ANTEA GROUP : PROJET CYCLE TERRE LA FABRIQUE DE MATERIAUX EN TERRE CRUE

Franck MAURIN
06.23.34.24.16
franck.maurin@anteagroup.com
www.anteagroup.com

Antea group est une société internationale d'ingénierie et de conseil en environnement. Nos équipes pluridisciplinaires d'experts et de consultants qualifiés interviennent dans les domaines de l'environnement, de l'eau, des infrastructures, de l'aménagement du territoire et de la mesure.

Enjeux :

- Redonner de la valeur à nos déchets en les réinsérant dans un cycle de production
- Cela s'insère dans la réflexion de recyclage/réutilisation des déchets du BTP
- On ne parle plus de déchets mais de ressources !

Passer de la société du gaspillage à celle de l'usage raisonné des ressources.

Une fabrique démontable de 15 000m² pour accueillir une manufacture de matériaux en terre employant de 15 à 20 personnes.

4 matériaux que l'on va produire avec la fabrique Cycle Terre :

- Une brique compressée
- Une brique extrudée
- Un panneau d'argile extrudé
- Des enduits de finitions

Développer des matériaux dont la production se fera en circuit local court et avec des matières premières nécessitant très peu de transformations afin d'obtenir au final un très faible impact environnemental.

EDYTEM ENVISOL : PROJET VADOR

Marine QUIERS
EDYTEM - ENVISOL
07.89.54.10.74
m.quiers@envisol.fr
edytem.univ-savoie.fr

La société ENVISOL, spécialisée dans le diagnostic des sites et sols pollués, s'est associée au laboratoire EDYTEM, spécialisé dans les techniques de spectroscopie, pour développer des solutions innovantes adaptées à la requalification des friches.

L'objectif du projet VADOR est de développer l'utilisation des techniques de spectroscopie en phase solide pour le diagnostic environnemental. Les méthodes de chimie analytique classiques ne permettent pas d'obtenir des résultats satisfaisants pour prendre en compte la variabilité spatiale des pollutions. Il s'agit donc de développer des procédures de qualification et de quantification de composés cibles en déployant sur le terrain des techniques généralement utilisées en laboratoire. La question initiale est la quantification d'hydrocarbures dans les sols à partir d'un instrument de fluorescence induite par laser résolu en temps développé au laboratoire EDYTEM. Il est associé à un développement chimiométrique permettant la quantification des polluants à partir des mesures spectroscopiques.

Utilisation de la fluorescence résolue en temps pour la mesure des polluants organiques en matrice solide - Application aux sites et sols pollués

Marine Quiers[(a)], Yves Perrette[(b)] et Gaël Plassart[(a)]

(a) ENVISOL, 2-4 rue Hector-Berlioz, 73110 La Tour du Pin

(b) Laboratoire EDYTEM, UMR5204, Université de Savoie Mont-Blanc, Bâtiment "Pôle Montagne", 5 bd de la mer Caspienne, Le Bourget du Lac cedex

CONTEXTE

La détection et le suivi des contaminants organiques dans l'environnement est aujourd'hui un challenge majeur. Les spécificités de fluorescence de ces molécules offrent un potentiel technologique et industriel importants puisque les techniques de spectroscopie sont rapides, non destructives, peu coûteuses et facilement adaptables aux mesures in situ. Comparativement, les analyses traditionnelles restent chères, posant le problème de représentativité de l'échantillonnage, et peuvent engendrer des erreurs liées aux protocoles de préparation et d'extraction. Les diagnostics environnementaux basés sur les méthodes de chimie analytique classiques ne permettent pas d'obtenir des résultats satisfaisants pour prendre en compte la variabilité spatiale des composés cibles et peuvent engendrer une dépense financière et environnementale inutile.

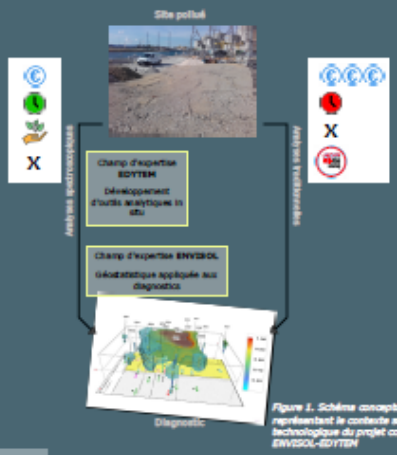


Figure 1. Schéma conceptuel représentant le contexte scientifique et technologique du projet commun ENVISOL-EDYTEM

Le coeur de ce projet est donc de développer l'utilisation de techniques de spectroscopie pour pouvoir augmenter la résolution spatiale des études diagnostiques. La société ENVISOL, spécialisée dans l'application de la géostatistique au diagnostic des sites et sols pollués, s'est associée au laboratoire EDYTEM, spécialisé dans le développement de techniques de spectroscopie appliquées aux matrices solides, pour développer des solutions innovantes adaptées à la requalification des friches. Le projet présenté ici a pour but de **quantifier les hydrocarbures aromatiques dans les sols par fluorescence résolue en temps.**

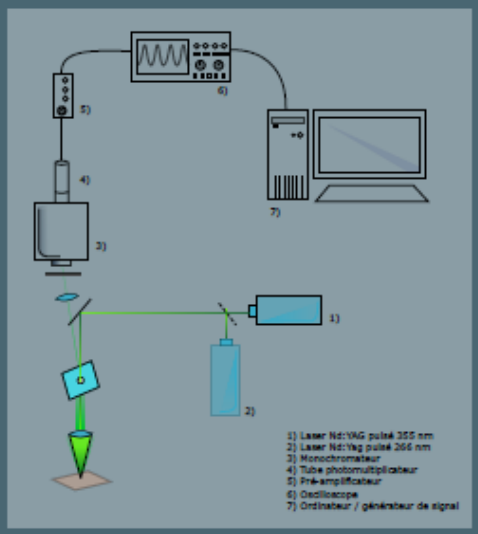


Figure 2. Représentation schématique du spectrofluorimètre résolu en temps développé au laboratoire EDYTEM pour la mesure des matrices solides.

METHODE

Les mesures sont réalisées sur des échantillons de sol provenant de sites pollués pour lesquels la teneur en contaminants organiques a été mesurée en laboratoire. Les échantillons sont séchés, tamisés à 2 mm et broyés avant mesure.

Les mesures de fluorescence sont effectuées au laboratoire EDYTEM à l'aide d'un spectrofluorimètre LIF (fluorescence induite par laser) résolu en temps (figure 2). Il est composé notamment de deux sources d'excitation lumineuses (1 et 2) et d'un tube photomultiplicateur pour la détection (4). Les lasers pulsés et l'oscilloscope permettent d'ajouter une dimension temporelle à la mesure de fluorescence (6).

Les spectres 3 dimensions obtenus (longueur d'onde, intensité et temps, fig. 3) sont utilisés conjointement aux concentrations obtenues en laboratoire dans des modèles chimiométriques. Ces données servent de calibration pour le développement des modèles, afin d'obtenir une quantification des composés à partir des mesures de spectroscopie.

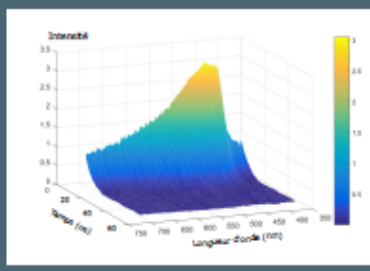


Figure 3. Spectre de fluorescence résolue en temps d'un échantillon de sol contaminé (longueur d'onde d'excitation = 355 nm).

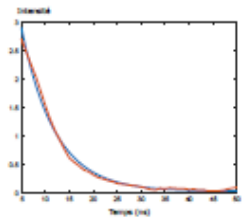


Figure 4. Déclin de fluorescence en fonction du temps à l'intensité de fluorescence maximale (courbe rouge) et fonction exponentielle simulant le déclin (courbe bleue). Exemple pour un échantillon de sol contaminé.

RESULTATS ET PERSPECTIVES

De premiers tests ont été réalisés sur des échantillons de sols contaminés fournis par la société ENVISOL. Ces données sont actuellement en cours de traitement.

De premières prédictions des concentrations ont été réalisées à l'aide de modèles PLS simples, basés sur la simulation du déclin de fluorescence par des fonctions exponentielles (fig. 4). La simulation des déclins ainsi que la prédiction des concentrations sont actuellement en cours d'optimisation.

La forte variabilité intra-échantillon due à l'hétérogénéité de la matrice solide représente notamment un biais important dans le développement des modèles chimiométriques. Une adaptation de l'instrument est actuellement en cours afin de permettre une double amélioration : 1) la prise en compte de l'hétérogénéité du sol en "moyennant" le signal par défocalisation de l'instrument et 2) le fibrage de l'instrument permettant le transfert in situ de la mesure.

Parallèlement à ces avancées méthodologiques et instrumentales, un effort cible le recueil d'échantillons et de données pour la construction d'une base de données, en tant qu'appui au développement chimiométrique.

Les développements méthodologiques réalisés seront ensuite transférés afin d'obtenir une application in situ de la mesure.

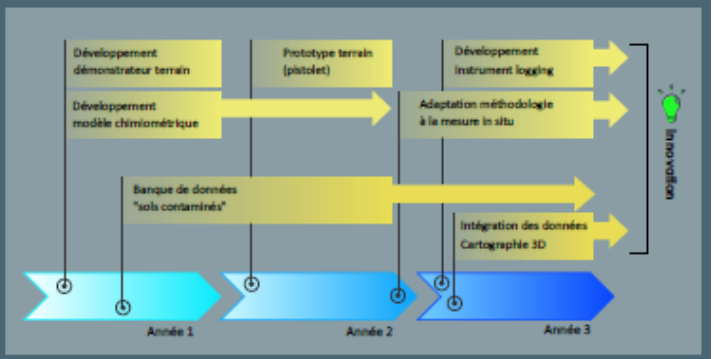


Figure 5. Schéma des perspectives de développement pour la mesure des composés organiques en matrice solide par spectroscopie de fluorescence UV.

ENVISOL : CENTRE DE REFLEXION ISEROIS EN AMENAGEMENT LIMINAIRE DURABLE CRISALID

Basimika MONTET

ENVISOL
07.78.12.82.27
b.montet@envisol.fr
www.envisol.fr

Créé par l'EPF-Dauphiné et Envisol, CRISALID est un centre nomade, démonstrateur d'innovations qui a pour but d'optimiser la requalification de friches et de définir une méthodologie permettant de maîtriser les coûts, les délais, et d'améliorer durablement les performances de dépollution.

Avec le Centre de Réflexion Isérois en aménagement liminaire durable CRISALID, placez l'innovation au cœur de votre stratégie de requalification de friches !

Ce concept innovant permet de pérenniser l'équilibre économique de vos projets de réhabilitation et de créer une méthodologie unique, pour gagner en efficacité et en précision.

Cela passe par :

- La mise à disposition d'un site pilote pour tester des innovations
- Le développement d'outils mutualisés pour mieux caractériser gérer et traiter la pollution
- La création d'un écosystème de start-up et d'entreprises travaillant sur des sujets liés à l'environnement, le développement durable ou l'économie circulaire
- L'élaboration d'un processus pédagogique sur-mesure pour former les maitres d'ouvrages et les futurs professionnels.

CRISALID
UNE AUTRE MANIÈRE D'ANTICIPER ET DE MAITRISER LE FACTEUR TEMPS
L'innovation au service des Friches
Le Pont de Claix | Région de Grenoble - France
Site internet : www.crisalid-idfriches.fr/

ENVISOL : GESTION DE POLLUANTS PREOCCUPANTS – LES POLYCHLOROBIPHENYLES (PCB)

Laure MALAGNOUX
0642627503
l.malagnoux@envisol.fr
www.envisol.fr

La société ENVISOL est une PME spécialisée dans le conseil et l'ingénierie des sites et sols pollués. Pour une requalification des friches plus performante, elle s'associe à l'équipe AMEE du Laboratoire d'Ecologie microbienne de l'Université Lyon 1.

Des connaissances restent à développer sur la gestion de polluants préoccupants tels que les polychlorobiphényles (PCB). Notamment face aux techniques d'élimination classiques (incinération, déchloration chimique) très onéreuses, les techniques de bioremédiation plus respectueuses de l'environnement ont besoin d'études complémentaires. Ce projet se propose de développer des connaissances taxonomiques, métagénomiques et fonctionnelles sur les enzymes capables de dégrader les PCB à partir de sol prélevé sur une friche industrielle. En parallèle, des essais de phytomanagement seront réalisés avec un consortium de microorganismes (bactéries, champignons) et plantes en vue d'élaborer une méthodologie appliquée de biodégradation des PCB.

Les PCB dans les sols, une préoccupation majeure : comment les éliminer ?

Malagnoux L.[1], Plassart G.[1], Vallon L.[2], Maucourt F.[2], Hugoni M.[2], Fraissinet-Tachet L.[2]

[1]ENVISOL, 2-4 rue Hector Berlioz, La Tour du Pin, France
[2]Laboratoire d'Ecologie Microbienne UMR CNRS 5557 INRA 1418 Université Lyon 1, Villeurbanne, France

Les PCB (polychlorobiphényles) antérieurement utilisés pour diverses applications (moteurs électriques, fluides hydrauliques, additifs de peinture…) sont reconnus comme perturbateurs endocriniens et substances cancérigènes. Très persistants dans les environnements (sol, sédiment, eau, air), leur décontamination reste une préoccupation majeure. Les techniques actuellement disponibles pour décontaminer les matrices polluées par des PCB impliquent des méthodes chimiques ou thermiques qui sont techniquement et financièrement très exigeantes. La biodégradation des PCB par certains microorganismes du sol (bactéries et champignons) suscite un grand intérêt comme moyen efficace et économique de bioremédiation pour éliminer ces polluants.

En effet, certains microorganismes sont capables de produire des enzymes ligninolytiques à faible spécificité de substrat (laccases et peroxydases) qui pourraient constituer une alternative prometteuse pour la biodégradation de divers polluants aromatiques. Toutefois, la biodégradation des PCB réalisée par les microorganismes directement dans l'environnement restent très peu documentés.

Nous nous intéressons aux microorganismes producteurs d'activités ligninolytiques en étudiant leur diversité et leurs activités dans un sol pollué.

1. Contexte de la zone d'étude

Le sol pollué utilisé pour cette étude provient du Centre de Réflexion Isérois en Aménagement Durable (CRISALID) situé à Pont de Claix (38). Il correspond à une ancienne usine de peinture désaffectée en 2009, géré par le bureau d'études ENVISOL depuis 2016 pour la gestion de la dépollution et la mise en place du site d'expérimentation pour la recherche.

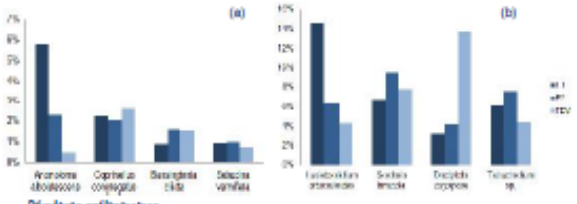
Zone Source	Nature de la pollution avec les concentrations max
1	[HCT] : 6000 mg/kg [BTEX] : 9190 mg/kg
2	[PCB] : 0,94 mg/kg
3	[PCB] : 60 mg/kg [HCT] : 4182 mg/kg [Métaux] : Pb, Zn, Cr

Zone Source	Nature de la pollution avec les concentrations max
4	[PCB] : 2,3 mg/kg [HCT] : 4290 mg/kg Métaux : Pb, Zn, Cr
5	[BTEX] : 35,6 mg/kg
6	[HCT] : 7660 mg/kg [BTEX] : 1289 mg/kg Métaux : Pb, Zn, Ni

Tableau : Taux de pollution mis en évidence dans les différentes investigations passées (Site Remediation 2009, APAVE 2011, R. Gauthey 2014)

2. La diversité taxonomique globale d'une zone polluée par des PCB

Démarche et techniques:
Une analyse initiale de la diversité des communautés fongiques et bactériennes (non présentée) a été réalisée sur 3 échantillons (E1 et E2 pour les deux essais et TEM pour témoin) d'un essai pilote de phytomanagement. L'ADNg a été extrait et les ARNr 18S et 16S respectivement ont été amplifiés puis séquencés en haut débit par un séquenceur MiSeq.

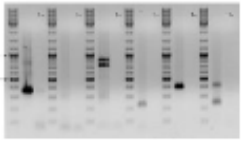


Résultats préliminaires
Fig 1: Diversité des espèces majoritaires de Basidiomycètes (a) et d'Ascomycètes (b)

3. Existe-t-il une corrélation positive entre présence de transcrits codant les activités ligninolytiques et taux de PCB ?

Démarche et techniques:
Pour plusieurs échantillons de sol de zones polluées ou non, différents PCB de degrés de chlorination variés seront dosés, les ADN et ARN environnementaux seront co-extraits et les ARNm rétro-transcrits en ADNc. Après amplification et séquençage haut-débit Miseq des amplicons, la corrélation entre taux de pollution et diversité fonctionnelle sera appréciée par des analyses statistiques multivariées.

Résultats préliminaires
Fig 2: Amplification par PCR des gènes codant le facteur d'élongation eucaryote EF1α (EF1) (gène témoin eucaryote constitutif), des laccases d'*Ascomycota* (lacA) et de *Basidiomycota* (lacB), des LiPO, DyP et Mn peroxydases fongiques à partir des ADNc environnementaux d'une zone polluée du site CRISALID.



Contact: Laurence Fraissinet-Tachet (laurence.fraissinet-tachet@univ-lyon1.fr)

4. Applications: Etude de différents traitements

Des essais de phyto-management ont été mis en place avec un traitement préalable par bioremédiation, avant mise en place d'un couvert végétal connu pour stimuler la rhizosphère.

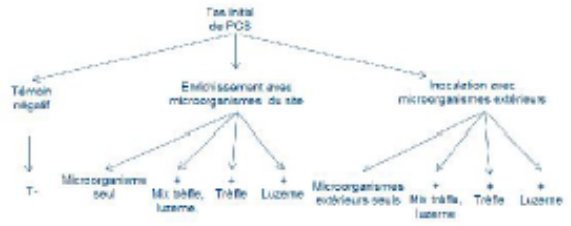


Fig 3: Expérimentations prévues sur site

Contacts: Laure Malagnoux (l.malagnoux@envisol.fr), Gaël Plassart (g.plassart@envisol.fr)

HYMAG'IN : PROCEDE INDUSTRIEL DE PRODUCTION DE MAGNETITE – OXYDE DE FER MAGNETIQUE – POUR LA DEPOLLUTION DES EAUX ET DES SOLS CONTAMINES

Camille CROUZET
06.70.40.47.21
camille.crouzet@hymagin.com
www.hymagin.com

HYMAG'IN est une start-up en cours de création accompagnée par la SATT Linksium de Grenoble. HYMAG'IN développe un procédé industriel de production de magnétite – oxyde de fer – pour la dépollution des eaux et des sols contaminés. Métaux et micropolluants organiques sont ciblés via trois grands effets : adsorption, oxydation et réduction chimique.

HYMAG'IN développe un procédé industriel de production de magnétite – oxyde de fer magnétique – pour la dépollution des eaux et des sols contaminés. Produite dans des tailles inférieures au micromètre, la magnétite est un matériau reconnu pour sa capacité à éliminer ces composés en combinant deux effets :

1. Adsorption, en remplacement ou complément du charbon actif
2. Oxydation ou réduction de composés organiques ou métalliques

L'innovation d'HYMAG'IN réside dans son procédé breveté capable de produire cette magnétite à grande échelle en recyclant des déchets riches en fer. Pour cela, HYMAG'IN cible en priorité des poussières métalliques produites en très grand volume par la sidérurgie et pour lesquelles il n'existe pas de filière de valorisation viable.

DU DECHET INDUSTRIEL AU PRODUIT FONCTIONNEL

VALORISATION DES DÉCHETS FERREUX FINS POUR LA PRODUCTION DE MAGNÉTITE

HYMAG'IN

MAIS QUI EST HYMAG'IN ?

HYMAG'IN développe un procédé industriel de conversion de déchets ferreux en un matériau fonctionnel, **la magnétite**.

Issue de l'Université Grenoble Alpes, HYMAG'IN est une jeune entreprise en création, incubée au sein de la SATT Linksium à Grenoble. L'équipe se compose de trois associés actifs, deux experts scientifiques et un soutien technique.

UN PRODUIT AUX PROPRIETES UNIQUES

UTILISÉ POUR LA DEPOLLUTION

Processus mis en oeuvre

Adsorption

Catalyseur d'oxydation avancée

Réduction chimique

Polluants ciblés

Métaux lourds

Hydrocarbures

Phénols

Composés chlorés

UNE MAGNETITE ISSUE DE L'ECONOMIE CIRCULAIRE

Pour produire la magnétite, le procédé HYMAG'IN valorise des déchets et coproduits ferreux produits en grande quantité par la sidérurgie sous la forme de poussières, de calamines ou de boues. 10 à 400 000 T de tels déchets sont aujourd'hui produits par an et par site industriel en France.
Le procédé breveté HYMAG'IN permet de proposer une alternative viable à la valorisation de ces déchets industriels.

NOS AMBITIONS

A l'horizon 2022, HYMAG'IN ambitionne de devenir le futur leader européen de la valorisation des déchets ferreux fins.

1 000 10 000 100 000 T/an

NOS PARTENAIRES

Linksium ISTerre Université Grenoble Alpes CNRS

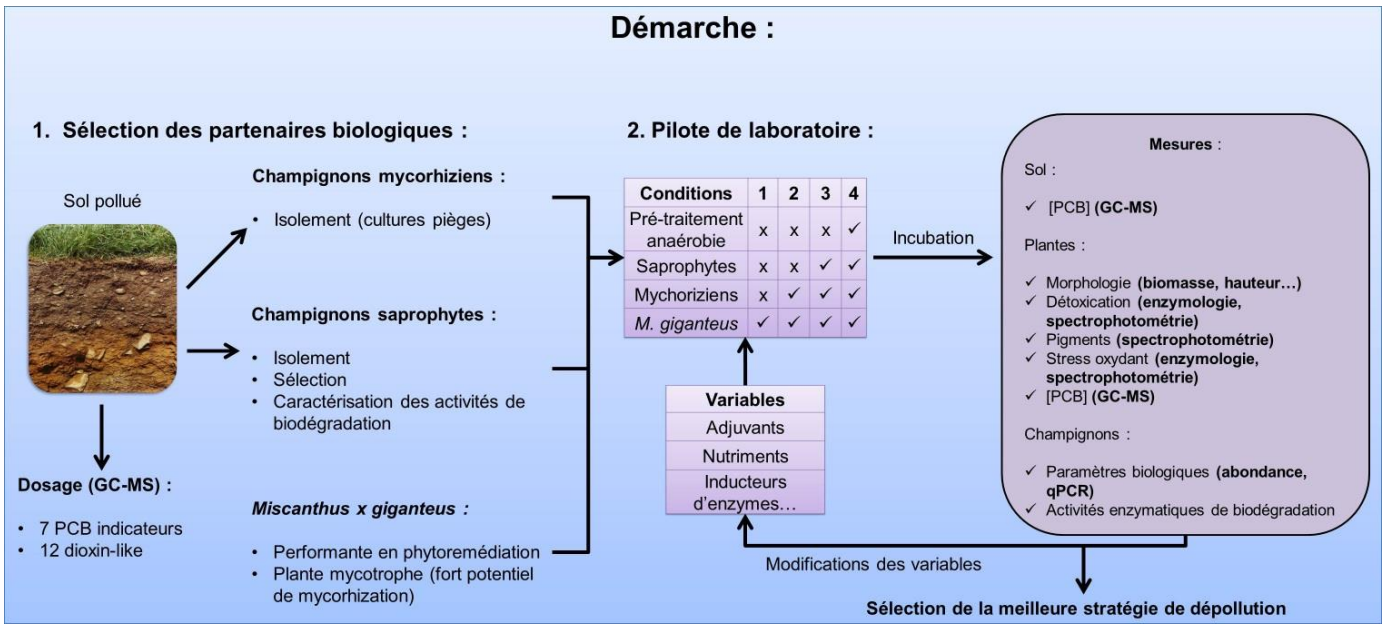
contact@hymagin.com www.hymagin.com

LECA : STRATEGIES DE BIODEGRADATION DES PCB UTILISENT EXCLUSIVEMENT DES PLANTES OU DES MICROORGANISMES

Bello MOUHAMADOU
06.71.45.75.29
bello.mouhamadou@univ-grenoble-alpes.fr
http://www-leca.ujf-grenoble.fr

Le LECA, UMR CNRS /Université Grenoble Alpes étudie les impacts de multi-pollutions environnementales sur les organismes et recherche des solutions pour réhabiliter des sites pollués en utilisant les ressources biologiques

Les stratégies de biodégradation des PCB utilisent exclusivement des plantes ou des microorganismes. Elles montrent de réelles limites liées aux faibles biodisponibilités des PCB et à la dégradation préférentielle des congénères faiblement chlorés par le système biologique. Notre approche associe plusieurs partenaires : plantes hyperaccumulatrices, champignons mycorhiziens favorisant la phytoextraction, champignons saprophytes performants en biodégradation et bactéries anaérobies natives impliquées dans la déchloration des PCB. La finalité est de développer une approche de restauration de sites pollués, alternative aux méthodes conventionnelles, mettant à contribution successive tous les compartiments de l'écosystème, des procaryotes aux plantes supérieures, pour dégrader des molécules organiques particulièrement récalcitrantes telles que les PCB.


Démarche :
1. Sélection des partenaires biologiques :
Sol pollué
Dosage (GC-MS) :
• 7 PCB indicateurs
• 12 dioxin-like
Champignons mycorhiziens :
• Isolement (cultures pièges)
Champignons saprophytes :
• Isolement
• Sélection
• Caractérisation des activités de biodégradation
Miscanthus x giganteus :
• Performante en phytoremédiation
• Plante mycotrophe (fort potentiel de mycorhization)
2. Pilote de laboratoire :
Conditions 1 2 3 4
Pré-traitement anaérobie x x x ✓
Saprophytes x x ✓ ✓
Mychoriziens x ✓ ✓ ✓
M. giganteus ✓ ✓ ✓ ✓
Variables
Adjuvants
Nutriments
Inducteurs d'enzymes…
Incubation
Mesures :
Sol :
✓ [PCB] (GC-MS)
Plantes :
✓ Morphologie (biomasse, hauteur…)
✓ Détoxication (enzymologie, spectrophotométrie)
✓ Pigments (spectrophotométrie)
✓ Stress oxydant (enzymologie, spectrophotométrie)
✓ [PCB] (GC-MS)
Champignons :
✓ Paramètres biologiques (abondance, qPCR)
✓ Activités enzymatiques de biodégradation
Modifications des variables
Sélection de la meilleure stratégie de dépollution

PROJET ANR HYPASS : APPROCHES HYDROMETALLURGIQUE ET DE PHYTOMANAGEMENT POUR LA GESTION DES LAITIERS SIDERURGIQUES

Fernando PEREIRA
0662125630
fernando.pereira@mines-stetienne.fr
https://www.mines-stetienne.fr/

Le cœur du projet ANR HYPASS est de développer, d'appliquer et d'évaluer deux voies, très différentes mais complémentaires, de valorisation :

1. Une approche basée sur des principes hydrométallurgiques en conditions alcalines, visant une récupération optimale des métaux d'intérêt stratégique et
2. Une approche de phytostabilisation en présence de symbioses mycorhiziennes de forme à stimuler la restauration écologique des décharges métallurgiques.

HYPASS envisage également de répertorier et de cartographier les anciens crassiers, de réaliser des "Analyses de Cycle de Vie" (ACV) pour les différentes méthodes de valorisation et de construire un outil d'aide à la décision afin de faciliter l'identification des meilleures méthodes de traitement, tant d'un point de vue économique que purement environnemental.

La méthodologie HYPASS est mise en œuvre depuis le 1er janvier dernier sur le crassier métallurgique d'Industeel France ArcelorMittal, situé à Châteauneuf (Loire) et inscrit dans le réseau de sites ateliers français SAFIR.

APPROCHES HYDROMÉTALLURGIQUE ET DE PHYTOMANAGEMENT POUR LA GESTION DES LAITIERS SIDÉRURGIQUES

Fernando PEREIRA (1, 2, 3)
Nour-Eddine MENAD (4)
Frédéric ASTOLFI (5)
Olivier FAURE (1, 2, 3)
Elsa LIMASSET (4)
Frédéric PARAN (1, 2, 3)
Bruno LEMIÈRE (4)
Steve PEUBLE (1, 2, 3)

MINES Saint-Étienne
Une école de l'IMT

1 - Mines Saint-Étienne - Centre "Sciences des Processus Industriels et Naturels" (SPIN) - "Département Procédés pour l'Environnement et les Géo-ressources" (PEG) - Saint-Étienne (France), 2 - "Association pour la Recherche et le développement des Méthodes et processus IndustrIEls" (ARMINES) - Paris (France), 3 - "Groupement d'Intérêt Scientifique du redéploiement Post-Industriel : Loire Territoires urbains" (GIS PILoT) - Saint-Étienne (France), 4 - "Bureau de Recherches Géologiques et Minières" (BRGM) - Orléans (France), 5 - Industeel France ArcelorMittal [Contact : fernando.pereira@mines-stetienne.fr].

Programme "Agence Nationale de la Recherche" (ANR) " HYdrometallurgy and Phytomanagement Approaches for Steel Slag management" (HYPASS) [2018-2021].
Site Industeel France ArcelorMittal de Châteauneuf (Loire, France).

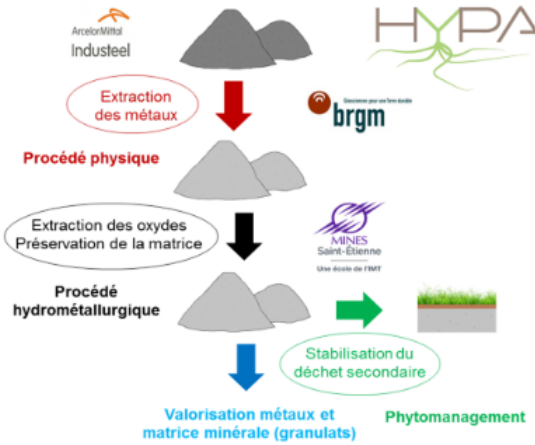
Les quantités de laitiers sidérurgiques produites et les stocks disponibles sont considérables. La gestion de ces coproduits nécessite de trouver une solution quant à leur devenir qui soit satisfaisante tant d'un point de vue environnemental qu'économique. La recherche (sur financement ANR) vise à proposer une solution intégrée, durable et économiquement rationnelle répondant à l'ensemble de cette problématique.

Elle inclut le développement de procédés physiques et hydrométallurgiques de récupération des métaux et oxydes métalliques par voie basique et l'évaluation des méthodologies de phytostabilisation, déjà expérimentées sur les laitiers sidérurgiques, pour les résidus secondaires issus de ces traitements. Le concept de solution intégrée reposera également sur le contrôle des impacts environnementaux et/ou l'étude de l'éco-compatibilité durable.

Par ailleurs, HYPASS envisage de répertorier et de cartographier les anciens crassiers, de réaliser des "Analyses de Cycle de Vie" (ACV) pour les différentes méthodes de valorisation et de construire un outil d'aide à la décision afin de faciliter l'identification des meilleures méthodes de traitement, tant d'un point de vue économique que purement environnemental.

Enjeu général, verrous scientifiques

L'enjeu général est de valoriser des déchets sans en accroître la toxicité [aspect "Analyse de Cycle de Vie" (ACV)].



Verrous hydrométallurgiques : mise au point d'un procédé de lixiviation par voie basique, prédiction des propriétés des solides précipités.

Verrous en phytomanagement : végétalisation d'un substrat potentiellement phytotoxique, très basique, drainant, pauvre en éléments nutritifs et dépourvu de matière organique.

Retombées attendues

L'émergence et la pérennisation de nouvelles filières de "valorisation matière" appliquées aux laitiers permettraient de répondre à de **multiples enjeux de développement durable** :

- **Au regard des enjeux sociaux et sociétaux**
  - diminution des tensions et facilitation de la gestion des conflits autour des zones de stockage ;
  - création d'emplois dans les nouvelles filières industrielles de valorisation.

- **Au regard des enjeux environnementaux**
  - limitation du stockage définitif de matériaux possédant encore le statut de déchets ;
  - reconquête de la qualité des milieux naturels et renfort de la biodiversité ;
  - limitation de l'extraction de ressources naturelles par la production de matériaux de substitution.

- **Au regard des enjeux économiques**
  - offre de solutions moins onéreuses que d'autres matériaux naturels disponibles ;
  - renfort de la compétitivité par la diminution du coût de traitement et l'intégration d'une approche environnementale de gestion des sites de stockage ;
  - développement de nouvelles filières industrielles de valorisation ;
  - réponse à la pénurie actuelle de matières premières en travaux publics dans le respect de l'environnement.

LA PHYTOSTABILISATION DES GRANDES FRICHES MÉTALLURGIQUES : QUELLE RÉDUCTION DES RISQUES ?

Olivier FAURE
ofaure@emse.fr
https://www.mines-stetienne.fr/

A l'heure actuelle, les solutions les plus souvent proposées par les acteurs de la dépollution des sols sont la mise en décharge ou le confinement *in situ* à l'aide de membranes géosynthétiques couvertes de terre propre.

Si ces méthodes sont efficaces et rapides, leur mise en œuvre reste couteuse et leur pertinence écologique est discutable.

Une alternative simple consiste à implanter un couvert végétal homogène et pérenne afin de limiter les transferts des contaminants.

Cette approche de phytostabilisation est toutefois rarement considérée, faute de retours d'expériences suffisamment nombreux et documentés.

Ce travail propose un premier retour d'expérience sur la phytostabilisation d'un crassier métallurgique ; il évalue l'effet d'un couvert végétal sur les 3 voies potentielles de transfert des contaminants : les transferts éoliens, la lixiviation et la bioaccumulation par les plantes.

LA PHYTOSTABILISATION DES GRANDES FRICHES MÉTALLURGIQUES : QUELLE RÉDUCTION DES RISQUES ?

MINES Saint-Étienne
Une école de l'IMT

Frédéric PARAN (1, 2, 3)
Olivier FAURE (1, 2, 3)
Fernando PEREIRA (1, 2, 3)
Jordan RÉ-BAHUAUD (2, 3)
Cyrille CONORD (2, 4)
Didier GRAILLOT (1, 2, 3)
Mathieu SCATTOLIN (1, 2, 3)

1 - Mines Saint-Étienne - Centre "Sciences des Processus Industriels et Naturels" (SPIN) - "Département Procédés pour l'Environnement et les Géo-ressources" (PEG) - Saint-Étienne (France), 2 - "Unité Mixte de Recherche" (UMR) "Centre National de la Recherche Scientifique" (CNRS) 5600 "Environnement, Villes et Sociétés" (EVS) - Lyon (France), 3 - "Groupement d'Intérêt Scientifique du redéploiement Post-Industriel: Loire Territoires urbains" (GIS PILoT) - Saint-Étienne (France), 4 - "Université Jean Monnet" (UJM) - "Image, Société, Territoire, Homme, Mémoire, Environnement" (ISTHME) - Saint-Étienne (France) [* Contact: frederic.paran@mines-stetienne.fr]

Programme "Agence de l'Environnement et de Maîtrise de l'Énergie" (ADEME) "PHYtoStabilisation : méthodologie Applicable aux Friches Industrielles Métallurgiques et Minières" (PHYSAFIMM)
Site d'Industeel France ArcelorMittal à Châteauneuf (Loire, France).

CONTEXTE

Gestion durable des sites et sols pollués par des laitiers sidérurgiques (classifiés en tant que déchets) sur le site d'Industeel ArcelorMittal :

- laitiers sidérurgiques - matières minérales produites par l'industrie du fer et de l'acier
- crassier/stock - surface importante (plusieurs hectares) et volume considérable (plusieurs milliers de m^3).
- sources de contaminations potentielles (riches en oxydes métalliques et métaux: Cr, Mo, W, *etc.*) - air, sols, eaux et écosystèmes.

PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS

Comment réduire le risque [Risque = f (Source, Transfert, Cible)] de transfert des contaminants ?

Gérer la source: détruire ou enlever la pollution ?
► Solution coûteuse.
Gérer la cible : restreindre l'accès au site ?
► Solution inadaptée.
Gérer le transfert : confiner par imperméabilisation (géo-membrane, *etc.*) ?
► Solution coûteuse et à durée limitée dans le temps.

Alternative = Phytostabilisation

- Tester l'implantation d'un couvert végétal homogène et pérenne pour limiter les transferts de contaminants

MÉTHODES

Dix-huit parcelles expérimentales pour :

- évaluer le potentiel de végétalisation d'un crassier sidérurgique - suivi du couvert végétal sur une combinaison de différents amendements et ensemencements.
- évaluer l'influence du couvert végétal sur :
  - le transfert éolien ~ tunnel à vent.
  - le transfert hydraulique vertical ~ modèle conceptuel fondé sur la "Réserve Utile" (RU).
  - le transfert vers le vivant ~ analyse des éléments traces dans le couvert végétal.

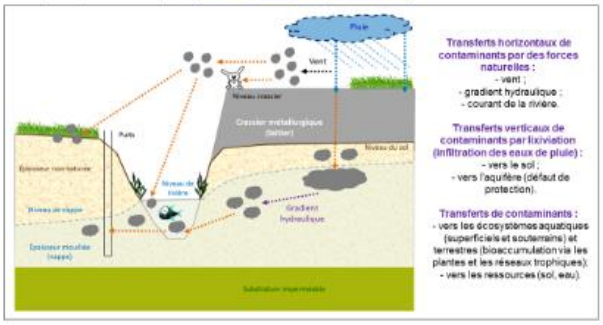
RÉSULTATS

- Couvert végétal au bout d'un an : atteint 95% sur les parcelles amendées par des MIATE et ensemencées par des espèces métallophytes.
- Vitesse du vent à 20 cm du sol : diminuée sur les parcelles présentant un couvert végétal de 95 %.
- Transport de particules et masse d'éléments métalliques : fortement diminués à 50 cm du sol sur les parcelles présentant un couvert végétal de 95%.
- Infiltration d'eau : réduite sur des parcelles présentant un couvert végétal de 95%.
- Contamination des espèces végétales : comparable à celle d'espèces se développant sur des sols non pollués (seuls le Cr et le Mo montrent des teneurs légèrement supérieures aux standards).

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

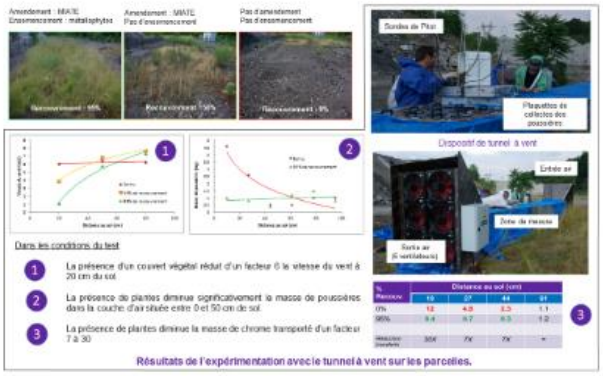
La phytostabilisation est adaptée aux crassiers métallurgiques sous réserve d'un amendement et d'un ensemencement optimisés. Elle réduit de manière significative le transfert de contaminants. Pour aller plus loin :

- Modélisation du transfert de contaminants : zone non saturée, zone saturée (nappe), rivière.
- Optimisation de l'ensemencement (métallophytes excluders).
- Amélioration du substrat (ensemencements bactérien et mycorhizien).
- Diminution ou neutralisation du pouvoir contaminant des laitiers par hydrométallurgie.
- Préconisations pour la mise en œuvre de bonnes pratiques de gestion des contaminants.

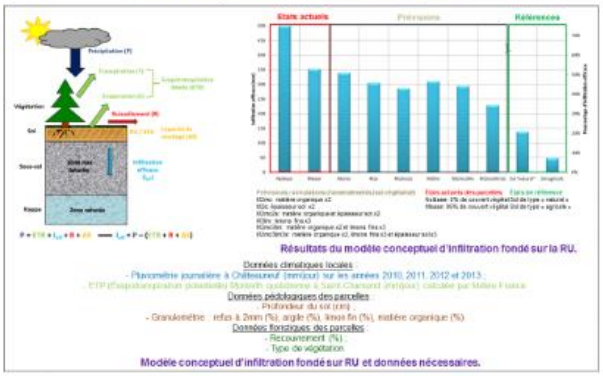


Dix-huit parcelles expérimentales sur le crassier d'Industeel France ArcelorMittal à Châteauneuf.

Vue aérienne du site (crassier) d'Industeel France ArcelorMittal à Châteauneuf (source : IGN).



Résultats de l'expérimentation avec le tunnel à vent sur les parcelles.



WATER TREATMENT THROUGH CLATHRATE HYDRATE CRYSTALLIZATION

Ana CAMEIRAO
0477420286
cameirao@emse.fr
https://www.mines-stetienne.fr/

J. DOUZE, F. PEREIRA, D. GARCIA, B. BOUILLOT, A. CAMEIRÃO, J-M. HERRI

Large volumes of waste are still produced today from secondary reactions in chemical plants. This ones are composed by reusable compounds like salts that must be recycled. In this case large amounts of water are used to dissolve salts. We developed a solution together with thermodynamic modelling to sequester water in clathrate hydrates without precipitating the salt, thus producing a supersaturated solution in salt. Water is sequestered in clathrates and easily separated from the supersaturated solution and then recovered after hydrate melting. Additives can be used in order to improve the water recovery by hydrates, and after easily be separated from liquid water.

WATER TREATMENT THROUGH CLATHRATE HYDRATE CRYSTALLIZATION

Son HO-VAN[1], Baptiste BOUILLOT**[1], Jérôme DOUZET*[1], Fernando PEREIRA[2], Ana CAMEIRÃO[1], Jean-Michel HERRI[1]

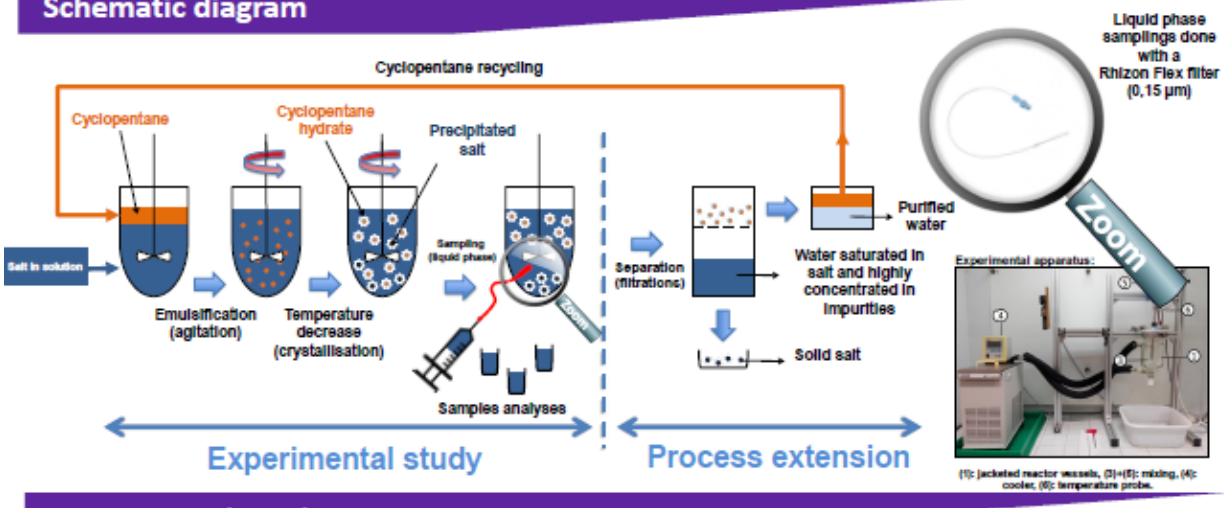
* douzet@emse.fr
** bouillot@emse.fr

Mines Saint-Etienne, Univ Lyon, CNRS, UMR 5307 LGF, Centre SPIN, Departement PEG, F - 42023 Saint-Etienne France
Mines Saint-Etienne, Univ Lyon, Univ Jean Moulin, Univ Lumière, Univ Jean Monnet, ENTPE, INSA Lyon, ENS Lyon, CNRS, UMR 5600 EVS, Centre SPIN, Departement PEG, F - 42023 Saint-Etienne France

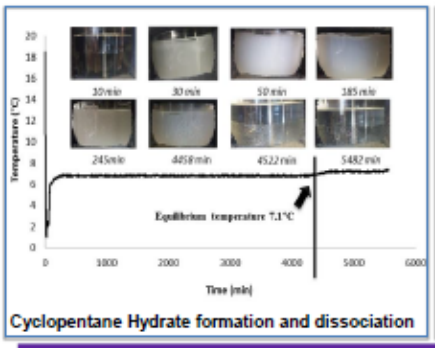
Context

Large volumes of waste are still produced today from secondary reactions in chemical plants. This ones are composed by reusable compounds like salts that must be recycled. In this case large amounts of water are used to dissolve salts. We developed a solution to sequestrate water in clathrate hydrates with or without precipitating the salt, by producing a salt supersaturated solution. Water is sequestered in clathrates and easily separated from the supersaturated solution and then recovered after hydrate melting.

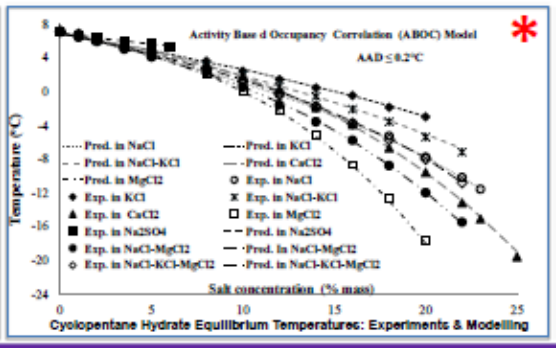
Schematic diagram



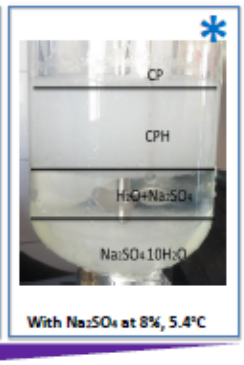
Experimental results



Cyclopentane Hydrate formation and dissociation



Cyclopentane Hydrate Equilibrium Temperatures: Experiments & Modelling



With Na_2SO_4 at 8%, 5.4°C

Conclusions

* Measurement and thermodynamic modelling of phase equilibrium cyclopentane hydrates from brine
* Pure water and solid salts can be separated from brine thanks to cyclopentane hydrates

MINES Saint-Étienne · Institut Mines-Télécom · LGF · EVS · INSPIRING INNOVATION

NEO ECO

Benjamin CONSTANT
09.70.40.53.01
bconstant@neo-eco.fr
www.neo-eco.fr

Néo-Eco propose depuis 10 ans des solutions pratiques de valorisation des matières usagées. En particulier nous accompagnons collectivités et aménageurs dans la valorisation des produits de déconstructions de bâtiments et friches industrielles.

Néo-Eco travaille en étroit partenariat avec l'IMT Lille-Douai depuis de nombreuses années à la valorisation des matières usagées minérales. Nous avons financé des travaux de recherche importants sur la valorisation des mâchefers d'incinération, des sédiments de dragage et des produits de déconstruction du BTP. Nos recherches ont porté sur une forte amélioration de la compréhension du potentiel de valorisation des matières usagées minérales au travers de caractérisations approfondies. Ces analyses nous permettent de mieux comprendre les propriétés des matériaux et de développer des formulations innovantes d'éco-matériaux de construction alternatifs, en particulier dans les familles des bétons et matériaux composites.

DÉCONSTRUCTION RECONSTRUCTION INNOVANTE

Aménageurs
Promoteurs
Bailleurs sociaux
Villes & collectivités
Parcs immobiliers
Parcs industriels

Valorisez jusqu'à 100% de vos déconstructions
Réduisez significativement les coûts de vos projets
Éliminez les dépôts en stockage ultime
Reconstruisez avec vos matériaux recyclés
Améliorez votre crédibilité environnementale

Méthodologie de valorisation éprouvée

L'Économie-Circulaire mise en pratique

Références

La Maillerie - Villeneuve d'Ascq

Les 3 Suisses - Croix

La Lainière - Roubaix

Éco-matériaux développés

Granulats de type 1
Bétons prêts à l'emploi
Bétons préfabriqués
Pavés en béton
Dalles & carrelages
Pierres à gabion
Technique routière
Granulats divers
Etc.

VALORISEZ VOS MATÉRIAUX. MINIMISEZ VOS COÛTS.

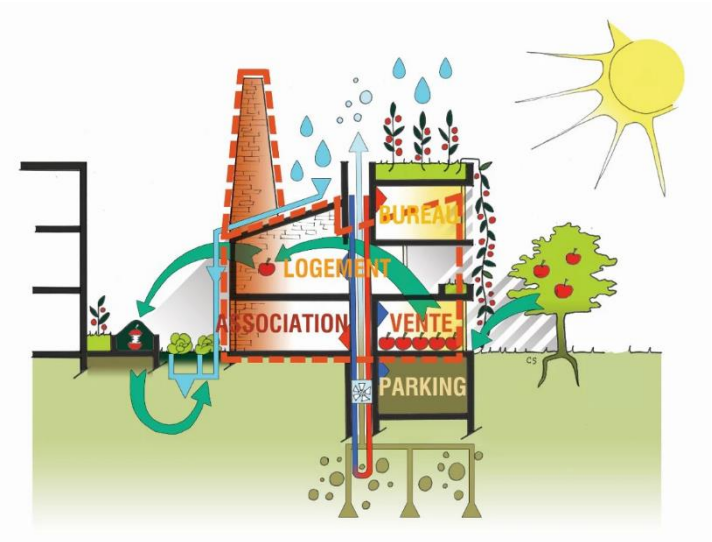
SOLEO : BATIFERTILE

Christophe CHENE
SOLEO SERVICES
06.30.00.94.89
cchene@soleo-services.fr
www.soleo-services.fr

BATIFERTILE, un collectif créé par Lomus Architectes, Soléo Services et Culture en Villes, propose une reconversion durable et innovante des friches avec des bâtiments multifonctionnels intégrant dépollution in-situ, agriculture urbaine et économie circulaire.

La dépollution d'une friche industrielle est souvent un frein à son redéveloppement, soit elle coûte trop cher par rapport à sa valeur foncière soit elle se fait dans des conditions environnementales non durable : excavation, transport routier, décharge. Le Collectif BATIFERTILE est une équipe pluridisciplinaire qui promeut un nouveau concept de reconversion des friches intégrant :

- Une architecture durable et socialement responsable privilégiant l'économie circulaire à tous les stades du projet
- Une dépollution douce à base de techniques in-situ garantissant la sécurisation du bâti et utilisant des solutions énergétiques durables et économiques
- Une agriculture urbaine créative d'une forte valeur ajoutée : production nourricière, lien social, éducation, création de nouveaux emplois



SUEZ : PROJET VALTER BIOMASSE

Jean Yves RICHARD
09.70.40.53.01
jean-yves.richard@suez.com
www.suez.com

Les activités de SUEZ pour le traitement et la valorisation des terres excavées sont fortement ancrées en région ARA, avec la plus grande plateforme de valorisation de SUEZ Minerals basée à Ternay, et le siège de SUEZ Remediation basé à Meyzieu.

Le projet VALTER BIOMASSE mené par SUEZ, Société Forestière CDC et VALTERRA vise à démontrer un nouveau modèle économique de valorisation de friches délaissées par la production de bois énergie. Le sol dégradé est reconstruit à partir de terres excavées en région Lyonnaise qui, au lieu d'être envoyées en installation de stockage, sont traitées et rendues fertiles par amendement. Tout en permettant la valorisation des terres et la valorisation de fonciers inoccupés ou fortement contraints, cette nouvelle filière de production durable de bois permettra d'alimenter les chaudières biomasse de l'agglomération Lyonnaise. Ce projet innovant sera implanté sur la lône de Pierre-Bénite et s'intègre dans le volet paysage productif de l'Appel des 30 !