

Faire cesser la perturbation pour la restauration écologique de sols contaminés : évaluation du rôle d'une barrière végétale en bordure d'une friche industrielle

Calmon Lucie, Prudent Pascale, Fabre Sophie, Montès Nicolas, Folzer Hélène, Vassalo Laurent, Labrousse Yoan, Khat Marie-Odile, Laffont-Schwob Isabelle

REVER 13 : Restaurer et cohabiter 27-28-29 mai 2024



Impacts de la contamination

- Éléments potentiellement toxiques (EPT) pour les écosystèmes
 - Fonctionnement des écosystèmes altéré
 - Composition et fonctionnement du sol, physiologie des plantes affectés (Petruzzelliet *al* 2020; Cheng 2003)
 - Perte de biodiversité (Tosini *et al* 2023)
- Les activités humaines augmentent les concentrations environnementales (Rodriguez Martin *et al.*, 2018)
- Les friches industrielles, des sites à la dépollution complexe
 - 13 EPT classés comme polluants prioritaires dont : As, Cd, Cu, Pb, Sb, Zn (US EPA 2015)
- Faire cesser la perturbation avant de restaurer



Usine du littoral sud de Marseille ©Archives PNCal



Préserver un sol vivant même contaminé

Site pollué en EPT

↓

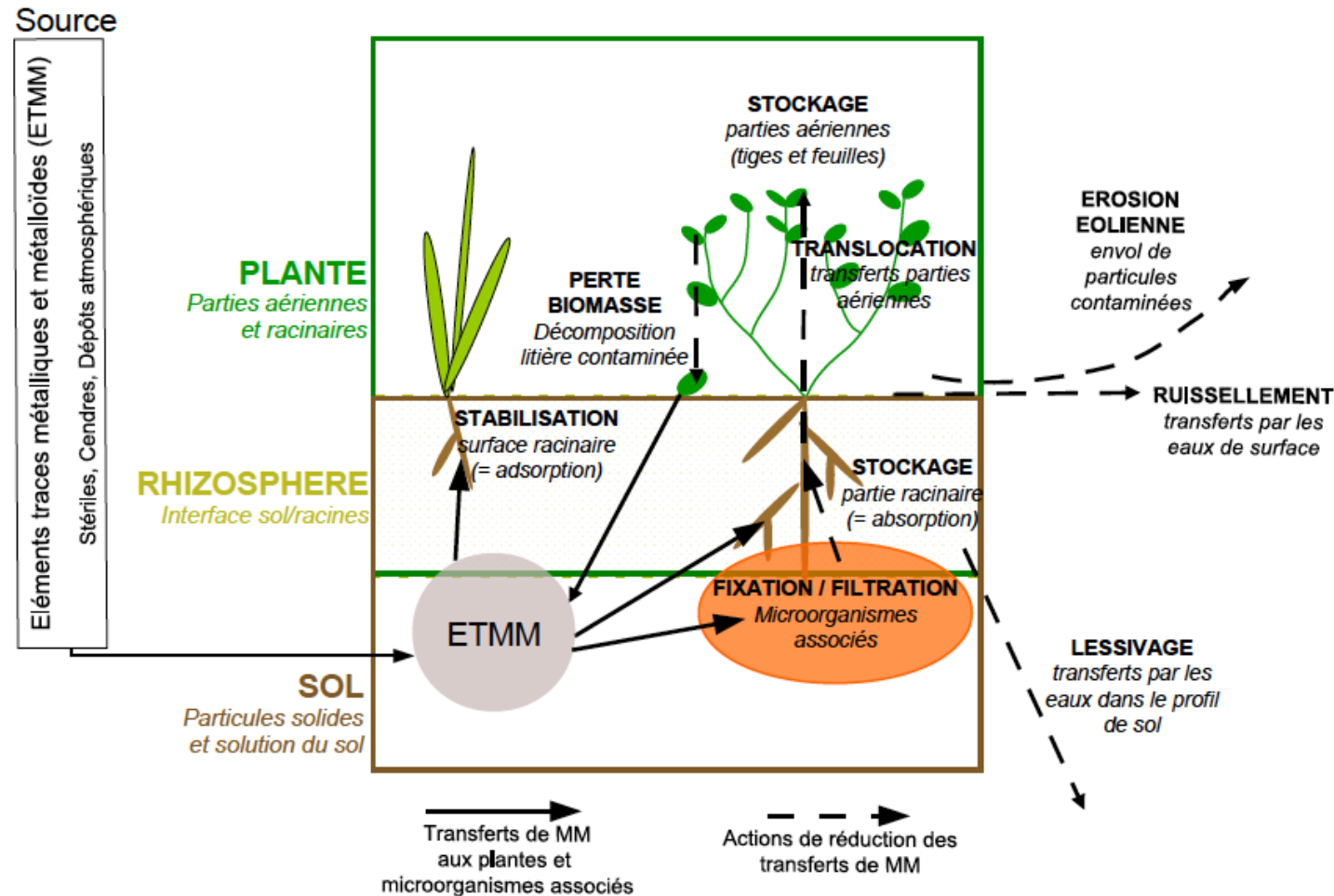
Excavation non souhaitable

↓

Trouver des solutions pour limiter les transferts

↓

Nécessité de stabiliser le sol



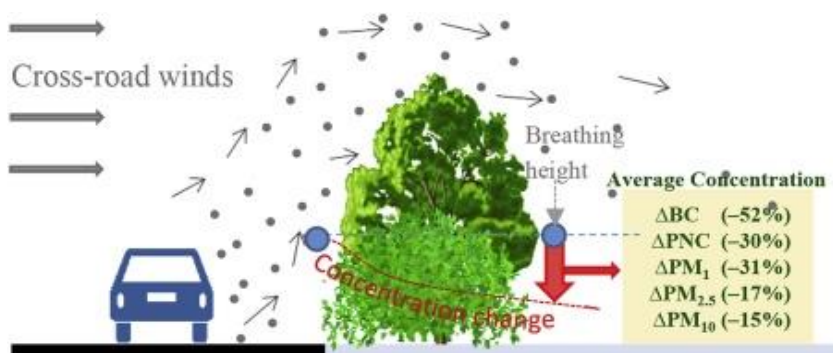


Intérêt des barrières végétales

Objectif : créer un écran face aux envols de particules contaminées pour limiter l'étendue de la contamination.

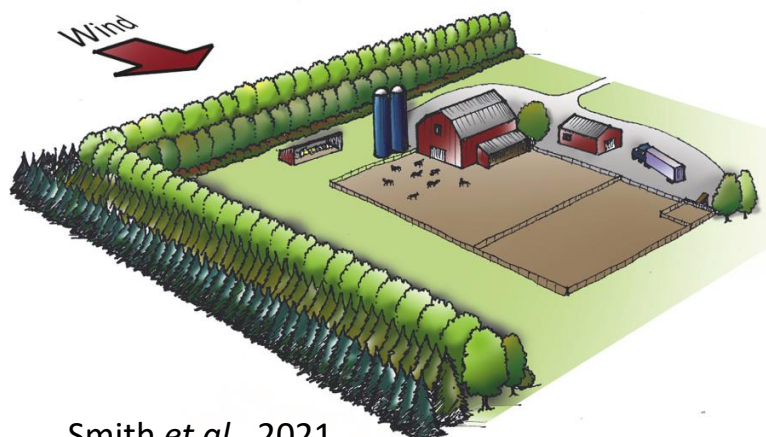
Efficacité prouvée pour retenir les particules en suspension dans l'air en contexte :

- de pollution liée au trafic routier



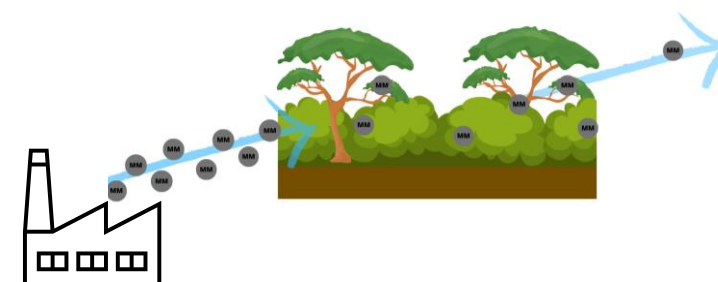
Abhijith et Kumar, 2019

- agricole



Smith *et al.*, 2021

- Friches industrielles ???



Études de haies plantées monospécifiques



Objectifs et hypothèses

Etudier si la végétation ligneuse présente en périphérie d'une friche industrielle peut être une solution pour limiter les transferts de contaminants

Objectifs :

- Préserver le sol vivant
- Favoriser la résilience des espaces naturels adjacents

Hypothèses :

- La végétation présente sur une friche industrielle retient les particules contaminées en EPT
- La barrière végétale : un outil pour la restauration écologique?

Des essais sur la friche de la Madrague de Montredon



Un site au contact du PN Calanques



■ Cœur de Parc
■ Parc National des Calanques

Carte du littoral sud de Marseille, localisation des différents sites au passé industriel, délimitation du Parc National des Calanques. ©BD ortho20cm

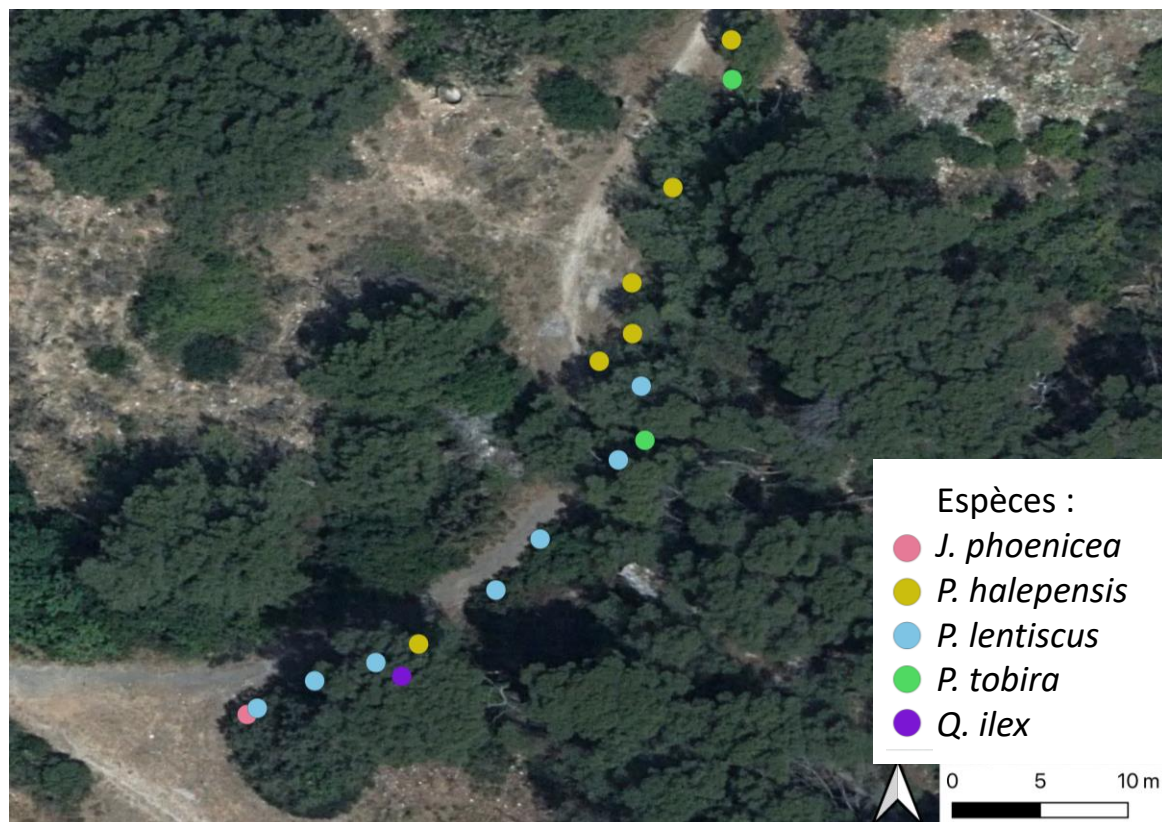


Carte du site d'étude présentant les caractéristiques du site (emprise de la friche (trait rouge), zone boisée (hachurée en vert), cheminée rampante (trait orange)) et la zone de barrière végétale échantillonnée lors de l'étude (trait jaune).. ©BD ortho20cm



Une barrière spontanée

Une volonté d'utiliser l'existant



Localisation des 17 individus formant la barrière végétale. ©BD ortho5cm



7 *Pistacia lentiscus* L.
Pistachier lentisque



7 *Pinus halepensis* Mill.
Pin d'Alep



1 *Quercus ilex* L.
Chêne vert



1 *Juniperus phoenicea* L.
Genévrier de Phénicie

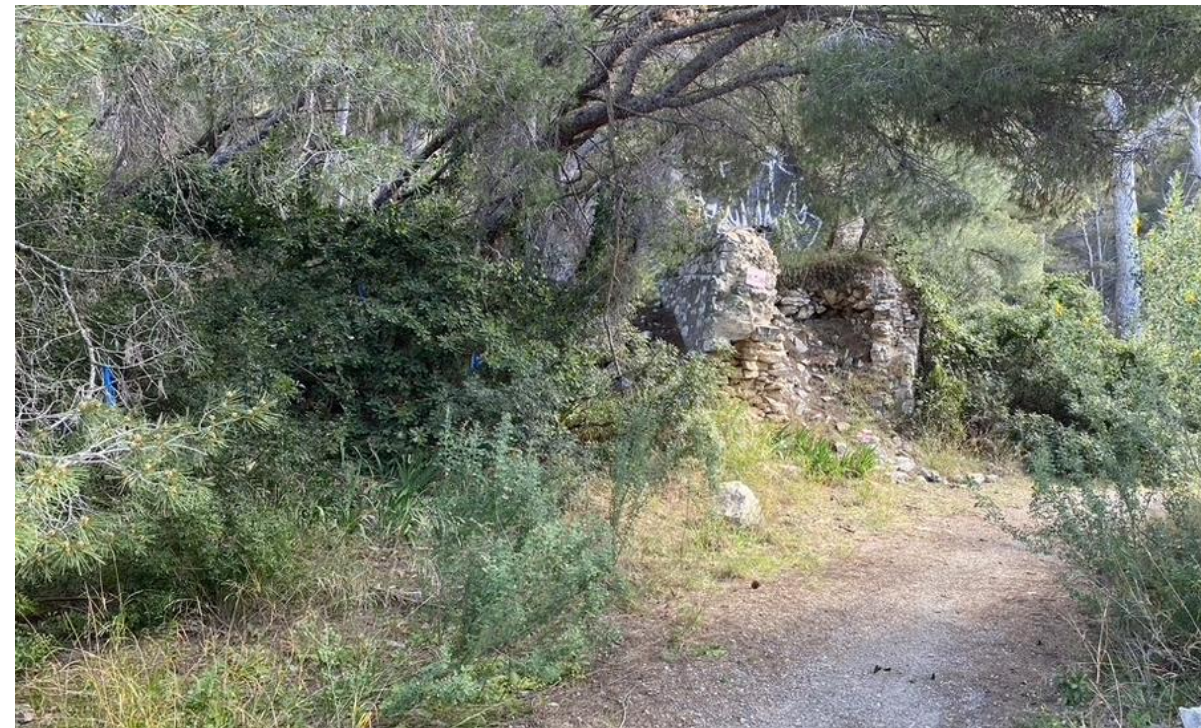


2 *Pittosporum tobira* W.T.Ainton
Pittosporum
EVEE



Une barrière spontanée

Une volonté d'utiliser l'existant



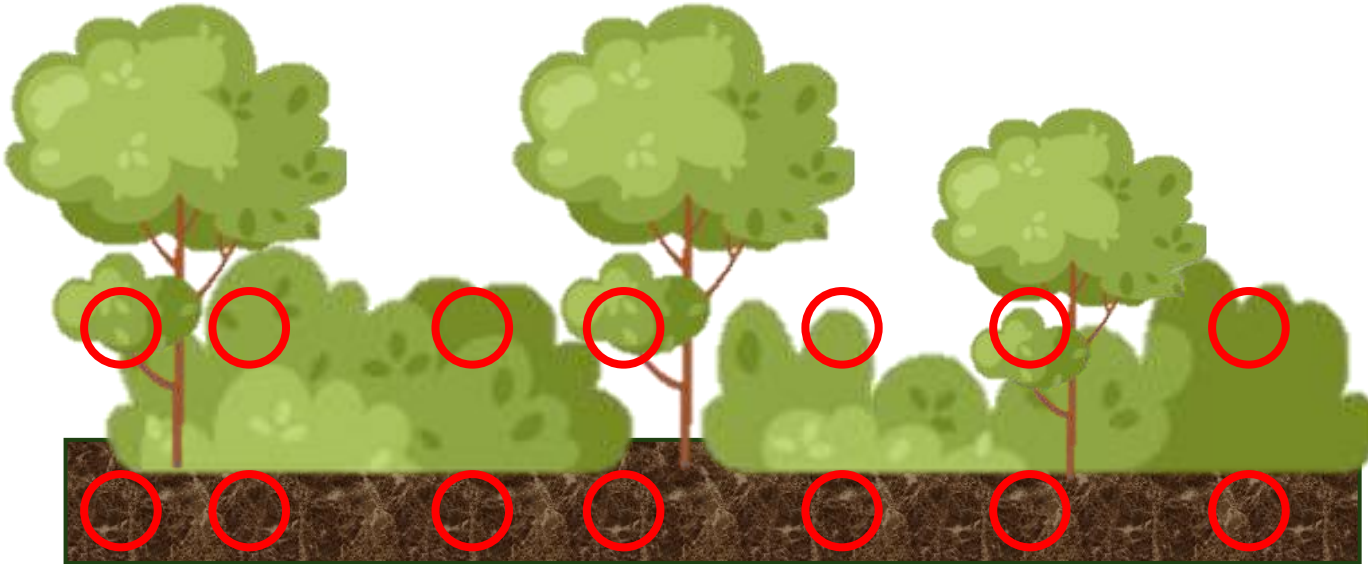
Photos de la barrière végétale en bordure de la friche de la Madrague de Montredon

Méthodologie



Terrain :

- Prélèvements de feuilles et de sols de surface sur l'intégralité de la barrière végétale



Méthodologie

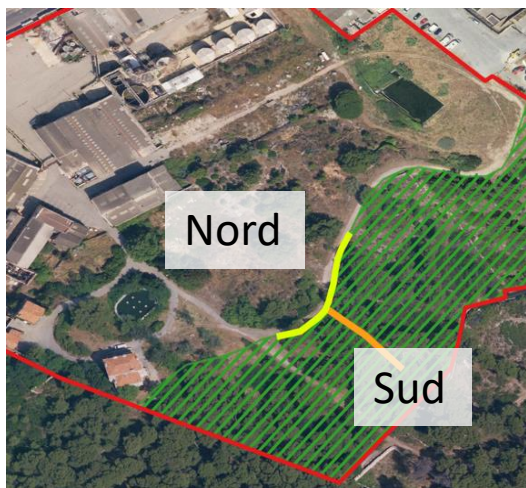


Laboratoire :

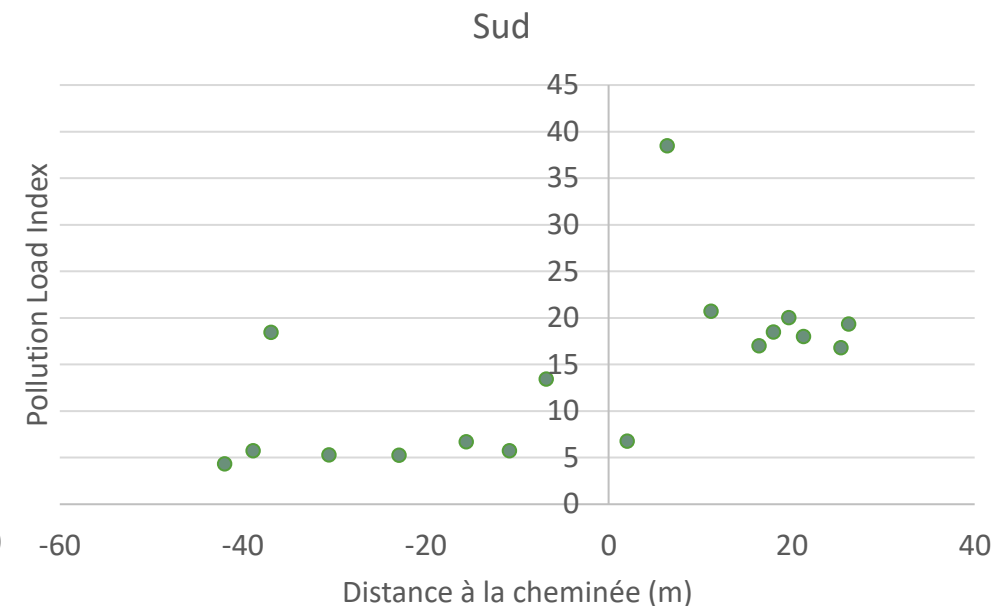
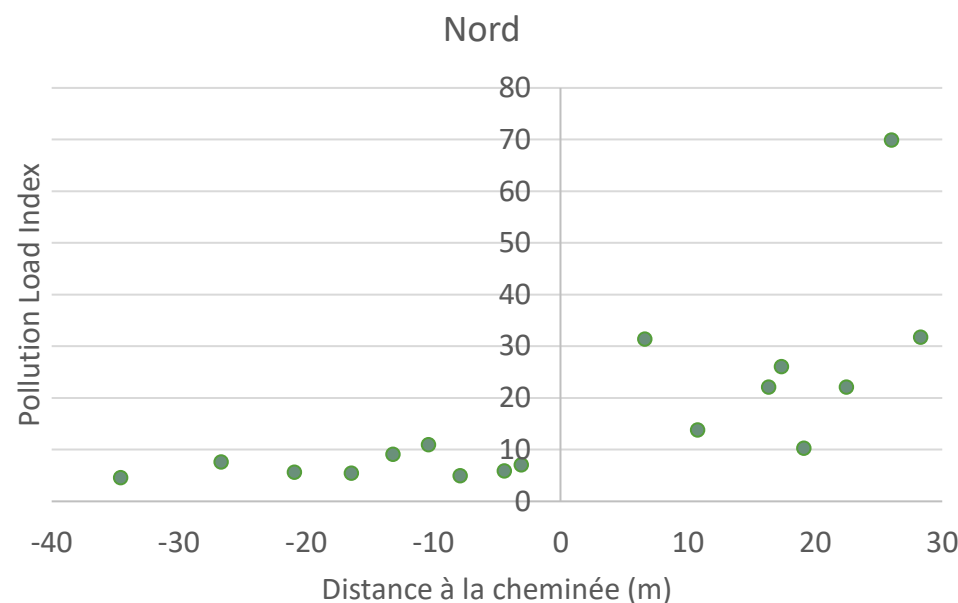
- Tamisage des sols (<250 μ m) pour obtenir la fraction érodable + à même de s'envoler et de diffuser
- Lavage des feuilles, pour mettre en évidence les dépôts sur les feuilles
- Analyse de la contamination en EPT dans les feuilles et le sol



Distribution de la contamination dans les sols de la barrière végétale



Carte du site d'étude



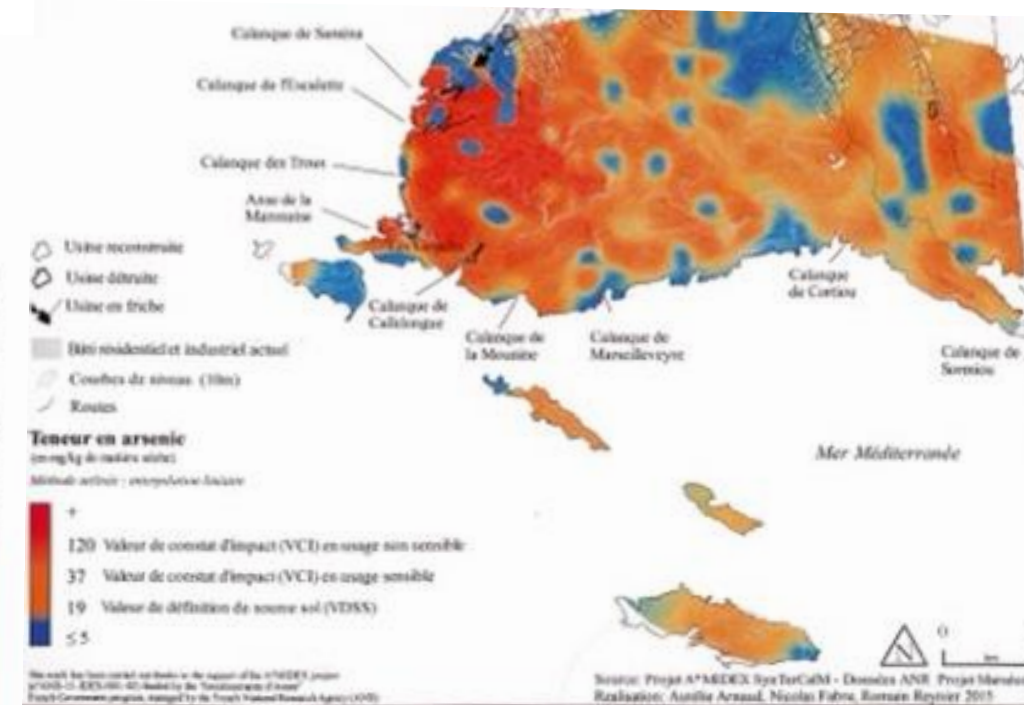
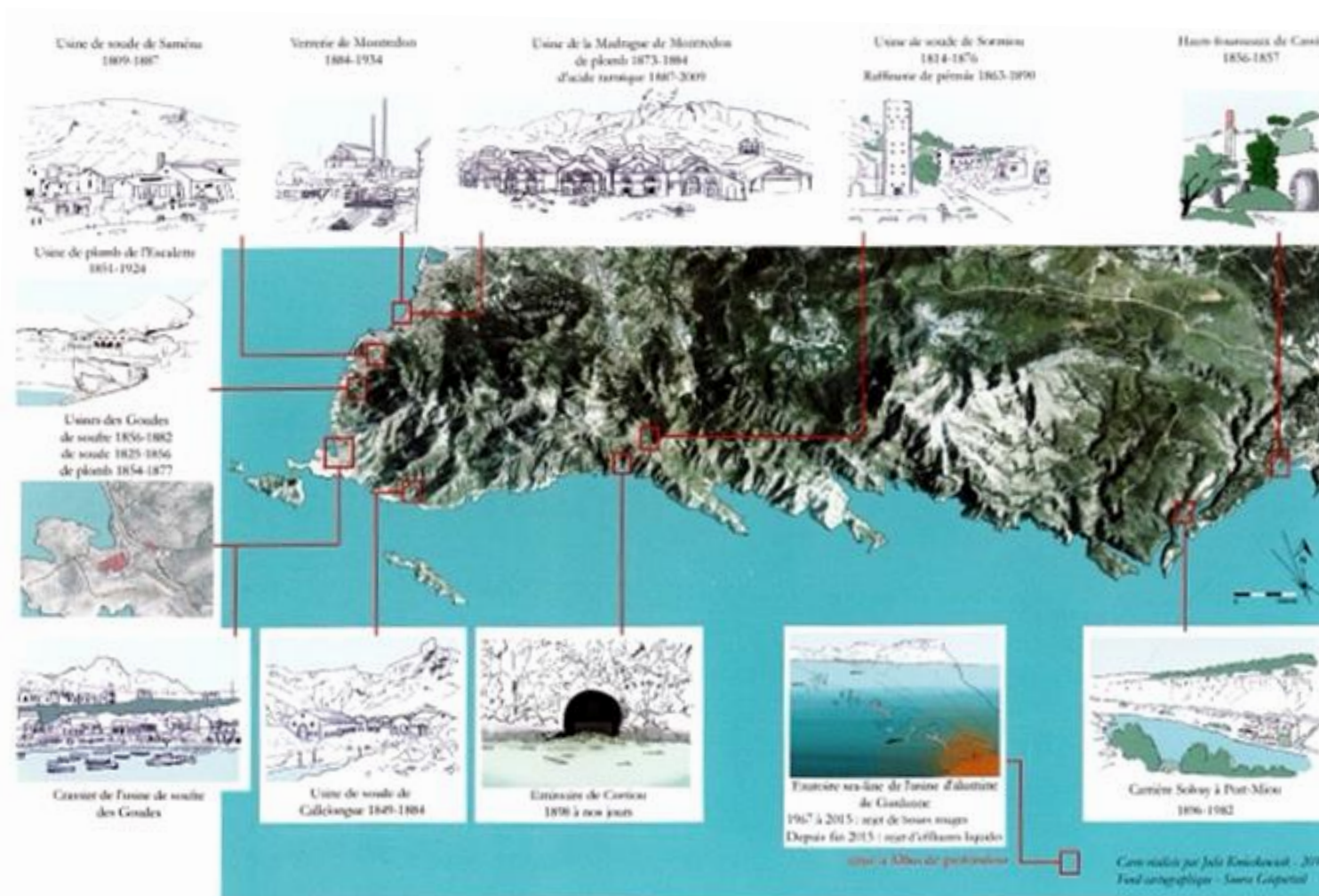
$$PLI = \sqrt[6]{FC_{As} \times FC_{Cu} \times FC_{Cd} \times FC_{Pb} \times FC_{Sb} \times FC_{Zn}}$$

PLI : Pollution Load Index (Indice de Charge Polluante)

FC : Facteur de Contamination

Distribution hétérogène multi-source

Une distribution hétérogène de la contamination



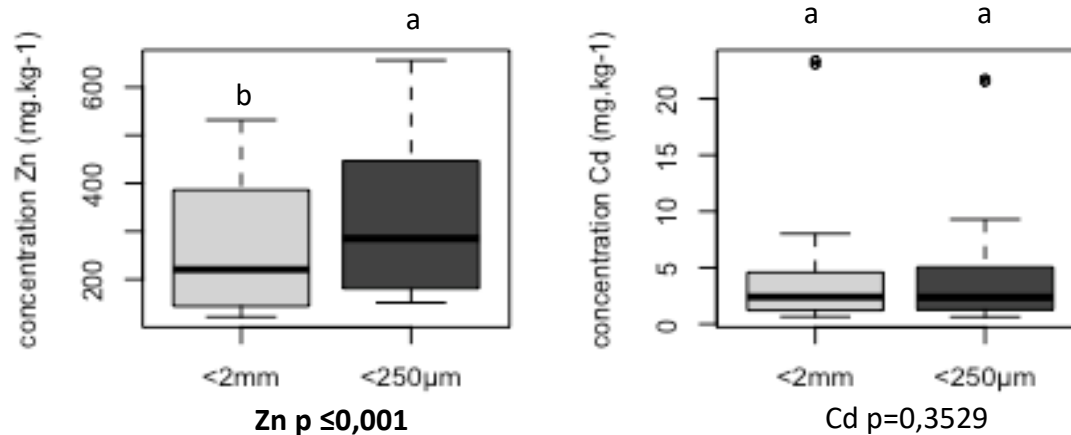
Impact du passé industriel des calanques

(Laffont-Schowb *et al*, 2016) (Heckenroth *et al*, 2017)
(Interprétation de l'état des milieux, 2018) 11

Quelle contamination dans les particules susceptibles de s'envoler?



Étude de la fraction érodable (<250µm)



Concentration pseudo totale en Zn et Cd dans les échantillons de sol (<2mm) et de fraction fine (<250µm) récoltés sur la face nord (n=17) de la barrière végétale Test de Wilcoxon apparié

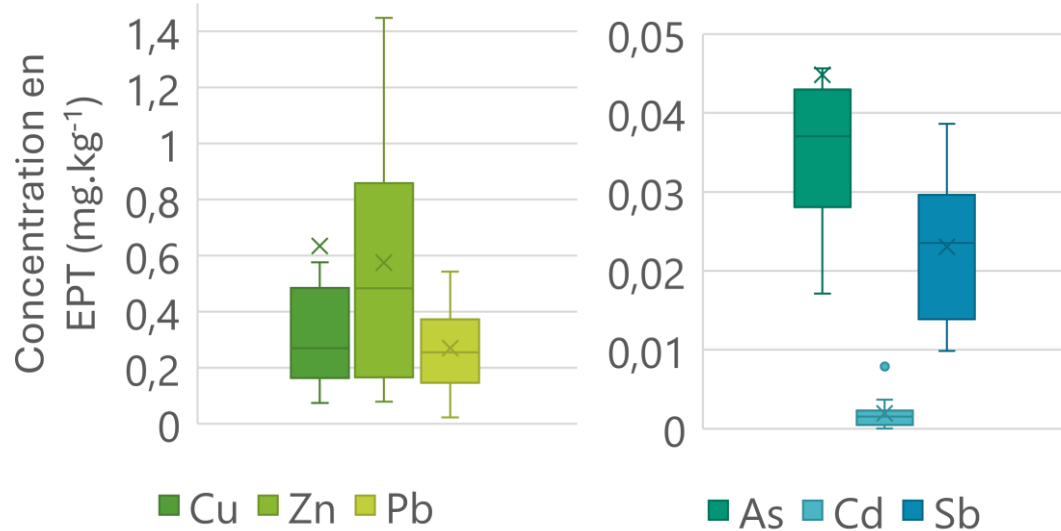
Exemple du Zn, résultats similaires pour As, Cu, Pb, Sb

Fractions fines <250µm plus concentrées en As, Cu, Sb, Pb, Zn que les sols bruts (<2mm)

Rôle des feuilles dans le piégeage des particules ?

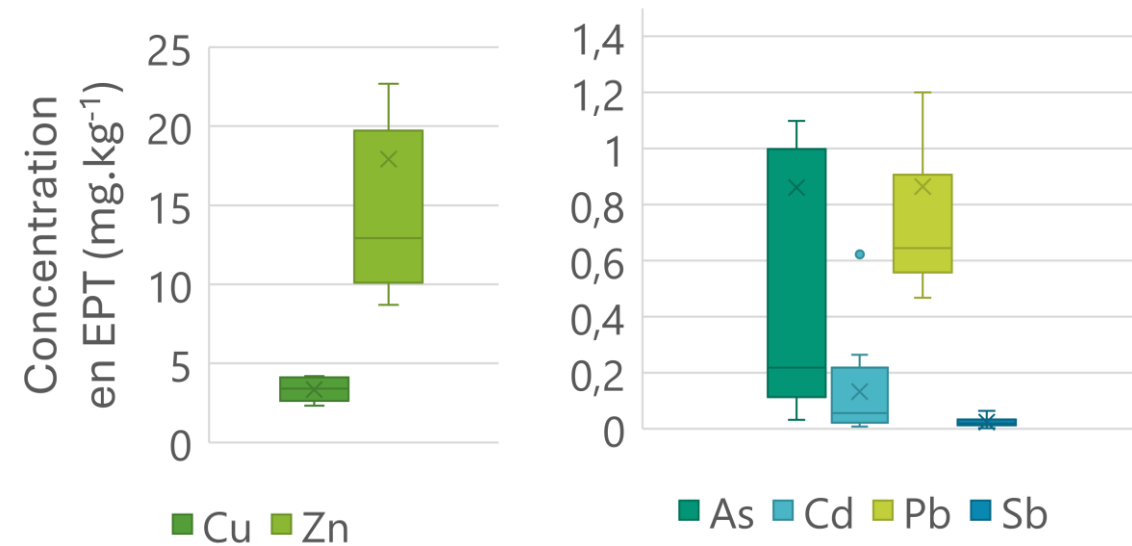


- Dépôts sur les feuilles



EPT retenus sur les feuilles
→ au moins une partie de la diffusion éolienne est stoppée par la végétation

- Concentré à l'intérieur des feuilles



EPT concentrés dans les feuilles
→ une partie des EPT entre dans l'organisme et ne diffuse plus dans l'environnement

Quantité d'EPT retenue : changement d'échelle de l'étude de la feuille à l'étude de la barrière ?



Pour aborder le changement d'échelle

1. Passage de la biomasse d'une feuille à la biomasse d'un individu (car connaissance d'une quantité de EPT retenus par g de feuille)
2. Passage de l'estimation de la biomasse d'un individu à l'estimation de la biomasse de la barrière pour estimer le piégeage des EPT à l'échelle de la barrière

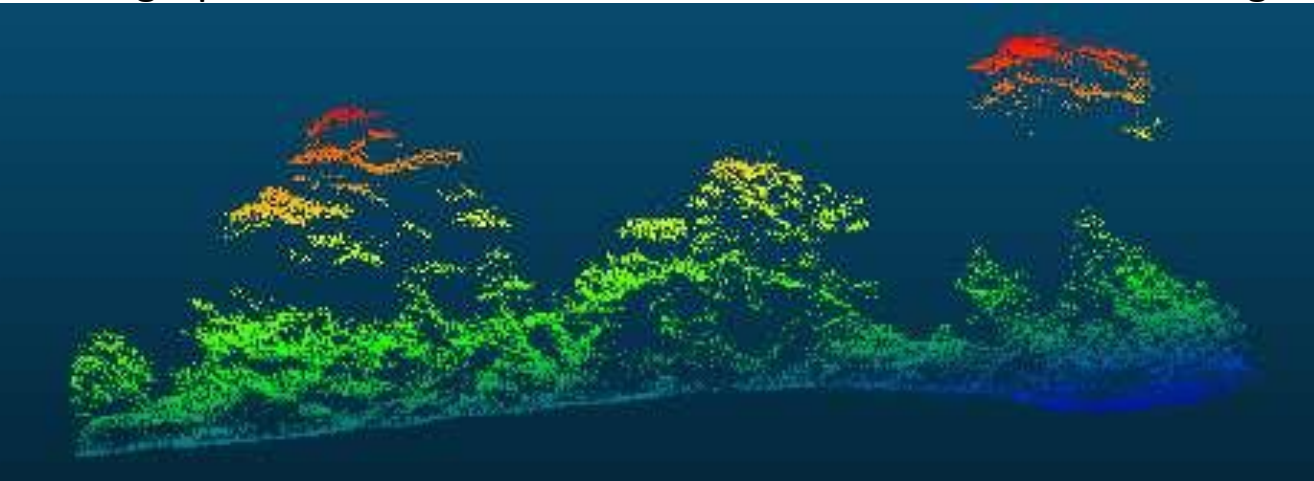


Méthodes d'estimation de biomasse ?

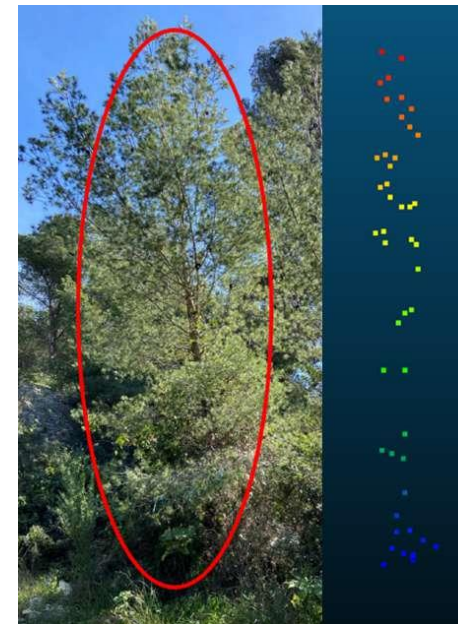


- Relations allométriques : équations prenant en compte des mesures terrain (hauteur, dbh, largeur, Longueur...)
- Utilisation des nuages de points LiDAR

Photographie aérienne (©lortho photos 5cm Mdata) de la barrière végétale



Nuage de points LiDAR HD (©IGN) de la barrière végétale





Conclusion



- Multi-contamination du sol en EPT, multi-source (passé industriel Calanques)
- Fraction érodable + contaminée
- Végétation capable de retenir des EPT
- Utilisation de la végétation pour limiter les envols d'EPT envisageable
- Estimation de la rétention par la barrière en cours



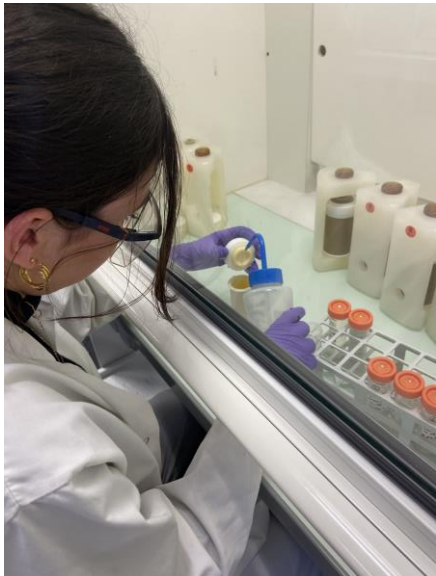
Augmenter la capacité de rétention en renforçant la barrière végétale ?

Volonté de renforcer la barrière végétale :

- Repérage des zones peu végétalisées (terrain/LiDAR)
- Partenariat avec le lycée des calanques
 - Récolte de graines sur le site / mise en culture
 - Plantations dans les zones à renforcer



Merci



Anaïs
Balthazar
Clémentine
Elisa
Ellie
Emilie
Emiri
Hélène
Isabelle
Laurent
Marie-Odile
Nicolas
Nina
Pascale
Sophie
Thomas
Victor
Yoan 18

Mesure des traits foliaires



○ Périmètre (mm)

□ LA : Leaf Area (cm²)

MF : Masse de matière fraîche

MS : Masse de matière sèche

Traits Fonctionnels :

Specific Leaf Area
(cm².g⁻¹)

$$SLA = \frac{LA}{MS}$$

Juniperus phoenicea

Pinus halepensis



Pistacia lentiscus



Pittosporum tobira



Quercus ilex

Mesure de traits foliaires

Sur X feuilles de chaque échantillon (55 ech)

Le jour même :

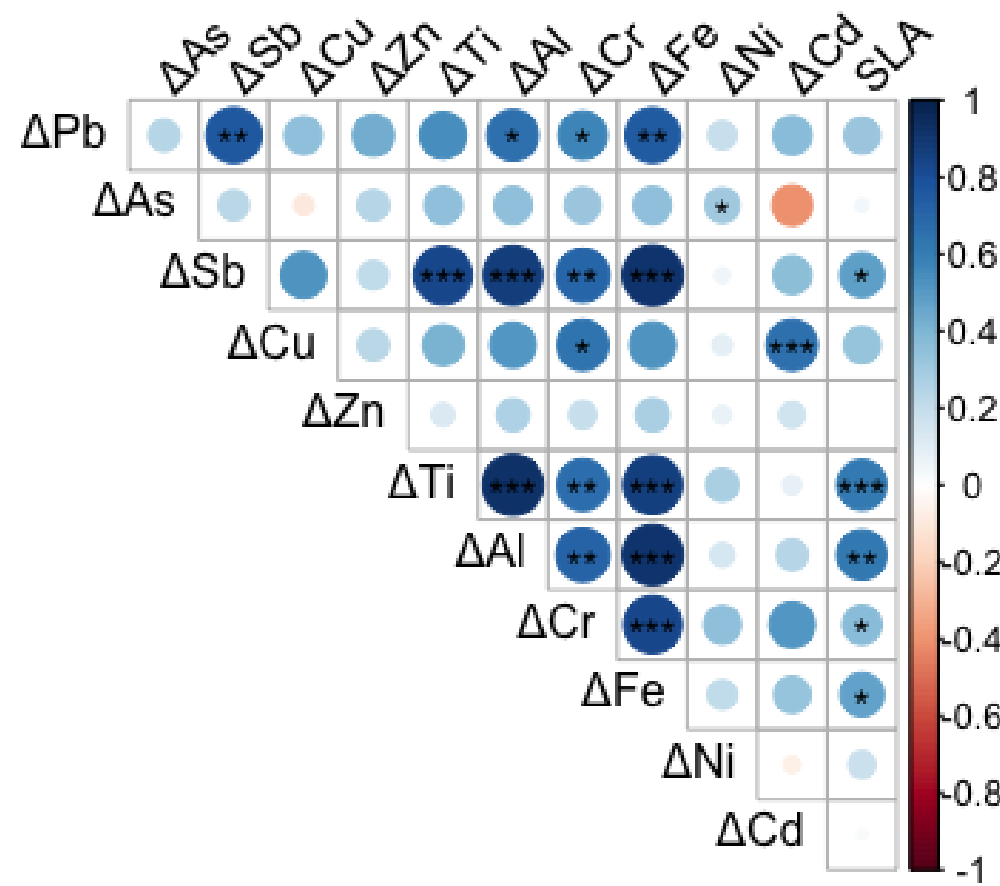
- Mesures (Scan Imagej Fiji®):
longueur, largeur, périmètre, aire
(Montes *et al.* in prep)
- Masse de matière fraîche (MF)

Une fois séchés (72h) :

- Masse de matière sèche (MS)



Est-ce que les traits foliaires des espèces de la barrière végétale jouent un rôle sur les dépôts de MM?



Surface foliaire spécifique positivement corrélée au dépôt de Sb, Ti, Al, Cr, Fe

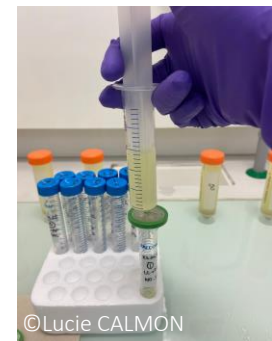
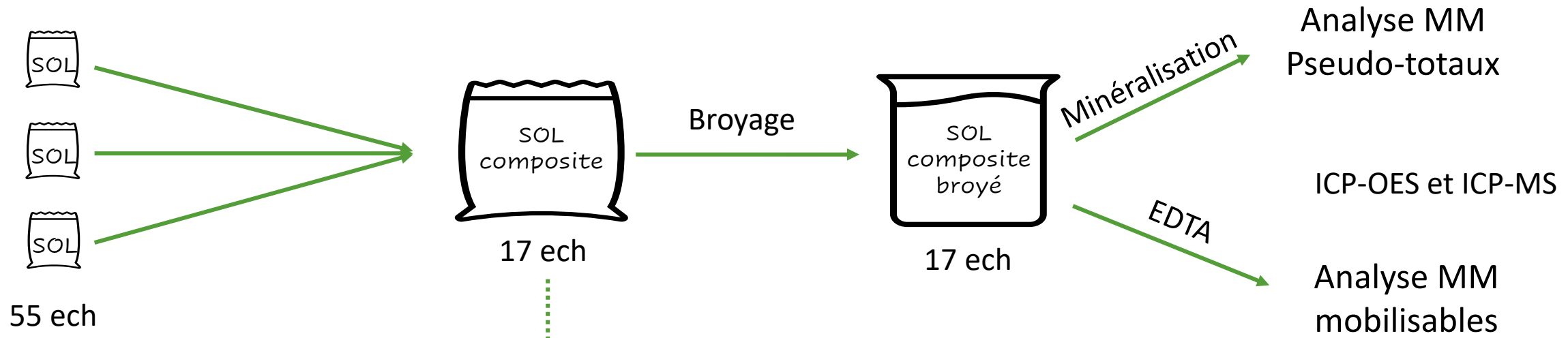
Plus la SLA est importante, plus les particules contaminées en MM sont retenues

Corrélogramme exposant les corrélations entre les différentes concentrations de MM déposées et la surface foliaire spécifique (SLA = specific leaf area). Avec * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,005$; *** $p \leq 0,001$. Analyses ICP-MS; n= 18; Méthode Spearman.

Préparation et analyses des échantillons de sol



Tamisé à 2mm sur le terrain
Séché (4-7 jours à environ 40°C)



Préparation et analyses des feuilles



©Lucie CALMON

Photo du lavage des feuilles dans le sonicateur

Séparation des échantillons en 2 sous échantillons
Lavage des feuilles d'1 des 2 /s échantillons
Séchage (72h)
Broyage (55 lavées et 55 non lavées)

On regroupe une même masse des 3 échantillons
broyés d'un même individu lavés ou non lavés
(2*17 composites)



©Lucie CALMON

Photo de la dissolution des feuilles dans l'acide