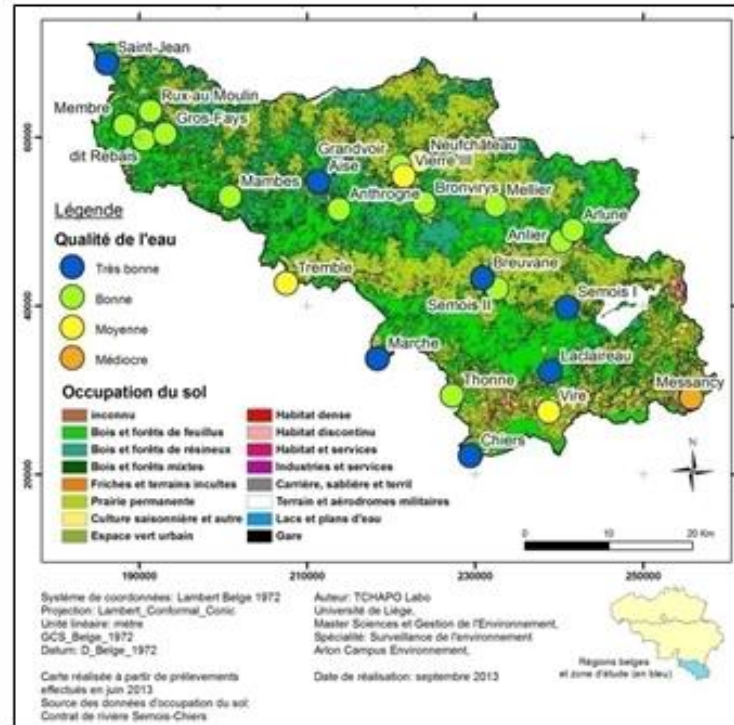
- ❖ Plus la note se rapproche de 0, plus le milieu est **dystrophe / hypereutrophe** et **pollué** en matières organiques.
- ❖ Plus la note se rapproche de 20, plus le milieu est très **oligotrophe** donc **non pollué** par des matières organiques.

Le **Coefficient de sténoécie (E)**, de 1 à 3, reflète la **tolérance** d'une plante par rapport aux conditions précises du milieu.

- 1 : espèce supporte des **variations importantes** de certains facteurs écologiques
- 2 : espèce qui supporte assez bien les **diverses variations** du milieu
- 3 : espèces cantonnées à un **petit nombre de milieux** (exige des conditions très particulières).

Qualité écologique des différentes masses d'eau définie sur base de l'IBMR et sa relation avec l'occupation du sol

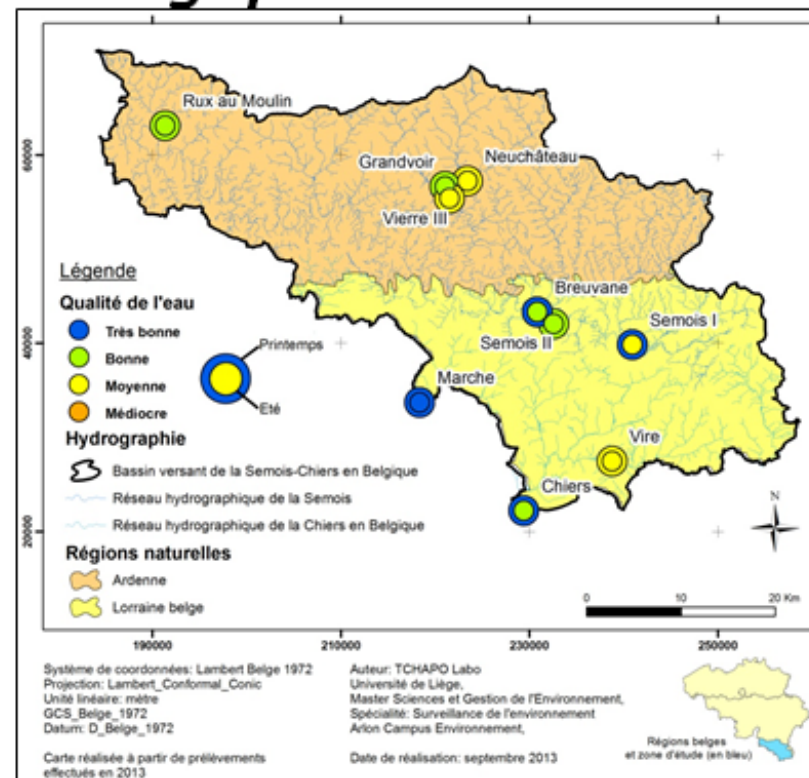
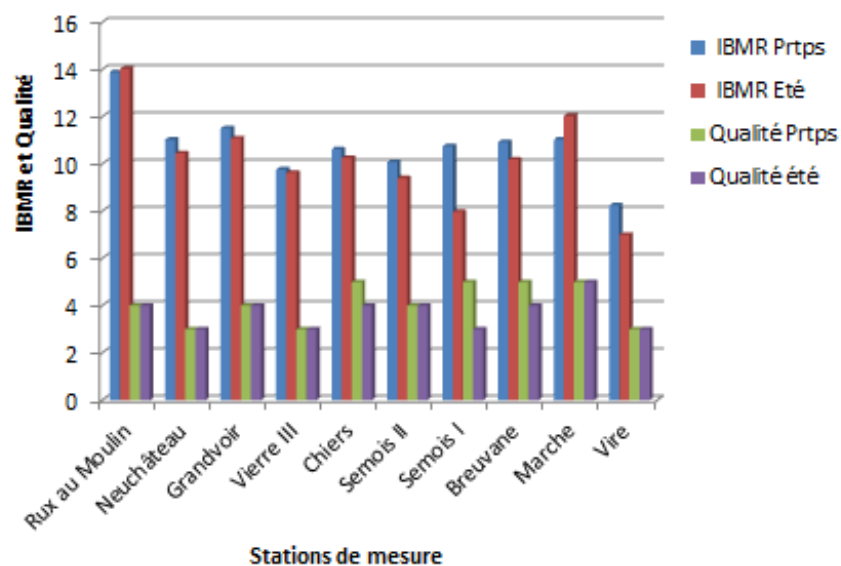
Qualité écologique (définie par l'IBMR) des
différentes masses d'eau en fonction de
l'occupation du sol **suivant les seuils wallons**



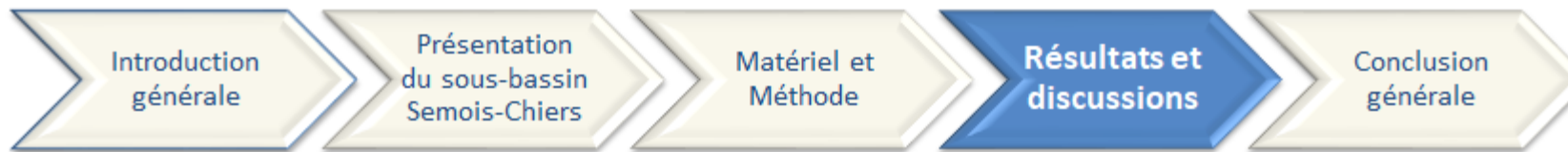
Qualité écologique (définie par l'IBMR) des
différentes masses d'eau en fonction de
l'occupation du sol **suivant les seuils français**

Effet saisonnier sur les scores de l'IBMR et la qualité écologique

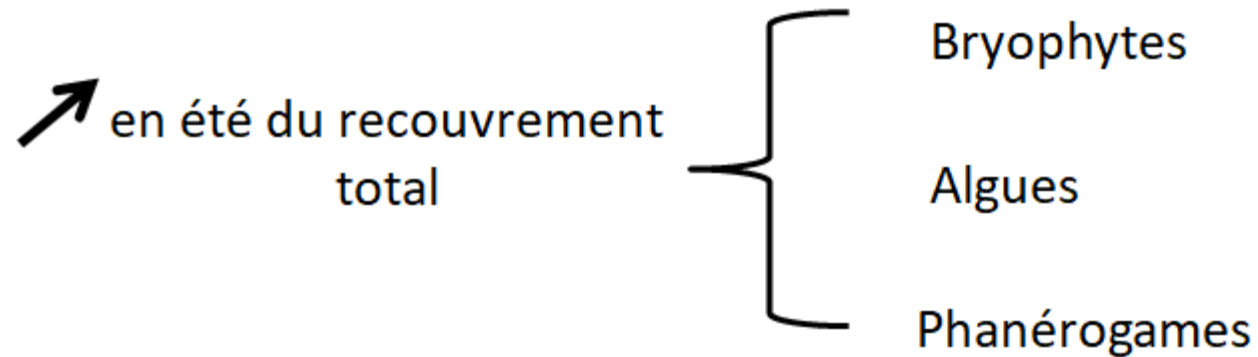
Variation saisonnière des scores IBMR et de la
qualité écologique correspondante des différentes
stations de suivi



**Variation saisonnière de la qualité écologique des
stations de suivi tenant compte des seuils définis
en Wallonie**



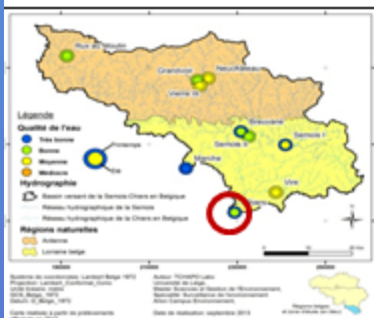
Effet saisonnier sur le recouvrement total des différents groupes macrophytiques



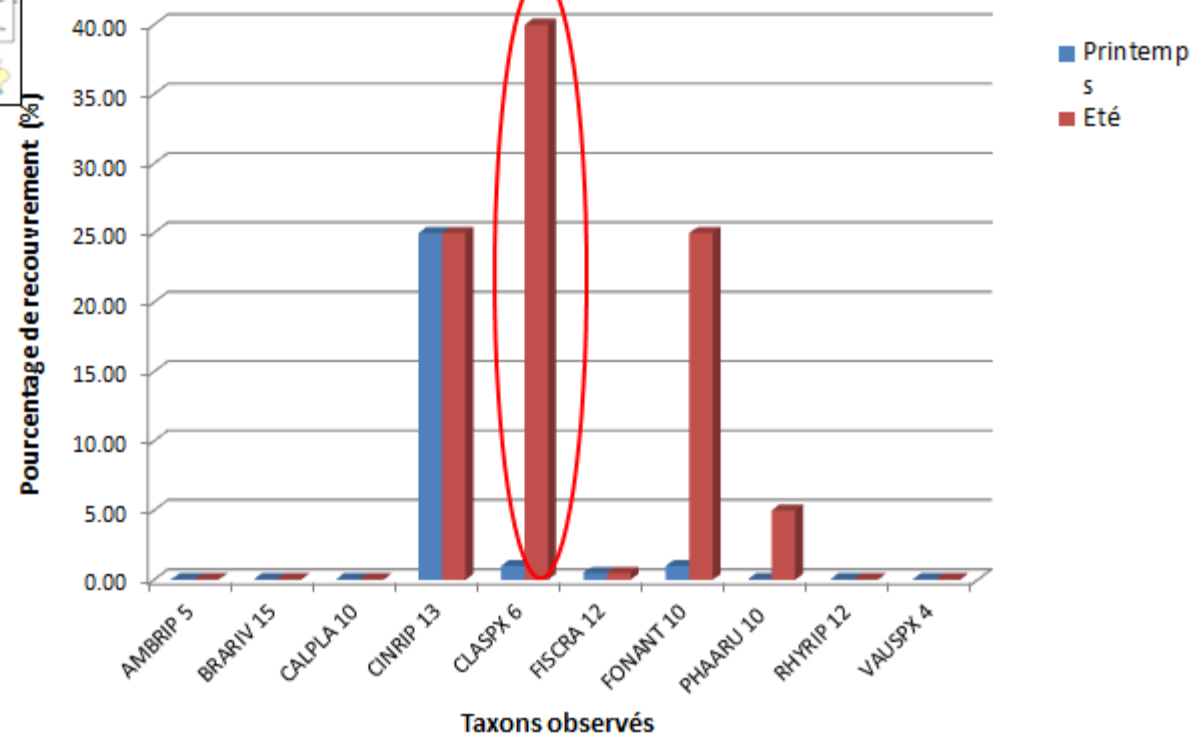
Résultats du test de Wilcoxon pour la variation saisonnière des différents groupes macrophytiques

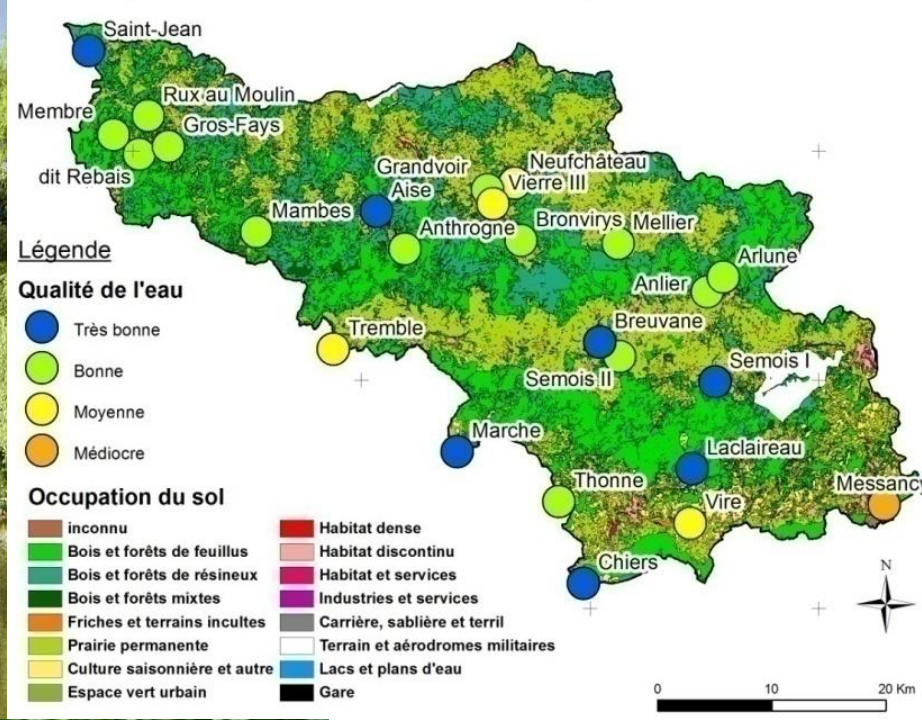
Groupe macrophytique	P <u>Wilcoxon</u>	Différence
Bryophytes	≈ 0.012	Significative
Algues	≈ 0.02	Significative
Phanérogames	≈ 0.12	Non significative

Effet saisonnier sur le recouvrement spécifique des différents taxons



Variation saisonnière des recouvrements spécifiques de la station de la Chiers





Exemples de méthodologies en Sciences et Gestion de l'environnement



Antoine DENIS

Antoine.DENIS@ULIEGE.BE



Exemples de mémoires de fin d'études en Sciences et Gestion de l'Environnement (3/5)

LES ENJEUX DE LA COMPENSATION CARBONE PAR LE BOISEMENT ET LE REBOISEMENT : ÉTUDE COMPARATIVE DE PROGRAMMES DE COMPENSATION VOLONTAIRE BELGES ET FRANÇAIS

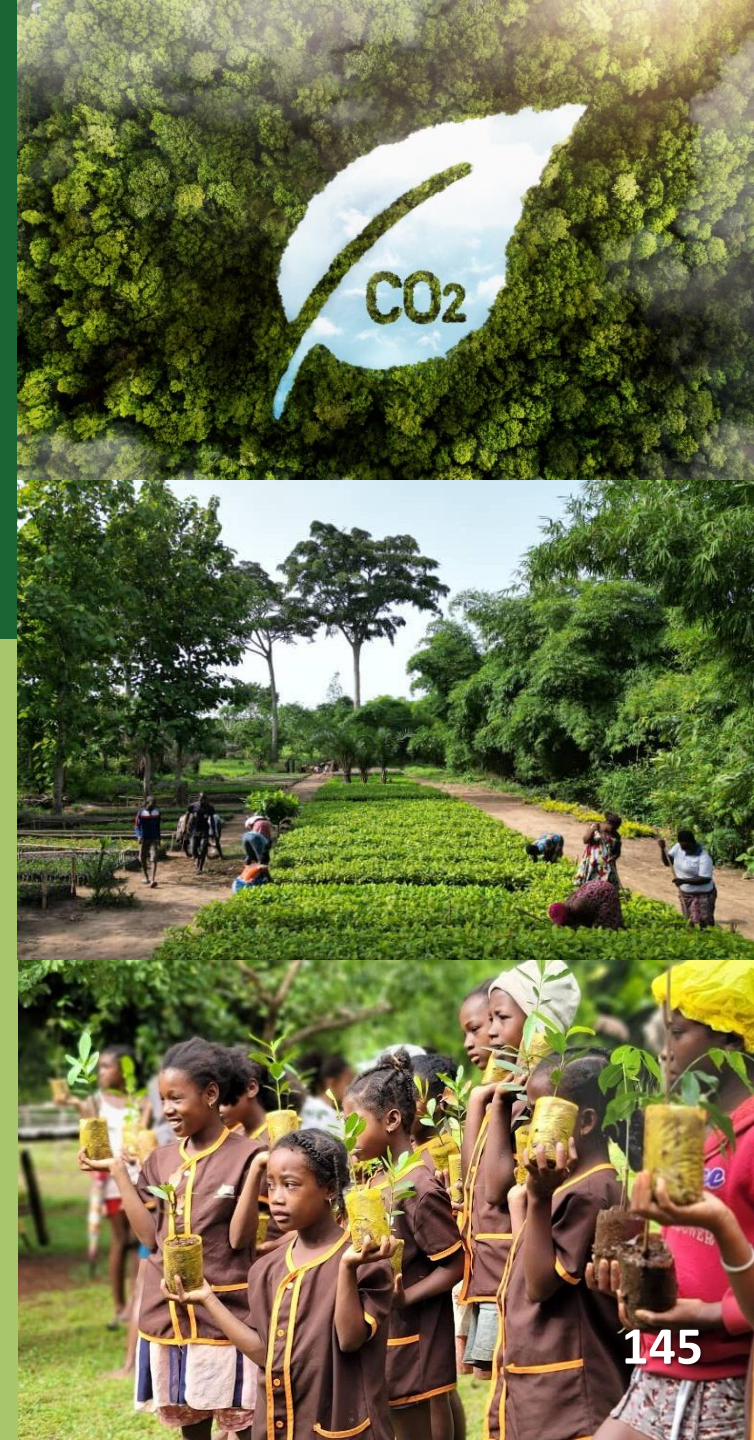
JONKERS LAURA - 2021-2022

Mémoire de fin d'étude du Master en Sciences et Gestion de l'Environnement, ULIEGE

Source du mémoire : <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/14541>

Source de l'illustration vectorielle: Freepik

Sources des images : Freepik et <https://grainedevie.org/>



LES ENJEUX DE LA COMPENSATION CARBONE PAR LE BOISEMENT ET LE REBOISEMENT : étude comparative de programmes de compensation volontaire belges et français.

Jonkers Laura

Objectifs

Comparer des programmes de
compensation carbone
volontaire par le boisement et le
reboisement belges et français



La compensation carbone volontaire par le boisement et le reboisement

Des organismes (ONG, boîte privée, etc) proposent à qui veut sur base volontaire, de compenser leurs émissions de carbone via diverses actions de boisement ou reboisement en contrepartie d'une contribution financière.

Exemple :

- Vol avion aller-retour Bruxelles-New-York = 2.1 tonnes de CO₂
- 10 arbres plantés = 2 tonnes de CO₂ compensées = 30 euros



Méthode de comparaison des organismes de compensation carbone

ÉTAPES DE LA PARTIE PRATIQUE

1

ÉTABLISSEMENT DE CRITÈRES

Calcul d'une note sur 20 pour chaque opérateur

17 critères d'évaluation réparties en 3 sections :

- Méthodologie de l'opérateur (5 points sur 20)
- Projets d'AR (10 points sur 20)
- Transparence de l'opérateur (5 points sur 20)

Appréciation de chaque critère entre :

- **1 (= Très mauvais)**
- **5 (= Excellent)**

2

RÉCOLTE DES INFORMATIONS

Opérateurs :

- **11 opérateurs contactés**
- **3 participants**

Initialement :

- **QCM de 20 questions** (parfois des sous-questions)

Par après :

- **site web** des opérateurs,
- échange d'**emails**,
- **interview**

Tableau des 17 critères d'évaluation des organismes de compensation carbone

Critères/Appréciations	Très mauvais = 1	Mauvais = 2	Neutre = 3	Bon = 4	Excellent = 5
(A) Méthodologie de l'opérateur					
(1) Calculs d'émissions	Aucun calcul proposé	Formule scientifique communiquée mais pas d'assistance		Calcul proposé sans source scientifique	Calcul proposé avec source scientifique
(2) Calculs de compensation	Pas de visibilité quant à la quantité de carbone capturée		Quantité de carbone capturée connue mais sans source scientifique		Quantité de carbone capturée connue avec source scientifique
(3) Nombre et type d'arbres	Pas connu		Un peu connu	Bien connu	
(4) Sensibilisation et incitation à la réduction des émissions	Pas de mention de réduction d'émission		Sensibilisation à la réduction d'émissions	Invitation à la réduction d'émission	Accompagnement à la réduction d'émission
(5) Gestion					
(5.1) Date de plantation	Pas connue		Connue à la saison près	Connue à la semaine près	Connue et confirmation de la plantation

Tableau des 17 critères d'évaluation des organismes de compensation carbone

(5.2) Gestion de la plantation	Pas connue		Objectifs émis mais pas assurés	Connue	Connue et assurée
(B) Projets d'AR					
(6) Conservation de la biodiversité	Monoculture			Différentes essences d'arbres	Différentes essences d'arbres correspondant à la biodiversité locale
(7) Agroforesterie			Pas d'agroforesterie	Sylvoagriculture ou agrosylvopastoralisme conventionnelle	Sylvopastoralisme ou sylvoagriculture diversifiée
(8) Opportunités d'emplois	Aucune	Éphémères		Emplois stables	Formation et emplois stables
(9) Gestion des terres	Terres achetées		Terres louées à l'État	Terres louées aux locaux	Terres louées aux locaux avec accord(s) ou ne sont ni louées ni achetées
(10) Standards	Aucun		Labels complémentaires	VCS ou PVC	Gold Standard ou, VCS ou PVC avec label complémentaire
(11) Garantie temporelle à long	Aucune		Surveillance assurée	Statut de protection	Projet durable car bénéfique aux communautés

Tableau des 17 critères d'évaluation des organismes de compensation carbone

terme de bonne gestion de la forêt					
(12) Localisation		IDH supérieur à 0.7	IDH entre 0.6 et 0.7	IDH entre 0.5 et 0.6	IDH inférieur à 0.5
(13) Relations avec les communautés	Aucun contact	Séance d'information		Concertation et pouvoir participatif	Concertation et pouvoir décisionnel
(C) Transparence de l'opérateur					
(14) Localisation précise	Pays	Région		Nom du village ou du lieu	Coordonnées exactes et/ou visite
(15) Transparence de l'affectation des fonds	Aucun rapport disponible	Rapports peu détaillés	Manque d'actualité	Rapports disponibles et détaillés	Rapports disponibles, détaillés et contrôlés
(16) Transparence de l'efficacité environnementale	Aucun rapport disponible	Rapports peu détaillés	Manque d'actualité	Rapports disponibles et détaillés	Rapports disponibles, détaillés et contrôlés
(17) Contact direct	Inexistante		Pas fluide		Facile

QCM (10 pages) permettant d'alimenter les 17 critères d'évaluation des organismes de compensation carbone

PREMIÈRE PARTIE : VOTRE FONCTIONNEMENT

GÉNÉRAL

1. Par votre organisation, vous proposez de la compensation volontaire à vos clients. Quels sont les projets proposés ? (0)

☐ Boisement ☐ Dans le cadre d'un gros investissement

☐ Agroforesterie ☐ Dans le cadre d'un projet unique

☐ Conservation ☐ Autre

☐ Efficacité énergétique ☐ Non

☐ Énergies renouvelables ☐ Commentaire :

☐ Assainissement ☐ Non, nous n'en avons pas

☐ Biogaz ☐ Oui, nous n'en avons pas

☐ Autres ☐ Oui, nous n'en avons pas

☐ Commentaires :

2. Comment se font vos projets ? (1)

☐ Personne physique

☐ Entreprises

☐ Organisations

☐ Autres

☐ Commentaires :

3. De quelle manière répondez-vous à leurs demandes ? (17)

☐ Nous avons un service dédié

☐ Nous sommes disponibles

☐ Nous sommes disponibles

☐ Nous sommes disponibles

☐ Commentaires :

3.1 Si vous êtes un organisme de projets, comment gérez-vous les demandes ? (1)

☐ Oui

☐ Non

☐ Commentaires :

4. Sensibilisez-vous vos clients à vos services ? (1)

☐ Non, nous n'en avons pas

☐ Oui, nous n'en avons pas

☐ Commentaires :

5. Où se localisent vos projets ? (1)

Réponse libre (liste des continents) :

5.1 Connaissez-vous les projets dans les pays suivants ? (1)

Réponse libre (liste des continents) :

5.2 Comment choisissez-vous vos contacts dans les pays suivants ? (1)

Réponse libre :

5.3 À quels genres de projets vous êtes-vous intéressés ? (1)

Réponse libre :

5.4 La localisation des projets est-elle importante pour vous ? (1)

☐ Oui

☐ Non

☐ Commentaires :

DEGRÉ DE CONNAISSANCE DU PROJET PAR LE CLIENT

8. Lorsque le client connaît le nombre de crédits de compensation qu'il aimerait acheter et que le projet de boisement est choisi, le client connaît-il ... ?

8.1 La date de plantation :

☐ Non

☐ Oui, à l'année

☐ Oui, au mois

☐ Oui, à la semaine

☐ Oui, au jour

☐ Commentaires :

8.2 L'essence arborée :

☐ Non

☐ Oui, mais elle n'est pas précisée

☐ Oui, et elle est précisée

☐ Commentaires :

8.3 Le nombre de plants :

☐ Non

☐ Oui, mais ce n'est pas précisé

☐ Oui, et il est précisé

☐ Commentaires :

8.4 La localisation des plants :

☐ Non

☐ Oui, il connaît le lieu

☐ Oui, il connaît le lieu

☐ Oui, il connaît le lieu

☐ Oui, il connaît le lieu

☐ Commentaires :

8.5 La gestion directe et future du projet (exploitation forestière, zone protégée, ou autre) (5)

☐ Non

☐ Oui, il sait comment la forêt sera gérée directement et aussi dans plusieurs années il sait ce qu'advieront les arbres. C'est-à-dire ... (merci de compléter en commentaire)

☐ Commentaires :

DEUXIÈME PARTIE : VOS RÉSULTATS

9. Faites-vous des rapports concernant l'affectation de vos fonds ? (15)

☐ Oui

☐ Non

☐ Commentaires :

9.1 Si la réponse est oui, faites-vous annuellement ? (15)

☐ Oui

☐ Non

☐ Autre (merci d'écrire la période ou la raison de ne pas en faire)

☐ Commentaires :

10. Faites-vous des rapports concernant l'efficacité environnementale de vos projets ? On entend ici la réduction d'émissions effectives faites par la reforestation. (16)

☐ Oui

☐ Non

☐ Commentaires :

10.1 Si la réponse est oui, faites-vous annuellement ? (16)

☐ Oui

☐ Non

☐ Commentaires :

11. Quels genres de projets de reforestation ? (7)

☐ Des projets de reforestation

☐ Des projets de reforestation

☐ Commentaires :

12. Réalisez-vous des projets de reforestation ? (6)

☐ Oui

☐ Non

☐ Commentaires :

12.1 Si la réponse est oui, faites-vous des projets de reforestation ? (6)

☐ Oui

☐ Non

☐ Commentaires :

12.2 Vous possédez-vous des projets de reforestation ? (6)

☐ Oui

☐ Non

☐ Commentaires :

13. Connaissez-vous les bénéfices environnementaux et sociaux de l'agroforesterie ? (0)

☐ Oui

☐ Non

☐ Commentaires :

14. Mettez-vous des projets de reforestation ? (7)

☐ Non

☐ Parfois

☐ Rarement

☐ Oui, on essaie

☐ Commentaires :

14.1 Si vous mettez des projets de reforestation ? (7)

☐ Sylvoagriculture conventionnelle

☐ Sylvopastorale

☐ Agro-sylvoagriculture

☐ Sylvoagriculture diversifiée

☐ Commentaires :

15. Comment avez-vous financé vos projets ? (15)

☐ On achète des crédits

☐ On loue des crédits

☐ Autre (merci d'indiquer la période ou la raison de ne pas en faire)

☐ Commentaires :

15.1 Si vous louez des crédits, à l'état ? (15)

☐ Oui

☐ Non

☐ Commentaires :

16. Ces terres sont-elles :

☐ Dégradées

☐ Polluées

☐ Abandonnées

☐ Occupées par d'autres projets

☐ Commentaires :

17. Avez-vous d'implanter un projet de reforestation ? (10)

☐ Oui

☐ Non

☐ Commentaires :

18. Avez-vous des projets de reforestation ? (10)

☐ Oui (indiquer la période ou la raison de ne pas en faire)

☐ Non

☐ Commentaires :

19. Les projets de reforestation offrent-ils des opportunités d'emplois aux communautés locales ? (8)

☐ Non, ce n'est pas le but de nos projets

☐ Oui, mais occasionnellement

☐ Oui, ils offrent des opportunités

☐ Commentaires :

19.1 Quels types de projets de reforestation ? (10)

☐ Plantation

☐ Gestion durable

☐ Surveillance

☐ Autre (merci d'indiquer la période ou la raison de ne pas en faire)

☐ Commentaires :

20. Avez-vous des projets de reforestation ? (10)

☐ Oui

☐ Non

☐ Commentaires :

20.1 Si non, pourquoi ? (10)

Réponse libre :

20.2 Si oui, les projets de reforestation sont-ils certifiés ? (10)

☐ Par les labels

☐ Par des mesures indépendantes

☐ Nous nous assurons que les plantations ne soient pas exploitées avant x années

☐ Nous utilisons des statuts de protection de nouvelle forêt

☐ Autres

☐ Commentaires :

21. Comment garanzissez-vous la bonne gestion à long terme de la forêt ? (11)

☐ Par les labels

☐ Par des mesures indépendantes

☐ Nous nous assurons que les plantations ne soient pas exploitées avant x années

☐ Nous utilisons des statuts de protection de nouvelle forêt

☐ Autres

☐ Commentaires :

22. Si oui, les projets de reforestation sont-ils certifiés ? (11)

☐ Gold Standard

☐ Plan Vivo

☐ Verified Carbon Standard

☐ Social Carbon Standard

Tableau des 17 critères d'évaluation des organismes de compensation carbone

Critères/Appréciations	Numéro des questions	Pas d'information = 0	Très mauvais = 1	Mauvais = 2	Neutre = 3	Bon = 4	Excellent = 5	Points	Commentaires
(A) Méthodologie de l'opérateur									
(1) Calculs d'émissions	6 - 6.1 - 6.2 - 6.2.1 - 6.2.1.1		Aucun calcul proposé	Formule scientifique communiquée mais pas d'assistance		Calcul proposé sans source scientifique	Calcul proposé avec source scientifique	5	Méthode de calcul gérée par Association Bilan Carbone, développée par l'ADEME
(2) Calculs de compensation	7 - 7.1 - 7.1.1		Pas de visibilité quant à la quantité de carbone capturée		Quantité de carbone capturée connue mais sans source scientifique		Quantité de carbone capturée connue avec source scientifique	5	CO2 Strategy (Luxembourg)
(3) Nombre et type d'arbres	8.2 - 8.3		Pas connu		Un peu connu	Bien connu		3	L'ASBL n'accorde pas beaucoup d'importance au type d'arbre. Elle plante les essences d'arbres que les populations locales choisissent. Le nombre d'arbres est respecté
(4) Sensibilisation et incitation à la réduction des émissions	4		Pas de mention de réduction d'émission		Sensibilisation à la réduction d'émissions	Invitation à la réduction d'émission	Accompagnement à la réduction d'émission	1	L'ASBL dit, dans une interview, inviter à diminuer leur empreinte et seulement ensuite faire de la compensation. Mais rien n'est visible sur leur site
(5) Gestion	8.1 - 8.5							3	
(5.1) Date de plantation	8.1		Pas connue		Connue à la saison près	Connue à la semaine près	Connue et confirmation de la plantation		Pas communiqué
(5.2) Gestion de la plantation	8.5		Pas connue		Objectifs émis mais pas assurés	Connue	Connue et assurée		Communautés locales deviennent propriétaires des plantations et les préservent car agroforesterie et emplois aux femmes
TOTAL : /24								17	
PONDÉRATION : /5								3.5	
(B) Projets d'AR									
(6) Conservation de la biodiversité	11 - 12 - 12.1 - 12.2		Monoculture			Différentes essences d'arbres	Différentes essences d'arbres correspondant à la biodiversité locale	5	Se base sur les connaissances des communautés, emploi des biologiques et des responsables techniques pour faire des études.
(7) Agroforesterie	14 - 14.1				Pas d'agroforesterie	Sylvoagriculture ou agrosylvopastoralisme conventionnelle	Sylvopastoralisme ou sylvoagriculture diversifiée	5	50% des arbres plantés sont de rente. Communautés peuvent pratiquer l'agroforesterie
(8) Opportunités d'emplois	19 - 19.1		Aucune	Éphémères		Emplois stables	Formation et emplois stables	4	Centaines d'employés permanents : pépiniéristes, ouvriers, sensibilisateurs, biologistes, rapporteurs.
(9) Gestion des terres	15 - 15.1 - 15.2		Terres achetées		Terres louées à l'État	Terres louées aux locaux	Terres louées aux locaux avec accord(s) ou ne sont ni	5	Les communautés plantent elles-mêmes sur leurs terres

Résultats

RÉSULTATS DES OPÉRATEURS

13,25/20

Graine de Vie

	Points forts	Points faibles
1.	Calculs et gestion future	Date, type et sensibilisation
2.	Projets d'AR ++	Manque certification
3.	Totalité des fonds aux projets	Base volontaire

18,5/20

We Forest

	Points forts	Points faibles
1.	Gestion future, sensibilisation	Calcul empreinte carbone
2.	Projets d'AR +++, certificats et garantie temporelle	/
3.	Soucieuse de sa com.	/

15/20

Reforest'action

Évaluation à prendre sous réserve

	Points forts	Points faibles
1.	Calcul empreinte et sensibilisation (écogestes)	Gestion future de la forêt
2.	Projets d'AR +, certificats	IDH - : 18% Afrique, 27% Amérique
3.	Rapports efficacité envi. et détails projets ++	Communication difficile, rapports financiers +/-



Exemples de méthodologies en Sciences et Gestion de l'environnement



Antoine DENIS

Antoine.DENIS@ULIEGE.BE



Exemples de mémoires de fin d'études en Sciences et Gestion de l'Environnement (4/5)

AMÉLIORATION DE L'EFFICIENCE D'UTILISATION DE L'EAU D'IRRIGATION SELON LES PRINCIPES AGROÉCOLOGIQUES DE GESTION DE L'EAU : CAS DE LA CAROTTE DANS LES MARAÎCHAGES IRRIGUÉS À GRAND POPO, BÉNIN

GUEBELS Alexia - 2021-2022

Travail de fin d'étude du Master de spécialisation en Sciences et Gestion de l'Environnement dans les Pays en Développement, ULIEGE

Source du mémoire : <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/15605>

Source de l'illustration vectorielle: Freepik

Sources des images : <https://joinforwater.ngo/>, <https://irawotalents.com/>, <https://www.facebook.com/equipebeninfuitsetfleurs/>



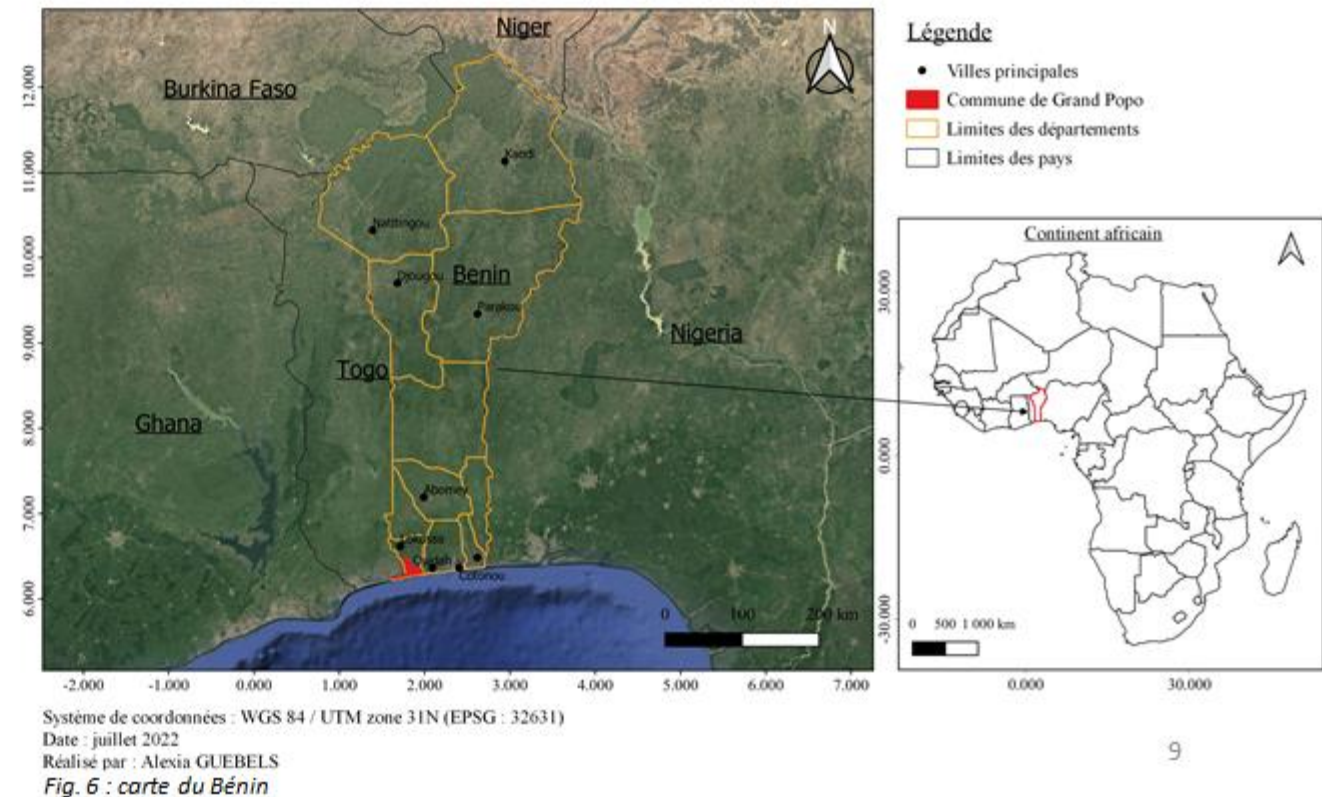
Présentation de la zone d'étude

- Choix de la zone : importance de la production maraîchère → 64% de la consommation annuelle de légumes des villes côtières



Grand Popo

Carte du Bénin



Systèmes d'irrigation



Fig. 2 : Système de bandes perforées

Irrigation en bandes perforées : jets d'eau sortant des bandes et retombant en pluie



Fig. 3 : Réseau de bandes perforées pour l'irrigation de la carotte

Systèmes d'irrigation

- **Irrigation au goutte-à-goutte** : apport précis d'eau au niveau des racines



Motopompe avec filtre



Installation d'un goutteur



Tube avec goutteurs intégrés

Fig. 4 : équipements du goutte-à-goutte

Source : Wellens et Carme, 2018

- **Fertigation** : apport de nutriments directement dans la zone racinaire de la culture via les goutteurs

(« Fertigation » est un mot valise qui signifie Fertilisation et Irrigation simultanées)

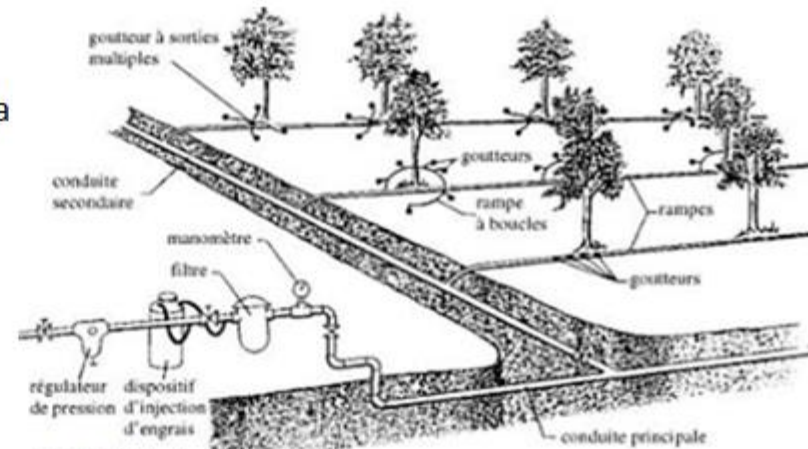


Fig. 5 : fertigation

Source : Wellens et Carme, 2018

Contexte

Pression sur les ressources en eau
(croissance démographique et changement
climatique)



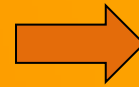
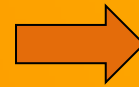
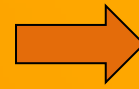
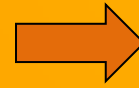
Objectif global

Proposer des pratiques **agroécologiques de gestion de l'eau** pour améliorer l'**efficacité** de son utilisation lors de **l'irrigation de la carotte** dans les maraîchages irrigués de Grand Popo au Bénin.



Objectifs

1. Connaitre les **pratiques** agroécologiques de gestion de l'eau existantes
2. Connaitre les **pratiques** agroécologiques de gestion de l'eau **locales** et les **freins** à l'adoption de certaines pratiques
3. Connaitre les **quantités d'eau** utilisée en irrigation localement
4. Identifier les **meilleures pratiques** d'irrigation potentielles et faire des recommandations



Méthodes

1. Revue de **littérature**
2. **Enquête** : échantillonnage et questionnaire
3. **Mesures de terrain**
4. **Modélisation logiciel** (Aquacrop)

Méthode : enquête

Échantillonnage :

- Critères de sélection des enquêtés :
 - **Maraichers faisant de l'irrigation sur carotte**, dans la commune de Grand Popo,
 - Utilisant **différents systèmes d'irrigation**
 - Réalisant des **cultures de saison et de contre saison**
- Sélection des maraichers à partir de ces critères par un **expert local**
- → **31** maraichers sélectionnés

Questionnaire (6 pages, confer dia suivante)

- Construit à partir d'une revue bibliographique
- Questions ouvertes (réponse libre) et questions fermées (choix à faire dans une liste de réponses)



Méthode : questionnaire (6 pages)

1. Présentation du producteur (variables socio-économiques)
2. Présentation de/des parcelle(s) de maraîchage irrigué (culture, superficie, saison, etc)
3. Pratiques agronomiques (semences, engrais, protection parasitaire, etc)
4. Ressources en eau (source de l'eau, technique irrigation,...)
5. Pratiques agronomique en lien avec la gestion de l'eau (paillage, rotation, association,...)
6. Freins à l'adoption de pratiques agroécologiques de gestion de l'eau (coût, temps, main d'œuvre,...)

Annexe 1 : Enquête adressée aux producteurs

Présentation du producteur

Question:	Réponses:
Date	
Lieu de l'enquête	
Nom et prénom	
GSM	
Chef de famille	
Sexe	
Age	
Ethnie	
Religion	
Statut matrimonial	
Niveau d'instruction	
Etes-vous propriétaire maraîchage irrigué ?	
Si vous êtes propriétaire maraîchage irrigué, indiquez la source de revenu	
Recevez-vous des services agricoles ?	
Si oui, précisez	
Indiquez la superficie	

Pratiques agronomiques

	Semence	Techniques pour prévenir l'invasion de nuisibles
Culture	Améliorée	Insecticide
	Locale	Fongicide

Engrais

Culture	Engrais organique	Engrais minéral
1. Compost	Quantité :	Quantité :
2. Déjection animale	1. Apport sur sol humide ou après irrigation	1. Apport sur sol humide ou après irrigation
3. Paillage	2. Apport avant irrigation	2. Apport avant irrigation
4. Autres :	3. épandage à la volée	3. épandage à la volée
	4. épandage localisé au pied	4. épandage localisé au pied
	5. épandage entre les lignes de semis	5. épandage entre les lignes de semis

Ressources en eau dans le maraîchage irrigué

Question:	Réponses:
Quand pratiquez-vous l'arrosage ?	☐ Saison sèche
	☐ Saison pluvieuse
Comment savez-vous que la quantité d'eau amenée est suffisante pour satisfaire la plante ?	
La quantité d'eau amenée dépend-elle de votre sol ?	
Usage de l'eau de surface pour l'irrigation	☐ Oui
	☐ Non

Usage de l'eau souterraine pour l'irrigation

Usage de l'eau souterraine pour l'irrigation	☐ Oui
	☐ Non
Si vous avez répondu oui aux deux, indiquez les proportions en pourcentage	
Eau de surface :	%
Eau souterraine :	%
Disponibilité de l'eau	1. Toute l'année
	2. A certaine période (ex : en saison pluvieuse)
Nombre d'années des systèmes d'irrigation	
Constatez-vous des pertes d'eau lors du transport jusqu'à la parcelle ?	1. Infiltrations
	2. Fuites
	3. Envasement
	4. Matériel vétuste
	5. Autres :

Avez-vous des problèmes de colmatage des conduites ?

A quelle fréquence ?	1. Oui
	2. Non
Combien de fois ?	
Definissez l'	

Culture

	1. Oui	2. Non	
Paillage			1. Amélioration de la capacité de rétention en eau du sol
			2. Amélioration de la fertilité du sol
			3. Réduction de l'évapotranspiration
			4. Accessible financièrement
			5. Facilité de mise en œuvre
			6. Amélioration de la qualité de la récolte
			7. Ressources facilement accessibles
			8. Autres :
Compost			1. Amélioration de la capacité de rétention en eau du sol
			2. Amélioration de la fertilité du sol
			3. Réduction de l'évapotranspiration
			4. Accessible financièrement
			5. Facilité de mise en œuvre
			6. Amélioration de la qualité de la récolte
			7. Ressources facilement accessibles
			8. Autres :
Plante de couverture			1. Amélioration de la capacité de rétention en eau du sol
			2. Amélioration de la fertilité du sol
			3. Réduction de l'évapotranspiration
			4. Accessible financièrement
			5. Facilité de mise en œuvre
			6. Amélioration de la qualité de la récolte
			7. Ressources facilement accessibles
			8. Autres :
Déjection animale			1. Amélioration de la capacité de rétention en eau du sol
			2. Amélioration de la fertilité du sol
			3. Réduction de l'évapotranspiration
			4. Accessible financièrement
			5. Facilité de mise en œuvre
			6. Amélioration de la qualité de la récolte
			7. Ressources facilement accessibles
			8. Autres :
Rotation de culture			1. Amélioration de la capacité de rétention en eau du sol
			2. Amélioration de la fertilité du sol
			3. Réduction de l'évapotranspiration
			4. Accessible financièrement
			5. Facilité de mise en œuvre
			6. Amélioration de la qualité de la récolte
			7. Ressources facilement accessibles
			8. Autres :
Association de culture			1. Amélioration de la capacité de rétention en eau du sol
			2. Amélioration de la fertilité du sol
			3. Réduction de l'évapotranspiration
			4. Accessible financièrement
			5. Facilité de mise en œuvre
			6. Amélioration de la qualité de la récolte
			7. Ressources facilement accessibles
			8. Autres :
Résidus de culture			1. Amélioration de la capacité de rétention en eau du sol
			2. Amélioration de la fertilité du sol
			3. Réduction de l'évapotranspiration
			4. Accessible financièrement
			5. Facilité de mise en œuvre
			6. Amélioration de la qualité de la récolte
			7. Ressources facilement accessibles
			8. Autres :

Agroforesterie

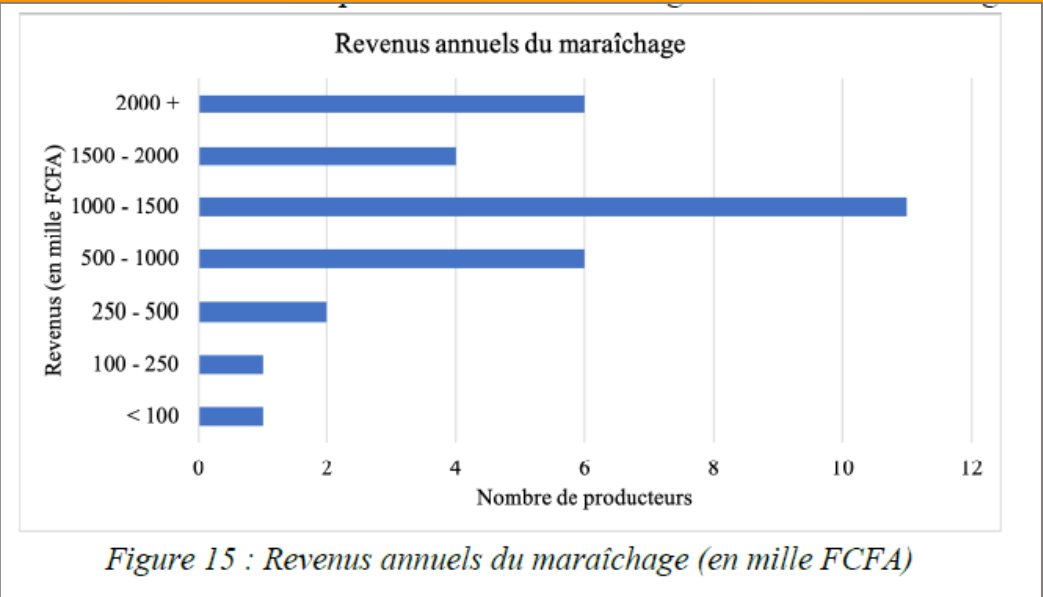
1. Oui	2. Non	1. Amélioration de la capacité de rétention en eau du sol
		2. Amélioration de la fertilité du sol
		3. Réduction de l'évapotranspiration
		4. Accessible financièrement
		5. Facilité de mise en œuvre
		6. Amélioration de la qualité de la récolte
		7. Ressources facilement accessibles
		8. Autres :

Freins à l'adoption de pratiques de gestion de l'eau

Pratiques	Coût élevé main d'œuvre	Coût élevé de mise en place	Coût élevé de matériel	Coût élevé des équipements	Autres	Long temps de préparation	Long temps d'implémentation	Peu d'actes à la première/ressources	Absence de main d'œuvre	Autres
Paillage	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui
	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non
Compost	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui
	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non
Plante de couverture	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui
	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non
Déjection animale	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui
	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non
Rotation de culture	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui
	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non
Association de culture	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui
	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non
Résidus de culture	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui
	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non
Agroforesterie	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui	1. Oui
	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non	2. Non

Méthode de présentation des résultats de l'enquête

Graphiques de fréquence



Tableaux de fréquence

Annexe 4 : Caractéristiques socio-démographiques et typologie des maraîchages irrigués

Caractéristiques		Fréquence absolue (nombre de producteurs)	Fréquence relative (%)
Chef de famille	Oui	22	71
	Non	9	29
Sexe	Masculin	29	94
	Féminin	2	6
Tranche d'âges (années)	25-35	19	61
	36-45	5	16
	46-55	5	16
	56 et +	2	7
Ethnie	Mina	16	52
	Xwla	7	23
	Peul	2	6
	Fon	3	10
	Lokpa	1	3
	Sahoué	2	6
Religion	Chrétienne	25	81
	Musulmane	3	10
	Animisme	2	6
	Athé	1	3
Statut matrimonial	Célibataire	5	16
	Marié(e)	25	81
	Divorcé(e)	1	3

Méthode : mesure de terrain des quantités d'eau utilisées

Calcul des quantités d'eau irriguée en mm d'eau pour une période donnée

A partir de :

- **Débit**
(volume/temps)
(terrain)
- **Temps d'irrigation**
(temps)
(questionnaire et chronomètre terrain)
- **Superficie** (surface)
(terrain)

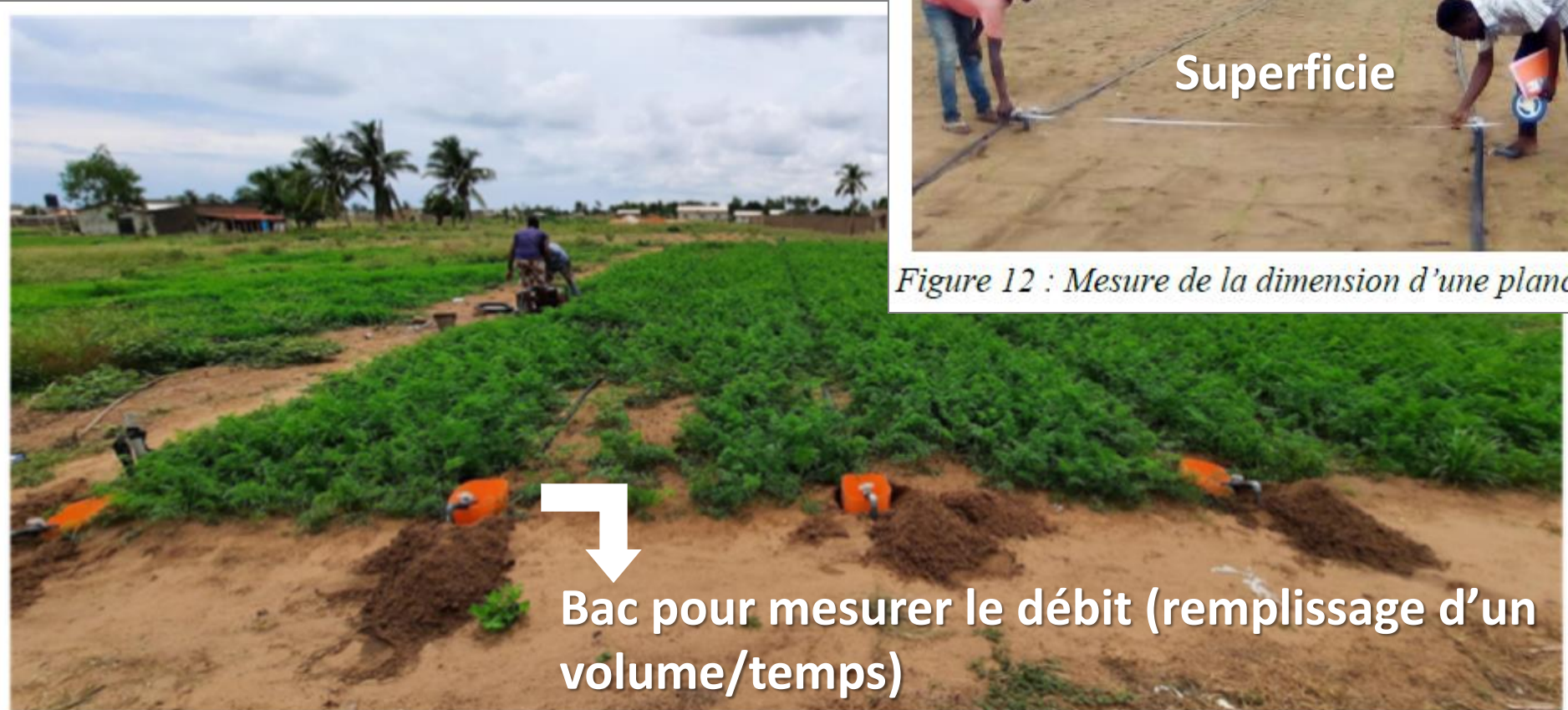


Figure 11 : Mesure des débits à l'entrée des bandes d'irrigation



Figure 12 : Mesure de la dimension d'une planche

Méthode : modélisation logicielle (Aquacrop)

Objectif : identifier les **meilleures pratiques d'irrigation** potentielles en vue **d'optimiser l'utilisation de l'eau**

Méthode : Étudier/modéliser la relation entre **l'eau d'irrigation** et le **rendement** (+ productivité de l'eau et évaporation du sol) avec le logiciel Aquacrop

Comparer la performance de différentes pratiques :

- ❖ **Pratiques actuelles**
- ❖ **Pluvial**, avec et sans **paillage** organique
- ❖ Irrigation par **bandes perforées**, avec et sans **paillage** organique
- ❖ Irrigation **goutte-a-goutte**, avec et sans **paillage** organique

Le paillage organique = une pratique agroécologique car il permet de réduire l'évaporation de l'eau du sol.



Paillage de la carotte (Hicks-Hamblin, 2019)

Méthode : modélisation logicielle (Aquacrop)

Aquacrop : un logiciel qui permet notamment de modéliser le **rendement** d'une culture sur base d'une série de paramètres d'entrée à définir en lien notamment avec **l'utilisation de l'eau (irrigation,...)** et les **pratiques culturales (paillage, etc)**.

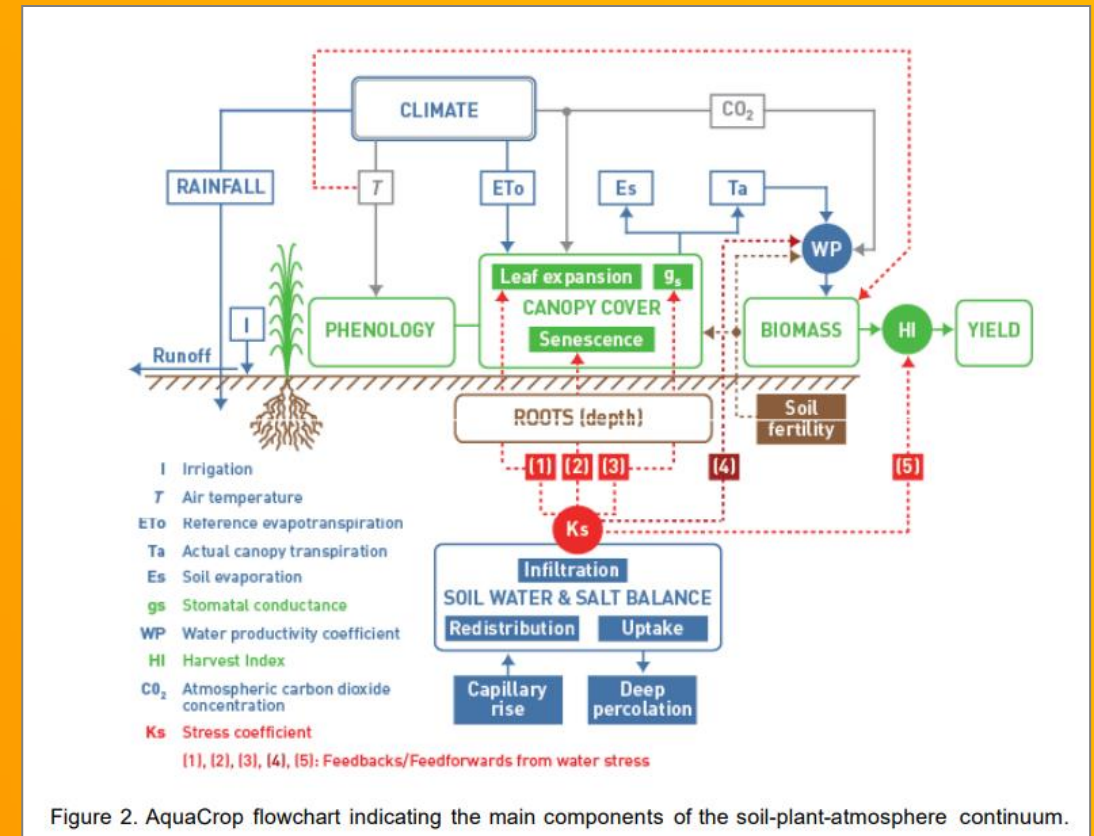
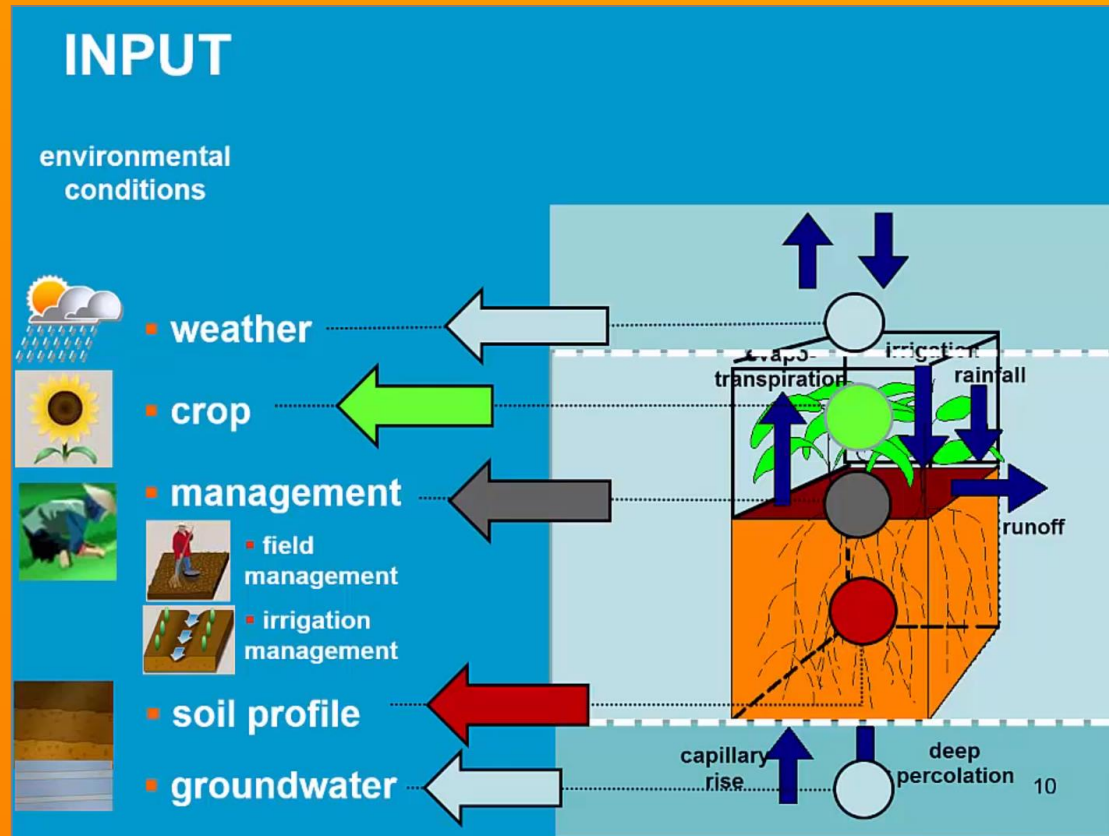


Figure 2. AquaCrop flowchart indicating the main components of the soil-plant-atmosphere continuum.

Méthode : modélisation logicielle (Aquacrop)

Un des **résultats** de la modélisation dans Aquacrop :

→ Recommandation d'une pratique d'irrigation qui :

- ❖ utilise environ **20 fois moins d'eau** et
 - ❖ demande **5 fois moins d'événements d'irrigation**
- que la pratique d'irrigation actuelle.





Exemples de méthodologies en Sciences et Gestion de l'environnement



Antoine DENIS

Antoine.DENIS@ULIEGE.BE



Exemple de mémoires de fin d'études en Sciences et Gestion de l'Environnement (5/5)

EUTROPHISATION DE 2 ÉTANGS DANS LA RÉGION DE FAYS-LES- VENEURS, RECHERCHE DE SOLUTIONS

DURET Arnaud - 2020-2021

Mémoire de fin d'étude du Master en Sciences et Gestion de l'Environnement, ULIEGE

Source du mémoire : <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/13055?locale=fr>

Source de l'illustration vectorielle: Freepik



Problème d'eutrophisation de 2 étangs



Figure 1 : Couverture d'algues de l'étang amont.

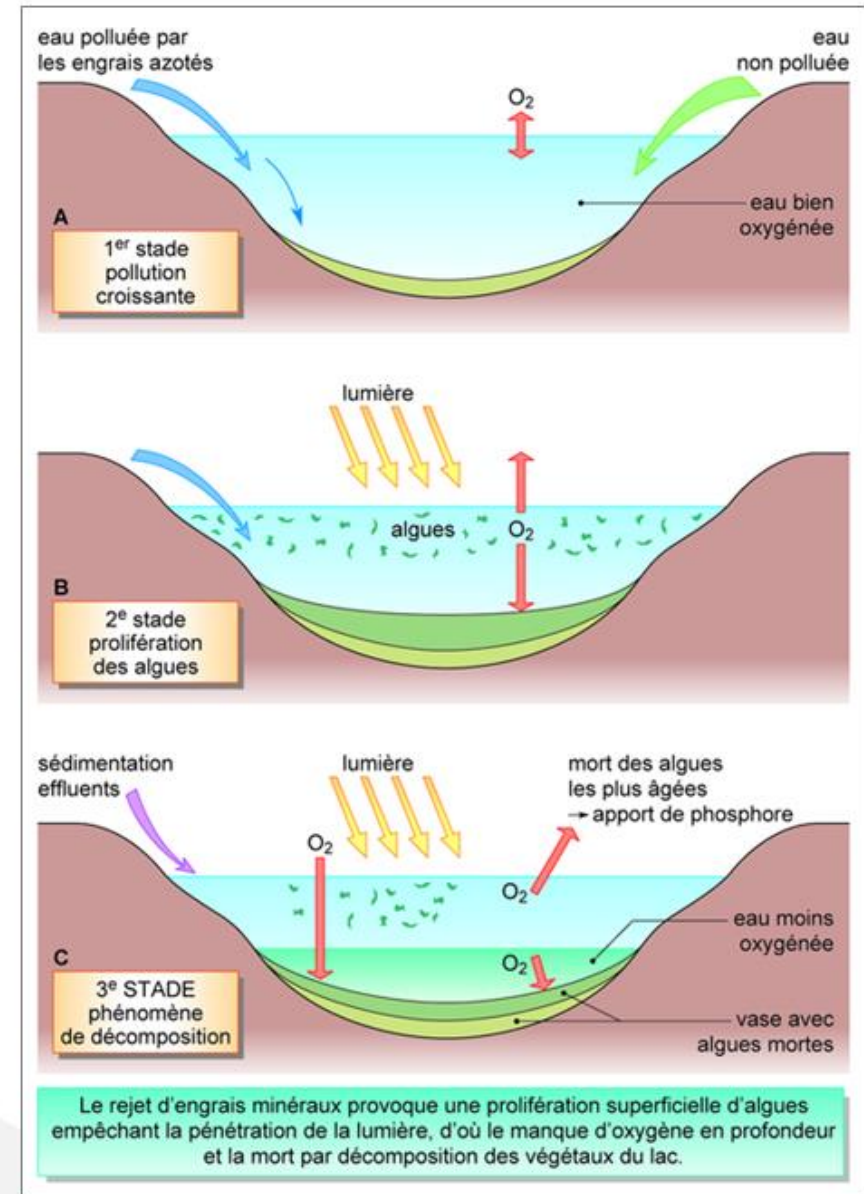


Figure 2 : Couverture d'algues de l'étang aval.

Source photos : Francis ROSILLON, 2020



Figure 3 : Algues présentes sur les étangs.



Source schéma : <https://www.assistancescolaire.com/enseignant/college/ressources/base-documentaire-en-sciences/5srm0209>

Problème d'eutrophisation de 2 étangs

- ❖ **Etangs en aval de 2 villages** (1 110 équivalent habitant (EH)) sans système d'assainissement des eaux usées.
- ❖ **Eutrophisation : prolifération d'algues en été** due aux rejets d'eaux usées domestiques et agricoles.

Objectif :

- ❖ Proposer plusieurs solutions au problème d'eutrophisation, adapté au site et à ses contraintes (isolé, pas d'électricité, etc).



Figure 4 : Localisation du site (point rouge).



Objectifs

1. Prendre **connaissance de l'environnement** dans lequel se trouvent les étangs.
2. **Etablir les contraintes** du projet.
3. Recherche et sélection des **projets similaires** (de même envergure, ou différents mais ayant des contraintes relativement semblables).
4. **Comparaison** des différents projets trouvés dans la revue de littérature.
5. **Pré-dimensionnement** : établir une **esquisse des systèmes** possibles dans ce projet en considérant notamment la **superficie** disponible.
6. **Dimensionnement** des systèmes retenus en fonction des **contraintes** propres à l'étude.
7. **Estimation des coûts** pour la mise en place des différents systèmes dans les étangs.

Méthode

1. **Sortie terrain + observation**
2. **Sortie terrain + mesures sur site**
3. **Revue de littérature**
4. **Revue de littérature**
5. **Revue de littérature et calculs**
6. **Revue de littérature, calculs et expérimentation**
7. **Revue de littérature, prise de renseignement et calculs**

Méthodologie : établir les contraintes du projet via mesures

4 types de contraintes qui doivent être mesurées car elles conditionnent les **types de solutions** qui peuvent être proposées :

1. **Emplacement** du projet
2. **Dimension** du projet
3. **Qualité** des eaux
4. **Débit** d'entrée d'eau

1. Emplacement du projet :

- ❖ Accès difficile
- ❖ Pas d'électricité



Méthodologie : établir les contraintes du projet via mesures

4 types de contraintes doivent être mesurées car elles conditionnent le **type de solutions** qui peuvent être proposées :

1. **Emplacement** du projet
2. **Dimension** du projet
3. **Qualité** des eaux
4. **Débit** d'entrée d'eau



Figure 5 : Appareillage « Leica GPS 1200 ».

Station GPS à base fixe sur trépied + station mobile : précision de l'ordre du **cm** grâce à la correction permise par la station de base (sinon précision de quelques mètres)

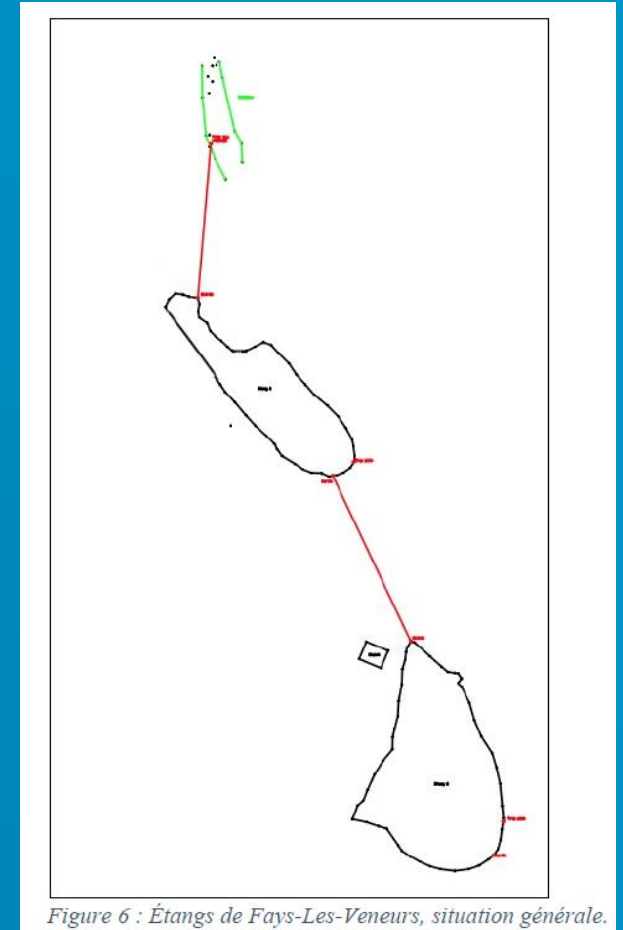


Figure 6 : Étangs de Fays-Les-Veneurs, situation générale.

Plan du site : surface, périmètre, profondeur, volume d'eau, longueurs canalisation, etc

Méthodologie : établir les contraintes du projet via mesures

4 types de contraintes doivent être mesurées car elles conditionnes le **type de solutions qui peuvent être proposées** :

1. **Emplacement** du projet
2. **Dimension** du projet
3. **Qualité** des eaux
4. **Débit** d'entrée d'eau

Prise d'échantillons d'eau :

- ❖ **En hiver** (débit élevé)
 - ❖ Etangs
 - ❖ Ponctuels
 - ❖ Ruisseau
 - ❖ Ponctuels
 - ❖ Continu : 70 ml/10 min pendant 24h avec un **échantillonneur automatique (photo)**
- ❖ **En été** (débit faible)
 - ❖ Etangs
 - ❖ Ponctuel
 - ❖ Ruisseau
 - ❖ Ponctuel

Paramètres mesurés en laboratoire :

DCO (Demande Chimique en Oxygène)
DBO5 (Demande Biologique en Oxygène)
MES (Matières En Suspension)
NT (azote Totale)
PT (phosphore Total)
NO2 (nitrite)
NO3 (nitrate)
NH4 (amonium)
PO4 (phosphate)



Méthodologie : établir les contraintes du projet via mesures

4 types de contraintes doivent être mesurées car elles conditionnent le type de solutions qui peuvent être proposées :

1. **Emplacement** du projet
2. **Dimension** du projet
3. **Qualité** des eaux
4. **Débit** d'entrée d'eau

2 campagnes de mesure de débit
par traçage au chlorure de sodium (NaCl) (printemps et été)



Figure 8 : **Prise d'eau** de l'étang amont lors de la campagne de mesure de débit.



Figure 9 : **Conductimètre** placé au milieu de l'écoulement.

Méthodologie : établir les contraintes du projet via mesures

4 types de contraintes doivent être mesurées car elles conditionnes le type de solutions qui peuvent être proposées :

1. **Emplacement** du projet
2. **Dimension** du projet
3. **Qualité** des eaux
4. **Débit** d'entrée d'eau

- ❖ 2 campagnes de mesure de débit **par traçage au chlorure de sodium (NaCl)** (sel) (printemps et été)
- ❖ La **conductivité électrique** mesurée est proportionnelle à la **concentration en NaCl**

Le débit est obtenu par la relation suivante : $Q = \frac{M}{\Delta t \cdot \sum_i C_i}$

Équation 1

Avec :

Q , le **débit** à mesurer (l/s)

M , la **masse de traceur** introduite dans l'écoulement (g) (200 g à 600 g)

Δt , le **pas de temps** d'enregistrement du conductimètre (s) (1 seconde)

C_i , la **concentration à chaque pas de temps i** lors du passage du traceur (g/l)

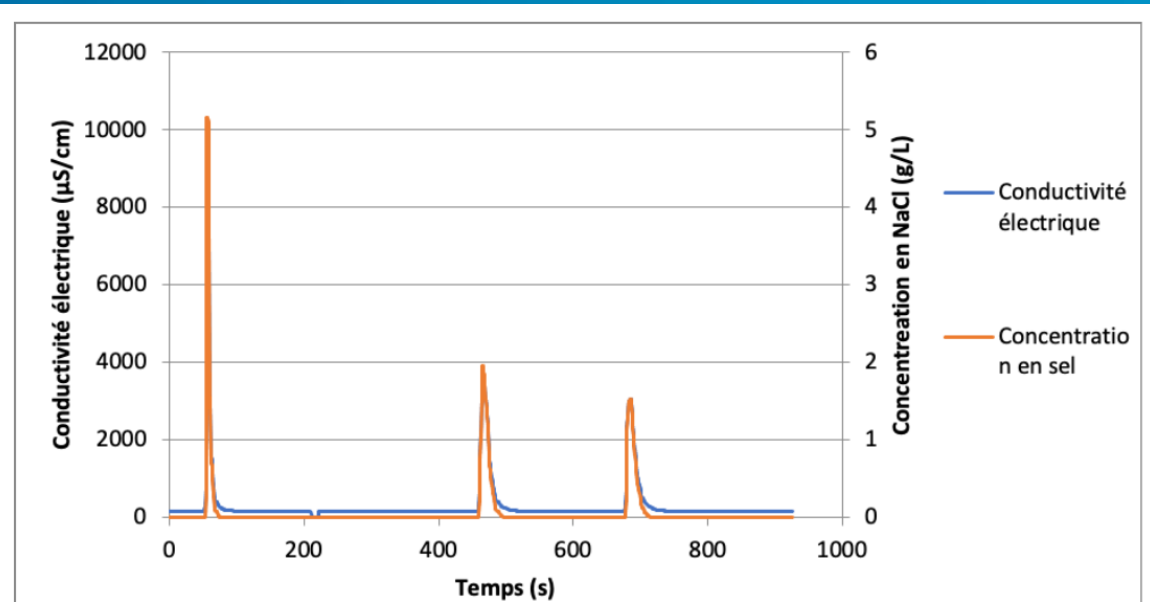
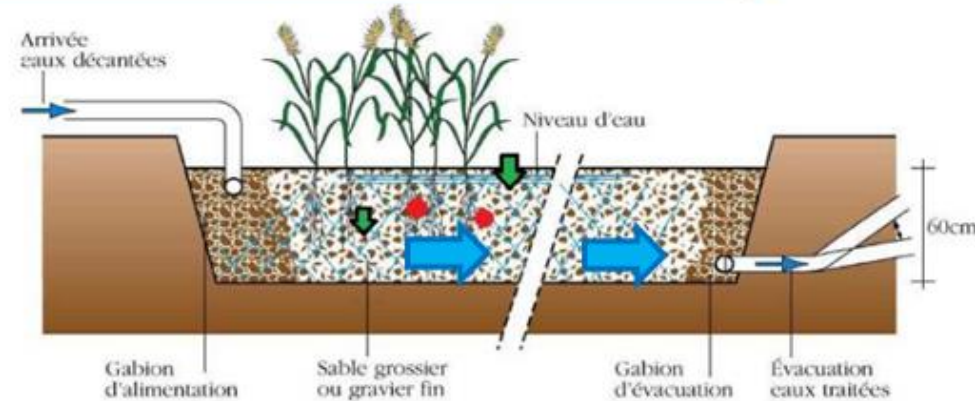


Tableau 7 : Graphique de la conductivité électrique et de la concentration en NaCl en fonction du temps.

Méthodologie : solutions existantes dans la littérature

Filtre planté à flux horizontal



- ➡ Apports d'oxygène faibles
- Bactéries dégradant la pollution

<https://www.saoneetloire71.fr/>

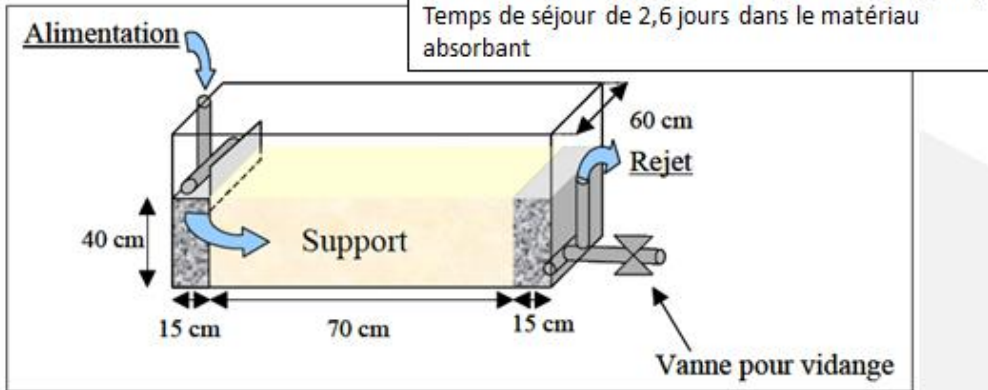


Figure 11 : Dispositif expérimental. (Molle, 2003)

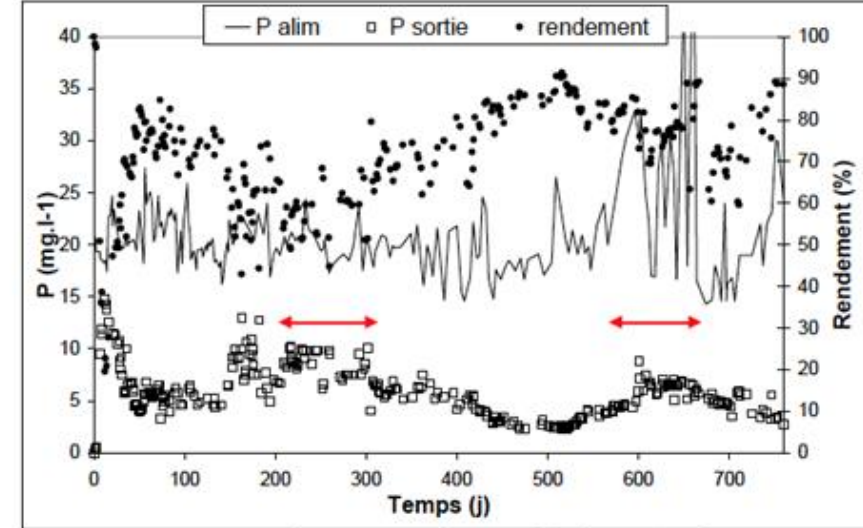
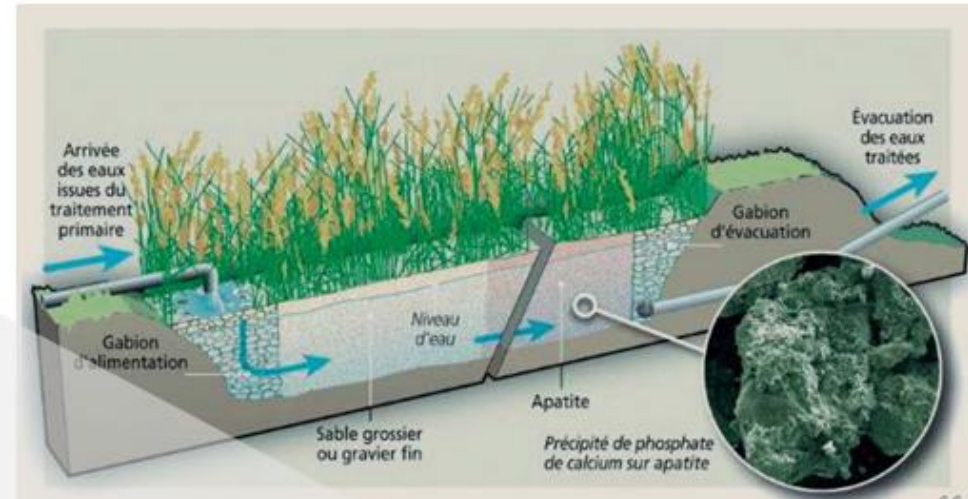


Figure 12 : Concentration en phosphore en fonction du temps (alimentation, rejet) et rendement. (Molle, 2003)



Source : <https://hal.science/hal-00772874/document>

11
© Irstea

Méthodologie : solutions existantes dans la littérature

Filtre planté à flux vertical

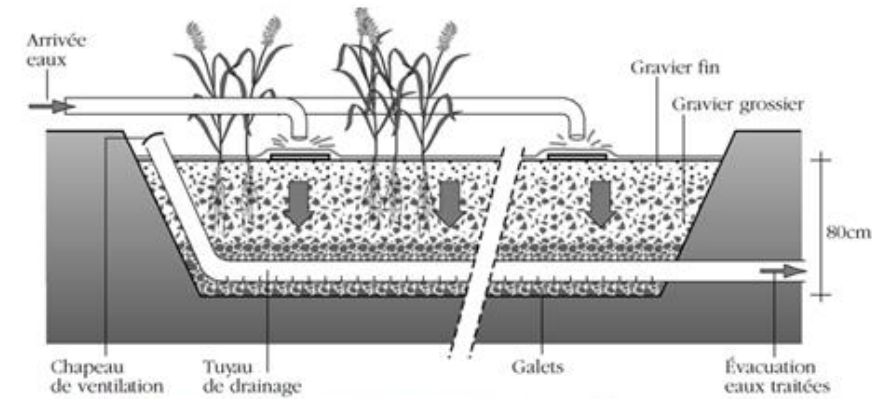
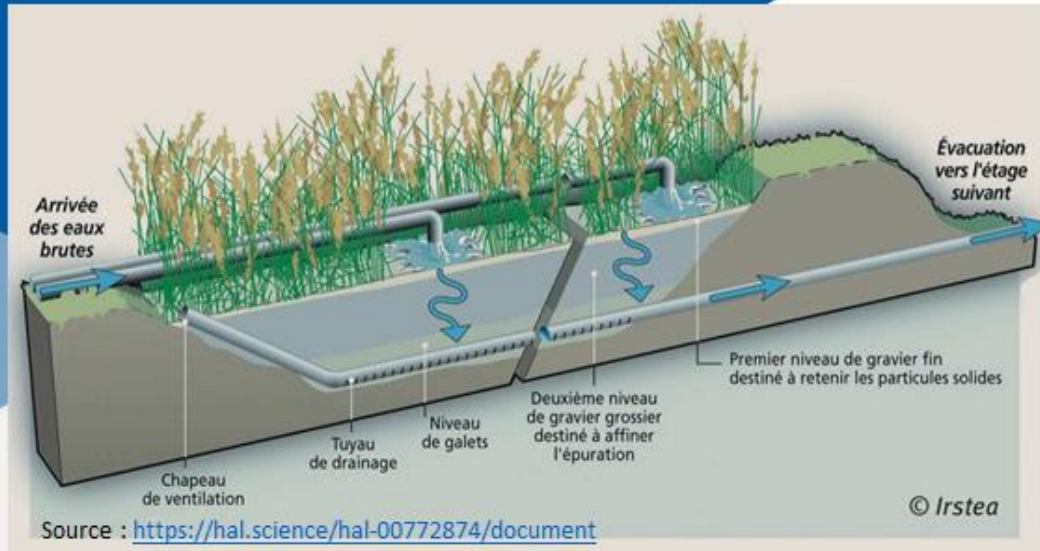


Figure 13 : Schéma d'un filtre à écoulement vertical. (Molle, 2003)

Projet pilote de 0,32m²

Composé de laitier de différentes granulométries

Alimentation par 3 bachées de 5,6L à 8h, 12h et 16h

Temps de séjour de 24h ou 48h

Méthodologie : solutions existantes dans la littérature

Filtre rapide vertical (différents médias filtrants)

Filtre de 75m³
(1^{er} de 4 filtres du projet, traitement d'une rivière)

Composition :
20 cm de gravier 5-10 mm
30 cm de sable 2-5 mm
30 cm de sable 1-3 mm
20 cm de sable 2-5 mm

Alimentation 550m³/j

Charge hydraulique du filtre rapide
7,33m³/m²/j

Temps de séjour +/- 3h15

Débit optimal déterminé par le projet de
1m³/m²/j

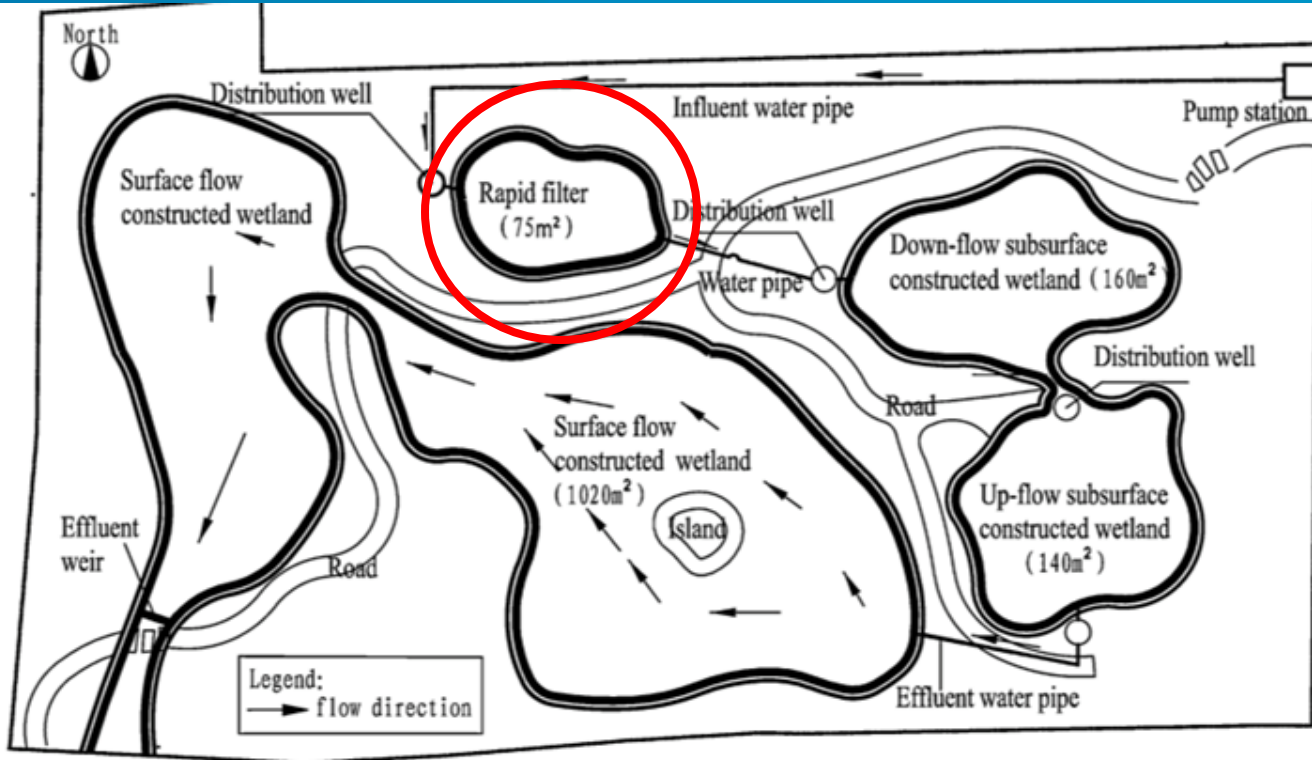


Figure 17 : Plan du système de lagunage à 4 étapes. (Jia et al., 2014).

Water quality parameter	Influent	Rapid filter outlet	Subsurface wetland outlet	Surface wetland outlet	Removal rate by rapid filter	Removal rate by subsurface wetland	Removal rate by surface wetland	Total removal rate
COD (mg/L)	25.33	17.74	11.79	9.6	29.9	24.3	7.9	62.1
Turbidity (NTU)	4.03	1.37	1.54	1.23	13.6	48.2	7.7	69.5
TN (mg/L)	4.08	3.01	1.96	1.24	26.3	30.8	12.5	69.6
NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	0.89	0.65	0.41	0.22	24.2	32.8	18.3	75.3
NO ₃ ⁻ -N (mg/L)	1.44	0.69	0.29	0.16	51.7	27.9	9.3	88.9
NO ₂ ⁻ -N (mg/L)	0.26	0.1	0.05	0.03	56.6	24.1	7.8	88.5
TP (mg/L)	0.28	0.22	0.14	0.11	23.8	26.1	10.8	60.7
PO ₄ ³⁻ -P (mg/L)	0.16	0.12	0.07	0.06	26.9	30.3	5.3	62.5

Tableau 16 : Les concentrations moyennes et les taux d'élimination pour les paramètres de qualité d'eau. (Jia et al., 2014)

Méthodologie : solutions existantes dans la littérature

Filtre à réactif cylindrique

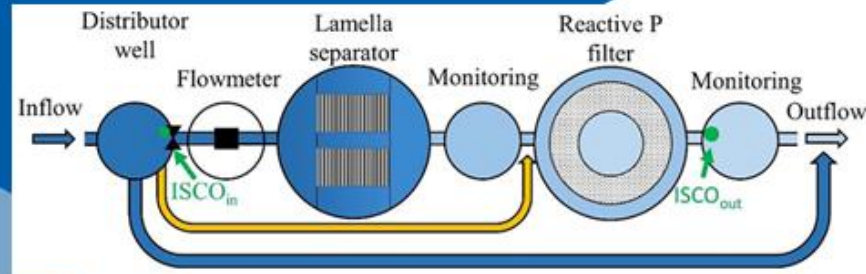


Figure 18 : Schéma du système de drainage. (Pugliese et al., 2020)

Filtre de 2m de diamètre sur 2m de haut.

Composé de deux cylindres concentriques de 0,8 et 1,5m de diamètre.

L'espace inter-cylindre est de 70cm, rempli de coquilles concassées

Le niveau d'eau est de 1,7m à l'intérieur.

Le débit dans le filtre est entre 17000 et 43000m³/an soit entre 46,5 et 117m³/jour

Rétention théorique de 62% de phosphore.

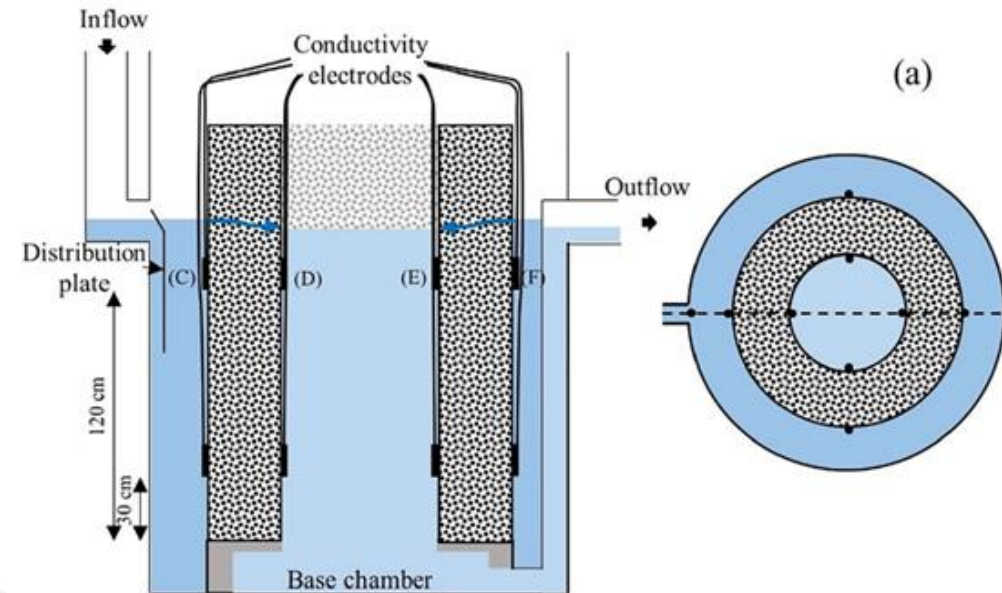


Figure 19 : Vue en coupe transversale (à gauche) et projection (à droite) du filtre à réactif à grande échelle. (Pugliese et al., 2020)

Méthodologie : solutions existantes dans la littérature

Filtre saturé à flux inversé

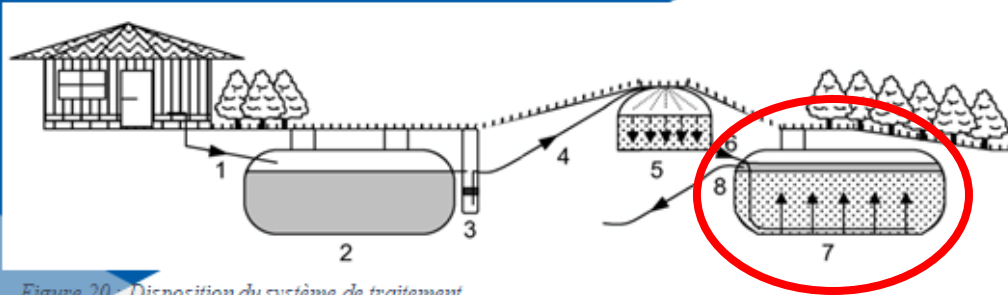


Figure 20 : Disposition du système de traitement.

(1) entrée (eaux usées domestiques), (2) fosse septique, (3) pompe de relevage, (4) effluents de la fosse septique, (5) biofiltre, (6) effluents du biofiltre, (7) filtre saturé à flux inverse, et (8) sortie (Heistad et al., 2006).

Filtre up-flow saturé de $3,2\text{m}^2$ sur $1,2\text{m}$ soit 6m^3

Composé de Filtralite 2-4.

Alimentation $132 - 254\text{L}/\text{m}^2/\text{j}$

Sorption du phosphore de 96,4% après 3 ans

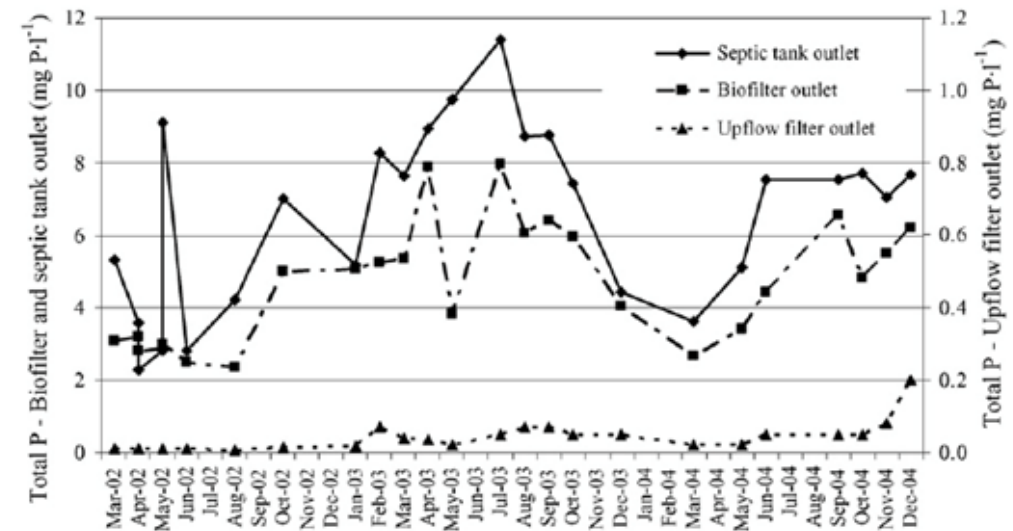


Figure 21 : Concentration du phosphore en fonction du temps à la sortie de chaque compartiment. (Heistad et al., 2006)

Méthodologie : solutions existantes dans la littérature

Système à ultrasons



Figure 22 : Système à ultrasons installé dans une carrière ouverte à la plongée sous-marine.
(LG-Sonic, 2021)

Traitement pour 2 réservoir d'eau dans le New Jersey (USA)

Réservoir 1 environ 80ha pour 3 000 000 m³

Considéré comme eutrophique

Traitement avec un programme général puis un programme ciblé pour les cyanobactéries

FIGURE 3 Reservoir 1 total cell counts for all algal divisions

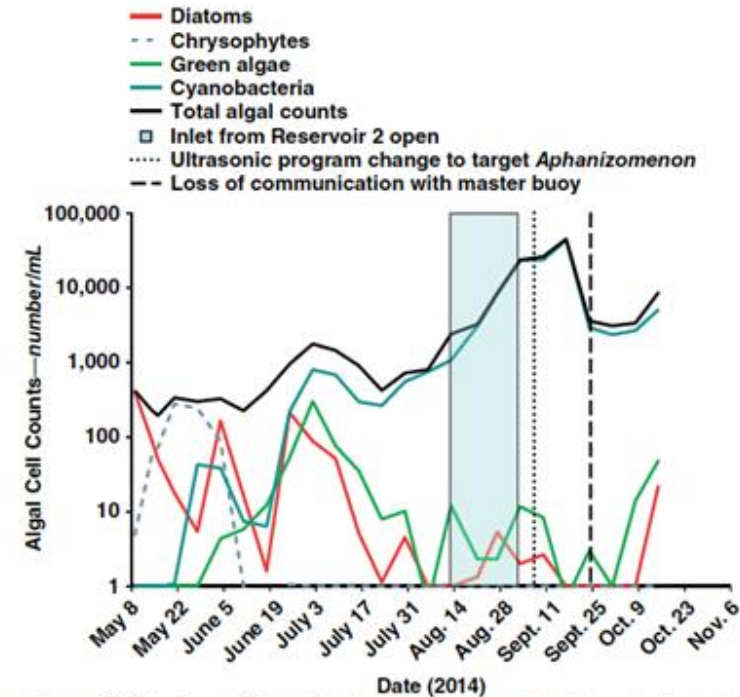


Figure 24 : Nombre cellule en fonction du temps avec 2 traitements ultrasoniques.
(Schneider et al., 2015)

Méthodologie : solutions existantes dans la littérature

Introduction de poissons herbivores

La carpe Amour

Taille : +/- 150 cm

Poids : +/- 35 kg

Croissance rapide

Densité maximum : 250 kg/ha

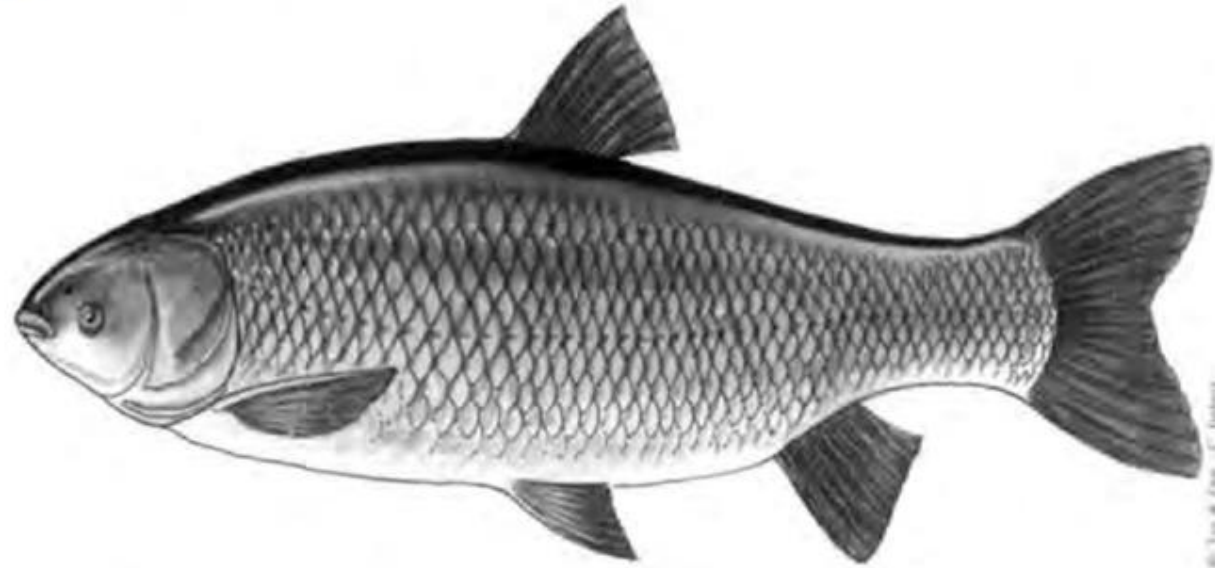


Figure 25 : La carpe herbivore *Ctenopharyngodon idella*.
(Valentienne, 1844, cité dans Bruslé et Quignard, 2001)

Méthodologie : solutions présélectionnées et prédimensionnement

Sélection de solutions sur base d'une séries de contraintes techniques :

- ❖ Prédimensionnement de la **surface** qui serait nécessaire sur base du **débit** et du **temps de séjours** nécessaires
- ❖ Rendement minimum de 50%
- ❖ Pas d'électricité
- ❖ Ecoulement **gravitaire** entre le filtre et l'étang amont
- ❖ Hauteur du lit ne pourra pas dépasser 1 m

Système de filtration & pré-dimensionnement

Filtre planté à flux vertical

	Filtre planté à flux horizontaux	Filtre planté à flux verticaux	Filtre rapide vertical	Filtre réactif cylindrique	Filtre up-flow saturé
Débit l/m2/j	50	52,5	1000	15915	150
Temps séjour j	2,6	1	0,13	0,06	12,5
Hauteur lit m	0,4	0,3	1	2 X	1,2
Echelle	Pilote	Pilote	Taille réelle	Pilote	Pilote
Média	Calcite	Laitier	Sable	Coquillages broyés	Filtralite 2-4
Performance P	50-60%	50%	25% X	60%	95%
En gardant même hauteur de lit que pilote/étude					
11.5 l/s => 994 m³/j					
Surface sur Q spécifique m2	19872	18926	9934	62	6624
Surface sur tps de séjour m2	6458	3312	135	31	10350
2 l/s => 173 m³/					
Surface sur Q spécifique m2	3456	3291	173	11	1152
Surface sur tps de séjour m2	1123 X	576	23	5,5	1800 X

Tableau 21 & 22 : Récapitulatif & Pré-dimensionnement de chaque système de filtration.

Seul le filtre planté à flux vertical permet d'obtenir une surface de filtre inférieure au maximum de la zone de travail en jouant sur la hauteur de lit.

+ Test de 2 autres systèmes : ultrason et poissons herbivores (dias suivantes)

Méthodologie : 3 solutions finales et dimensionnement

Filtre planté à flux vertical

! Surface maximum disponible sur site
pour la roselière = 350 m²

	Débit du pilote (l/m ² /j)	Temps séjour (j)	Hauteur de lit (m)	Surface (m ²) en fct du tps de séjour et du débit fixé à l'entrée de l'étang
Filtre planté à flux verticaux (pré- dimensionnement)	52,5	1	0,3	576
Filtre planté à flux verticaux (dimensionnement)	105	1	0,6	288

Tableau 23 : Dimensionnement du filtre planté à flux vertical.

Le doublement de la hauteur du lit permet de réduire la surface par 2

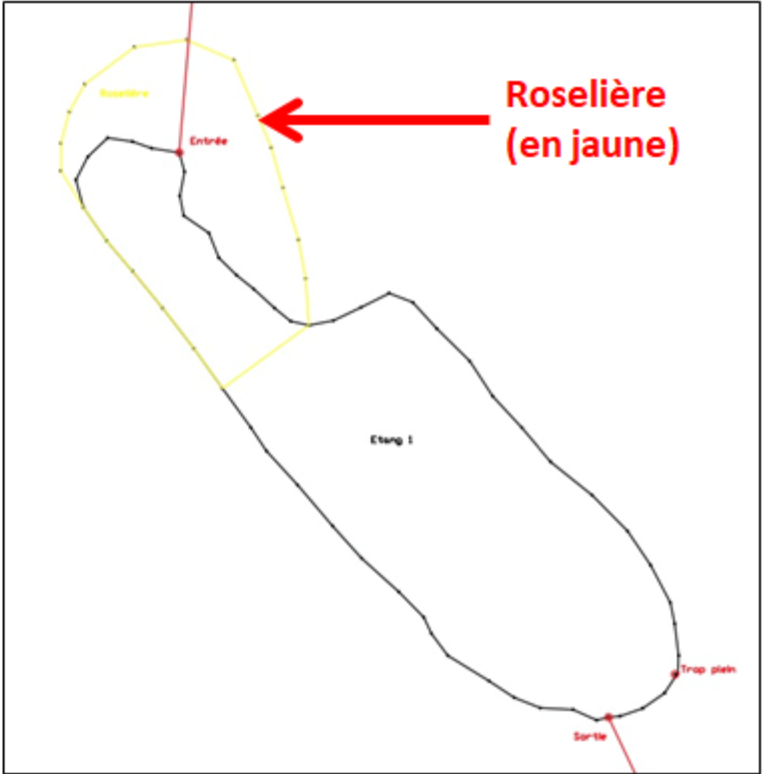


Figure 26 : Plan du projet de roselière.

Méthodologie : 3 solutions finales et dimensionnement

Introduction de poissons herbivores

Poids moyen individuel (g)	Densité de population (kg/ha)	Nb moyen/ha
10-15	50-60	5000
20	60-90	4000
30	60-120	3000
100	120-150	1500
200	180-250	1000
>300	>200-300	500-850

Tableau 25 : Relation entre le poids des individus et la densité de mise en charge. (Zonneveld & Van Zon, 1985 ; cité dans Jeandrain, 2001)



Préconisation par les spécialistes :

1 individu par m³

(Aquiflor, communication personnelle, 2021).

Préconisation par expériences :

260 individus par ha

(H., Jypsin, communication personnelle, 2021)

Méthodologie : 3 solutions finales et dimensionnement

Système à ultrasons

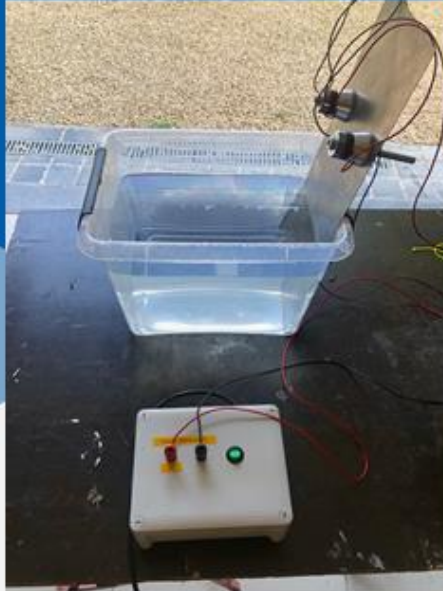


Figure 27 : Dispositif expérimental avec le premier appareil à ultrasons (50 W et 30 kHz).



Figure 28 : Deuxième appareil à ultrasons (600 W et 30 kHz).

- ❖ Test de 2 systèmes dont 1 a rendu l'âme
- ❖ 2 bacs avec algues
- ❖ 1 bac avec ultrason et l'autre sans (témoin)
- ❖ Après 7 jours, analyse par spectrophotométrie de la chlorophylle → quantité d'algues → **masse sèche algues de 358 mg/l bac ultrasons et 1 421 mg/l bac témoin (rendement 75%).**

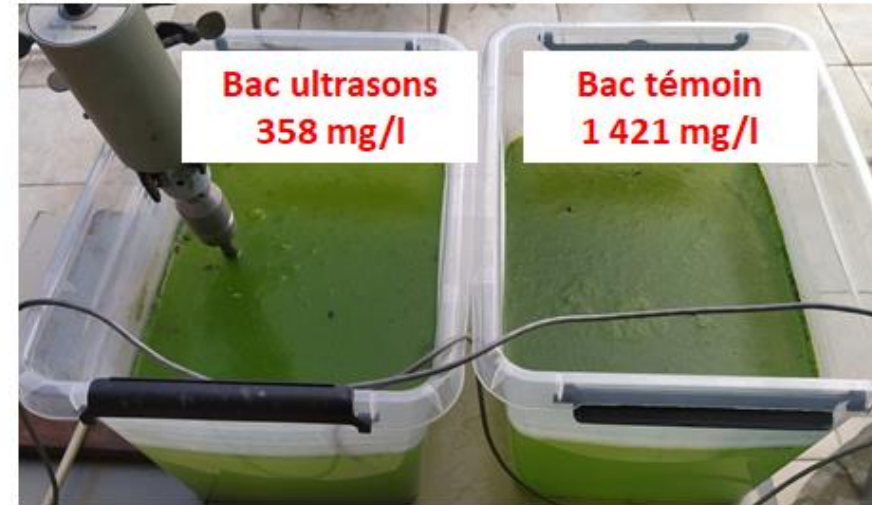


Figure 29 : Observation 1 après 7 jours.



Figure 30 : Observation 2 après 7 jours.

Méthodologie : comparaison des coûts des 3 solutions finales

Filtre planté à flux vertical



Filtre planté à flux vertical inversé : estimatif des coûts				Filtre planté à flux vertical inversé : estimatif des coûts			
Désignation	Quantité	Prix unitaire	Total	Désignation	Quantité	Prix unitaire	Total
Terrassement (m ³)	350	25,00 €	8 750,00 €	Rehausse chambre de visite 30 * 30 * 30 cm (pc)	1	17,47 €	17,47 €
Sable stabilisé (m ³)	35	62,90 €	2 201,50 €	Couvercle chambre de visite 38 * 38cm (pc)	1	7,60 €	7,60 €
Tuyaux PVC 160 mm (m)	15	9,43 €	141,45 €	Membrane d'étanchéité (m ²)	450	11,95 €	5 377,50 €
Té PVC (pc)	5	19,09 €	95,45 €	Calcaire concassé de carrière 60 – 90 mm (m ³)	175	31,28 €	5 474,00 €
Coude PVC 90 ° (pc)	1	10,89 €	10,89 €	Géotextile 150g/m ² (m ²)	350	1,50 €	525,00 €
Coude PVC 45 ° (pc)	5	10,89 €	54,45 €	Plantes aquatiques (pc)	1000	3,00 €	3 000 €
Drain DN160 (6 m)	2	36,88 €	73,76 €	Main d'œuvre hors terrassement	75	45,00 €	3 375,00 €
Béton pour fondation chambre de visite (m ³)	2	120,00 €	240,00 €	TOTAL			29 365 €
Regard chambre de visite 30 * 30 *30 cm (pc)	1	20,81 €	20,81 €				

Tableau 24 : Filtre planté à flux vertical inversé - estimatif des coûts.

16/05/2023

26

Source : adapté de DURET Arnaud, 2021, Mémoire de fin d'étude du Master en Sciences et Gestion de l'Environnement, ULIEGE, Eutrophisation de 2 étangs dans la région de Fays-Les-Veneurs, recherche de solutions.

Méthodologie : comparaison des coûts des 3 solutions finales

Système à ultrasons



Spécifications techniques

- Consommation électrique 75 watts
- Portée sonore 100 mètres, 50 mètres de chaque côté (via générateur de clic)
- 2 générateurs de clic avec une longueur de câble de signal de 15 m, fiche à 3 pôles IP68. En option jusqu'à 4 générateurs de clics évolutifs (voir accessoires)
- Commande électronique de tension 12-24VDC / 88-264VAC, 47-63Hz (câble de 1m avec connecteur EU)
- Générateur de clics en acier inoxydable
- Boîtier électronique Dimensions LxlxH 410x350x325 mm
- Générateur de clic Dimensions LxDiamètre 180x63 mm
- Poids 5,5 kg
- produit de qualité européenne
- 2 ans de garantie

Pour l'étang aval environ **3 450 €**

Inclus :
le système à ultrasons fonctionnant en 12-24 V DC
le boîtier de commande
2 émetteurs

(A., Maes communication personnelle, 2021 ; ClickSonic AG, 2021).

16/05/2023

27

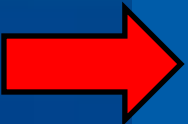
Méthodologie : comparaison des coûts des 3 solutions finales

Introduction de poissons herbivores

Type de carpes	Taille (cm)	Prix (€)
Carpes Amour « classiques »	12/14	7,50
	25/30	29,50
Carpe Amour albinos	7/9	6,50
	25/30	59,95

Tableau 26 : Prix d'achat pour des carpes Amour « classiques » ou albinos. (Aquiflor, communication personnelle, 2021)



 Soit **150 €** pour 20 individus
(20 * 7.50 euros)

16/05/2023

29



3^{ème} partie

Autre exemple de méthodologie en Sciences et Gestion de l'environnement



Exemples de méthodologies en Sciences et Gestion de l'environnement



Antoine DENIS

Antoine.DENIS@ULIEGE.BE



Autre exemple de méthodologie en Sciences et Gestion de l'environnement (1/1)

DÉMONSTRATION DE DÉFORESTATION ILLÉGALE EN AMAZONIE

DANIEL BRINDIS, GREENPEACE, 2014-2015

Source : www.greenpeace.org/usa/

Source de l'illustration vectorielle: Freepik

Sources des images : <https://www.greenpeace.fr/>, <https://www.24heures.ch/>, <https://infoamazonia.org/>



Démonstration de déforestation illégale en Amazonie

Daniel Brindis, Greenpeace

Objectif

Démontrer/prouver des
activités illégales de
déforestation dans certains
territoires d'Amazonie



Source de l'image : <https://widerimage.reuters.com/>

1. Traceurs GPS



Traceur GPS aimanté

© Otávio Almeida / Greenpeace



Make: Mercedes Benz
Model: Axor 2831 6x4
Colour: X
Registered: 2011/12
Licence plate: NTC 2321
Chassis: 71723

10 September 2014

- 1 12:16, parked in the Odani sawmill
- 2 14:24, driving to an illegal logging camp
- 3 17:03, returning to the Odani sawmill
- 4 17:42, parked in the Odani sawmill
- 5 19:04, driving from Odani sawmill to the BR-163
- 6 23:03, turning onto the BR-163, heading to Santarém
- 7 00:50, arriving at the Sabugy sawmill



© Otávio Almeida / Greenpeace

Placement de traceurs GPS sur les camions transportant le bois illégal afin d'identifier la source

Source : Daniel Brindis, Greenpeace, October 15, 2014, Using GPS Trackers, Forest Crimes Unit Exposes Amazon Timber Smuggling, <https://www.greenpeace.org/usa/using-gps-trackers-forest-crimes-unit-exposes-amazon-timber-smuggling/>, Photos : © Otavio Almeida, Greenpeace

2. Photos aériennes

Photo aérienne de grumes (troncs d'arbres abattus) dans le territoire indigène « Cachoeira Seca » où la coupe d'arbres est illégale.

Le bois illégal est ensuite « blanchi » via la falsification de documents administratifs attestant de l'origine du bois, et ensuite exporté vers les Etats-Unis, la Chine et l'Europe.



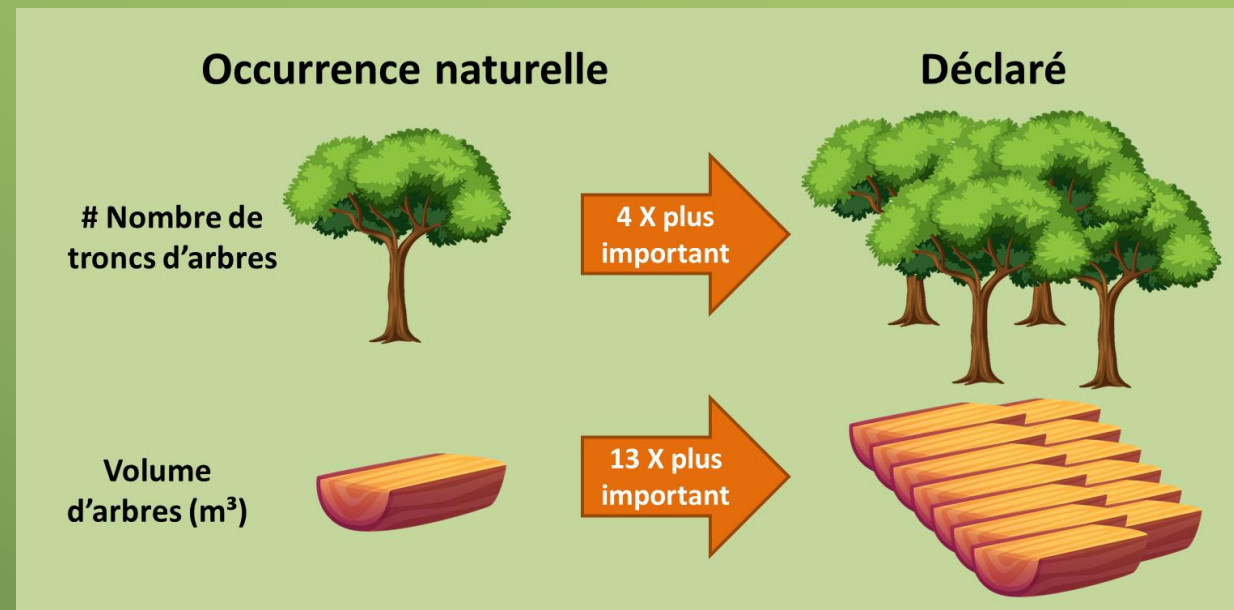
3. Etude : comparaison de la quantité de bois théorique potentielle et déclarée

Greenpeace a commissionné une étude à l'université brésilienne Universidade de São Paulo, qui avait pour but de **comparer** :

- les quantités de bois pouvant en principe naturellement pousser sur un territoire donné
- la quantité de bois déclarée comme provenant de ce territoire.

Cette étude a montré que :

- ❖ Le nombre de troncs d'arbres d'ébène (« ipê tree ») **déclaré** était 4 fois plus important que le nombre d'arbres de cette espèce que l'on peut s'attendre à retrouver normalement dans cet environnement selon **l'occurrence naturelle** de cette espèce.
- ❖ Le volume (en mètres cubes) par hectare d'arbres d'ébène **déclaré** était 13 fois plus important que le volume naturel dans la région.





© Marizilda Cruppe / Greenpeace



Source des images : <https://www.greenpeace.fr/>, <https://www.24heures.ch/>, <https://infoamazonia.org/>, <https://www.lifegate.com/>, <https://widerimage.reuters.com/>

Contribution des différents auteurs à l'élaboration de ce document



Contribution des différents auteurs à l'élaboration de ce document

Auteur	Contribution
DENIS Antoine	Conception du document global, recherche et compilation des méthodologies présentées, synthèse, reformulation et complémentation des méthodologies présentées dans certains cas.
Greenpeace	Auteur du rapport scientifique de l'étude « MON AIR, MON ÉCOLE Étude sur la pollution de l'air dans 222 écoles belges »
Perrine Renard, Étienne Branquart, Vinciane Schockert	Auteurs de l'article « LES MAMMIFÈRES PRÉDATEURS EN WALLONIE : UNE MENACE POUR LA CHOUETTE HULOTTE ? »
Ramin Heidarian Dehkordi, Antoine Denis, et al.	Auteurs de la majeure partie du contenu repris dans la section concernant le projet de recherche « Evaluation de l'impact des aires de faulde (charbonnières) centenaires sur la croissance des cultures à l'aide d'imagerie drone »
BERTHOLET Marie	Auteure du mémoire de fin d'études « La définition des prix justes dans les coopératives citoyennes de circuits courts : comment traduire les projets collectifs en matière de système agroalimentaire ? »
TCHAPO Labo	Auteure du mémoire de fin d'études « ANALYSE DE L'EFFET SAISONNIER SUR LA QUALITÉ ÉCOLOGIQUE DES COURS D'EAU, Cas appliqué au sous-bassin Semois-Chiers »
JONKERS Laura	Auteure du mémoire de fin d'études « LES ENJEUX DE LA COMPENSATION CARBONE PAR LE BOISEMENT ET LE REBOISEMENT : étude comparative de programmes de compensation volontaire belges et français. »
GUEBELS Alexia	Auteure du mémoire de fin d'études « Amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation selon les principes agroécologiques de gestion de l'eau : cas de la carotte dans les maraîchages irrigués à Grand Popo, Bénin. »
DURET Arnaud	Auteur du mémoire de fin d'études « Eutrophisation de 2 étangs dans la région de Fays-Les-Veneurs, recherche de solutions »
BRINDIS Daniel	Auteur des 2 pages web consultées du site www.greenpeace.org/usa/