



Le défi des sols
pour la ville **durable**

9 & 10 DÉCEMBRE 2020



LES PHYTOTECHNOLOGIES AU SERVICE DES SITES ET SOLS POLLUÉS

Pr Anissa LOUNES – HADJ SAHRAOUI
lounes@univ-littoral.fr

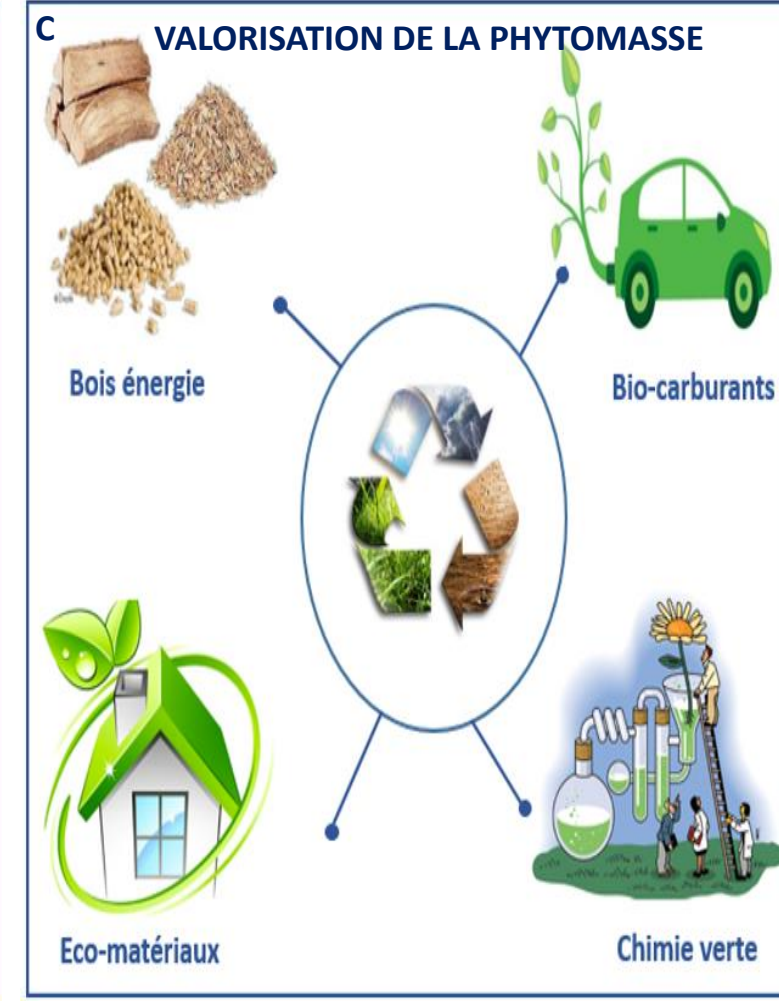
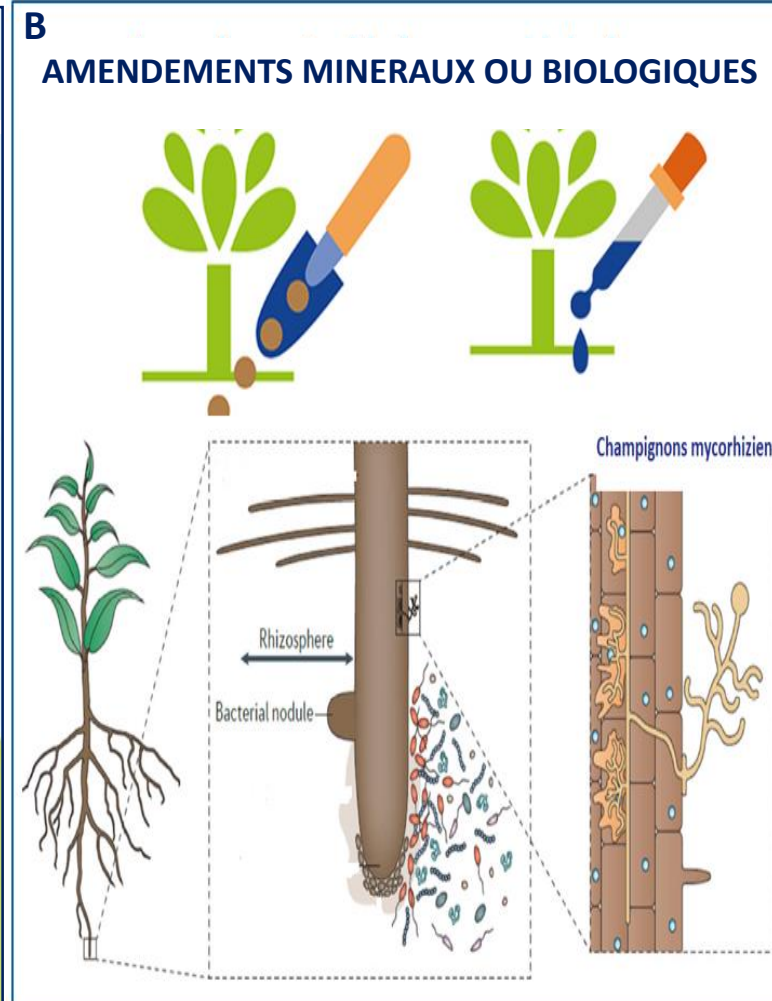
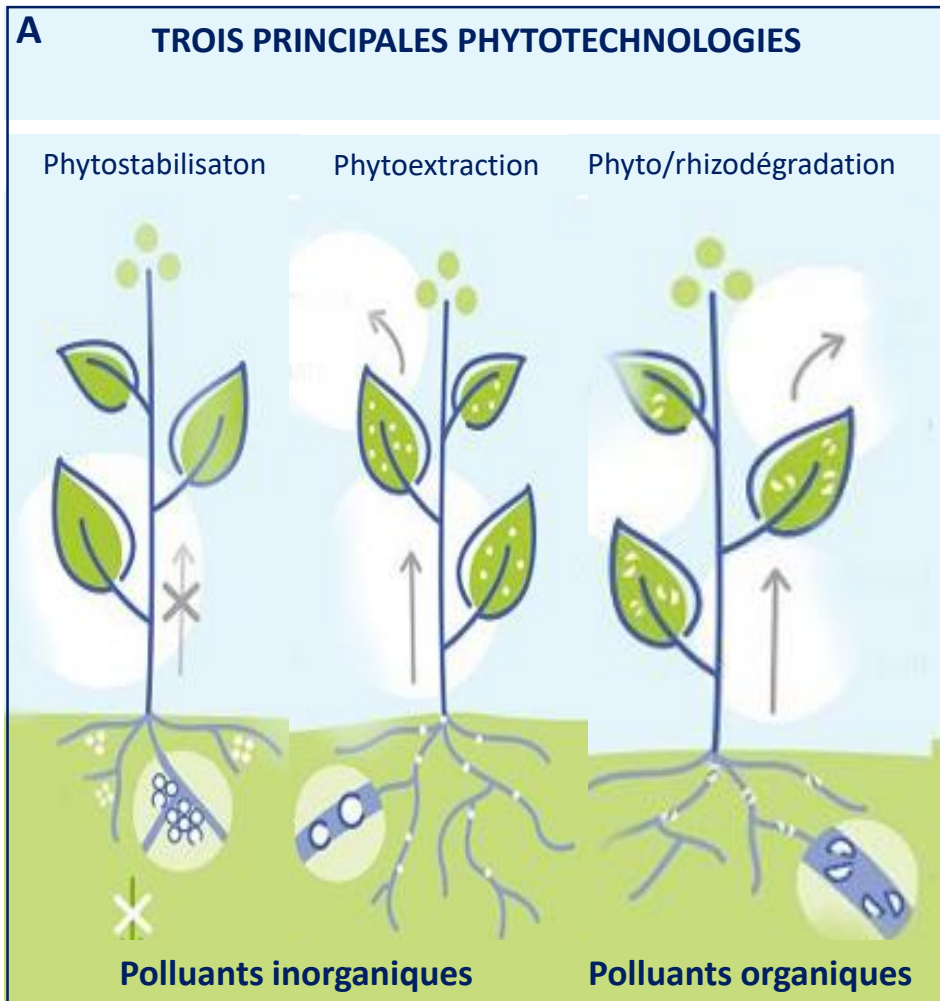


UNITÉ DE CHIMIE ENVIRONNEMENTALE ET INTERACTIONS SUR LE VIVANT (UCEiV)

UNIVERSITÉ DU LITTORAL CÔTE D'OPALE (ULCO)



DES PHYTOTECHNOLOGIES AU PHYTOMANAGEMENT



QUELQUES EXEMPLES DE PROJETS DE PHYTOMANAGEMENT

<u>Sites</u>	<u>Metaleurop*</u>	<u>Creil</u>	<u>Union*</u>	<u>Halluin</u>
<u>Projets</u>	PHYTENER, PHYTEO, DEPHYTOP (ADEME) 	PHYTOEXCO, EXTRA-Zn (ADEME) 	GIS 3SP (Région/PMCO/IRENI) 	Programme Chercheurs-Citoyens (FEDER/Région/ADEME) 
<u>Polluants</u>	ETM	ETM	HAP/Alcanes	Dioxines/furanes
<u>Modes de gestion</u>	PHYTOSTABILISATION	PHYTOEXTRACTION	RHIZO/PHYTODEGRADATION	

* Réseau SAFIR : Sites Ateliers Français pour l'Innovation et la Recherche

CAS DU SITE DE METALEUROP



- 650 ha de terres agricoles polluées
- 31 fermes concernées
- 10 communes du Nord et du Pas de Calais

PLAN D'ACTION DÉPLOYÉ AUTOUR DE LA ZONE AGRICOLE POLLUÉE DU SITE METALEUROP

Projet de territoire

Son ambition « faire d'une contrainte, une opportunité de développement »

inscrit dans le renouveau du bassin minier piloté par le préfet de la région en lien étroit avec :

- Chambre d'Agriculture Nord-Pas-de-Calais
- Association des Agriculteurs "Agriculture et Enjeux De Territoire" (GIEE, 12/2017)
- Autorités Territoriales
- Opérateurs (SAFER, EPF...)
- ADEME
- Universités

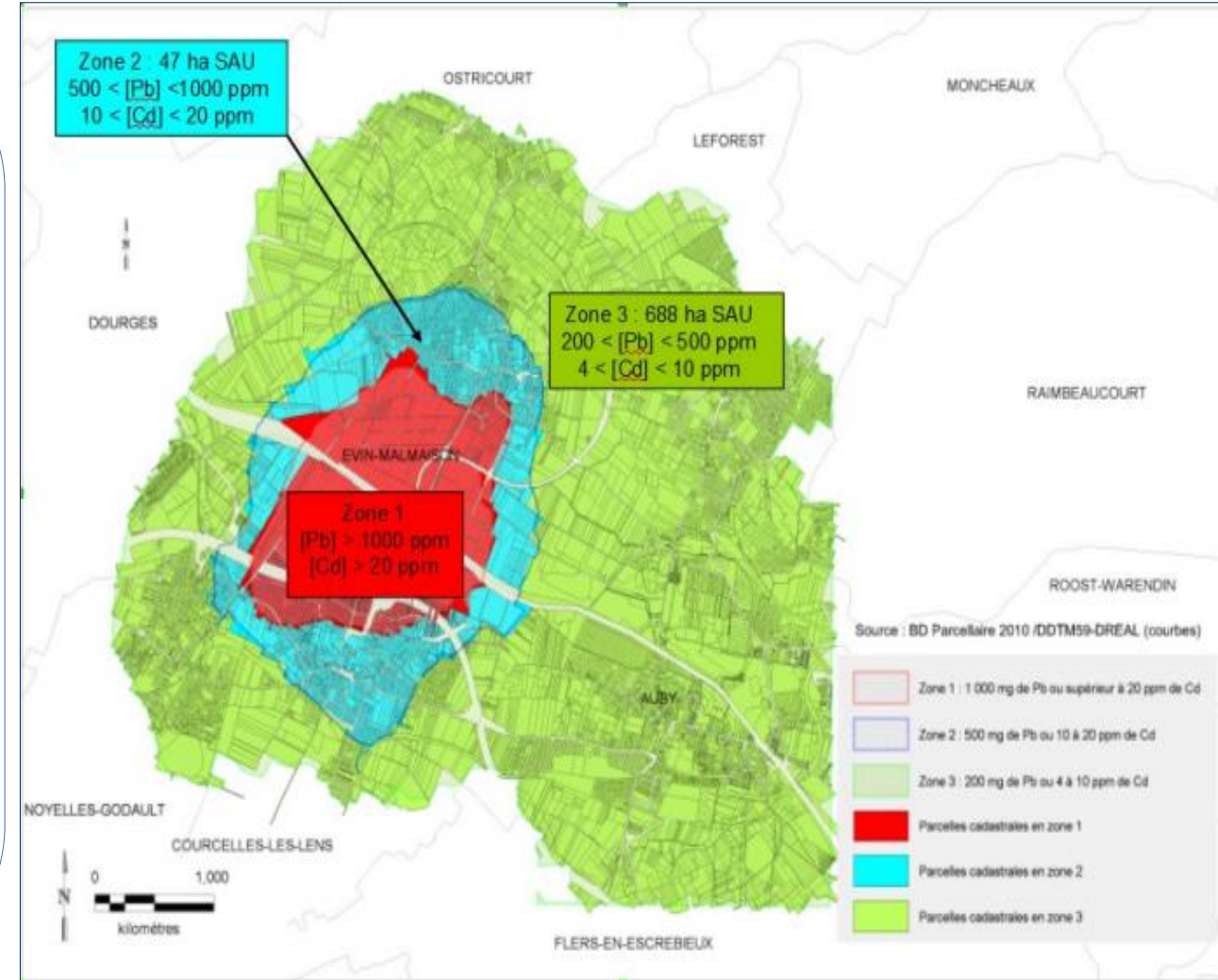
1. Encadrement sanitaire des productions agricoles

défini par des arrêtés inter-préfectoraux depuis 2015 :

3 zones délimitées en fonction du degré de contamination des sols :

- **Zone 1** : la plus contaminée, interdiction de toute activité agricole.
- **Zones 2 et 3** : contaminées à un degré moindre, soumises à des restrictions de commercialisation.
 - Des analyses systématiques sont réalisées sur toutes les cultures destinées à la mise sur le marché.
 - Selon les résultats des analyses en Pb et en Cd :
 - soit il y a levée de consignation et mise sur le marché,
 - soit déclassement vers l'alimentation animale,
 - soit destruction de la culture.

Les agriculteurs ont bénéficié d'indemnisations dégressives et transitoires par l'état sous réserve de la mise en place d'un plan d'action et de reconversion.



2. Développement de filières non-alimentaires innovantes de valorisation de la biomasse produite sur sols pollués

1



Projet de Méthanisation En développement

Culture de plantes
pour la production
d'énergie

2



Filière Miscanthus En développement

- Chaudières
- Paillage
- Eco-construction

3



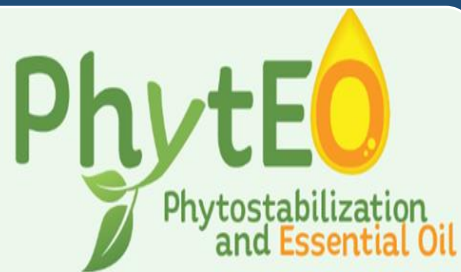
Filière chanvre industriel Stade experimental

- Eco-construction
(béton, panneaux
isolants...)
- Papeterie

4



Filière plantes aromatiques Stade expérimental Huiles essentielles



Etude de faisabilité technique et socio-économique
du phytomanagement
dans le cas de sols agricoles contaminés par les ETM
en cultivant des plantes aromatiques



1.

Mise en place de démonstrateurs de
phytostabilisation aidée
à grande échelle

2.

Production d'huiles essentielles à partir de cultures de plantes
aromatiques :
Nouvelle filière de valorisation de la biomasse produite sur sols pollués

3.

Etude technico-économique

4.

Etude d'acceptabilité sociale



MISE EN PLACE DE DÉMONSTRATEURS À GRANDE ÉCHELLE



2 sites expérimentaux



3 espèces de plantes aromatiques



2 conditions expérimentales

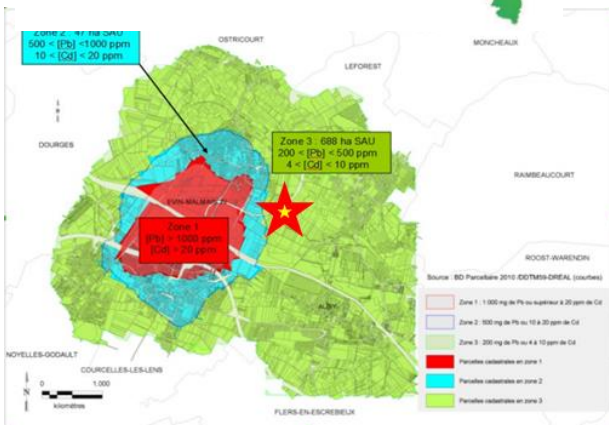
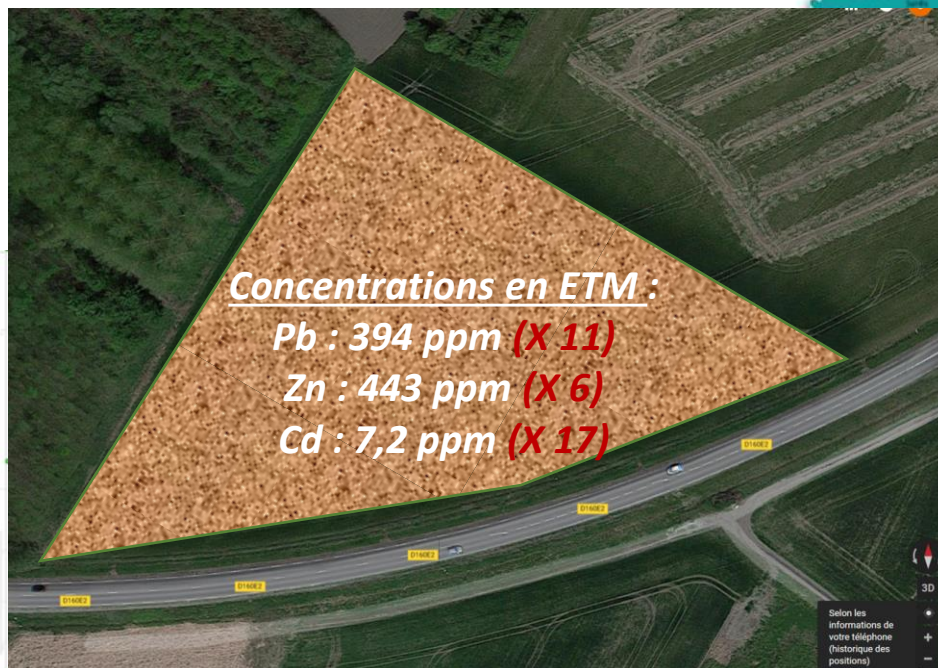
DEUX SITES EXPÉRIMENTAUX DE 2 ha



Site pollué
Evin-Malmaison
★ : Site Metaleurop (SAFIR)



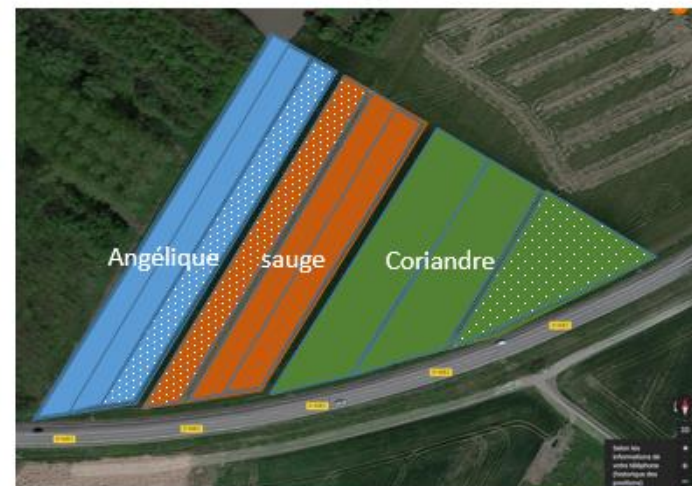
Site non pollué
Rodelinghem



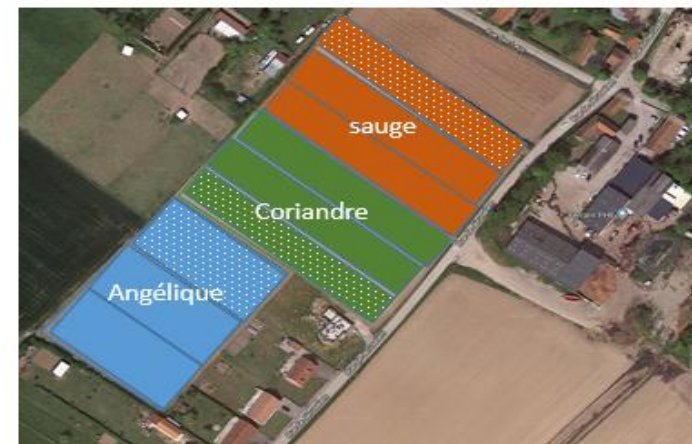
TROIS ESPÈCES DE PLANTES AROMATIQUES, DEUX CONDITIONS

	Angélique (<i>Angelica archangelica</i>) 	Sauge sclarée (<i>Salvia sclarea</i>) 	Coriandre (<i>Coriandrum sativum</i>) 
Cycle de végétation	Bisannuelle pérenne (≈ 10 ans)	Bisannuelle (≈ 3 ans)	Annuelle
Récolte	À partir de la 2 ^{ème} année	Année 1 (≈ 10 %), années 2 et 3 (70%)	Année du semi
Partie récoltée	Graines	Inflorescences	Graines et parties aériennes
Phytostabilisation	?	✓ (Novo et al., 2013)	✓ (Zheljazkov et al., 2008)

Parcelle polluée



Parcelle non polluée



 Sans amendement
 Amendement biologique (inoculum mycorhizien)

PRINCIPALES PHASES DU PROJET PHYTEO

Caractérisation
pédo-
agronomique,
biologique et
du degré de
pollution des
parcelles –
état initial

Semis des
PPAM
–
ajout de
l'inoculum
mycorhizien

Détermination
des taux de
levée des
PPAM
–
Suivi cultural

Echantillonnages
du sol et des
plantes avant
récolte

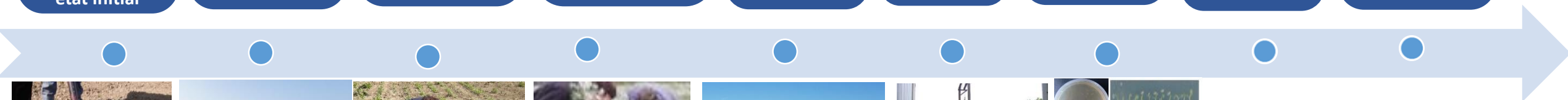
Récolte des
PPAM
cultivées

Distillation
des HE

Etude de la
qualité des
HE et des
propriétés
biologiques

Etude
économique

Etude
d'acceptabilité
sociale



*Thèse Robin RAVEAU :
soutenance le 17 décembre 2020
à l'ULCO - UCEiV – Calais*




FILIERE PLANTES AROMATIQUES - PRODUCTION HUILES ESSENTIELLES

Tableau récapitulant les principaux résultats :

Thèse Robin RAVEAU :
soutenance le 17 décembre 2020
à l'ULCO - UCEiV – Calais

**Contribution au développement d'une filière
éco-innovante de phytomanagement
de sols pollués par les ETM :**

**culture de plantes aromatiques
&
production d'huiles essentielles**

		Sauge sclarée <i>Salvia sclarea</i> L.	Coriandre <i>Coriandrum sativum</i> L.	
			Parties aériennes 	Graines 
Germination des graines		+	+	
Taux de levée <i>in situ</i>		+	+	
Croissance des PPAM		+	+	
Production de biomasse		+	+	
Rendement en HE		Elevé	Moyen	Faible
Qualité des HE produites	Contamination par les ET	Traces	Traces	
	Contamination par les résidus de pesticides	Traces	Traces	
	Composition chimique des HE	Acétate de linalyle (51-63 %), linalol (10-17 %), germacrène D (7-17 %)	2-decenal (38-51 %), linalol (22-39 %), décanal (7-8 %) and 2-dodécenal (3-6 %)	Linalol (75-83 %), γ-terpinène (6-9 %), α-pinène (3-5 %)
		Non affectée ni par les ET, ni par l'inoculation mycorhizienne		
Propriétés biologiques	- Protection des cultures (antifongiques, anti-germinatives, herbicides)	+	++	+
	- Santé humaine (anti-inflammatoires, anti-oxydantes)	+	++	+




FILIERE PLANTES AROMATIQUES - PRODUCTION HUILES ESSENTIELLES

Tableau récapitulatif des principaux résultats (suite) :

Thèse Robin RAVEAU :
soutenance le 17 décembre 2020
à l'ULCO - UCEiV – Calais

Contribution au développement d'une filière
éco-innovante de phytomanagement
de sols pollués par les ETM :

culture de plantes aromatiques
&
production d'huiles essentielles

	Sauge sclarée <i>Salvia sclarea</i> L. 	Coriandre <i>Coriandrum sativum</i> L. Parties aériennes  Graines 
Capacité de Phytostabilisation	Comportent « exclure » Immobilisation du Zn et du Pb dans le sol	Tendance à accumuler les ETM dans les parties aériennes Peu d'effet sur l'immobilisation des ETM
Impact de la culture de PPAM sur le microbiote racinaire et tellurique	Modulation des communautés microbiennes rhizosphériques	Non étudié
Faisabilité technico-économique	++	+

PROJET PHYTEO : FILIERE PLANTES AROMATIQUES - PRODUCTION HUILES ESSENTIELLES

Une bonne option pour le phytomanagement des sols pollués par les ETM

Coriandre
Candidat peu satisfaisant



- Croissance, production de biomasse et rendements HE
- Capacité de phytostabilisation
- Qualité des HE
- Analyse technico-économique

Sauge sclarée
Candidat prometteur



Angélique
Reste à évaluer



MERCI



Le défi des sols
pour la ville **durable**

9 & 10 DÉCEMBRE 2020



UCEIV

R. RAVEAU, J. FONTAINE, A. VERDIN, S. FOURMENTIN,
A. LOUNES-HADJ SAHRAOUI*

Partenaires projet PHYTEO

Valérie BERT, Hervé FLANQUART, Patrice FERRANT

Financiers



*Contact : Pr Anissa LOUNES – HADJ SAHRAOUI
lounes@univ-littoral.fr

Site web Projet Phyteo : <https://phyteo.univ-littoral.fr>

