

Mai 2021

Redonner vie aux friches wallonnes par l'implantation de cultures végétales

WALLPHY

Réalisation de projets appliqués
de phytomanagement en Wallonie



Objectifs du projet

Aménager des plantations-pilotes pour :

- ➔ **Améliorer les connaissances dans le phytomanagement pour élargir l'offre de modes de gestion et de valorisation de sites marginaux.**
- ➔ **Appliquer la phytostabilisation des sites contaminés.**
- ➔ **Contribuer au développement durable grâce à une réflexion sur l'utilisation de la biomasse produite dans une logique d'économie circulaire.**



Le **phytomanagement** désigne un mode de gestion qui recouvre un ensemble de techniques de génie écologique utilisant in situ un couvert végétal à des fins de protection et de restauration des sols industriels ou fortement anthropisés, et ce dans une perspective de développement durable. Ce mode de gestion offre de multiples opportunités dont la production de biomasse pour alimenter l'économie biosourcée, la gestion des risques liés à une pollution, la préservation des écosystèmes, etc.

La **phytostabilisation** est une technique de phytoremédiation in situ visant à stabiliser une pollution par les plantes. Il s'agit d'un mode de gestion pour immobiliser des polluants dans le sol.

Le projet en 3 phases

SÉLECTION DE 3 SITES AUX PROFILS DIFFÉRENTS

- Acquisition de données sur les sites marginaux en territoire wallon.
- Acquisition d'expérience pour la rédaction de contrat de mise à disposition avec des propriétaires publics ou privés.

MISE EN OEUVRE DES PLANTATIONS

- Acquisition d'expérience : cahier des charges pour la mise en oeuvre des plantations / Démarches administratives découlant du CoDT et du Décret Sol / Prise en compte des enjeux de biodiversité / Communication auprès des riverains des sites-pilotes.

SUIVI SCIENTIFIQUE

- Suivi écologique et écotoxicologique des plantations au travers de l'étude de la mobilité des contaminants, de leur bioaccumulation et d'indicateurs biologiques (activité microbienne et vers de terre).

Hensies

Dépôt de
sédiments
pollués en zone
Natura 2000
2 hectares

Charleroi

Ancien terril
en friche
1,5 hectare

Ciney

Ancien dépotoir
en réhabilitation
1 hectare

Redonner vie aux friches wallonnes

Sommaire

3 plantations-pilotes

Général

Le site de Hensies

Expérimentation de
phytostabilisation

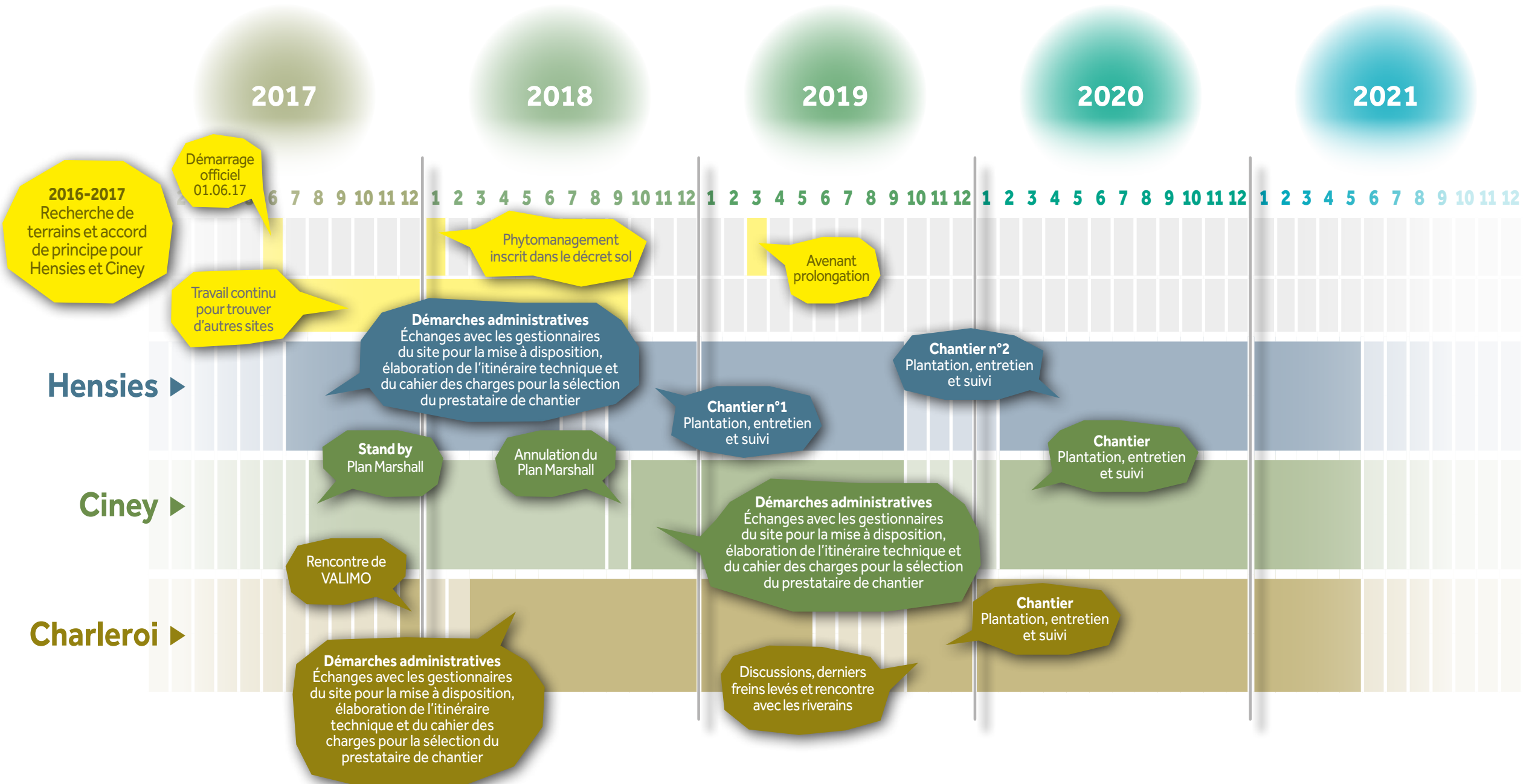
Le site de Ciney

Expérimentation de
phytostabilisation et
étude des voies de
valorisation du
miscanthus

Le site de Charleroi

Expérimentation de
phytomanagement et
étude des voies de
valorisation de la biomasse

Durée du projet : 2017 à 2021



LE SITE DE HENSIES



LOCALISATION

Rive droite du Canal de Pommeroeul-Condé à Hensies

SURFACE DISPONIBLE

1,7 hectare

VÉGÉTATION INITIALE

Orties, cirses et sureaux

CARACTÉRISTIQUES DU SOL

- Sédiments principalement limons argileux (<2mm) parfois mélangés à des débris divers
- Eutrophisation avec teneurs élevées en matière organique
- Présence d'une contamination métallique et organique

OBJECTIF

Expérimentation de phytostabilisation

1.

Détermination des taux de reprise et de croissance d'espèces ligneuses locales selon les conditions du site (pollution, substrat drainant, etc.).

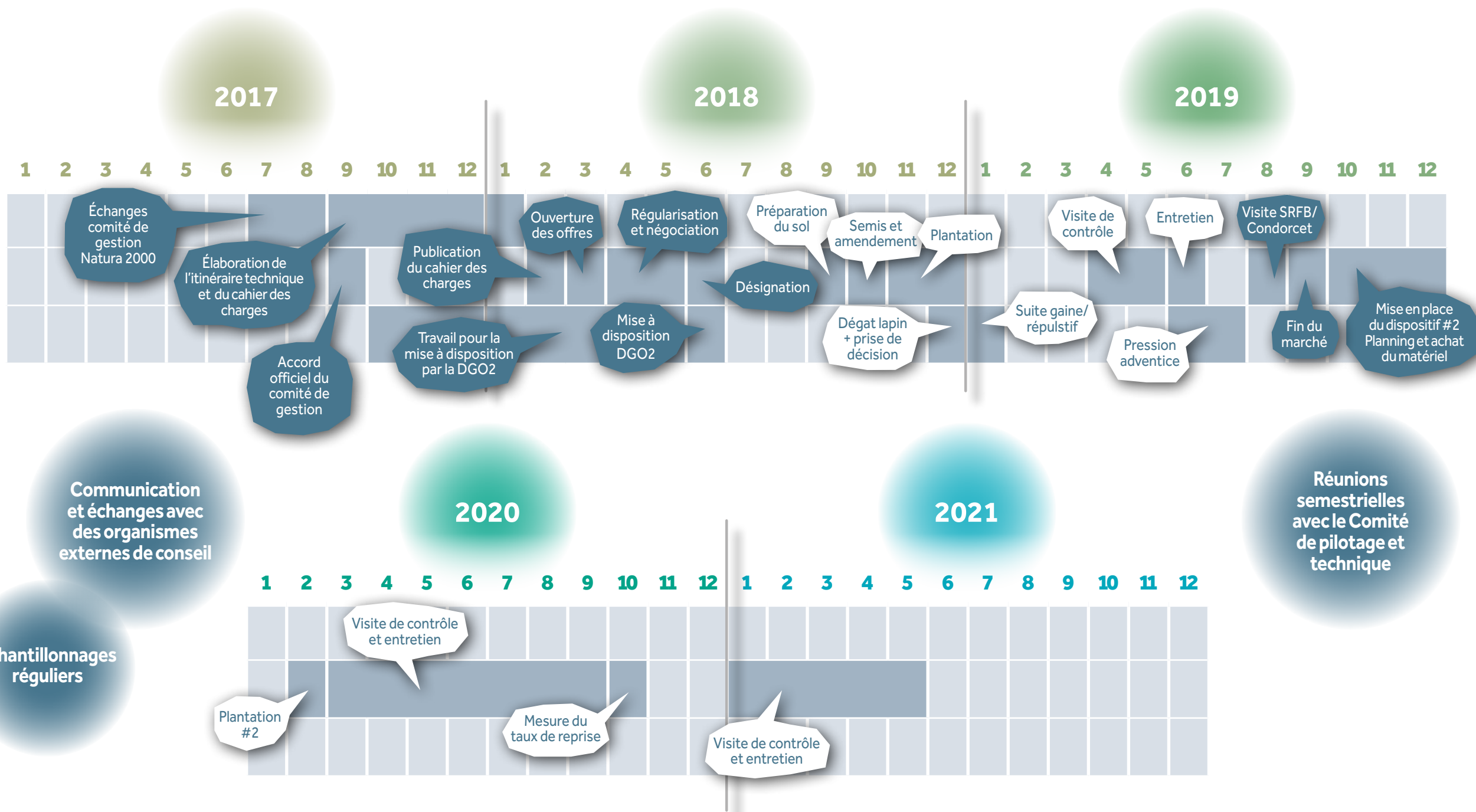
2.

Évaluation de l'influence des végétaux sur la mobilité et disponibilité des Éléments Traces Métalliques (ETMs).

3.

Étude de l'impact écotoxicologique et écologique des végétaux sur le substrat du site par rapport à la flore spontanée.

Démarches et itinéraires





ITINÉRAIRE LÉGISLATIF

- Propriétaire public : SPW Mobilité et Infrastructures (anciennement DGO2).
- Convention de recherche signée entre ISSeP et SPW Mobilité et Infrastructures pour une mise à disposition du site pour 3 ans.
- Site « Natura 2000 en Unité de Gestion 11 » (« éléments anthropiques ») ➔ gestion conjointe du site au travers d'un Comité de Gestion (Comité de Gestion du Marais d'Harchies – composé de 6 membres du SPW et DEMNA).

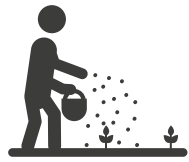
ITINÉRAIRE TECHNIQUE

1. Basé sur une expérimentation similaire : projet PHYTOSED (INERIS, France)

2. Intégrant les recommandations du Comité de Gestion

- Préserver l'usage tampon de la parcelle pour dissuader les visiteurs éventuels et préserver la zone humide d'intérêt biologique adjacente.
- Maintenir un habitat boisé avec des petites zones ouvertes afin de créer des habitats de lisière comme prévu dans le plan de gestion pour cette zone.
- Fournir un planning de travail précisant les actions qui seront réalisées ainsi que les équipements/matériel correspondant, la fréquence et les potentielles nuisances sonores.
- Limiter les nuisances entre le 1^{er} mars et 30 septembre.

Aménagement expérimental N°1



Plantation de saules + semis d'herbacées sur tout le site

Zone témoin
Non amendé

●●●●●
Bordure le long du site avec la haie indigène et les aulnes

Zone témoin
Amendé

Chemin technique

Salix viminalis
Amendé

Salix viminalis
Non amendé

Salix alba
Non amendé

Salix alba
Amendé

Salix alba
Non amendé

Salix viminalis
Amendé

Salix viminalis
Non amendé



Étapes de chantier

Passage au gyrobroyeur de surface



Préparation du sol



Amendement et semis



Vue dégagée



Plantation



Importante pression des lapins, des campagnols et des adventices

NOVEMBRE 2018

Constat

Protection des plants - haute densité

- Pression importante de la population de lapins
 - *Salix alba*: dégâts sur la première moitié des plançons
- Haie arbustive irrémédiablement endommagée

Des décisions prises :

- Protection des saules : un plant sur deux
- Application d'un répulsif
- Remise au sol des boutures viables

Taux de reprise en avril 2019 :

- ➔ **50 % reprise des saules**
- ➔ **85 % pour les aulnes**

JUIN 2019

Constat

Un défrichage provoquant la germination d'une banque de graines

- Vigueur de la flore adventice, rendant l'entretien économiquement non viable et produisant une compétition forte pour l'eau et la lumière.
 - Entretien : 132 heures (débroussailleuse et tracteur).
 - Visite de contrôle en présence de SRFB/Condorcet.
- Échec de la plantation : fin du marché et réflexion pour une nouvelle démarche.**

Observations et hypothèses

Sécheresse estivale (août 2019)

- Profil asséché sur 80 centimètres dans un contexte de substrat peu structuré.

Compétition (eau, nutriments, lumière,...)

- Successions végétales : dominance d'orties, et après entretien, cerfeuil sauvage/cirse.
- **Forte pression de petit gibier**



Profondeur d'enracinement faible des plantes indigènes

- Anoxie du sol dans un contexte de sol au taux de matière organique important sur tout le profil ?



Constat de l'échec de la plantation et forte présence d'adventices

~~Aménagement
expérimental N°1~~



**Aménagement
expérimental N°2**

Aménagement expérimental N°2

Basé sur la méthode de plantation en cellule*

- **Méthode utilisée en milieu forestier mais application novatrice en phytomanagement et de faible coût.**
- **Parcelles de petites surfaces (5 x 5m²) très espacées (régénération naturelle entre les cellules).**
- **Utilisation de plusieurs plants par cellule (<1 arbre/m²). À terme, ne restera qu'un seul individu.**
- **Utilisation de plusieurs espèces végétales.**

Ce deuxième aménagement permet de :

- établir de meilleures conditions pour permettre aux plants de redémarrer :
 - pression adventice : concentrer les efforts pour la fauche (petites parcelles, coût et logistique du paillage/toile acceptable)
 - pression gibier : installation de gaines à coût viable
- comprendre quelles espèces sont les mieux adaptées au substrat particulier que sont les sédiments (pollution, substrat drainant, etc.)

* Ou méthode Klump

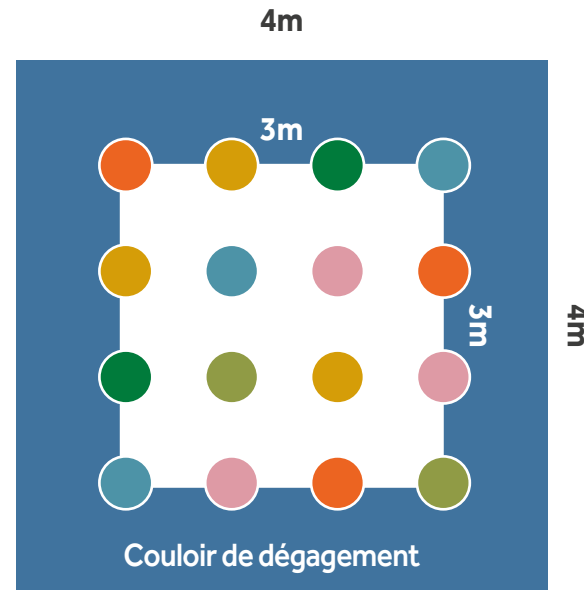
L'aménagement retenu

- 8 espèces végétales scindées en deux consortia (modalités 1 & 2)
- Comparée à la végétation spontanée (zone témoin)
- 2 modalités avec 6 répliquats et zone témoin

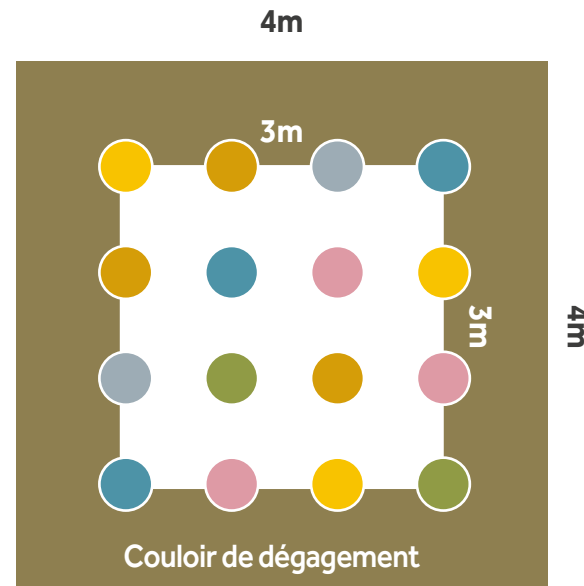


Aménagement de la plantation en cellule

Modalité 1



Modalité 2



Modalité 1	Modalité 2
Saules (<i>Salix viminalis</i>) 3 sujets	Saules (<i>Salix viminalis</i>) 3 sujets
Aulnes (<i>Alnus glutinosa</i>) 3 sujets	Aulnes (<i>Alnus glutinosa</i>) 3 sujets
Peuplier grisard (<i>Populus x canescens</i>) 3 sujets	Peuplier grisard (<i>Populus x canescens</i>) 3 sujets
Chêne pubescent (<i>Quercus pubescens</i>) 2 sujets	Chêne pubescent (<i>Quercus pubescens</i>) 2 sujets
Fusain (<i>Euonymus europaeus</i>) 2 sujets	Chêne sessile (<i>Quercus petraea</i>) 2 sujets
Viorne (<i>Viburnum opulus</i>) 3 sujets	Cornouiller (<i>Cornus sanguinea</i>) 3 sujets

Plantation en février 2020

La végétation spontanée
(zone témoin)

Chemin technique

Marais d'Harchies

Canal Condé-Pommeroeul

1 ○

Mod 1

Mod 2

Mod 1

3 ○

Mod 2

Mod 1

Mod 2

7 m

3 m

Mod 2

2 ○

Mod 1

Mod 2

Mod 1

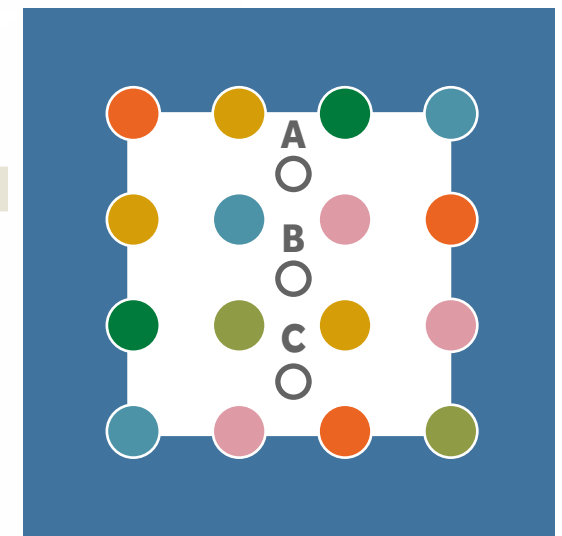
Mod 2

4 ○


Mod 1

5 ○

○ Emplacement des points
d'échantillonnage du sol
et des eaux porales



Suivi mené sur site

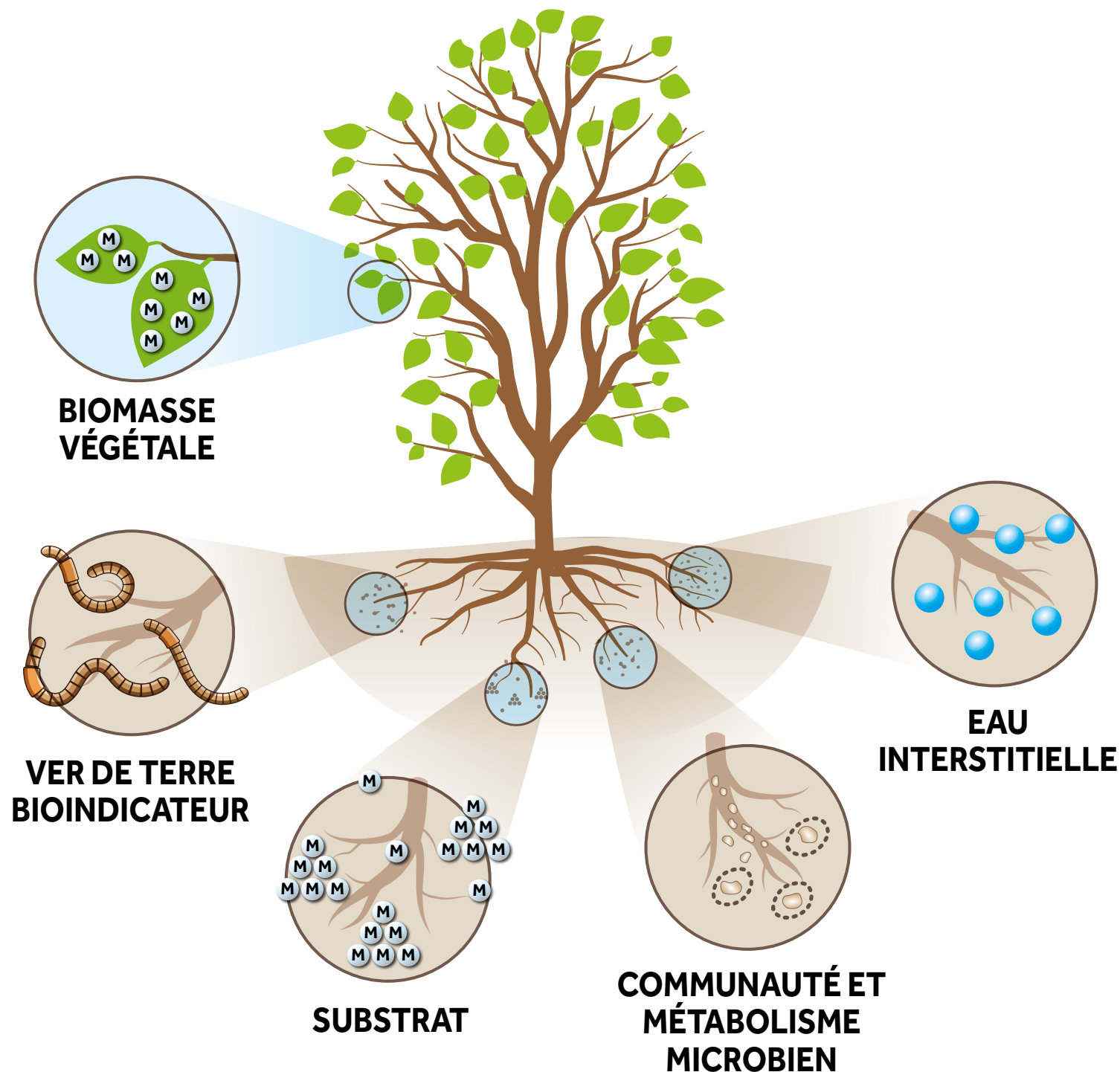
- 1. Étude du taux de reprise des plantations**
- 2. Étude de la mobilité et disponibilité des ETMs** 
- 3. Test sur les capacités de phytostabilisation de la plantation**
- 4. Réalisation de tests écotoxicologiques**



La phytostabilisation a pour objectif de réduire les concentrations en ETMs (éléments traces métalliques) mobiles grâce aux processus chimiques et biologiques ayant cours au niveau du réseau racinaire des plantes.

Suivi mené sur site

Afin de comprendre au mieux les différents processus de phytostabilisation au cours du temps sur le site et de mieux gérer la dynamique des ETMs, l'étude se répartit sur divers aspects : le sol, l'eau interstitielle, le végétal et des indicateurs biologiques.



Résultats du taux de reprise

Espèces	% de reprise
Aulne	89 %
Chêne sessile	100 %
Viorne	94 %
Cornouiller	100 %
Fusain	100 %
Chêne pubescent	100 %
Saule	86,11 %
Peuplier	69 %

Relevé en octobre 2020

- **Taux de reprise global supérieur à 90 %.**

- **Efficacité du paillage et de la toile.**

Note : Un débroussaillage régulier des pourtours est nécessaire.

- **L'ensemble des essences ont été plantées en motte, tandis que le peuplier**

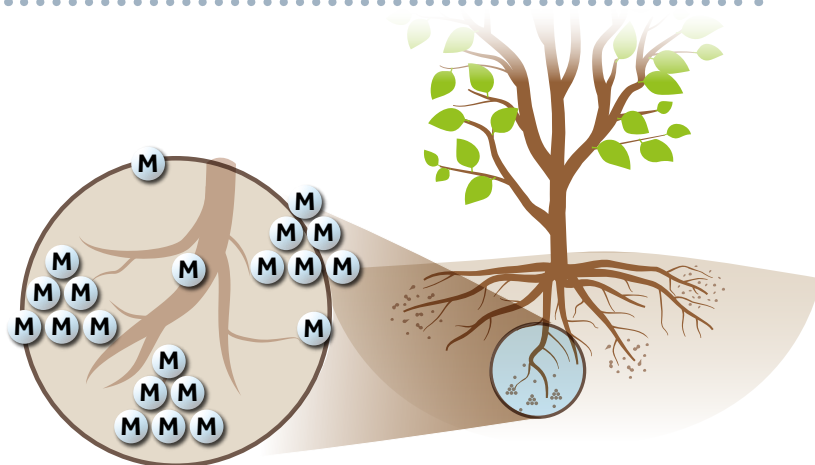
grisard a été planté en racines nues. Ceci pourrait expliquer une reprise moindre dans un contexte pédologique et météorologique difficile.

- **Un suivi des taux de reprise doit être maintenu durant les premières années pour confirmer ces tendances.**



Relevés en octobre 2020

Contamination totale du substrat en Éléments Traces Métalliques (ETMs)



SUBSTRAT

MÉTHODOLOGIE

- Prélèvements (20-30 cm de profondeur) en février 2020 (t0) et octobre 2020 (t1).
- 3 prélèvements/cellule + 5 prélèvements/zone témoin.



Prélèvement de substrat dans les différentes cellules.

RÉSULTATS

- ➔ Contamination en ETMs : concentrations en Zn, Pb et Cr cohérentes avec un usage de type V et concentration en Cu > usage de type V.
- ➔ Organiques : concentrations cohérentes avec un usage de type IV/V.

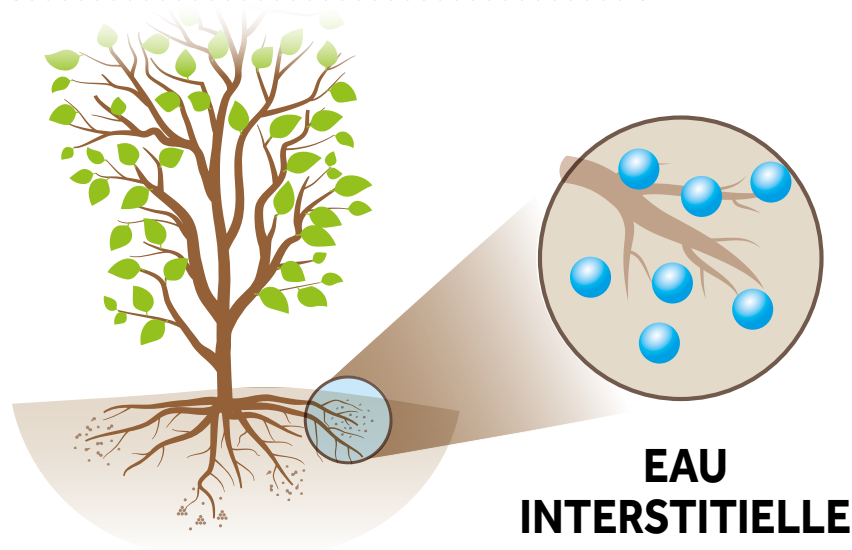


INTERPRÉTATION

Contamination en ETMs élevée.

La teneur totale des métaux dans le sol ne fournit qu'une information partielle.

Mobilité et disponibilité des ETMs



MÉTHODOLOGIE

- **Utilisation de bougies poreuses : 3/cellule + 5/zone témoin.**
- **4 mesures temporelles : mars 2020, juin 2020, octobre 2020 et janvier 2021.**
- **Mesure par spectroscopie de masse (ICP-MS).**



Bougie poreuse installée dans une cellule pour récupérer l'eau interstitielle.

Cette intervention permet de collecter la fraction mobile de l'ETM contenue dans le substrat (eau interstitielle) potentiellement absorbable par les plantes. La disponibilité (par commodité, considérée dans cette étude comme étant le rapport entre la concentration dans l'eau interstitielle et dans le sol) de chaque ETM nous renseigne sur la susceptibilité de l'ETM à passer dans la phase liquide.

Mobilité des ETMs

RÉSULTATS

- ➔ L'immobilisation du Cr, Cu, Mn et Ni semble particulièrement favorisée par le phyto-aménagement dans la modalité 2.
- ➔ L'immobilisation du Cr, Mn et Ni dans la modalité 1 semble également plus importante que dans la zone témoin. Cependant, le Fe semble quant à lui plus mobile dans la modalité 1 que dans la zone témoin.

- ➔ La mobilité du Zn et As est plus élevée dans les deux modalités que dans la zone témoin. Toutefois, la modalité 2 présente une mobilité moindre que celle de la modalité 1.
- ➔ Le Cd est moins mobile dans la modalité 2 que dans la modalité 1.
- ➔ La mobilité de l'As semble diminuer au cours du temps dans les deux modalités.

Effets de la plantation et influence du cycle saisonnier sur la mobilité des ETMs

		Cr*	Cu*	Fe	Mn	Ni*	Zn*	Cd*	As*	Pb*
Effet sur l'immobilité de l'ETM par rapport à la zone témoin	Modalité 1	Positif	Négatif	Négatif	Positif	Positif	Négatif	Négatif	Négatif	Neutre
	Modalité 2	Positif	Positif	Neutre	Positif	Positif	Négatif	Neutre	Négatif	Neutre
Immobilité temporelle des ETMs sur un an	Zone témoin	Augmente	Diminue	Augmente	Stable	Augmente	Diminue	Stable	Diminue	Stable
	Modalité 1	Augmente	Diminue	Stable	Augmente	Stable	Diminue	Diminue	Stable	Stable
	Modalité 2	Augmente	Diminue	Stable	Diminue	Augmente	Stable	Stable	Stable	Stable
Présence de cycle saisonnier	Zone témoin et modalités	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non

* ETM normé selon le décret sol (1^{er} mars 2018)

Disponibilité des ETMs

RÉSULTATS

- ➔ Disponibilité élevée : As/Cu > Ni/Zn/Cd > Cr.
- ➔ Possible absorption de ces ETMs par le système racinaire/aérien des plantes.

ÉVOLUTION TEMPORELLE

- ➔ Disponibilité : As/Cu/Cd augmente plus dans la zone témoin par rapport aux cellules.
- ➔ Disponibilité : Zn diminue plus dans les cellules par rapport à la zone témoin.
- ➔ Disponibilité : Pb/Ni = stable/nulle.
- ➔ Disponibilité : Cr augmente plus dans les cellules par rapport à la zone témoin.

Effet de la plantation sur la disponibilité des ETMs

ETMs		Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Cd	As	Pb
Disponibilité initiale	Cellules	Très basse	Élevée	Très basse	Très basse	Moyenne	Basse	Basse	Très élevée	Très basse
	Zone témoin	Basse	Élevée	Très basse	Très basse	Élevée	Basse	Très basse	Moyenne	Très basse
Disponibilité des ETMs sur 9 mois	Cellules	Stable	Augmente	Stable	Diminue	Stable	Diminue	Stable	Augmente	Stable
	Zone témoin	Diminue	Augmente	Stable	Augmente	Stable	Diminue	Augmente	Augmente	Stable
Effet de la plantation*	Zone témoin et modalités	Négatif	Positif	Neutre	Positif	Positif	Neutre	Positif	Positif	Neutre

* Sur la disponibilité de l'ETM par rapport aux témoins.



INTERPRÉTATION DISPONIBILITÉ MOBILITÉ DES MÉTAUX LOURDS (ETMs)

Effet global positif de la plantation sur disponibilité des ETMs par rapport à la zone témoin.

Le comportement global des ETMs, serait positivement affecté par la plantation, la modalité 2 étant celle qui semble le mieux stabiliser les métaux les plus toxiques.

➔ pH légèrement alcalin en faveur d'une immobilisation des ETMs.

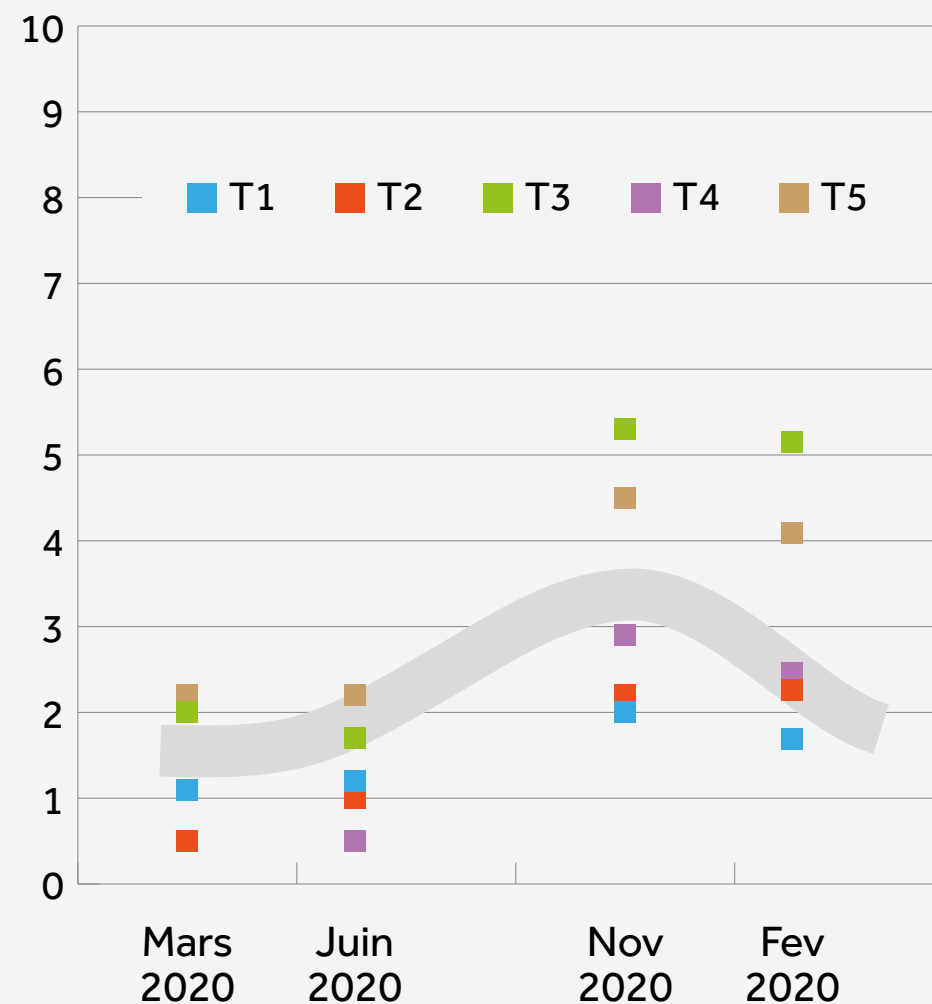
La mobilité des ETMs semble suivre un cycle saisonnier (à confirmer avec un suivi sur plusieurs années).

Les tests statistiques sur les résultats doivent encore être effectués.

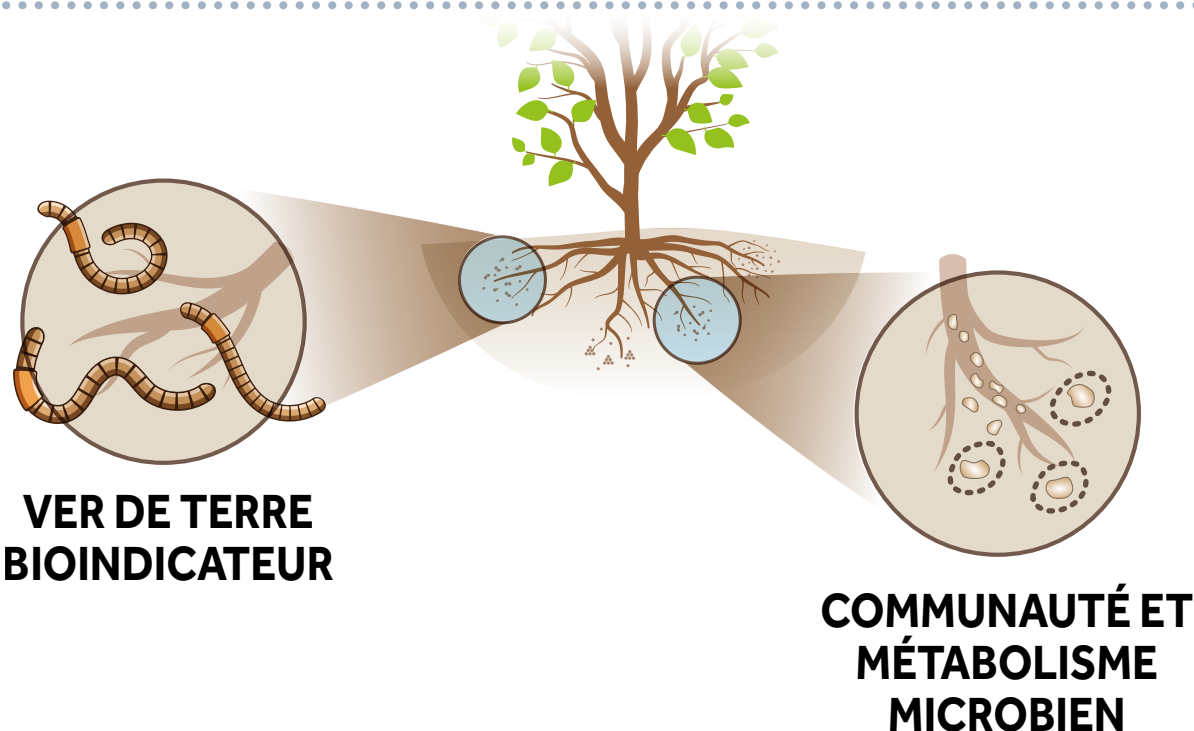
L'analyse des ETMs dans la biomasse est en cours d'analyse.

Courbe de tendance du cycle saisonnier pour l'As dans les 5 témoins.

Concentration en ETMs dans les eaux porales (mg/kg MS)



Suivi écotoxicologique



- **Suivi du taux d'évitement d'*Eisenia fetida*.**
- **Suivi du cycle de vie d'*Eisenia fetida*.**
- **Suivi de la densité et du profil fonctionnel de la communauté microbienne.**



Suivi du taux d'évitement d'*Eisenia fetida*

Ce test permet d'étudier dans quelle mesure une espèce de vers de terre bioindicatrice évite de vivre dans un substrat étudié comparativement à un sol artificiel de référence, optimal à son développement.

Suivi du cycle de vie d'*Eisenia fetida*

Ce test permet d'étudier les taux de mortalité, de croissance et de reproduction d'une espèce de vers de terre bioindicatrice lorsqu'elle vit dans un substrat étudié comparativement à un sol artificiel de référence, optimal à son développement.

Suivi de la densité et du profil fonctionnel de la communauté microbienne

Ce test permet d'évaluer le nombre de microorganismes présents dans le substrat étudié ainsi que de quantifier et qualifier l'intensité et la diversité de leur activité métabolique.

Suivi écotoxicologique

Taux d'évitement sur *Eisenia fetida*

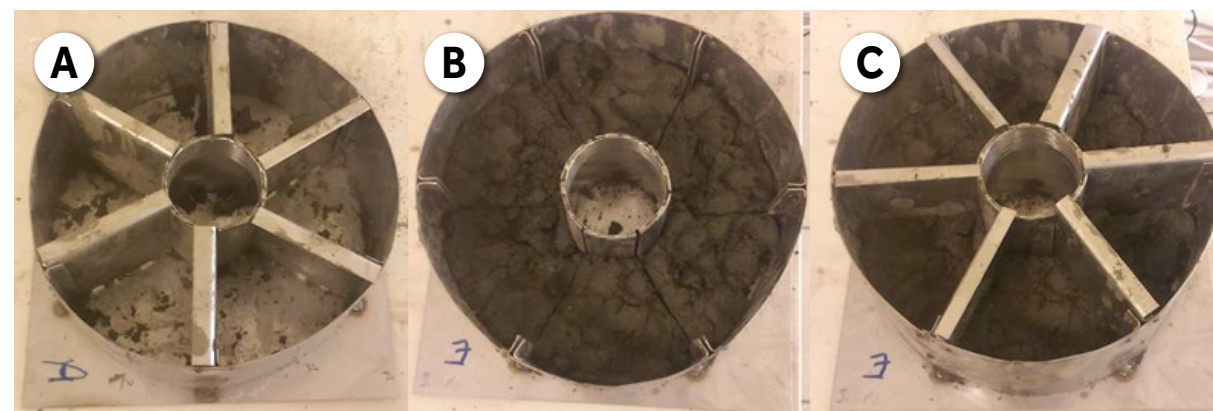
Suivi du taux d'évitement d'*E. fetida* par rapport à un sol de référence

➔ Aversion significative envers
les modalités 1 & 2 et le témoin

Substrat d'essai	% d'évitement (t0)	% d'évitement (t1)
Modalité 1	71,79	86,36
Modalité 2	83,72	87,64
Zone témoin	79,52	63,01



Eisenia fetida



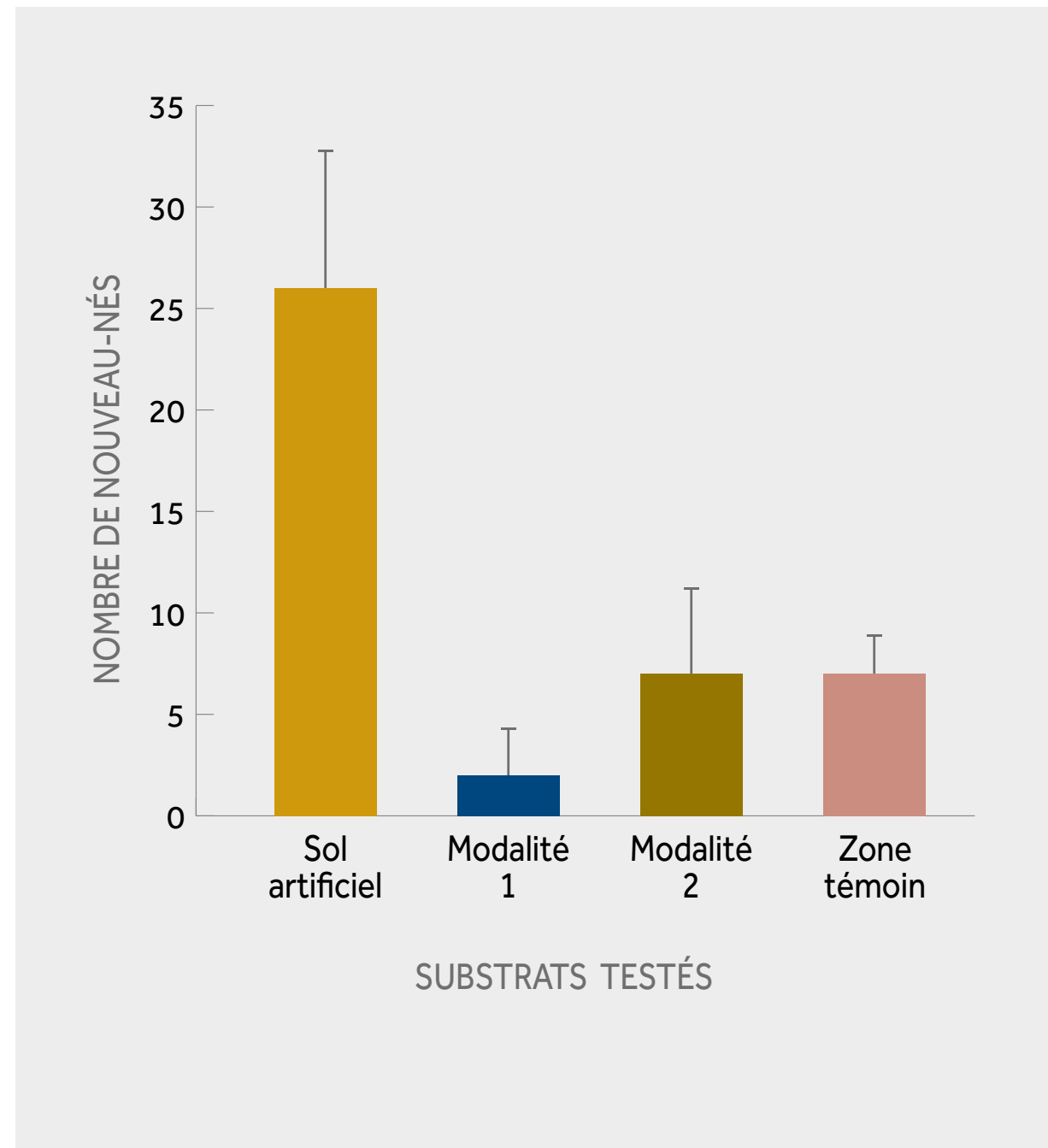
Enceintes utilisées dans le cadre
des essais d'évitement sur *E. fetida*

- Ⓐ Enceinte vide avec cloisons
- Ⓑ Enceinte avec substrats testés au cours des essais
- Ⓒ Enceinte avec cloisons empêchant la communication entre les substrats testés

Suivi écotoxicologique Cycle de vie d'*Eisenia fetida*

Suivi du cycle de vie d'*E. fetida* par rapport à un sol de référence
(mesure des taux de mortalité, croissance et reproduction).

- ➡ Pas d'effet observé sur la mortalité et la croissance.
- ➡ La reproduction est affectée par les substrats d'essai.



Suivi écotoxicologique

Densité et profil fonctionnel de la communauté microbienne

Détermination de la densité microbienne par culture sur gélose R2A

(= substance nutritive solide favorisant la prolifération et le développement des micro-organismes des sols).

t0 ➔ Densité microbienne plus élevée dans les modalités 1 & 2 et la zone témoin que dans un sol de référence.

t1 ➔ Densité microbienne plus faible dans les modalités 1 & 2 et la zone témoin que dans un sol de référence.



Ensemencement de boîtes de Pétri avec gélose R2A

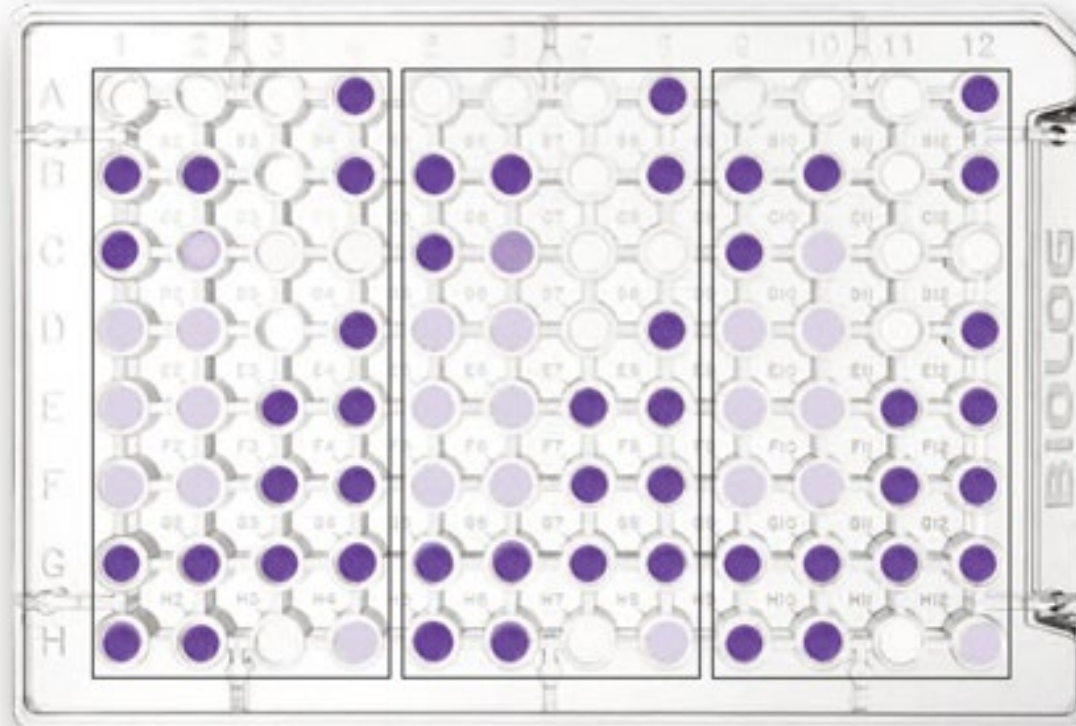
Suivi écotoxicologique

Densité et profil fonctionnel de la communauté microbienne

Profil fonctionnel de la communauté microbienne.

t0 ➔ Profil fonctionnel équivalent entre les modalités 1 & 2 et la zone témoin.

t1 ➔ Profil fonctionnel équivalent entre les modalités 1 & 2 uniquement.



Expression d'un profil métabolique en triplicat sur une plaque multipuits.



INTERPRÉTATION ÉCOTOXICOLOGIE

Les tests conduits sur *E. fetida* permettent de confirmer un effet toxicologique significatif du substrat sur cette espèce bioindicatrice.

➡ Pertinence d'un suivi sur le long terme.

Au niveau microbien, il semble par contre que le profil fonctionnel des modalités commence à se distinguer de celui de la zone témoin.

➡ Modification des propriétés du substrat par le développement du système racinaire.



INTERPRÉTATION GÉNÉRALE

Site de Hensies

- Les interventions liées au premier phyto-aménagement ont augmenté la diversité végétale du site.
- Les espèces plantées lors de la seconde expérimentation semblent à ce stade toutes très bien tolérer les conditions du site (taux de reprise proche de 100%).
- Des changements écologiques semblent s'amorcer au niveau de la microbiologie du site.
- L'aménagement immobiliserait globalement plus les ETMs que la végétation spontanée du site.

LE SITE DE CINEY



LOCALISATION

Parc d'Activité Économique
de Ciney Biron

SURFACE DISPONIBLE

1 hectare (~0,8 ha de miscanthus)

VÉGÉTATION INITIALE

Strate herbeuse et ligneuse (saule)

CARACTÉRISTIQUES DU SOL

- Ancienne décharge couverte d'une couche de terre (20-30 cm)
- Limono-caillouteux avec certaines zones composées de remblais hétérogènes
- La zone de la décharge présente des dépassements de norme selon le Décret Sol (pour le Zn, Pb, Cu et dans une moindre mesure pour le Ni, Cd et As)

OBJECTIF

Phytostabilisation et valorisation du miscanthus

1.

Estimation de la croissance de *Miscanthus x giganteus* sur substrat contaminé en métaux lourds (ETMs).

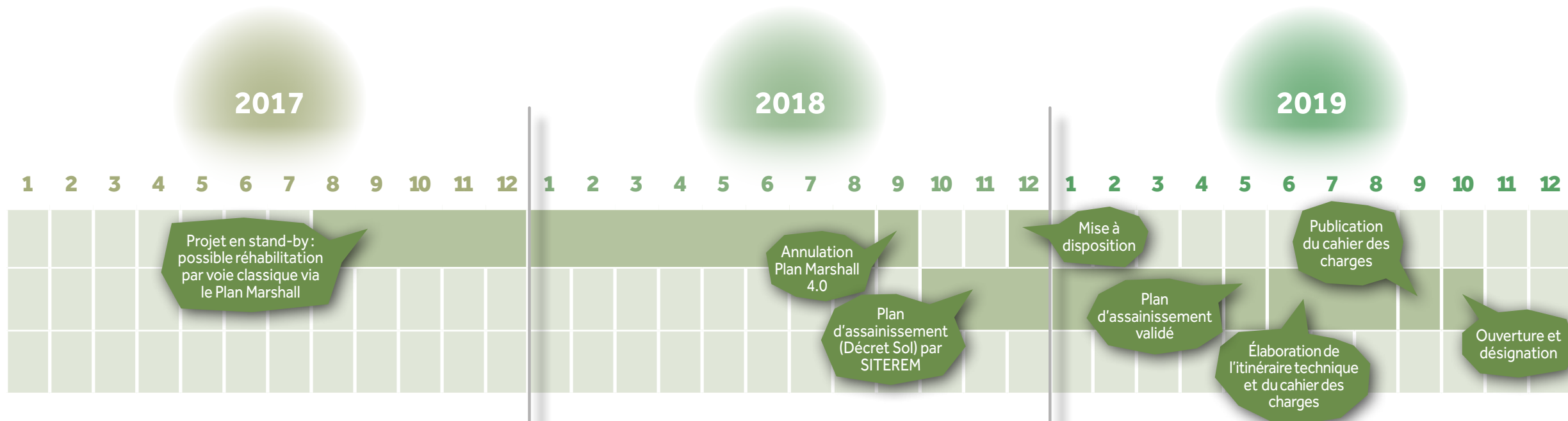
2.

Évaluation de l'impact phytostabilisateur du miscanthus.

3.

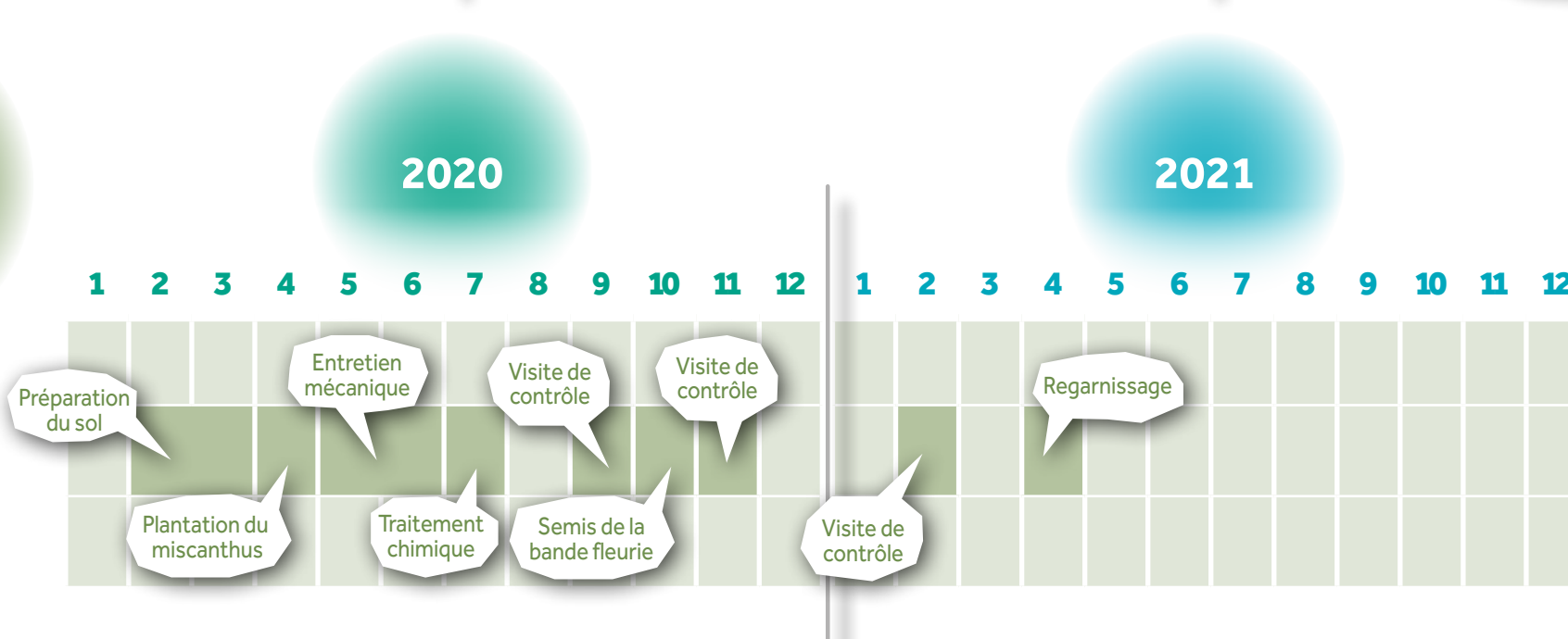
Étude de l'impact écotoxicologique et écologique de la plantation sur le substrat du site par rapport à la flore spontanée.

Démarches et itinéraires



Communication et échanges avec des organismes externes de conseil

Échantillonnages réguliers



Réunions semestrielles avec le Comité de pilotage et technique



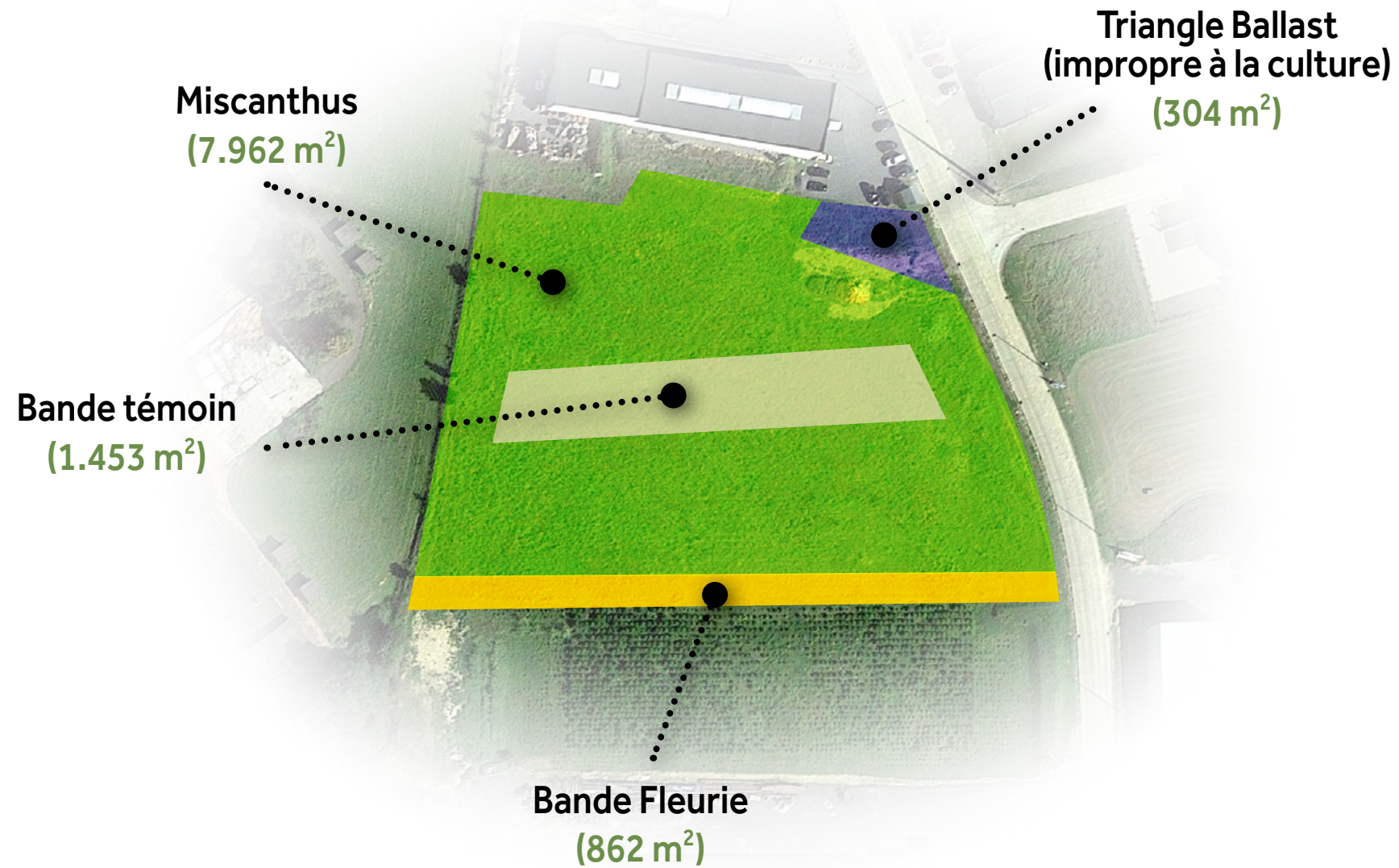
ITINÉRAIRE LÉGISLATIF

- Projet d'assainissement par phytomanagement suivant le Décret Sol (avec monitoring).
- Propriétaire public (intercommunale BEP).

ITINÉRAIRE TECHNIQUE

- Plantation de miscanthus : valorisation en bioénergie et plus-value écologique (nidification, refuge, reproduction).
- Zone témoin : flore spontanée après gyrobroyage.
- Création d'une bande fleurie en vue de diversifier l'infrastructure végétale (complémentarité du miscanthus pour l'aspect nourricier).
- Stratégie raisonnée pour le désherbage : mécanique/correction chimique.

Aménagement expérimental



Étapes de chantier

Fauchage de la végétation en place



Travail du sol



Préparation de la plantation



Visite de contrôle



Plantation de rhizomes



La pandémie Covid-19 a eu un impact sur le déroulement du projet.

Disponibilité en plants

Le prestataire a dû faire face à un défaut d'approvisionnement et a procédé à une production locale de rhizomes.

Cet obstacle révèle la nécessité de doter la Wallonie d'une production locale de rhizomes.



Les interventions prévues en collaboration avec les étudiants de l'EPASC ont dû être annulées. L'équipe ValBiom a aidé à assurer l'opération de plantation.

Entretien

STRATÉGIE INITIALE

Désherbage exclusivement mécanique à la roto-étrille.

- ➔ 2-3 passages avant émergences des plants
- ➔ 2-3 passages après émergence



Désherbage mécanique à la roto-étrille.

RÉORIENTATION

Option de correction chimique si adventices incontrôlables pour le désherbage.

OBSERVATIONS

7 mai 2020

- Pré-émergence du miscanthus.
- Très peu d'adventices.
- Problèmes liés à la présence de résidus forestiers qui bloquent la rotation des « soleils » de la roto-étrille.

20 mai 2020

- Émergence partielle du miscanthus : effet visible sur les adventices.
- Problèmes identiques au passage du 07/05.

16 juin 2020

- Présence de miscanthus de taille supérieure à 50 cm.
- Le blocage des soleils engendre la casse des pousses de miscanthus : ce traitement mécanique semble atteindre certaines limites.

29 juin 2020

- Réunion sur site avec le prestataire : outre le problème du désherbage mécanique évoqué, on constate un fort développement de chardons pour lequel un traitement chimique est nécessaire. La décision est donc prise d'activer l'option de correction, et mise en place d'un traitement chimique.

3 juillet 2020

- Traitement chimique par l'EPASC

10 octobre 2020

- Implantation satisfaisante, pieds présents avec un bon développement, zone le long de la Ferronnerie un peu plus envahie de graminées.
- Constat de spots de renouées à traiter en 2020.
- Un regarnissage fait le 28 avril 2021.

Suivi mené sur site

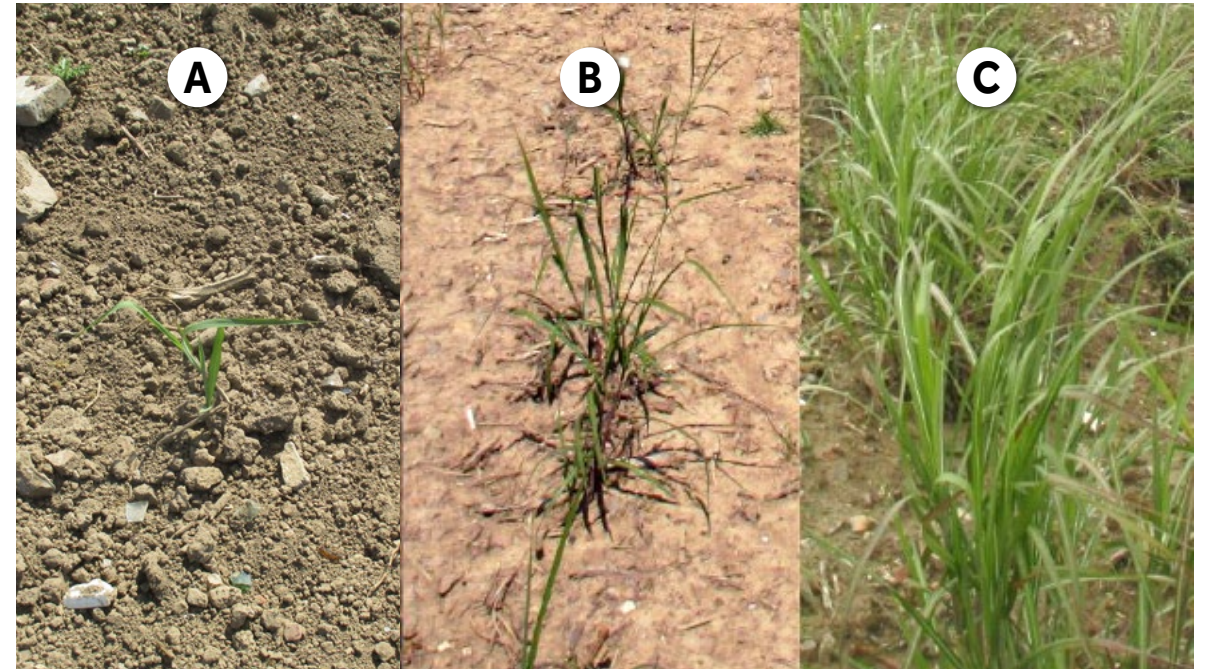
- 1. Étude du taux de reprise du miscanthus**
- 2. Évaluation de l'influence du miscanthus sur la mobilité et de la disponibilité des ETMs**
- 3. Test sur les capacités de phytostabilisation du miscanthus**
- 4. Réalisation de tests écotoxicologiques**



La phytostabilisation a pour objectif de réduire les concentrations en ETMs mobiles grâce aux processus chimiques et biologiques ayant cours au niveau du réseau racinaire des plantes

Suivi de la culture de miscanthus

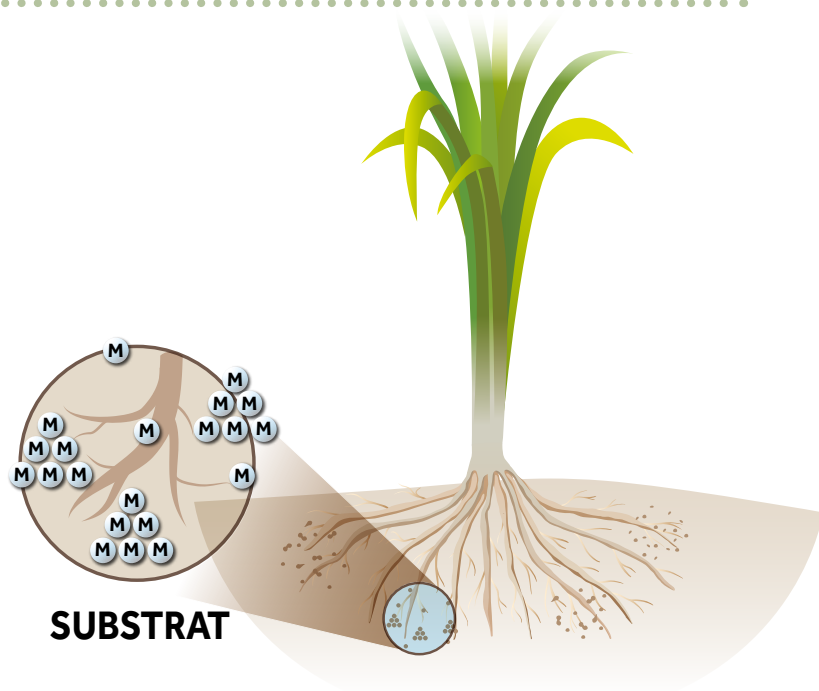
- Décembre 2020 : taux de reprise de la culture de *Miscanthus giganteus* >60%.
- Extrêmement variable d'une ligne à l'autre.
- Limite du désherbage mécanique.
- Zones plus engorgées : miscanthus moins tolérant.
- Croissance d'environ 1,20m (en 6 mois)
- Rendement espéré de 8-12 tonnes/ha/an
- Reprise constatée en mars 2021 et regarnissage effectué en avril 2021



Culture du miscanthus en 2020

(A) juin (B) juillet (C) octobre

Contamination totale du substrat

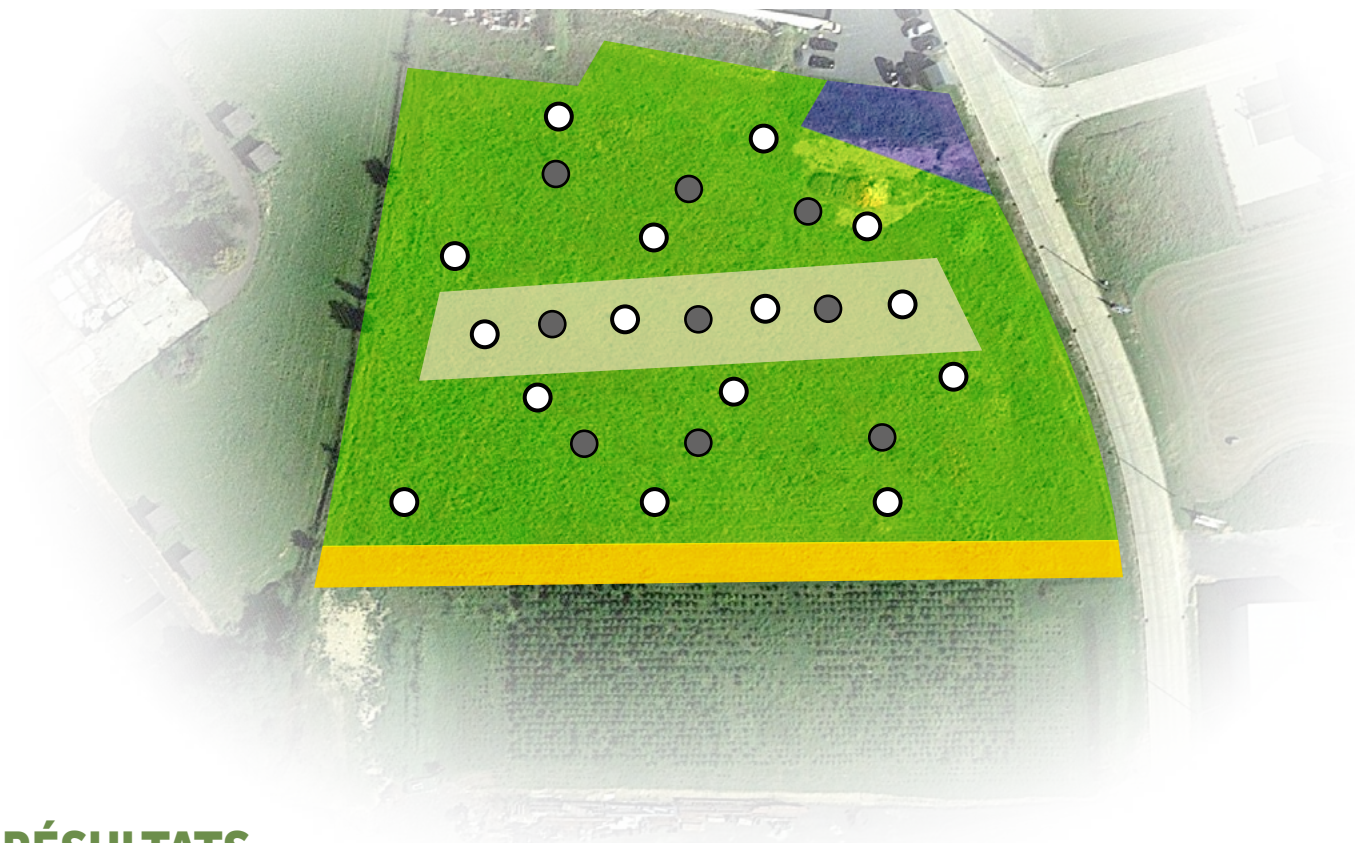


MÉTHODOLOGIE

- Prélèvements (20-30 cm de profondeur) en mai 2020 (t0) et octobre 2020 (t1).
- 11 prélèvements/zone cultivée + 4 prélèvements/zone témoin.

Analyse du substrat

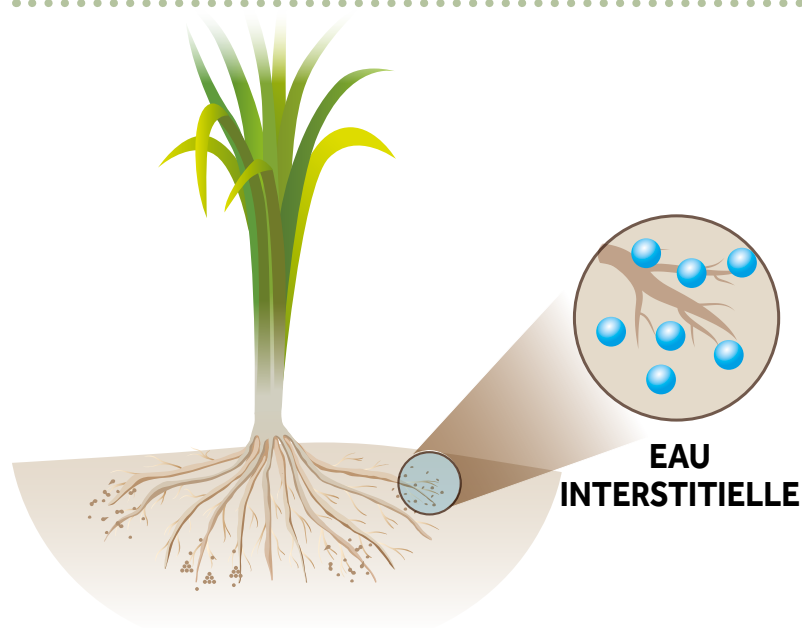
○ Point de prélèvement ● Emplacement bougie poreuse



RÉSULTATS

- ➔ ETMs : Concentrations cohérentes avec un usage de type II en surface (20 cm) et au-dessus de l'usage de type V (en profondeur).
- ➔ Organiques : Concentrations cohérentes avec un usage de type IV en surface et V (en profondeur).

Mobilité des métaux lourds (ETMs)

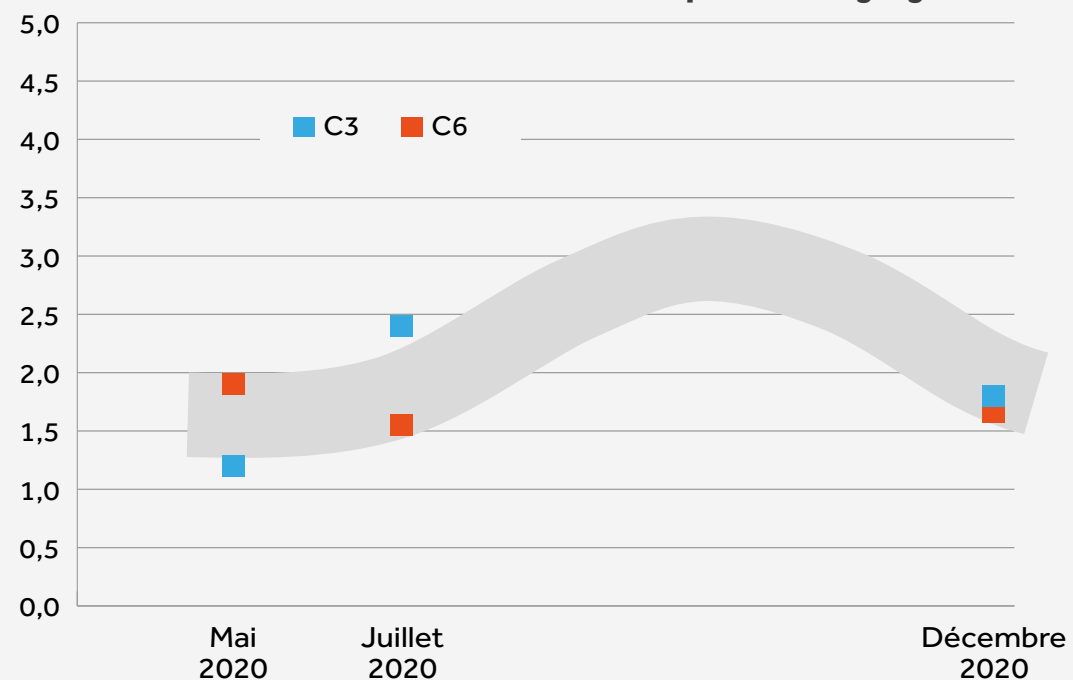


MÉTHODOLOGIE

- Utilisation de bougies poreuses : 6 dans la zone cultivée + 3 sur la bande témoin.
- 3 mesures temporelles : mai 2020, juillet 2020 et décembre 2020.
- Mesure par spectroscopie de masse (ICP-MS).

Courbe de tendance du cycle saisonnier pour l' As dans les 2 témoins.

Concentration en ETMs dans les eaux porales (mg/kg MS)



RÉSULTATS

- ➔ Faible mobilité des ETMs tant dans la zone cultivée que dans la zone témoin.
- ➔ Concentrations en Zn/Mn/Cd/Pb majoritairement sous la LQ (limite de quantification).
- ➔ Plus faible mobilité du Cr/As dans les cultures/zone témoin sauf pour le Ni.
- ➔ Possible cycle saisonnier.

Disponibilité des métaux lourds (ETMs)

RÉSULTATS

- ➔ Disponibilité élevée: As/Cu > Ni/Zn > Cd/ Cr similaire au site de Hensies.

ÉVOLUTION TEMPORELLE

- ➔ Disponibilité : Cr augmente plus dans la bande témoin par rapport à la zone cultivée.
- ➔ Disponibilité: Cu/Cd /Ni diminue plus dans la zone cultivée par rapport à la zone témoin qui augmente.
- ➔ Disponibilité: As, Pb = stable/nulle.

ANALYSE

- Vigilance par rapport à l'absorption As/Cu/ Ni/Zn par le système aérien du miscanthus car disponibilité élevée.

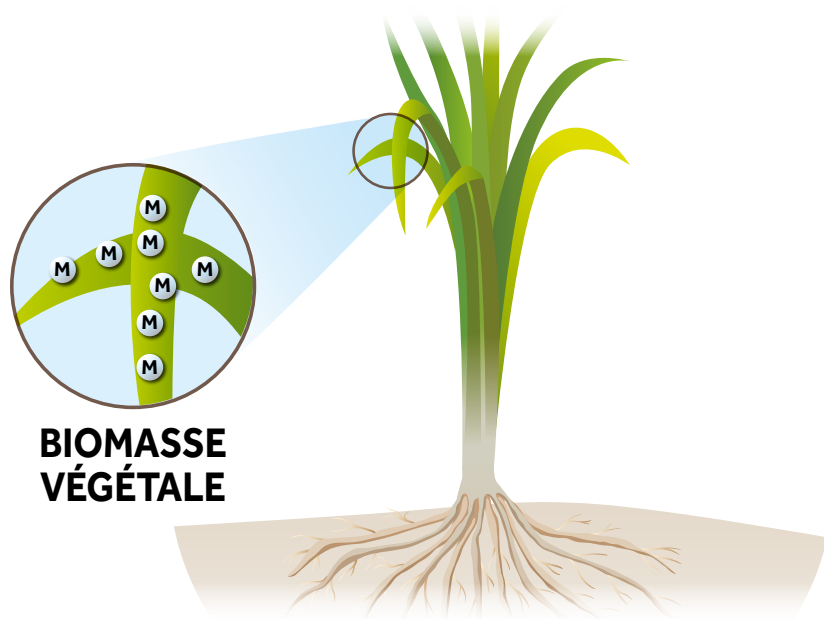
Effet de la plantation sur la disponibilité des ETMs

ETMs		Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Cd	As	Pb
Disponibilité initiale	Zone cultivée	Très basse	Très élevée	Très basse	ND	Élevée	Moyenne	Basse	Élevée	Très basse
	Zone témoin	Très basse	Élevée	Très basse	ND	Basse	Moyenne	Basse	Très élevée	Très basse
Disponibilité des ETMs sur 6 mois	Zone cultivée	Augmente	Diminue	Stable	Neutre	Diminue	Diminue	Diminue	Stable	Stable
	Zone témoin	Augmente	Augmente	Stable	Neutre	Augmente	Diminue	Augmente	Stable	Stable
Effet de la plantation*		Positif	Positif	Neutre	Neutre	Positif	Positif	Positif	Neutre	Neutre

ND: Pas de données

* Sur la disponibilité de l'ETM par rapport aux témoins.

Bioaccumulation du miscanthus



La bioaccumulation désigne la capacité d'une plante à concentrer les substances chimiques.

Le facteur de bioaccumulation (FBA) estime la propension de la plante à accumuler un composé chimique.

FBA < 1 = non-accumulateur

MÉTHODOLOGIE

- Échantillonnage de la biomasse aérienne (feuilles) en période de fin de croissance.
- 1 mesure temporelle : décembre 2020.

RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES

- ➔ FBA $Zn/Ni/Cu/Pb^*/Cd^* < 1$ indiqueraient une absence de bioaccumulation par rapport au niveau de contamination du sol (en surface).
- ➔ Sauf pour le Ni les concentrations en Cd, Zn, As et Pb (possiblement) dans la biomasse sont supérieures d'un facteur 2 à 5 à celles attendues au travers de nos mesures du substrat de la couche superficielle.

ETMs	FBA	Valeur attendue
As	0.07	Dans la limite supérieure
Cd	0.33	Au-delà de la valeur attendue
Cu	0.05	Dans la gamme
Ni	0.08	Dans la gamme
Pb	0.08	Dans la limite supérieure
Zn	0.22	Dans la limite supérieure

* Valeur estimée



INTERPRÉTATION SUIVI DE LA CULTURE

- Les concentrations a priori relativement élevées en Cu, Cd, Zn, As et possiblement le Pb dans la biomasse confirmeraient la présence de la décharge sous la couche de substrat superficielle.
 - ➔ Possible utilisation du miscanthus sur sol contaminé en regard du décret sol
- Disponibilité élevée pour certains ETMs coïnciderait avec leur absorption (As/Cu/Zn/Cd) par le miscanthus mais toutefois limité d'après le calcul du FBA < 1 .
- Possible surestimation du niveau de contamination.
 - ➔ Mesures conservatives
- *M. giganteus* ne serait pas bioaccumulateur dans ses parties aériennes (feuilles).

Suivi écotoxicologique

- 1. Inventaire de la flore sur la bande témoin**
- 2. Suivi du taux d'évitement d' *Eisenia fetida***
- 3. Suivi du cycle de vie d' *Eisenia fetida***
- 4. Suivi de la densité et du profil fonctionnel de la communauté microbienne**

Inventaire floristique de la bande témoin

La flore adventice se développe sur la bande témoin et est caractéristique des milieux délaissés ainsi que des sols eutrophisés - présence d'héliophytes.

➔ Végétation cohérente avec les caractéristiques du site.



Flore de la bande témoin - octobre 2020

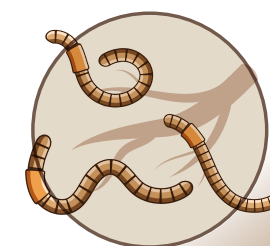
Taux d'évitement et cycle de vie d'*Eisenia fetida*

Suivi du taux d'évitement d'*E. fetida* par rapport à un sol de référence.

t0 ➔ *E. fetida* évite autant la zone cultivée que la bande témoin.

t1 ➔ *E. fetida* évite plus le substrat de la bande témoin que celui de la zone cultivée.

VER DE TERRE BIOINDICATEUR

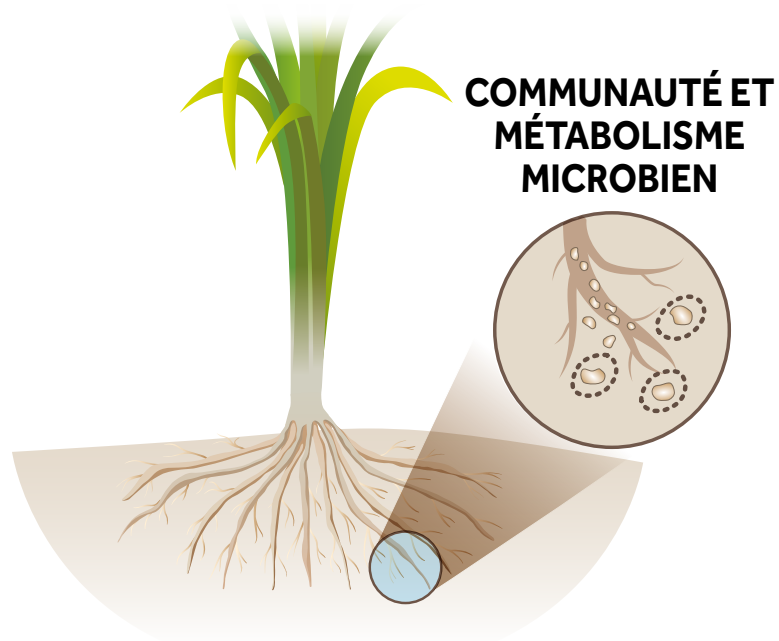


Substrat d'essai	% d'évitement (t0)	% d'évitement (t1)
Zone cultivée	70,13	-17,39
Bande témoin	66,67	64,86

Suivi du cycle de vie d'*E. fetida* par rapport à un sol de référence (taux de mortalité, croissance et reproduction).

➔ Pas d'effet toxique marqué

Densité et profil fonctionnel de la communauté microbienne



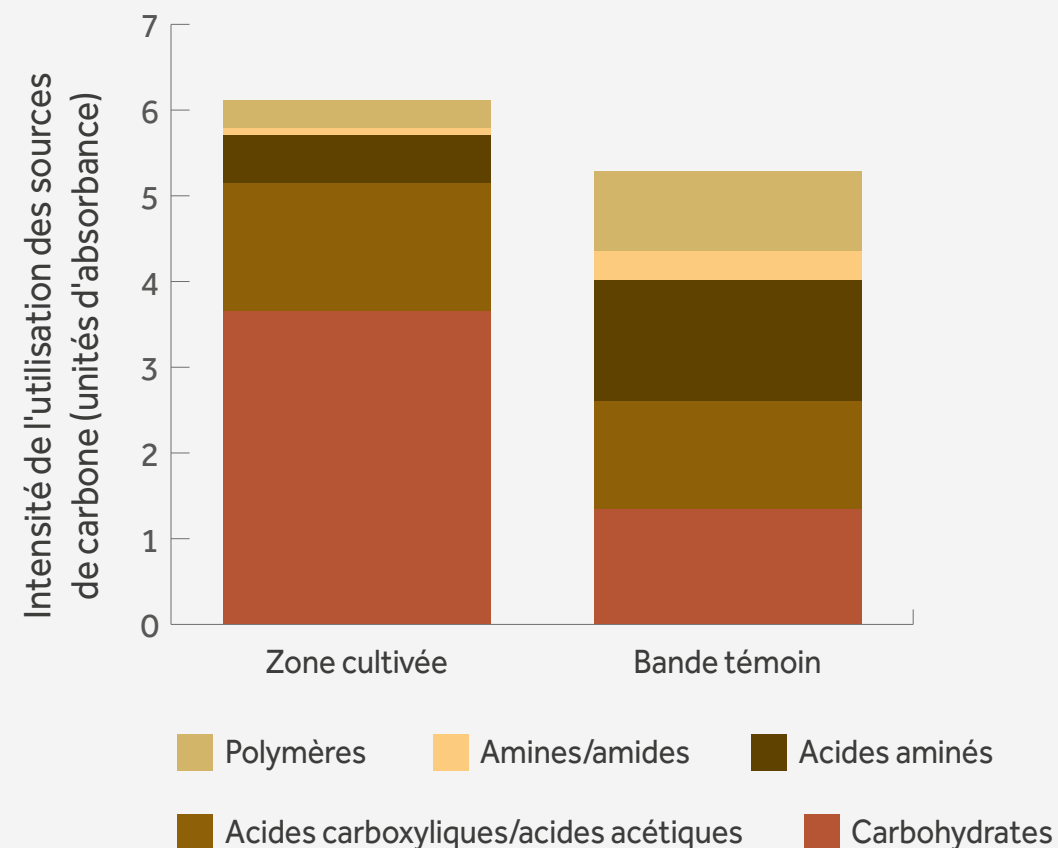
Détermination de la densité microbienne par culture sur gélose.

➔ La densité microbienne semble augmenter dans le sol cultivé au cours du temps.

Profil fonctionnel de la communauté microbienne.

➔ Le profil fonctionnel se différencie dans la culture par rapport au témoin.

Utilisation des sources de carbone selon le substrat testé





INTERPRÉTATION ÉCOTOXICOLOGIE

Le taux d'évitement d'*E. fetida* envers la zone cultivée diminue du t0 au t1.

Les microorganismes sont plus abondants au t1 qu'au t0 et le profil fonctionnel de la zone cultivée se distingue de celui de la bande témoin.

➡ Modification des propriétés du substrat par le développement du système racinaire.



INTERPRÉTATION GÉNÉRALE

Site de Ciney

- La croissance du miscanthus sur le site est comparable à celle attendue sur un sol non-contaminé.
- Le miscanthus semble à ce stade bien tolérer les conditions du site (avec taux de reprise de plus de 60 %).
- L'aménagement expérimental immobiliserait globalement plus les ETMs que la végétation spontanée du site.
- Le miscanthus diminue la fraction biodisponible des ETMs du substrat, sans doute au travers du développement de son système racinaire, ce qui pourrait notamment être en lien avec la diminution au cours du temps du taux d'évitement d'*E. fetida* pour le substrat issu de la zone cultivée.
- Le miscanthus ne semble pas bioaccumuler d'ETMs dans ses parties aériennes.
- Des changements écologiques semblent s'amorcer au niveau de la microbiologie du substrat de la plantation.

LE SITE DE CHARLEROI

LOCALISATION

Dampremy

SURFACE DISPONIBLE

1,5 hectare

VÉGÉTATION INITIALE

Essentiellement herbacée avec quelques éléments ligneux. Présence de *Buddleia* sp. (espèce invasive).

CARACTÉRISTIQUES DU SOL

- Ancien terril ré-exploité jusqu'à la fin des années 90
- Réhabilitation début des années 2000
- Traversé par un circuit de grande randonnée (fonction récréative/touristique à préserver)
- Déblais houillers compactés avec présence d'éléments schisteux parfois grossiers
- Zone humide (plus-value au site).
Origine : bassin à schlamms

OBJECTIF

Plus-value écologique et valorisation de biomasse

1.

Sélection de ligneux multi-spécifiques selon des critères en phytomanagement et production de biomasse.

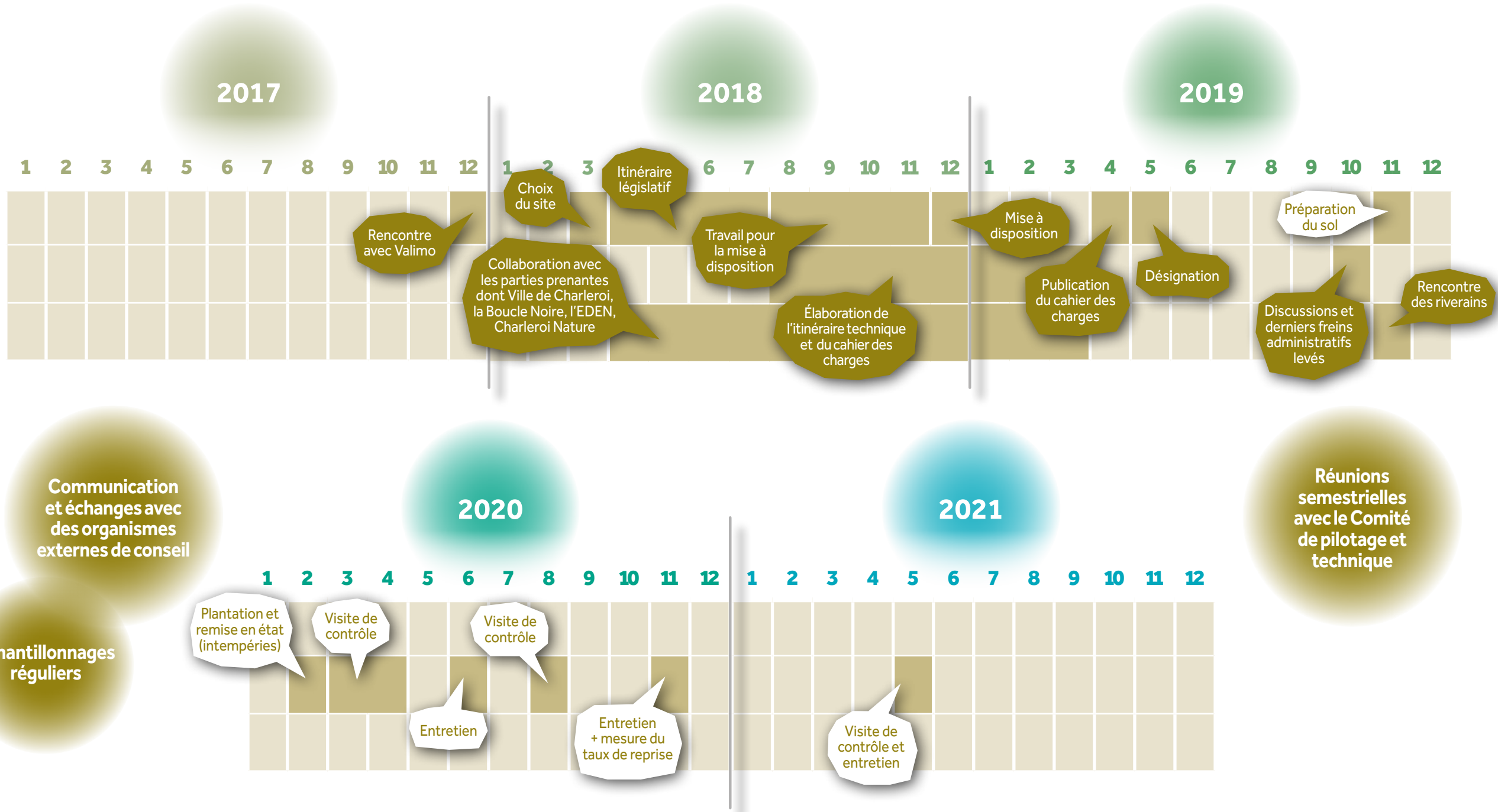
2.

Détermination du taux de reprise par espèces.

3.

Étude de l'influence de l'aménagement expérimental sur l'écologie du site.

Démarches et itinéraires





ITINÉRAIRE LÉGISLATIF

- Propriétaire privé (VALIMO).
 - Mise à disposition entre VALIMO et ValBiom de 8 ans.
- Site à réaménager (SAR) ayant déjà fait l'objet d'un plan d'assainissement en 2000.
 - Projet dans le respect du plan de réhabilitation passé.
 - Permis d'urbanisme pour le boisement et déboisement (compris dans le statut SAR).

ITINÉRAIRE TECHNIQUE

- Respecter le plan d'assainissement antérieur.
- Plantation multispécifique de ligneux sur un site non contaminé.
- Valorisation potentielle du bois (plaquette, bois de perche et bois de trituration).
- Considération d'espèces compatibles avec les conditions du site (substrat, zone humide) et la réflexion sur les facteurs externes (réchauffement climatique).
- Gestion du *Buddleia* sp.
- Suivi de la diversité floristique et de la microbiologie du sol.

Aménagement expérimental

- Diversification des espèces en phytomanagement, basé sur le projet PHYTENER et sur les travaux de l'Université Franche-Comté Bourgogne (dendroremédiation).
- Utilisation en bois d'œuvre ou en bois énergie.

Alnus glutinosa (Aulne glutineux) et *Populus sp* var. *Koster* :

- ➔ Connu en phytomanagement. Bien que le site ne soit pas pollué, le suivi de croissance et de la tolérance de l'aulne dans ces conditions de site dégradé sont des données importantes.
- ➔ Exigences hydriques (sol humide à très humide) : plantés aux abords de la mare.

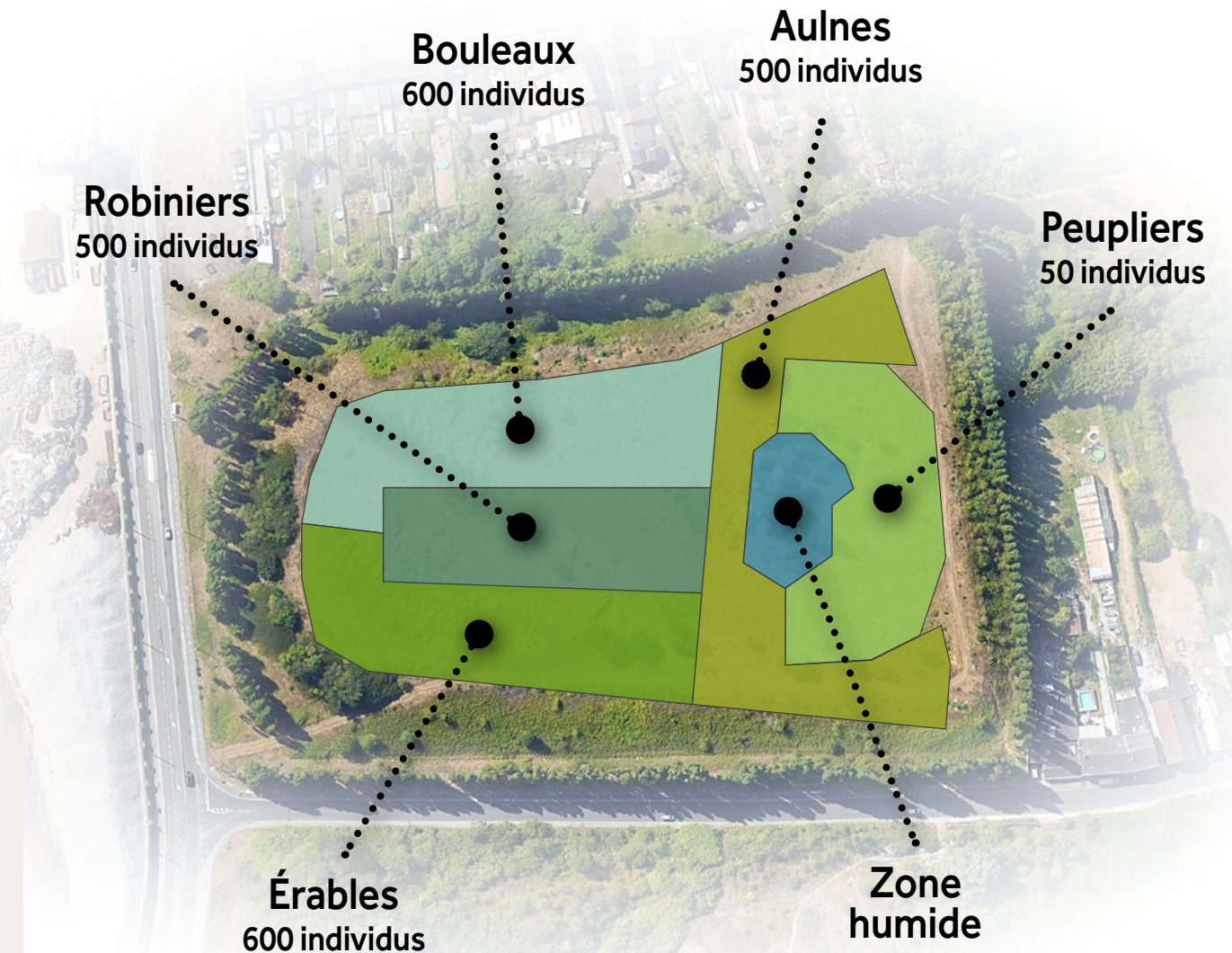
Acer pseudoplatanus (Erable sycomore), *Robinia pseudoacacia* (Robinier faux-acacia) et *Betula pendula* (Bouleau verruqueux) :

- ➔ Peu étudiés en phytomanagement.
- ➔ Pionniers héliophiles.

Avantages robinier

- Essence tolérant les environnements secs, aux propriétés technologiques exceptionnelles.
- Bien entretenu et si le plant n'a pas subi de gel tardif, le

- bois est esthétique et durable (substitution au teck) et piquets pour les individus imparfaits.
- Le robinier est ceinturé par d'autres essences, pour contenir sa tendance colonisatrice.



Étapes de chantier

Préparation
du sol



Plantation



Protection
(Daim)



Suivi mené sur site

1. Suivi du taux de reprise

2. Suivi écologique

Suivi du taux de reprise

Espèces	% de reprise
Peuplier	70%
Bouleau	77%
Érable	79%
Robinier	75%
Aulne	80%

Relevé en novembre 2020



Plantation de 600 érables (mars 2020)



Plantation de 50 peupliers (juin 2020)

Les conditions météorologiques défavorables ont probablement réduit les taux de reprise.

Suivi écologique

1. Inventaire de la flore et comparaison entre deux zones plantées via l'indice de Sorensen-Dice (Qs).

2. Suivi de l'activité bactérienne nitrifiante.

Cette analyse permet de quantifier dans quelle mesure les bactéries nitrifiantes d'un substrat, intervenant dans la conversion de l'ammoniaque en nitrites dans le cycle de l'azote, ont un métabolisme actif.

3. Suivi de la densité et du profil fonctionnel de la communauté microbienne.



$$Q_s \text{ (indice de Sorensen - Dice)} = \frac{2C}{(A+B)}$$

A est le nombre total de taxons* pour le site A.

B est le nombre total de taxons* pour le site B.

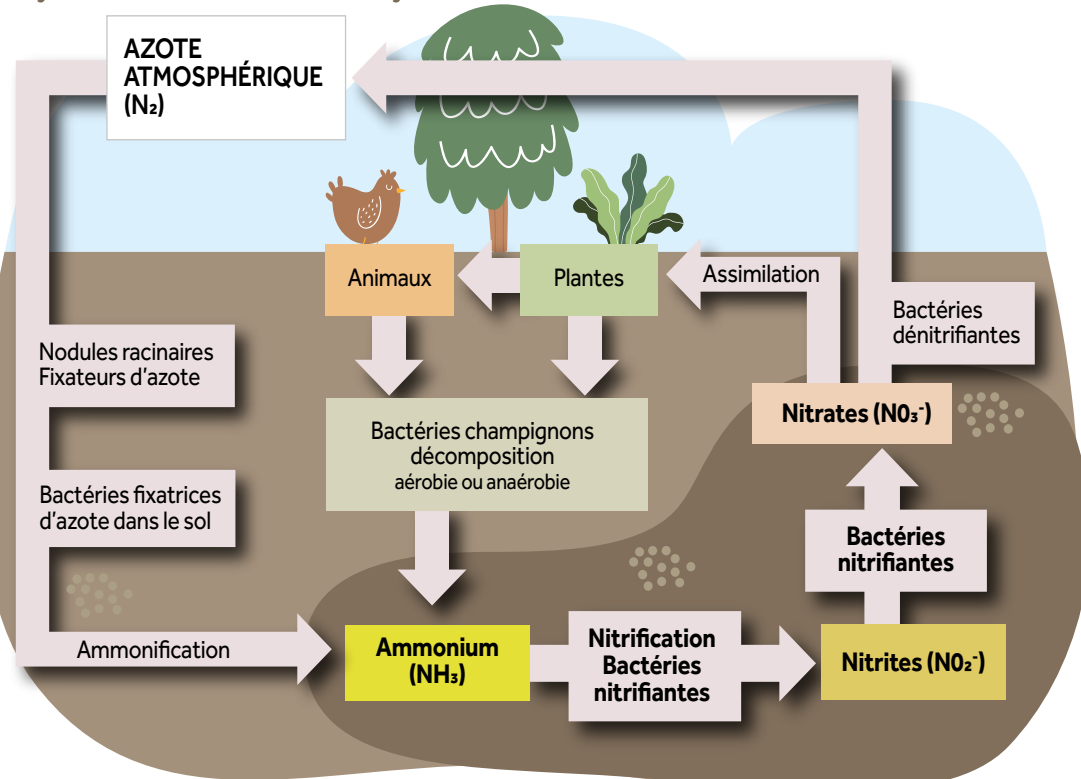
C est le nombre de taxons que les deux sites ont en commun.

- Plus Qs est proche de 1, plus la flore est semblable entre les milieux comparés.
- Plus Qs est proche de 0, plus la flore est dissemblable entre les milieux comparés.

* Taxon = entité regroupant tous les organismes vivants possédant en commun certaines caractéristiques bien définies.

Dans ce cas, les taxons comparés sont les espèces et les familles végétales.

Cycle de l'azote dans un écosystème terrestre



Suivi écologique Inventaire floristique

La flore du site est caractéristique des milieux délaissés.

- ➔ Végétation cohérente avec les caractéristiques du site.
- ➔ La flore du site est hautement similaire à celle qui était en place avant l'aménagement expérimental tout en ayant gagné en richesse.
- ➔ Les travaux d'aménagement expérimental ont augmenté la richesse végétale du site.

Saint-Théodore Ouest (2018)

Famille	Nb d'espèces	%
Asteraceae	10	31,25
Poaceae	3	9,38
Fabaceae	4	12,50
Autres (13 familles)	15	46,88
Total (16 familles)	32	100

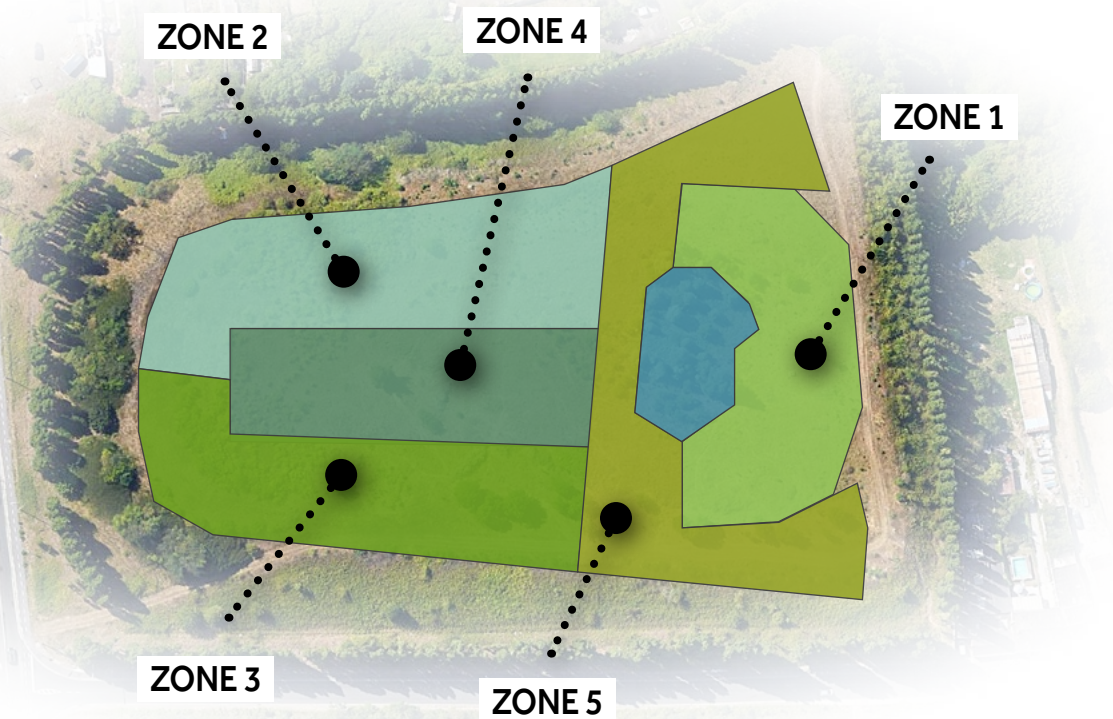
Saint-Théodore Ouest t0 (2020)

Famille	Nb d'espèces	%
Asteraceae	8	19,51
Poaceae	5	12,20
Fabaceae	6	14,63
Rosaceae	4	9,76
Autres (15 familles)	18	43,90
Total (19 familles)	41	100

Suivi écologique

Inventaire floristique

La flore est similaire entre les zones plantées. La zone plantée de peuplier se démarque légèrement des autres zones mais en est séparée par la mare et est aussi celle présentant la plus grande richesse en espèces.



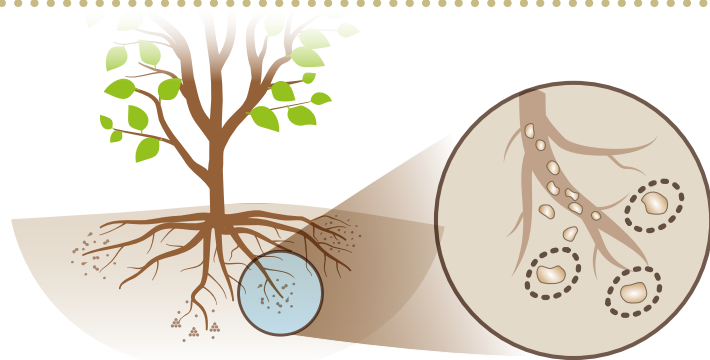
➔ L'aménagement expérimental ne semble pas avoir d'influence négative sur la flore spontanée du site.

Indices de similarité spécifiques (Qsp) et familiaux (Qfam), octobre 2020

Qsp	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5
Zone 1	1,00				
Zone 2	0,57	1,00			
Zone 3	0,52	0,60	1,00		
Zone 4	0,55	0,74	0,65	1,00	
Zone 5	0,64	0,62	0,68	0,72	1,00
Qfam	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5
Zone 1	1,00				
Zone 2	0,75	1,00			
Zone 3	0,70	0,64	1,00		
Zone 4	0,84	0,76	0,70	1,00	
Zone 5	0,76	0,87	0,91	0,89	1,00

Suivi écologique

Activité bactérienne nitrifiante

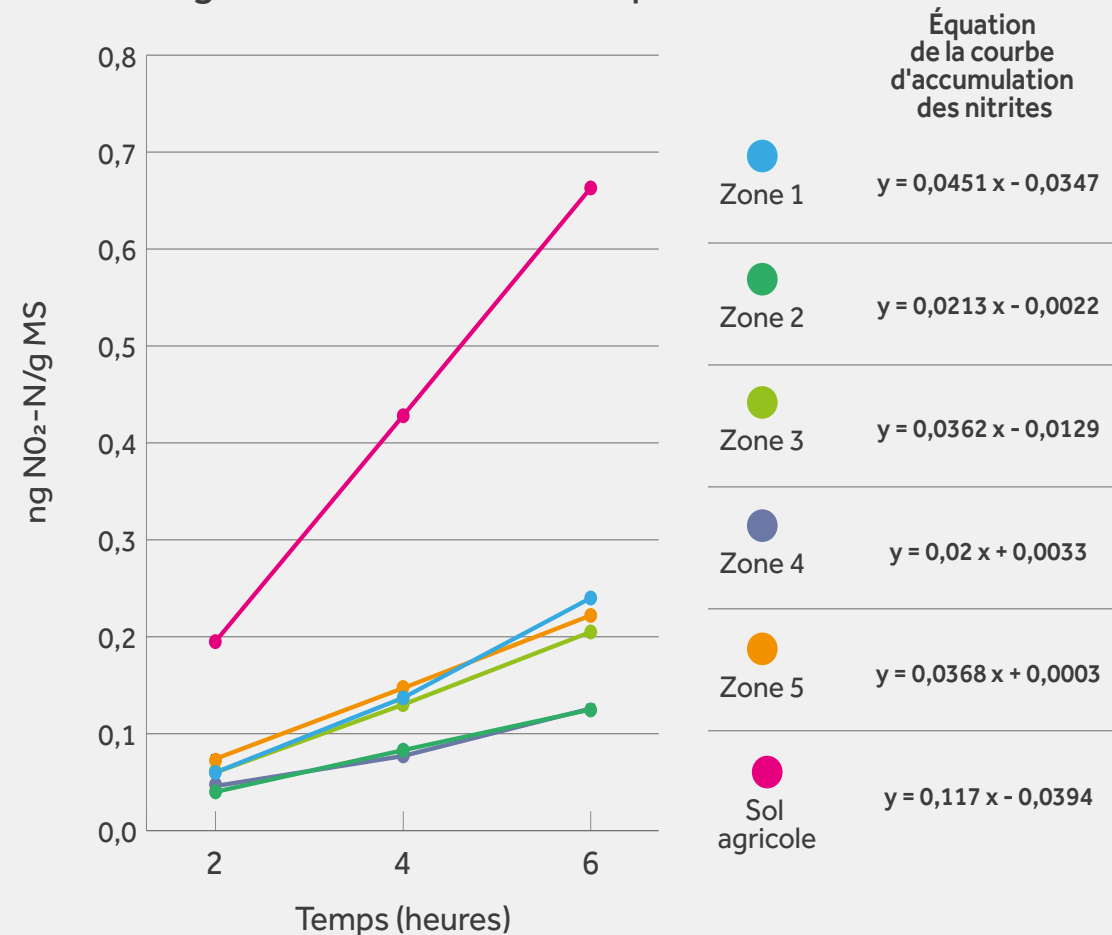


COMMUNAUTÉ ET MÉTABOLISME MICROBIEN

Le taux de nitrification est variable entre les différentes zones plantées entre le t0 et le t1 mais, une fois comparée à celle d'un sol agricole servant de référence, l'activité nitrifiante apparaît au final très faible sur ce site, quelle que soit la zone considérée.

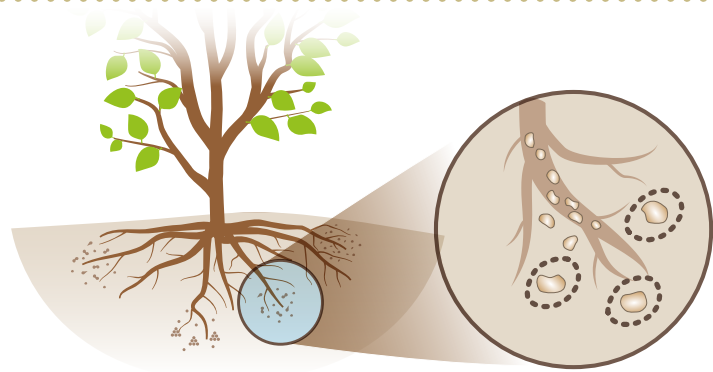
➔ L'aménagement expérimental ne semble pas avoir d'influence sur l'activité bactérienne nitrifiante.

Nitrification au sein des substrats issus des zones plantées et d'un sol agricole au cours du temps



Suivi écologique

Densité et profil fonctionnel de la communauté microbienne



COMMUNAUTÉ ET MÉTABOLISME MICROBIEN

Détermination de la densité microbienne par culture sur gélose.

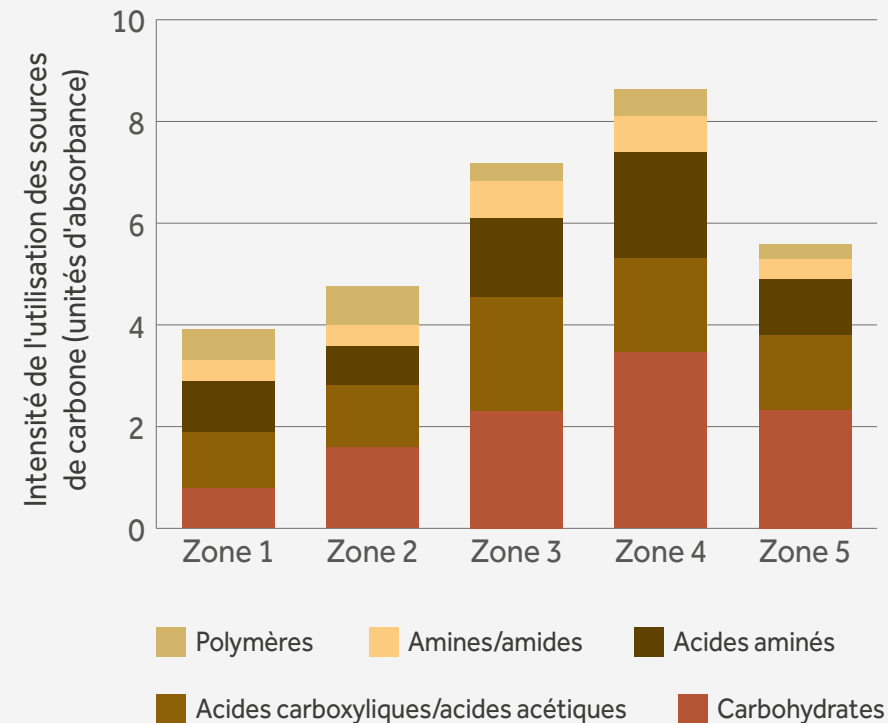
t0 Plus élevée dans la plantation d'érable et de bouleau que dans les autres plantations.

t1 Équivalente entre les plantations.

Profil fonctionnel de la communauté microbienne.

➔ Variation légère entre t0 et t1 mais pas d'une amplitude suffisante pour affirmer que les communautés microbiennes diffèrent significativement d'une plantation à l'autre.

Utilisation des sources de carbone selon le substrat testé





INTERPRÉTATION SUIVI ÉCOLOGIQUE

- La flore du site semble plus riche à l'issue du chantier d'aménagement expérimental.
- L'activité nitrifiante varie globalement peu entre les zones plantées.
- La densité et le profil fonctionnel des communautés microbiennes sont globalement équivalentes entre les zones plantées.
- ➔ À ce stade, aucun effet adverse n'a pu être observé sur l'écologie du site des suites de l'aménagement expérimental.



INTERPRÉTATION

Site de Charleroi

- Les interventions liées à l'aménagement expérimental ont augmenté la diversité végétale du site.
- Les espèces plantées semblent à ce stade toutes bien tolérer les conditions du site : bon taux de reprise.
- La plantation ne semble pas avoir d'effet négatif sur l'écologie du site.



Les enseignements scientifiques



Malgré un recul limité dans le temps sur les expérimentations, il apparaît toutefois que l'impact écologique est déjà perceptible

Le phyto-aménagement et les espèces sélectionnées n'ont pas d'impact écologique ou écotoxicologique négatif observable.

Les interventions de phyto-aménagement ont remis à jour des grainiers dormants, ce qui a considérablement augmenté la diversité végétale sur au moins

deux sites, notamment celui de Hensies qui est le plus contaminé et dont le substrat est initialement constitué de sédiments de dragage.

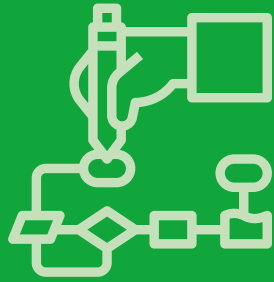
Les tests écotoxicologiques conduits sur *E. fetida* ont démontré leur pertinence sur des substrats particuliers.

Des changements microbiologiques semblent déjà s'amorcer sur au moins deux sites.

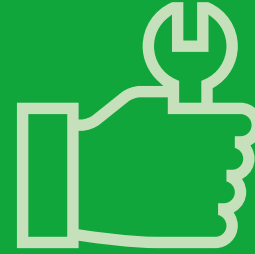
Toutes les plantations présentent des taux de survie et de croissance corrects malgré les conditions édaphiques et météorologiques défavorables.

À ce stade de l'étude, les aménagements expérimentaux semblent restreindre la mobilité des ETMs et leur bioaccumulation dans les plantations sur sites contaminés.

- ➔ Le phytomanagement semble donc être un mode de gestion de sites marginaux prometteur en vue d'une part de réduire la mobilité et la disponibilité des contaminants métalliques et, d'autre part, d'apporter une plus-value écologique



**Les enseignements
administratifs**



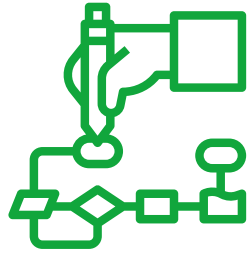
**Les enseignements
techniques**



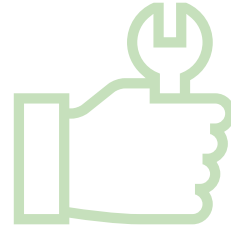
**Les enseignements
opérationnels**



**Les enseignements
économiques**



Administratif



Technique



Opérationnel

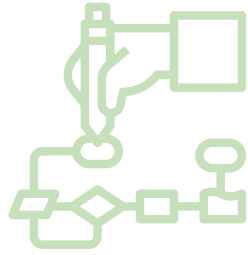


Économique

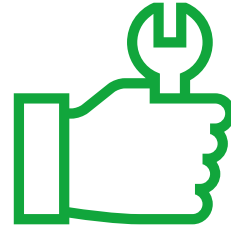
Travail d'identification de nombreux sites-pilotes.

**Exigence et rigueur administratives :
autorisation, mise à disposition, élaboration du
cahier des charges, la désignation du prestataire...**

**Connaissance de l'itinéraire technique spécifique
pour chaque site-pilote repéré.**



Administratif



Technique



Opérationnel

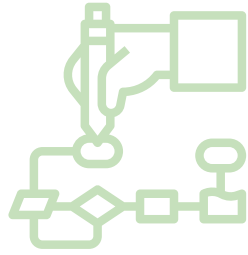


Économique

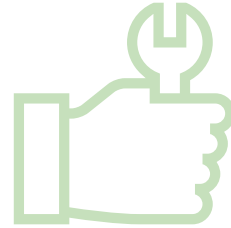
Combinaison des compétences et connaissances sylvicoles et agricoles (la gestion de ces sites via le phytomanagement se différenciant clairement de celle des terrains forestiers ou agricoles).

Importance cruciale de la dynamique particulière du substrat sur sites marginaux (cycle de l'eau, de la matière organique...).

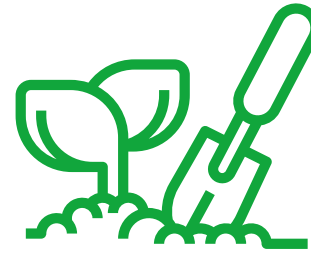
Stocks grainiers dormants riches et plus fournis : considérer l'instauration d'une nouvelle dynamique végétale (par ex. compétition interspécifique).



Administratif



Technique



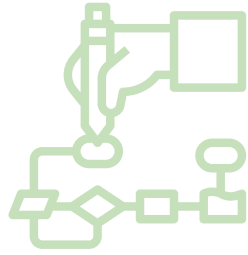
Opérationnel



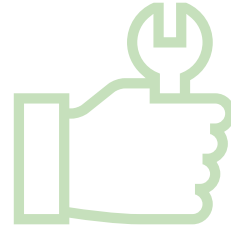
Économique

L'ensemble des externalités positives que le phytomanagement peut générer doit aussi être pris en compte (stockage de carbone, amélioration de l'impact environnemental global, aspects sociaux...)

Il existe **plusieurs façons** de considérer et d'imaginer le **phytomanagement** selon le positionnement de ces curseurs. L'ensemble de ces questionnements aboutira à une étape go/no go.



Administratif



Technique



Opérationnel



Économique

Évaluation du « coût-bénéfice » doit être analysée au cas par cas en fonction des objectifs du projet (recherche scientifique, plus-value économique et/ou environnementale) et des caractéristiques du site.

Les coûts opérationnels et de maintenance d'un projet de phytomanagement peuvent être légèrement supérieurs par rapport à ceux d'un projet sylvicole/agricole équivalent.

Productivité plus limitée à prendre en compte en cas de projet de reconversion axé sur la production de biomasse.

Conclusions

Wallphy a contribué à doter la Wallonie d'un pôle de compétences en phytomanagement.

Vision intégrée de la gestion des externalités pluridisciplinaires (impact environnemental, écologique et économique via la valorisation de la biomasse).

Acquis techniques, scientifiques et opérationnels mais aussi administratifs dans le pilotage de projets.

Reconnaissance politique et administrative du phytomanagement (Décret Sol, Circular Wallonia).

Le point de vue des gestionnaires de site

« La motivation est double : permettre la valorisation d'un site qui, sans phytomanagement, serait voué à rester en friche encore des dizaines d'années et profiter d'une opportunité nouvellement autorisée par la législation. Le phytomanagement représente une alternative intéressante, là où les autres options d'assainissement sont impayables et ne permettent pas une valorisation positive du terrain ».

Thomas Grevisse

Gestionnaire de projets environnementaux au
Département Environnement du BEP.

« Nous souhaitons appliquer le phytomanagement sur un site test afin d'ouvrir notre champ d'étude à des techniques alternatives d'assainissement. Nous envisageons le phytomanagement pour aider nos clients à réhabiliter leur site tout en contribuant à un redéploiement économique et durable ».

Liza Niemiowski

Ingénieur projet, SITEREM.

« La nécessité de tester, d'expérimenter sur le terrain pour en apprendre davantage a été le moteur de notre engagement. Cette motivation s'inscrit dans une volonté de réduire le bilan carbone par l'opération de phytostabilisation ».

Stefano Panarisi

Ingénieur-chef de district chez
SPW Mobilité et infrastructures -
Direction des voies hydrauliques.

Un projet mené par



En complément

Contexte

La Wallonie soutient activement l'émergence de projets pour la valorisation des sites marginaux sur son territoire au travers de la plantation de végétaux.

C'est dans ce contexte que le gouvernement wallon a approuvé le projet **WALLPHY**

Début 2018, le Décret relatif à la gestion des sols pollués reconnaît la valorisation de sites pollués par l'implantation de végétaux.

Durée du projet

01 juin 2017 à 31 mai 2021

Budget

1.036.248,35 EUR

Partenaires

ISSeP, SPAQUE et ValBiom

Aménagement expérimental N°1

- **± 1.7 ha de plantation de saules, *Salix alba* et *Salix viminalis*, en taillis à courte rotation (TCR) (25.000 plançons de 22 cm) : haute densité pour faire face notam. pression herbivore.**
- **En bordure, une haie arbustive monorang (5 espèces).**
 - *Crataegus monogyna* - Aubépine à un style ;
 - *Ilex aquifolium* - Houx commun ;
 - *Ligustrum vulgare* - Troène commun ;
 - *Prunus sponosa* - Prunellier ;
 - *Rosa canina* - Églantier.
- **Deux rangées d'aulnes (*Alnus glutinosa*). 500 plants. 60-100 cm.**

- **Un semis herbacé 38 kg : composition :**
 - 85 % de graminées (*Deschampsia cespitosa*, *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea*, *Festuca ovina*, *Festuca rubra*, *Lolium perenne*)
 - 15 % d'espèces florales (*Lotus corniculatus*, *Medicago lupulina*, *Trifolium repens*, *Anthyllis vulneraria*, *Achillea millefolium*, *Centaurea thuillieri*, *Saponaria officinalis*, *Silene dioica*)
- **Amendement calcique sur la moitié des parcelles : 4 tonnes (CaCO_3 MgCO_3)**

Aménagement expérimental N°2

- **Espèces acceptées en zone Natura 2000.**
- **Utilisées lors du premier essai, à nouveau testées pour confirmer ou infirmer leur intolérance aux conditions du site : *Salix viminalis* (saule des vanniers), *Alnus glutinosa* (aulne glutineux).**

- **Strate arbustive d'accompagnement pour renforcer l'attrait pour la biodiversité : *Cornus sanguinea* (Cornouiller sanguin), *Viburnum opulus* (Viorne obier), *Euonymus europaeus* (Fusain).**
- **Élargir la diversité d'espèces ligneuses en phytomanagement* :**
 - *Populus x canescens* (Peuplier grisard) : espèce à croissance rapide, candidat au phytomanagement .
 - *Quercus petraea* (Chêne sessile), présente sous nos latitudes mais peu étudiée en phytomanagement.

- *Q. pubescens* qui contrairement à *Q. petraea*, est une espèce thermophile du Sud de la France et pertinente face aux conditions de culture à Hensies (besoin en chaleur et d'un sol drainant).
 - ➔ Essence d'intérêt sylvicole à l'étude par la Société Royale Forestière de Belgique (réchauffement climatique).
 - ➔ Essence plus tolérante au stress hydrique, qualité utile pour gérer le stress abiotique provoqué par la pollution.
 - ➔ Une compatibilité avec le pédoclimat de Hensies à confirmer: gel tardif, engorgement hivernal des sols, substrat asphyxiant, etc.

*L'équipe s'est inspirée du projet PHYTENER et des recherches menées par l'Université Franche-Comté Bourgogne.

Le robinier

Nous avons pu démontrer que, sur base des conseils pris auprès du secteur forestier dont la SRFB et la littérature, notre méthodologie prenait en compte le critère envahissant.

- ➔ Le site était envahi par le *Buddleia* qui est tout aussi envahissant. Ce caractère est même amplifié par rapport au robinier car le *Buddleia* se disperse efficacement par les graines.
- ➔ En l'absence d'une gestion récurrente du *Buddleia* par le propriétaire, il est donc difficile de garder ce milieu ouvert sur le Saint Théodore Ouest. Ceci a été confirmé par Charleroi Nature lors de la dernière rencontre de terrain.

- ➔ Pour limiter le drageonnement du robinier, cette espèce sera concurrencée par l'érable et le bouleau, qui ont été plantés de part et d'autres du robinier.
- ➔ En outre, la présence du robinier dans les accotements du terril ainsi que le Sumac de Virginie est déjà attestée sans montrer une colonisation du site. Le *Buddleia* représente dès lors un risque plus important en termes de colonisation du site.
- ➔ Le robinier a été planté à une certaine distance de la zone humide.

Enfin, nous avons pu expliquer notre choix car il s'agit d'une espèce très intéressante pour les raisons suivantes :

- ➔ Elle attire les pollinisateurs, favorables au développement et au maintien de la biodiversité du site.
- ➔ Outre le fait que l'espèce capte l'azote de l'air dans ses racines, elle favorise la reconstruction des sols dégradés tels que ceux qui définissent le site du Saint Théodore Ouest, ce qui est favorable au développement d'une biodiversité du sol (champignon, bactérie, faune du sol, etc.) et donc in fine à l'implantation d'espèces herbacées.

Coût du chantier du site d'Hensies

Expérimentation 1

Poste	Coût HTVA€
Préparation du sol	3.525
Dégagement des ligneux	1.400
Amendement	1.900
Alnus glutinosa (+protection)	1.200
Salix	14.550
Haie arbustive	1.800
Strate herbeuse	4.860
Suivi (rapport, déplacement)	1.824
Remplacement des gaines d'aulne	300
Protections individuelles saules	8.070
Répulsif	710
Repassage sur plançons	1.400
Entretien des adventices (136h!)	4.145
Total	45.684

Expérimentation 2

Poste	Coût HTVA€
Matériel à la plantation	1.426
Plants	189
M.O.	Équipe Wallphy et TP étudiants
Suivi	Équipe Wallphy, SRFB et TP étudiants
Total	1.615

Coût du chantier du site de Ciney

Poste	Coût HTVA€
Préparation du sol	992
Plantation	2.833
Entretien et déplacement	1.275
Semis	611
Rapport et cartographie	550
Regarnissage (préparation du sol, rhizomes)	1.840
Gestion renouvelée	Équipe Wallphy, CiEi, BEP
TOTAL	8.101

Coût du chantier du site de Charleroi

Poste	Coût HTVA€
Préparation du sol	1.500
Robiniers	2.750
Aulnes	2.000
Érables	1.800
Peupliers	1.100
Bouleaux	1.800
Protection	4.982
Suivi (cartographique, entretien)	2.245
Repassage sur plançons (tempêtes)	4.500
TOTAL	22.677



Cette publication a pour objectif de présenter une synthèse des enseignements suite aux expérimentations menées dans le cadre du projet WALLPHY. Ce document reprend les premiers résultats obtenus suite au suivi opéré sur les différents sites.

Les données reprises dans cette publication ont été récoltées durant la première année de la plantation. Ces données nécessitent d'être consolidées. Les partenaires du projet ne peuvent en aucun cas être tenus responsables de l'usage réservé à ces informations et des conséquences qui en découleraient.

