

NANOPARTICULES DE FER POUR LA DÉPOLLUTION DES SOLS CONTAMINÉS PAR LA CHLORDÉCONE (CLD)

Mar GIL-DÍAZ¹, Sergio DIEZ-PASCUAL¹, Isabel SASTRE-CONDE², Hervé MACARIE³, Sébastien BRISTEAU⁴, Maria Carmen LOBO¹.

¹ IMIDRA, Finca El Encín, Alcalá de Henares (Madrid, Espagne).

² IRFAP, Calle Babieca no. 2, 07198 Palma, Baléares (Espagne)

isabelsastre2003@yahoo.com

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

⁴ BRGM, Division Laboratoires, Orléans (France)

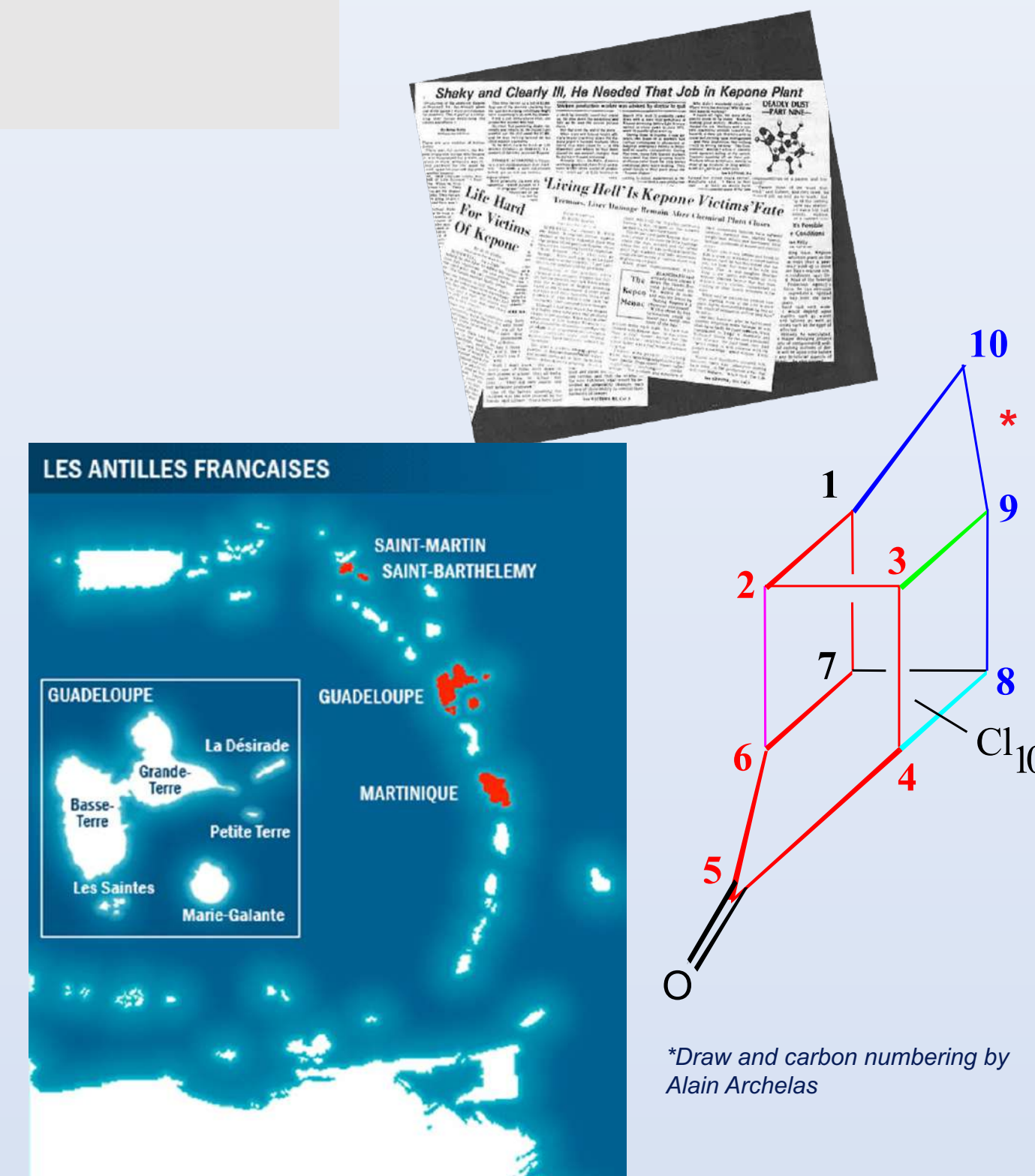


Contexte

Au cours de la dernière décennie, des essais menés jusqu'à la parcelle ont montré que l'apport de particules de fer zéro valent micrométrique (μ FZV) au sol permettait un abattement significatif de CLD mais que le procédé était moins efficace sur l'un des trois types de sols testés (andosol) (Mouvet et al., 2017, 2020) probablement dû au piégeage de la CLD dans la nano-porosité des argiles de ce sol auxquelles les particules micrométriques, n'ont pas accès (Woignier et al., 2020). Cette limitation pourrait éventuellement être levée par l'utilisation de nanoparticules de fer dont l'efficacité pour la dégradation des composés organochlorés dans l'eau est établie (Gong et al., 2016 ; O'Carroll et al., 2013) mais reste à démontrer pour les sols.

Objectifs

Le but de ce travail était d'évaluer l'efficacité de trois types de nanoparticules à base de sulfure de fer (nFeS), de fer zéro valent (nFZV) et d'un mélange de fer zéro valent et palladium (nFZV-Pd), pour la dégradation de la CLD sur deux échantillons de sols (A et N) de Guadeloupe utilisés précédemment pour les études avec le μ FZV.



Caractéristiques des sols

- Le sol A était un andosol avec un pH acide (5,3), une teneur élevée en matière organique (13,4 %) et une concentration de CLD de 14 mg/kg de sol sec.
- Le sol N était un nitisol, avec un pH légèrement acide (6,1), 3,7 % de matière organique et une teneur en CLD de 1,1 mg/kg de sol sec.

	PARAMÈTRES									
SOLS	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	CEC (meq/100g)	N (%)	OM (%)	C/N	Al (%)	Fe (%)	Texture	GROUPE TAXONOMIQUE
A	5.3	4.8	37.5	0.7	13.4	11.2	9.1	7.6	limoneux	Andosol
N	6.1	5.2	27	0.2	3.7	11.3	10.4	9.2	limoneux argileux	Nitisol

Caractéristiques des nanoparticules

Caractéristiques des nanoparticules de fer	nFZV	nFZV-Pd	nFeS
Producteur	Nanolron s.r.o (République Tchèque)	Nanolron s.r.o (République Tchèque)	Nanoshel UK Ltd (Royaume-Uni)
État, composition	Suspension aqueuse (80% d'eau), 14-18% de Fe(0) et 2-6% de Fe ₃ O ₄ .	Suspension aqueuse (80% d'eau), 14-18% de Fe(0) et 2-6% de Fe ₃ O ₄ , Pd 0,1%.	Solide, pureté de 99,9%.
Taille moyenne des particules	60 nm	<50 nm	30-45 nm
Mode de Stabilisation	Avec un surfactant organique	Avec un surfactant organique	Non stabilisé

TRAITEMENTS DES SOLS

Les échantillons de sol ont été amendés avec les trois types de nanoparticules

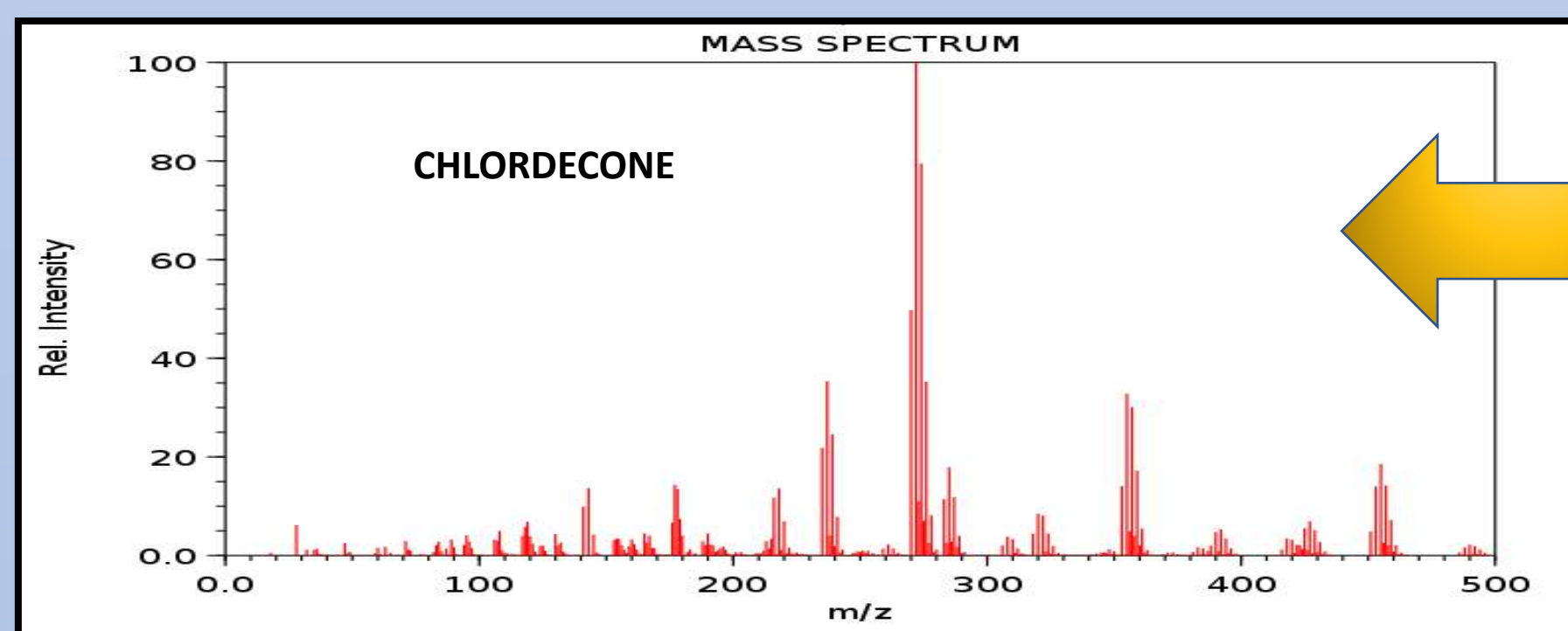
i) nFeS (Nanoshel) à 5%

ii) nFZV (Nanolron) à 10%

ii) nFZV-Pd (Nanolron) à 10%

puis ont été incubés à 28°C pendant 30 jours à l'obscurité.

La concentration de CLD a été quantifiée par chromatographie en phase gazeuse avec détecteur MS/MS.



Concentration de chlordécone après le traitement de nanoremédiation



RÉSULTATS

Les échantillons de sol traités avec le nFZV et le nFeS n'ont montré aucune réduction significative ($p > 0,05$) de la concentration de CLD.

Au contraire, les sols traités avec le nFZV-Pd ont montré une diminution significative, atteignant des pourcentages de 96 et 74 % pour les sols N et A, respectivement, bien supérieurs à ceux obtenus précédemment avec le μ FZV (70% pour nitisol et 20% pour andosol).

La moindre efficacité des nFeS peut être due au fait que ces nanoparticules n'étaient pas stabilisées, de sorte que des phénomènes d'aggrégation peuvent se produire entre elles, diminuant leur réactivité.

CONCLUSIONS

L'utilisation de nFZV-Pd semble être une stratégie prometteuse pour la remédiation des sols contaminés par la CLD, bien que des études supplémentaires soient nécessaires pour déterminer le mécanisme de dégradation et l'innocuité des produits formés ainsi que des particules elles-mêmes.

Références bibliographiques :

- Gong YY, Tang JC, Zhao DY (2016) Application of iron sulfide particles for groundwater and soil remediation: A review. Wat Res 89:309–320. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.11.063>
- Mouvet C, Collet B, Gaude JM, Rangon L, Bristeau S, Senegues M, Lesueur-Jannoyer M, Jestin A, Hellal J, Woignier T (2020) Physico-chemical and agronomic results of soil remediation by *In Situ* Chemical Reduction applied to a chlordécone-contaminated nitisol at plot scale in a French Caribbean banana plantation. Environ Sci Pollut Res 27:41063–41092. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07603-z>
- Mouvet C, Dictor MC, Bristeau S, Breeze D, Mercier A (2017) Remediation by chemical reduction in laboratory mesocosms of three chlordécone-contaminated tropical soils. Environ Sci Pollut Res 24:25500–25512. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7582-4>
- O'Carroll D, Sleep B, Krol M, Boparai H, Kocur C (2013). Nanoscale zero valent iron and bimetallic particles for contaminated site remediation. Adv Water Res 51:104–122. <https://doi.org/10.1016/j.advwater.2012.02.005>
- Woignier T, Rangon L, Clostre F, Mottes C, Cattani P, Primera J, Jannoyer M (2020) Physical limitation of pesticides (chlordécone) decontamination in volcanic soils: fractal approach and numerical simulation. Environ Sci Pollut Res 27:40980–40991. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05899-0>

Remerciements : projets REHABILITA CTM2016-78222-C2-1-(AEI/FEDER, UE), FP-16-NANOREMED (IMIDRA, Comunidad de Madrid).