

**IMPACT DU LIGNITE SUR LES CARACTERISTIQUES
PHYSICO-CIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES DES SOLS :
APPLICATION AUX SOLS DU BASSIN MINIER DE PROVENCE**

THESE

Pour obtenir le grade de
DOCTEUR DE L'UNIVERSITE D'AIX-MARSEILLE

Discipline : Géosciences de l'Environnement

Ecole doctorale : Sciences de l'Environnement

Présentée et soutenue publiquement le 18 décembre 2013 par

Mélanie CLOUARD

Sous la direction de Catherine KELLER & Stéven CRIQUET

JURY

| | | |
|----------------------------------|---|---------------------|
| M. J. POULENARD | Professeur, Université de Savoie | Rapporteur |
| M. H. QUIQUAMPOIX | Directeur de Recherche, INRA – SUPAGRO | Rapporteur |
| M^{me} C. DELOLME | Enseignant-Chercheur, Université de Lyon-ENTPE | Examinatrice |
| M. F. BUREAU | Maître de Conférences, Université de Rouen | Examinateur |
| M^{me} C. KELLER | Professeur, Université Aix-Marseille | Directrice de thèse |
| M. S. CRIQUET | Maître de Conférences, Université Aix-Marseille | Directeur de thèse |
| M. S. ROBERT | Chargé de Recherche, CNRS-ESPACE | Invité |

Résumé :

Dans le bassin minier de Provence, l'exploitation minière du lignite a fermé ses portes en 2003 à Gardanne (Bouches-du-Rhône) mais des vestiges de cette activité sont encore présents. Les terrils, ou amas de déchets miniers, sont implantés dans le paysage et demeurent aujourd'hui à proximité des habitations de la métropole Aix-Marseille et constituent des surfaces à prendre en compte dans le cadre de l'aménagement du territoire. Suite à l'abandon de l'exploitation du lignite, les terrils les plus anciens ont été naturellement colonisés par la végétation et des sols s'y sont développés avec une vitesse remarquable. Cette étude vise ainsi à comprendre les processus pédogénétiques en cours depuis 55 ans (la fin des dépôts miniers) sur les terrils non perturbés et enrichis en lignite. Dans un premier temps, nous avons étudié l'impact du lignite sur les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques d'un Rendosol, non remanié par l'apport de stériles de mine. Pour ce faire, deux sols similaires, dont l'un est traversé par l'affleurement naturel d'une veine de lignite et l'autre pas, ont été comparés afin de caractériser les variables impactées par le lignite. Dans un second temps, l'étude du terril Armand a permis de comprendre les facteurs responsables de la formation et de la variabilité des caractéristiques des sols observés sur le terril.

L'abondance de composés carbonés récalcitrants dans les sols enrichis en lignite affecte les niveaux d'activité des microorganismes responsables des processus biologiques dans les sols sans pour autant induire d'effets néfastes. En effet, il semble plutôt que le lignite intervienne comme un facteur de dilution du carbone organique, diminuant ainsi la quantité de carbone disponible et, par conséquent, la vitalité d'expression des fonctions microbiennes. En conséquence, les activités enzymatiques et la respiration basale sont diminuées en présence de lignite, mais les changements induits sur les propriétés physico-chimiques semblent améliorer la fertilité du sol. Les sols des terrils présentent des caractéristiques similaires (par exemple activités enzymatiques, présence de groupements C-aromatiques) à celles du profil en place sur l'affleurement naturel de lignite, mais également des aspects différents (par exemple la granulométrie, la minéralogie) probablement liés au mode de mise en place des terrils. Si ces résultats ont permis d'apporter un certain nombre d'explications quant aux processus pédogénétiques intervenant sur des terrils en milieu carbonaté, les sols du terril Armand demeurent encore à un stade d'évolution trop jeune pour préjuger de leur évolution future.

Mots clés : sol, lignite, terril, pédogénèse, activités enzymatiques, isotopie ^{14}C , $\delta^{13}\text{C}$, RMN ^{13}C , spectroscopie proche infrarouge (SPIR), minéralogie

Abstract :

Lignite mining stopped at Gardanne (Bouches-du-Rhône) in 2003, but remains of the activity are still visible. Spoil heaps are scattered over the coal basin of Provence: they are inserted in the landscape and often located close to urban areas of the Aix-Marseille Metropole. As such, they need to be identified and characterized to be taken into account in land management. After the progressive closing down of the mining activity, the oldest spoil heaps have been naturally colonized by local vegetation and soils have simultaneously quickly developed. This study aims at understanding the processes involved in soil forming on undisturbed lignite-rich spoil heaps since 50 years. As a first step, we studied the impact of lignite on the physico-chemical and microbiological characteristics of an undisturbed soil: we compared two similar Rendosols, except that one was developed in a natural lignite outcrop. Then we studied on the 55-year-old Armand spoil heap the factors responsible for soil genesis and variability of soil characteristics.

Recalcitrant carbon compounds found in soils enriched with lignite modify microbial activity but do not induce negative effects. It seems that lignite acts as a diluting factor of the organic carbon that decreases the available carbon pool and consequently on the vitality of the expression of the microbial functions. As a result, enzymatic activities and basal respiration decrease while changes observed on physico-chemical properties tend to improve soil fertility. Some characteristics (e.g. enzymatic activities, C-aromatic occurrence) of the soils developed on the spoil heap are similar to those of the soil developed from the lignite outcrop, while others (e.g. particle size, occurrence of minerals) are more related to the way the spoil heap was set up. Although these results have shed light on some of the processes involved in soil formation on spoil heaps in a carbonated environment, soils on Armand spoil heap are still at an early stage of development that precludes conclusion on their future evolution.

Key words: soil, lignite, spoil heap, pedogenesis, enzymatic activities, ^{14}C isotopy, $\delta^{13}\text{C}$, ^{13}C CPMAS NMR, spectroscopy near infrared, mineralogy