



Convaincre à tous niveaux reste un défi permanent.
ANNEXES : Table ronde n° 1 LES RESULTATS DE LA RECHERCHE

PROJET DIOXINES : CONTAMINATION ET BIODEGRADATION

Biodégradation des polluants organiques par des champignons saprotrophes en sols dégradés: Retour d'expériences en recherche

Rafin C. & Veignie E.

Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant (UCEIV EA 492), Université du Littoral Côte d'Opale, Dunkerque - Adresse électronique : rafin@univ-littoral.fr Résumé

Nos recherches concernent l'étude des champignons filamenteux saprotrophes comme source d'innovation dans le cadre de la requalification de sols historiquement contaminés. Ses champs d'étude intègrent des recherches fondamentales sur la dégradation de polluants organiques hydrophobes (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques HAP, dioxines/furanes), et des études de faisabilité de nouveaux procédés de bioremédiation des sols.

Les recherches sont fondées sur trois principales questions scientifiques : Existe-t-il une biodiversité fongique dans des sols dégradés ? Comment les champignons dégradent ils les polluants organiques hydrophobes ? Comment optimiser leurs aptitudes naturelles pour développer des procédés innovants de bioremédiation des sols ?

Pour répondre à ces questions, notre démarche scientifique est la suivante : * Réalisation d'une mycothèque de champignons saprotrophes (Mycothèque UCEIV ULCO répertoriée dans le Réseau Fungi Systematic Network R-Syst, INRA) isolées de sols industriels dégradés (ancienne usine à gaz, usine d'incinération des ordures ménagères UIOM, autres origines) ; * Criblage de souches fongiques et évaluation de leurs capacités à dégrader le(s) polluant(s) d'intérêt (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques HAP, dioxines/furanes, autres polluants) en milieu de culture minéral puis en sols pollués historiquement contaminés ; * La finalité de ces recherches est de mettre au point une méthode écologique et économique de bioremédiation des sols dégradés préservant l'intégrité du sol.

Les perspectives R & D relatives aux potentialités des champignons saprotrophes pour de telles applications environnementales (requalification de foncier dégradé, reconquête de friches industrielles et urbaines, valorisation de matériaux contaminés) sont un enjeu potentiel important dans le domaine de la réhabilitation des sols, des biotechnologies fongiques et de l'économie circulaire. Cette finalité de nos recherches nécessite un partenariat entre le laboratoire de recherche et les utilisateurs du foncier.

Références

Delsarte I., P.E. Danjou, Veignie E., Rafin C. 2016. Synthesis of modified potato starches for aqueous solubilization of benzo[a]pyrene, Carbohydr. Polym., 144, 83-88.

Fayeulle A., Veignie E., Slomianny C., Dewailly E., Munch J.C., Rafin C. 2014. Energy- and cytoskeleton- dependent uptake of Benzo[a]pyrene by the telluric filamentous fungus *Fusarium solani*. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 21, 5: 3515-3523.

Potin O., Rafin C., Veignie E. 2004. Bioremediation of an aged polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) soil by filamentous fungi isolated from the soil. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 54 (1), 45-52.

Rafin C., de Foucault B., Veignie E. 2013. Exploring micromycetes biodiversity for screening benzo[a]pyrene degrading potential. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 20:3280–3289.

Veignie E, Rafin C, Woisel P, Cazier F. 2004. Preliminary evidence of the role of hydrogen peroxide in the degradation of benzo[a]pyrene by a non-white rot fungus *Fusarium solani*. *Environ Pollut* 129:1–4.

https://www.researchgate.net/profile/Catherine_Rafin

Mots clés : Benzo[a]pyrène; Biodégradation; bioremédiation ; champignons saprotrophes ; dioxines/furanes; Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques; Polluants Organiques; sol.

**La phytoremédiation assistée par les champignons mycorhiziens
pour la dépollution des sols contaminés par les dioxines/furanes**

Anissa LOUNES-HADJ SAHRAOUI - E-mail : lounes@univ-littoral.fr

Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO)

Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant (UCEIV) - Calais

1. Contexte et objectifs du projet

Célèbres depuis l'accident de Seveso en 1976, les dioxines/furanes (PCDD/F) restent, malgré une forte baisse de leurs émissions dans l'atmosphère, un sujet de préoccupation permanent en France et dans le monde. La rémanence de ces composés organochlorés dans le sol et le risque toxique qu'ils représentent pour la santé de l'homme et l'environnement font que le développement de méthodes innovantes de gestion et de remédiation des sols contaminés par les PCDD/F répond à des attentes sociétales et scientifiques d'actualité. Nous avons assisté ces deux dernières décennies à l'émergence des phytotechnologies dans le domaine de la gestion des sites et sols pollués en raison de leur meilleure adéquation avec le développement durable et de leur faible coût. De plus, ces techniques, bien adaptées aux traitements *in situ* de grandes surfaces, permettent la préservation des fonctions du sol et peuvent ainsi contribuer à un changement d'usage de ces sols dégradés. Cependant, ces phytotechnologies sont encore souvent limitées en termes d'efficacité, en particulier lorsqu'il s'agit de composés chlorés à cause de leur récalcitrance, leur phytotoxicité et leur faible biodisponibilité dans le sol. L'optimisation de ces méthodes passe par un choix adéquat de l'espèce végétale et notamment par l'utilisation de plantes tolérantes aux polluants et stimulant les populations microbiennes rhizosphériques à capacité dégradante. Parmi les microorganismes influençant les processus rhizosphériques figurent les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) qui vivent en symbiose avec la majorité des plantes. Les CMA procurent de nombreux avantages à la plante hôte, dont une meilleure croissance et une meilleure tolérance aux stress biotiques et abiotiques. De nombreuses études ont démontré l'intérêt d'utiliser des amendements biologiques à base de CMA pour assister la phytoremédiation des sols contaminés par certains polluants organiques persistants tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques et les polychlorobiphényles. En revanche, très peu d'études décrivent le rôle des plantes mycorhizées dans la phytoremédiation des sols historiquement contaminés par les PCDD/F. Ainsi, notre contribution dans le cadre de ce projet a consisté à étudier les performances de la phytoremédiation assistée, en particulier par les CMA, dans le cas d'un sol agricole historiquement contaminé par les PCDD/F prélevé à Halluin sur une parcelle expérimentale située à proximité de l'ancien incinérateur à l'origine de la pollution.

2. Consortium

Ce projet s'est appuyé sur le partenariat suivant :

- L'association Halluin 3R (Recherche, Réseau, Requalification)
- L'Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant (UCEIV) de l'Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO)
- L'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) d'Arras (LAAS) et d'Orléans (INFOSOL)
- Le Coin de Terre Halluinois (CTH)
- L'Environnement Développement Alternatif (EDA)

3. Mise en œuvre (2010 – 2015)

- Phase préliminaire : Caractérisation du niveau de contamination en PCDD/F du sol du site expérimental d'Halluin (3500 m²)
- Phase 1 : Etude de faisabilité de la phytoremédiation assistée par les CMA en procédant à :
 - o des tests de phytotoxicité
 - o une caractérisation du microbiote du sol (métagénomique)
 - o des isollements et des identifications des spores de CMA autochtones
- Phase 2 : Mise en place d'expérimentations en microcosmes à partir du sol prélevé de la zone la plus contaminée du site expérimental d'Halluin pour :
 - o Etudier l'importance du choix de l'espèce végétale dans la phytoremédiation
 - o Etudier l'influence de l'ajout d'un amendement biologique à base de CMA
 - o Optimiser les conditions de dissipation des PCDD/F
 - o Déterminer l'impact de la phytoremédiation assistée sur le microbiote du sol
 - o Evaluer l'impact de la phytoremédiation assistée sur la toxicité du sol

4. Résultats obtenus et applications possibles

Les travaux réalisés dans le cadre de ce projet, s'appuyant sur des essais en microcosmes en laboratoire, ont mis en évidence le potentiel de deux espèces végétales (la luzerne et la fétuque) dans la phytoremédiation assistée des sols historiquement contaminés par les PCDD/F. Il a été montré que la dissipation des PCDD/F résulterait de la stimulation de l'activité microbienne du sol. Des augmentations de l'abondance, de la richesse et de la diversité de certains groupes bactériens (Actinobactéries, Proteobactéries, Chloroflexi) et fongiques (Sordariales) dans le sol ont été observées. L'introduction combinée dans le sol de certains amendements permet d'accroître l'efficacité de la phytoremédiation et conduit à la réduction de la toxicité de ce sol.

Afin d'évaluer l'efficacité de cette phytotechnologie sur le terrain, des essais en conditions réelles (*in situ*) et à long terme sont nécessaires.

5. Financeurs

Europe (PO FEDER), Ministère de l'Environnement, du Développement Durable et de l'Energie, ADEME, Conseil Régional Nord Pas de Calais, Conseil Général du Nord, MEL

PROJET PhytEO : Phytostabilization and Essential Oil
La production d'huiles essentielles :
une filière éco-innovante de reconversion des sols historiquement pollués

Anissa LOUNES-HADJ SAHRAOUI - E-mail : lounes@univ-littoral.fr

Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO)

Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant (UCEIV) - Calais

1. Contexte et objectifs du projet

Dans un contexte de forte pression démographique et de raréfaction des sols, la requalification des sites et sols pollués, en milieu rural et urbain, représente un enjeu présent et futur pour la santé humaine et pour la préservation de l'environnement. Parmi les méthodes émergentes sur les marchés du traitement et de la gestion des sites et sols pollués, la phytostabilisation aidée est présentée comme pouvant d'une part, contrôler les flux de polluants dans l'écosystème sol-plante et d'autre part, rétablir une dynamique permettant aux sols pollués de récupérer les niveaux de fonctionnalité historique en favorisant leur résilience. Cependant, le manque de retours d'expérience sur des essais dans des conditions réelles (à grande échelle et à long terme) ainsi que sur la rentabilité socio-économique de ce mode de gestion constituent les principaux freins à son développement. Des expérimentations *in situ* à grande échelle sur des parcelles historiquement contaminées ainsi que le développement de nouvelles filières de valorisation de la biomasse végétale issue des sols contaminés permettront de mieux appréhender la faisabilité du phytomanagement dans la gestion des sols pollués. Jusqu'à présent, les principales filières de valorisation de la phytomasse produite sur sols pollués, étudiées dans le cadre de plusieurs programmes de recherche ont porté sur la production énergétique (combustion, pyrolyse, torréfaction, méthanisation). La valorisation de produits biosourcés, à hautes valeurs ajoutées, issus de la biomasse végétale produite sur des sols contaminés permettrait d'abaisser les coûts globaux de gestion et de requalification des sols pollués et de redonner un intérêt économique à des terres agricoles délaissées tout en répondant aux attentes environnementales, économiques et sociales. Ainsi, le projet PhytEO, financé par l'ADEME, a pour objectif de proposer une nouvelle filière de valorisation non alimentaire de la biomasse végétale produite sur des sols agricoles contaminés par des éléments traces métalliques (ETM) sur le site atelier de Metaleurop. Il s'agit de cultiver des plantes à parfums aromatiques et médicinales (PPAM) pour produire des huiles essentielles (HE) présentant des activités biologiques. Ce projet s'intègre pleinement dans le projet de territoire engagé sur la zone agricole polluée par l'ancienne usine Metaleurop Nord.

2. Consortium

Le projet PhytEO s'appuie sur un partenariat universitaire transdisciplinaire, institutionnel et privé. Le consortium rassemble plusieurs équipes de recherche (UCEIV, TVES, Unités TPPD et ISAE,) rattachées à deux établissements publics (ULCO, INERIS), un partenaire privé producteur d'HE (Ferrant PHE), un partenaire public (DRAAF), la Chambre d'Agriculture du Nord-Pas de Calais et une association d'agriculteurs (« Agriculture et enjeux de territoire »).

3. Verrous scientifiques et technologiques à lever /Mise en oeuvre (2017 – 2020)

- Mise en place d'essais *in situ* à grande échelle (4 ha) de cultures de PPAM pour démontrer l'intérêt d'utiliser des espèces végétales productrices d'HE dans une stratégie de phytomanagement
- Etude de l'intérêt des amendements biologique et chimique dans la croissance des PPAM, l'amélioration de la qualité des HE et le processus de phytostabilisation
- Evaluation de la composition et de la qualité des HE extraites à partir de la biomasse végétale produite sur sols contaminés par les ETM

- Détermination des activités biologiques des HE (biopesticides, anti-inflammatoires et anti-oxydantes)
- Proposition de trois filières de valorisation des résidus de biomasse issus du procédé d'extraction des HE en fonction de leur degré de contamination par les ETM (méthanisation, combustion, compostage)
- Etude de la viabilité technico-économique et de l'acceptabilité de la filière « production d'HE sur sols pollués »

4. Résultats attendus et applications possibles

Les résultats attendus à l'issue de ce projet sont la vérification du bienfondé, de la viabilité technico-économique et de l'acceptabilité de ce mode de gestion. Il s'agira de proposer des recommandations technologiques et organisationnelles concernant une technique de requalification durable à des prescripteurs et des donneurs d'ordre en charge de la gestion des sites et des sols contaminés par les ETM. Les produits finaux attendus à l'issue du projet sont (1) la pérennisation de l'agriculture locale en proposant aux agriculteurs, pénalisés par la contamination de leurs terres, le maintien d'une activité agricole viable à partir de productions végétales non alimentaires ; (2) la démonstration en conditions expérimentales *in situ* de la faisabilité et de l'intérêt de cette filière et (3) la proposition de solutions techniques, technologiques ou organisationnelles aux différents acteurs en charge de la gestion des sites et sols pollués.

En résumé, La finalité d'un tel projet est la proposition d'une filière de valorisation non alimentaire de la phytomasse produite sur sols contaminés par les ETM respectant les critères de durabilité environnementale et s'inscrivant dans les principes d'une économie circulaire.

5. Financeur

ADEME (APR Graine 2016)

MISCHAR - Refonctionnalisation de sols multicontaminés au moyen d'un biochar de miscanthus : viabilité écologique et intérêt socio-économique de modes de gestion en milieux agricole et urbain

Projet accompagné par l'ADEME et labellisé Team2 (www.mischar-43.webself.net/)

Coordinateurs : F. Douay (LGCgE-ISA Lille) et G. Lemoine (EPF Nord-Pas de Calais)

En partenariat avec l'Université de Lille (LGCgE), l'INRA AgroParisTech, l'Université Catholique de Louvain, l'ISA Lille (GRECAT), la Chambre Régionale d'Agriculture des Hauts-de-France, EACM, Néo-Eco- Développement, Agriopale, Norenvert et Team2

La requalification des espaces dégradés est un enjeu majeur. Dans le cadre du renouvellement urbain, il s'agit d'une part, de limiter l'expansion des zones urbaines au détriment des espaces agricoles et naturels périurbains et d'autre part, d'assurer un développement qui s'inscrit dans le concept de « ville durable ». Aux alentours d'industries métallurgiques, la non-conformité de productions agricoles pour l'alimentation, du fait de valeurs excessives en éléments traces métalliques (ETM), amène la profession agricole à repenser ses activités en valorisant leurs terres contaminées à des fins de productions non alimentaires.

Parmi les méthodes de requalification des sols pollués, le phytomanagement est adapté à de vastes surfaces et peut aussi constituer une solution transitoire sur des espaces à forte pression foncière. Malgré des retours d'expérimentations encourageants, ce mode de gestion reste encore émergent sur les marchés de la gestion et de la dépollution des sols. Dans ce contexte, le projet MisChar met en place des dispositifs expérimentaux visant à étudier l'intérêt d'un charbon végétal (biochar) issu de miscanthus comme amendement pour (1) restaurer la fonctionnalité de sols urbains et agricoles affectés par les activités industrielles passées et (2) réduire durablement la mobilité et la biodisponibilité des ETM et des polluants organiques (phytostabilisation et phyto/rhizodégradation assistées). La démarche s'appuie sur deux sites localisés au cœur de l'ancien bassin minier. Le premier, correspond à une friche industrielle, située au pied d'un terril minier, sur laquelle sont étudiés le comportement de divers végétaux (végétation spontanée ou semée) et les effets de divers modes de gestion de la végétation sur le comportement des polluants dans les sols amendés ou non. Le second site porte sur des parcelles agricoles aux alentours de Metaleurop Nord. Le chanvre industriel cultivé en rotation avec du blé est le modèle végétal étudié. Seront plus spécifiquement évalués les effets du biochar sur le comportement et la santé des cultures.

Les objectifs du projet sont (1) d'acquérir des connaissances sur la viabilité écologique de modes de gestion de sols multicontaminés, urbains et agricoles (itinéraires techniques, coûts, effets...) reposant sur l'amendement d'un biochar de miscanthus, (2) d'évaluer l'intérêt socio-économique des modes de gestion proposés au travers de leur perception par les populations riveraines et les acteurs locaux, (3) de développer des compétences et des filières de valorisation de ces espaces dégradés en réponse aux attentes des populations concernées et des acteurs économiques et (4) de mettre en place des démonstrateurs pour mieux connaître et promouvoir les modes de gestion des sols multicontaminés auprès des acteurs des territoires concernés.

La démarche, qui implique un partenariat pluridisciplinaire, s'inscrit dans le cadre d'une économie circulaire avec pour objectifs : - de soutenir la production de miscanthus, plante connue pour son aptitude à la phytostabilisation des ETM (donc à la valorisation des sols pollués) et ceci, en proposant une nouvelle filière au travers de la production de biochar ;

- de valoriser ce biochar pour améliorer les potentialités agronomiques de sols, agricoles et urbains, multicontaminés (ou pas) et contribuer à limiter les dangers environnementaux et sanitaires ; - de contribuer à la requalification et au ré-usage d'espaces urbains dégradés par les activités industrielles passées et répondre à de nouvelles attentes environnementales (revégétalisation, continuité écologique, stockage du carbone, réduction des îlots de chaleurs, infiltration des eaux pluviales...), sociétales (besoins d'espaces verts, réappropriation par les populations d'espaces dégradés...) et économiques ;

- d'évaluer une nouvelle filière sur des sols contaminés par des ETM, depuis la culture du chanvre industriel jusqu'à la commercialisation des fibres.

Intégration des phytotechnologies en milieu urbain (PHYTOAGGLO et PHYTOCHEM)

Valérie Berta, H. Coudièreb, L. Citernea, A. Devaufleuryc, A. Grigneta, C. Grisond et R. Gauchera.

*a*Unité Technologies et Procédés Propres et Durables,, pôle RISK , Direction des Risques Chroniques, INERIS, France

*b*Communauté d'Agglomération de Creil et du Sud de l'Oise, Direction des Services Techniques, France

*c*Laboratoire de Chrono-environnement, UMR UFC/CNRS 6249 USC INRA, Université de Franche-Comté, France

*d*Laboratoire de Chimie bio-inspirée et d'Innovations écologiques, FRE 3673 CNRS – UM Cap Delta, France

valerie.bert@ineris.fr

Mots-clés: phytoextraction, aménité paysagère, Zn, Cd

Emergentes sur les marchés du traitement et de la gestion des sites et sols pollués, les phytotechnologies peuvent s'appliquer in situ sur une large variété de sols pollués en milieu rural et urbain. Jugées *a priori* plus conformes aux enjeux du développement durable que les techniques classiques de traitement sur site et hors site, elles impactent positivement les fonctions et la structure du sol. Ces techniques constituent une alternative ou un complément aux techniques conventionnelles dans le cas notamment de surfaces polluées importantes 1.

La phytoextraction est l'utilisation de plantes qui en accumulant les éléments traces dans leurs parties aériennes récoltables, permettent de réduire les concentrations de polluant dans les sols, et ainsi contribuent à leur dépollution. L'application pratique de cette technologie démarre à peine. Elle doit prouver son efficacité, présenter des avantages par rapport aux autres solutions disponibles et se révéler économiquement viable.

Le projet PHYTOAGGLO, mis en oeuvre en 2013, vise l'intégration des phytotechnologies en milieu urbain. Avec le soutien financier de l'ADEME, la Communauté de l'Agglomération de Creil et du Sud de l'Oise et l'INERIS conduisent une expérimentation pilote sur des terres polluées par les éléments traces métalliques pour les dépolluer partiellement (phytoextraction). Cette approche permet la gestion sur site des terres polluées et, au travers des plantes sélectionnées (*Arabidopsis halleri*, un hyperaccumulateur de Zn et de Cd et *Salix viminalis*, un arbre accumulateur de Zn et de Cd à croissance rapide), s'intègre parfaitement dans le projet global d'aménagement paysager et de renouvellement urbain du quartier. Le projet s'intéresse à l'amélioration des pratiques agronomiques pour augmenter les quantités de Zn et de Cd extraites dans un contexte d'économie circulaire en lien avec le projet PHYTOCHEM ([ANR-13-CDII-0005](#))². L'ingestion potentielle de plantes enrichies en ces éléments a, de plus, été étudiée.

1 BERT V, Douay F, Faure O, Cadière F (2017). Les phytotechnologies appliquées aux sites et sols pollués (nouveaux résultats de recherche et démonstration). 61 pages. ADEME, INERIS, ISA-Lille, Mines Saint-Etienne.

2 Deyris PA, BERT V, Diliberto S, Boulanger C, Petit E, Legrand YM, Grison C. Biosourced polymeric catalysis: a surprising and efficient means to promote the Knoevenagel condensation. *Frontiers in Chemistry*. Doi: 10.3389/fchem.2018.00048.

Des projets pour une démarche de recherche intégrée sur le site de l'Union

Claire ALARY



L'UNION

Dans la métropole Lilloise :

Un site intercommunal, avec une position ouverte sur l'Eurométropole

Les enjeux pour le renouvellement urbain

De nombreuses friches industrielles qui ont dessiné les formes urbaines métropolitaines

Un passé industriel fort (47 sites BASIAS, 4 sites BASOL)

Pôle d'Excellence Métropolitain, Ecoquartier pilote de la métropole



Des attentes pour les aménageurs et gestionnaires du site :

Outils méthodologiques :

- Disposer d'outils et de données opérationnels pour le redéveloppement de sites dégradés
- Disposer d'outils permettant de faire des analyses coût/bénéfice
- Développer des outils permettant d'associer efficacement les différentes parties prenantes de la gestion et du redéveloppement des sites

Outils techniques :

- Disposer d'outils techniques pour mieux configurer des opérations de dépollution
- Acquérir des données fiables sur des techniques innovantes : efficacité, applicabilité

Outils environnementaux :

- Disposer d'outils pour étudier les incidences des opérations de dépollution sur le milieu naturel

Outils sociaux :

- Acquérir des connaissances sur la perception de la population de ce que sont des sites pollués, la dépollution, le risque, ...;
- Identifier les attentes des riverains sur les aspects sanitaires, de relation au territoire, de propriété, de responsabilité



... Faire émerger de nouvelles pratiques



Une collaboration née entre la SEM Ville Renouvelée et le GIS 3SP en mars 2011



En considérant les besoins de l'aménageur : création d'un site atelier, lieu commun pour des projets de recherche

In fine

Stimuler la requalification des friches en milieu urbain

Intégrer au mieux les données environnementales, foncières, de perception, dans les projets de redéveloppement

Favoriser le développement de procédés durables et la création d'activité autour de la valorisation des espaces dégradés



Des conventions tripartites :



9 organismes de recherche impliqués dans différents projets de recherche : BRGM, CNRS, CEREMA, IFSTTAR, Mines Douai, Mines Paris Tech, Université de Lille, ULCO, Université de Lorraine

En considérant les besoins de l'aménageur : création d'un site atelier, lieu commun pour des projets de recherche

Les attendus

Pour le gestionnaire du site:

apporter méthodologies et connaissances pour améliorer la gestion du site
répondre à des questions précises en terme de communication, articulation des actions entre les différents stakeholders, éco-quartiers et sites pollués...

Pour les acteurs de la recherche :

Disposer d'un site présentant des problématiques concrètes et où se déroulent des actions permettant une synergie scientifique



Des conventions tripartites :



9 organismes de recherche impliqués dans différents projets de recherche : BRGM, CNRS, CEREMA, IFSTAR, Mines Douai, Mines Paris Tech, Université de Lille, ULCO, Université de Lorraine

Les travaux de recherche sur la ZAC de l'UNION

