



CNRS/Aix Marseille Université

Europôle Méditerranéen de l'Arbois
Bâtiment Laennec
13545 Aix en Provence cedex 4

Direction : Thierry Heulin
Tél : 04 42 25 70 88 / 06 07 49 79 63
thierry.heulin@cea.fr

Administration : Joëlle Cavaliéri
Tél : 06 66 03 84 72
Joelle.cavaliéri@univ-amu.fr

Site internet : <http://www.eccorev.fr/>

Journée Restitution de l'Appel d'Offre Interne 2018 Novembre 2021 Aix en Provence

Fiche-Résumé

Titre : RISQ 2018 - Etude interdisciplinaire préliminaire pour l'évaluation des risques croisés sur un territoire contaminé en métaux et métalloïdes du Parc National des Calanques

Porteur du projet : Hélène Folzer (IMBE), Alma Heckenroth (LPED)

Participants : Hélène Folzer, Alma Heckenroth, Isabelle Laffont-Schwob, Thomas Curt, Marie-Dominique Salducci, Benjamin Oursel, Carole Barthélémy, Pascale Prudent, Laurent Vassalo, Lidwine Le Mire-Pécheux, Mathieu Kazmierski, Paul Monsara

Laboratoires et Partenaires impliqués :

Structures impliquées	Equipes
AMU, CNRS, IRD, IMBE	DFME
	SC analyses biologiques et chimiques
AMU, IRD, LPED	Pôle ECOSOURCE
AMU, CNRS, LCE	TRAME
IRSTEA	EMAX
Parc national des Calanques	
CRIGE-PACA	
Lycée agricole des Calanques	

Principaux résultats :

Le territoire du Parc national des Calanques (PNCal) représente une interface unique en Europe entre espace naturel protégé et espace périurbain. Il permet de se questionner particulièrement sur les impacts anthropiques passés et présents sur les milieux naturels. Avant d'être reconnu et protégé pour sa biodiversité remarquable, ce territoire a, sur une partie, été affecté par des activités industrielles passées notamment métallurgiques qui l'ont impacté durablement. Dans la zone cœur du PNCal, une démarche de restauration écologique est en cours depuis novembre 2015 sur une zone de garrigue contaminée en éléments traces métalliques et métalloïdes (ETMM) (Heckenroth et al. 2017, Heckenroth et al. 2016a). L'objectif de cette opération de restauration écologique est de favoriser l'établissement et la résilience d'un cortège de plantes natives afin de stabiliser la contamination du sol et ainsi limiter les impacts sanitaires et environnementaux des ETMM.

Plus de 3 ans après le début de l'opération de restauration écologique, la saisonnalité marquée par un contexte actuel de stress hydrique accru apparaît comme l'un des facteurs limitant du succès de la restauration. Or sur les sites et sols contaminés, la présence d'un couvert végétal pérenne, tolérant aux ETMM et aux conditions climatiques, et résilient face aux perturbations anthropiques, est un facteur clé pour limiter les risques liés aux transferts de contamination en ETMM et ainsi assurer la protection des populations humaines locales, et pour le maintien de la biodiversité et des services écosystémiques. Dans un contexte de changement climatique en région méditerranéenne, la végétation sera plus fréquemment soumise à de longues périodes de sécheresse. Les conditions météorologiques dans la région méditerranéenne sont propices aux grands incendies et parallèlement la période à risque tend à s'allonger et la zone à risque à s'étendre vers l'arrière-pays. Le territoire du PNCal, inséré dans une métropole de près de 2 millions d'habitants et caractérisé par une interface géographique ville/nature très étendue, est particulièrement concerné par un important risque incendie.

Ce projet exploratoire avait pour objectif d'initier la création d'un réseau interdisciplinaire afin d'étudier les interconnexions potentielles entre risque incendie et d'étudier le risque de transfert de la pollution métallique du sol pour les écosystèmes et les populations humaines, sur un territoire protégé du PNCal.

Les questionnements formulés dans ce projet auxquels des réponses ont pu être apportées sont :

- 1) Faut-il maintenir des ligneux comme stabilisant des ETMM malgré leur capacité à être vecteur de démarrage et de propagation du feu ?

Pour répondre à ce questionnement, un stage de master 2 a été réalisé. Une expérimentation mettant en jeu trois traitements in situ (P : placettes plantées, Tn : placettes témoins négatifs, Tp : placettes témoins positifs), constitués chacun de 5 répliques, a été réalisée. Les placettes P correspondent à 5 placettes choisies parmi les 20 initialement installées sur le site en novembre 2015. Ces placettes correspondent à des terrasses de culture d'environ 1m² localisées au niveau du pierrier et constituées de 2 bandes (amont et aval). Elles contiennent la végétation plantée en novembre 2015 et une végétation spontanée qui s'y est développée depuis 3 ans. Les 5 placettes P (fig.1a) ont été sélectionnées pour leur végétation pérenne bien établie et la présence d'individus de *Coronilla juncea* plantés, en faisant l'hypothèse que leurs systèmes racinaires très développés agissent sur la fixation de la pollution. Ces placettes devaient également présenter des pentes suffisantes pour l'installation des collecteurs d'eaux de ruissellement, réalisée en novembre 2018. Les placettes Tn (fig.1c) correspondent à des terrasses de culture d'environ 1m² localisées au niveau du pierrier, constituées de 2 bandes (amont et aval) non végétalisées et équipées de collecteurs d'eau de ruissellement depuis novembre 2018. Les placettes Tp (fig.1b) sont caractérisées par la présence d'une végétation naturelle de garrigue jeune (communautés végétales de référence de la restauration écologique) et sont localisées en aval du pierrier. Ces placettes n'ont pas été structurées en terrasses de culture afin de limiter la perturbation et la dégradation du milieu par une manipulation physique de l'environnement.

Ainsi, faute d'un dénivelé suffisant, ces placettes n'ont pas pu être équipées de collecteurs d'eaux de ruissellement.

Les pourcentages d'ETMM mobilisables dans le sol et exportés dans les eaux de ruissellement diffèrent peu entre les traitements Tn et P et présentent une grande variabilité. Il n'a donc pas été possible de mettre en évidence d'effet de stabilisation de la pollution du sol par les communautés végétales P et leurs microorganismes associés.

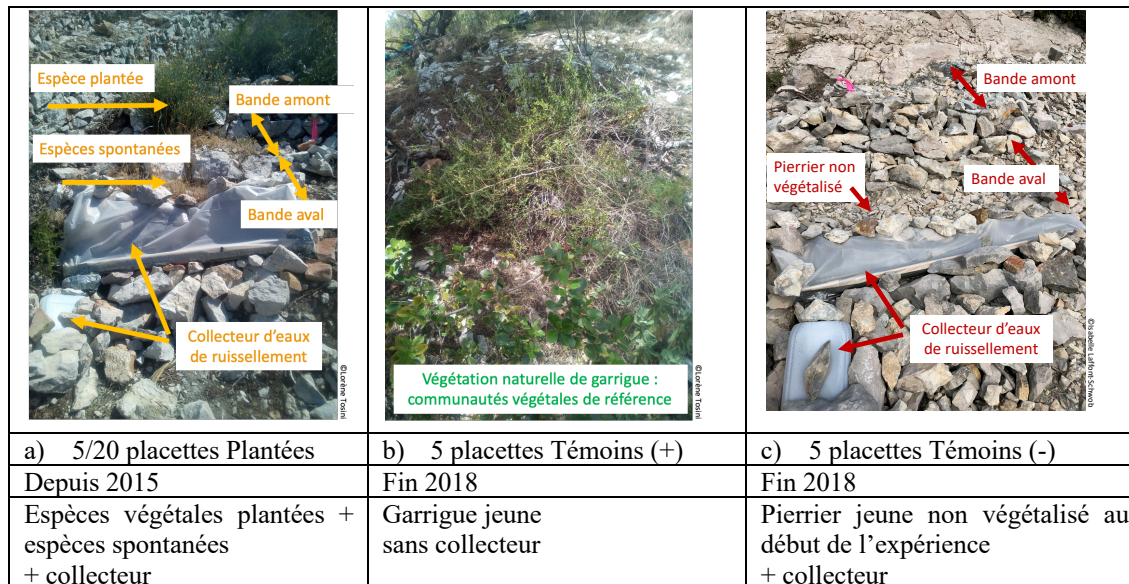


Figure 1 : Photographies des placettes présentant différents types d'aménagements et de végétations : (a) placette de 2015 nommée P, (b) témoin positif nommé Tp et (c) témoin négatif nommé Tn.

Dans cette étude, l'absence d'effet significatif des communautés végétales sur la rétention des ETMM dans le sol peut s'expliquer par la présence de communautés végétales majoritairement composées d'annuelles sur les placettes P. Les systèmes racinaires superficiels des annuelles meurent chaque année et n'ont donc pas d'action permanente sur la rétention des ETMM et sur l'érosion du sol (cf publication Tosini et al., 2020)

2) Quelles espèces végétales favorisant la stabilisation des ETMM faut-il privilégier tout en permettant de réduire le risque incendie ?

Pour répondre à ce questionnement, une liste de 27 espèces végétales natives présentes sur les placettes a été recensée et des traits fonctionnels ont été associés avec notamment la recherche des données déjà existantes sur l'inflammabilité. Ce travail est toujours en cours ainsi que la superposition de la carte de contamination des sols et celle des incendies déclarés sur le PNCal.

Seule l'espèce *Cistus albidus* parmi les 27 espèces étudiées est pyrophyte et elle présente également une inflammabilité moyenne, ce qui en fait une bonne candidate face aux risques croisés des ETMM et des incendies sur ce territoire. *Pinus halepensis* présente une forte à très forte inflammabilité et malgré son effet barrière aux envols de particules potentiellement contaminées en ETMM, elle n'apparaît pas comme une espèce à privilégier. *Rhamnus alaternus* est une espèce à inflammabilité faible et pourrait être plus étudié pour sa capacité de tolérance aux ETMM. Les données publiées sur l'inflammabilité des espèces de la garrigue étant actuellement peu nombreuses et ce travail préliminaire montre l'intérêt de développer cette approche.

Suite à donner au projet :

Il reste maintenant à compléter la base de données collaborative entre les différents instituts de recherche et gestionnaires. Nous n'avons pas pu réaliser le séminaire avec tous les participants du projet pour présenter un bilan après 1 an du projet de recherche. Les questions qu'il reste à creuser sont celles concernant la perception de ces risques par les habitants et usagers du territoire et leur implication dans la prévention ou l'anticipation de ces risques. Nous allons continuer le suivi des placettes et de leur caractérisation et établir la carte des risques croisés.

Publications, congrès :

Rapport de stage :

Master 2 BEE AMU : TOSINI Lorène 2018 - 2019 : Accompagner la phytostabilisation de la pollution ou laisser faire la végétation : cas des sols pollués des Calanques (Encadrement : Hélène Folzer et Isabelle Laffont-Schwob). Co-financement **Fédération de Recherche ECCOREV n° 3098** – Parc National des Calanques.

Publications :

Gain in biodiversity but not in phytostabilization after 3 years of ecological restoration on contaminated Mediterranean soils. *Ecological Engineering*, Volume 157, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.105998>.

Tosini L.^{1,2}, Folzer H.^{2,3}, Heckenroth A.^{2,3}, Prudent P.⁴, Santonja M.², Farnet A.-M.², Salducci M.-D.², Vassalo L.⁴, Labrousse Y.¹, Oursel B.⁵, Laffont-Schwob I.¹

¹Aix Marseille Univ, IRD, LPED, Marseille, France

²Aix Marseille Univ, Avignon Université, CNRS, IRD, IMBE, Marseille, France

³**Fédération de Recherche ECCOREV n° 3098, Aix Marseille Univ, CNRS, Aix en Provence, France**

⁴Aix Marseille Univ, CNRS, LCE, Marseille, France

⁵Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO, Marseille, France

Coronilla juncea, a native candidate for phytostabilization of potentially toxic elements and restoration of Mediterranean soils. *Plant and Soil*. Soumis PLSO-D-21-01419

Alma Heckenroth^{1,2,3}, Pascale Prudent^{2,4}, Hélène Folzer^{2,3}, Jacques Rabier³, Stéven Criquet³, Arne Saatkamp³, Marie-Dominique Salducci³, Laurent Vassalo⁴, Isabelle Laffont-Schwob^{1,2} (ORCID: 0000-0003-3630-6450).

¹Aix Marseille Univ, IRD, LPED, Marseille, France

²**Fédération de Recherche ECCOREV n° 3098, Aix Marseille Univ, CNRS, Aix en Provence, France**

³Aix Marseille Univ, Avignon Université, CNRS, IRD, IMBE, Marseille, France

⁴Aix Marseille Univ, CNRS, LCE, Marseille, France

Communications :

Café des sciences du PNCaI – Journée de restitution et d'échanges – 26 novembre 2019

Un passé industriel ayant laissé des traces au présent devenu PNCaI : une référence sur les questions de pollution.

Journées ateliers du Réseau d'Echanges et de Valorisation en Ecologie de la Restauration – du 29 juin au 1er juillet 2021 – Gap.

Restauration écologique des communautés végétales et microbiennes d'un site méditerranéen protégé contaminé en éléments traces métalliques et métalloïdes.

Lorène Tosini^{1,2}, Hélène Folzer^{2,3}, Alma Heckenroth^{2,3}, Pascale Prudent⁴, Mathieu Santonja², Anne-Marie Farnet², Marie-Dominique Salducci², Laurent Vassalo⁴, Yoan Labrousse⁵, Benjamin Oursel⁶, Isabelle Laffont-Schwob¹

¹Aix Marseille Univ, IRD, LPED, Marseille, France

²Aix Marseille Univ, Avignon Université, CNRS, IRD, IMBE, Marseille, France

³**Fédération de Recherche ECCOREV n° 3098, Aix Marseille Univ, CNRS, Aix en Provence, France**

⁴Aix Marseille Univ, CNRS, LCE, Marseille, France

⁵LPED, Enseignement et Recherche Publique Française

⁶Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO, Marseille, France

Congrès :

Congrès mondial de la Society for Ecological Restoration – du 21 au 24 juin 2021 – évènement virtuel

Constraints and Perspectives of Combined Ecological Restoration and Phytoremediation on a Mediterranean Protected Area Contaminated with Heavy Metals. Congrès mondial de la Society for Ecological Restoration – du 21 au 24 juin 2021 – évènement virtuel

Lorène Tosini^{1,2}, Hélène Folzer^{2,3}, Alma Heckenroth^{2,3}, Pascale Prudent⁴, Mathieu Santonja², Anne-Marie Farnet², Marie-Dominique Salducci², Laurent Vassalo⁴, Yoan Labrousse⁵, Benjamin Oursel⁶, Isabelle Laffont-Schwob¹

¹Aix Marseille Univ, IRD, LPED, Marseille, France

²Aix Marseille Univ, Avignon Université, CNRS, IRD, IMBE, Marseille, France

³**Fédération de Recherche ECCOREV n° 3098, Aix Marseille Univ, CNRS, Aix en Provence, France**

⁴Aix Marseille Univ, CNRS, LCE, Marseille, France

⁵LPED, Enseignement et Recherche Publique Française

⁶Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IRD, MIO, Marseille, France

Suite donnée au projet (contrats nationaux, internationaux, bourses de thèse...) :

- La stagiaire de master 2 BEE a obtenu une bourse MSRI (2019-fin prévue en 2022)
- Les laboratoires ont obtenu un financement du PNCaI (2020-2022) d'un montant de 15 000 euros soit 37 % du montant du projet INTERBIO pour poursuivre les expérimentations initiées.