

# Peut-on restaurer les sols ?

## Evaluation d'une opération de transfert sur les propriétés physiques, hydriques et la pédogénèse.

Thierry Dutoit (IMBE) et Stephane Ruy (EMMAH)

Partenaires impliqués, IMBE, EMMAH, Université de Rouen, laboratoire ECODIV (Bureau F., Agrocampus Ouest Angers (Bulot A.), Société du Pipeline Sud Européen, Réserve naturelle nationale des Coussouls de Crau.

### Principaux résultats

L'objectif de notre recherche était de mesurer le succès de restauration d'une opération de transfert de sol après une fuite d'hydrocarbures ayant eu lieu dans la plaine de Crau en Août 2009. Après avoir pris en compte lors de précédentes recherches des indicateurs biologiques (végétation de surface, microbiologie du sol) et chimiques ; nous avons pris en compte ici d'autres indicateurs physiques qui devraient permettre de mieux appréhender les impacts de ce transfert, notamment ceux influençant la pédogénèse, dont l'état hydrique et la circulation de l'eau dans le sol. La prise en compte de ces paramètres est en effet primordiale pour évaluer le succès de la restauration sur le long terme. De nouveaux processus pédogénétiques initiés par les différents traitements de restauration pouvant conduire *in fine* à l'échec du fait d'une évolution des sols vers d'autres types que le FERSIALSOL Leptique tronqué de référence qui caractérise le sol steppique. Ce serait notamment le cas si les régimes d'écoulements des eaux étaient modifiés.

La réalisation de profils pédogénétiques et d'analyses physico-chimiques ont ainsi démontré que le transfert de sol, même réalisé en respectant l'organisation verticale, ne permet cependant pas de recréer à court terme (5années), l'organisation et le fonctionnement pédogénétique du sol de l'écosystème de référence. Des différences significatives ont ainsi encore été mesurées pour les limons grossiers et les argiles dans les horizons de surface (0-20cm). Au niveau des horizons minéraux (20-40cm), les couches transférées montrent des teneurs significativement supérieures en matière organique, azote total, carbone organique total, phosphore disponible, pH, et calcium. Ces résultats peuvent être corrélés avec la rémanence des perturbations induites lors du prélèvement de ces sols qui ont conduit en un enrichissement en calcium provenant du poudingue sous-jacent (> 40 cm) occasionnant alors une remontée du pH. La matière organique de cet horizon se caractérise également par un C/N plus élevé correspondant à une vieille matière organique. Pour les horizons de surface, le taux supérieur en argiles mesuré peut être corrélé également au mélange réalisé lors du prélèvement avec l'horizon sous-jacent. L'observation des profils de sol a également révélé l'existence d'horizons fortement marqués et délimités entre eux dans les profils reconstitués à l'inverse de ceux réalisés dans la steppe de référence. Cela peut être relié aux effets de tassement lors de l'étalement des différentes couches de sol qui ont réduit la colonisation de l'ensemble du profil par les racines des espèces herbacées pérennes dont l'espèce dominante, *Brachypodium retusum* et ont également limité l'activité des vers de terre. Contrairement au sol de la steppe de référence dont la structure est fortement influencée par l'activité des vers, aucune galerie n'a été ainsi observée dans les différents horizons des sols transférés.

Au niveau des propriétés hydriques et physiques, nous avons mesuré sur les différents horizons de sol et les différents sols reconstitués (i) un indicateur d'hydrophobicité, (ii)

la courbe de rétention hydrique, (iii) la conductivité hydraulique proche de la saturation (pour une succion de 3 cm). Les indicateurs d'hydrophobicité n'ont indiqué aucune différence que ce soit entre horizon ou entre sols reconstitués : les différences observées en termes de matière organique ou d'activité biologiques entre horizons et sols reconstitués ne modifient pas le caractère fortement hydrophile du milieu.

Les résultats sont plus différenciés lorsque l'on examine les courbes de rétention et montrent que 5 ans après le transfert de sol, les propriétés de rétention des sols reconstitués sont différentes des propriétés de rétention du sol « naturel ». Pour les horizons de sol A et B, les teneurs en eau aux forts potentiels hydriques (proche de la saturation) sont plus importants pour le sol naturel que pour les sols transférés, ce qui traduit une meilleure structuration (macro- et méso-porosité) des sols non perturbés. Les différences entre sols naturels et reconstitués s'estompent pour les faibles potentiels (sol sec). La réserve utile du sol naturel calculée à partir ces courbes est supérieure à celle des sols reconstitués : la revégétalisation naturelle des sols reconstitués serait donc potentiellement limitée par cette plus faible réserve utile dans le contexte méditerranéen à fort déficit hydrique.

Concernant la conductivité hydraulique proche de la saturation, on observe deux tendances : (i) la conductivité hydraulique est une fonction croissante avec la profondeur quel que soit le sol étudié ; (ii) pour une profondeur donnée, la conductivité du sol en place (non perturbée) est inférieure à la conductivité des sols transférés. De plus, pour le sol reconstitué à partir du seul horizon C, on observe que les propriétés de la couche de surface sont différentes pour les couches intermédiaires ou profondes, ce qui suggère une dynamique temporelle d'évolution de ces propriétés : ces résultats devraient cependant être vérifiés en réalisant une véritable chronoséquence. Ainsi, qu'il s'agisse de la courbe de rétention ou de la conductivité hydraulique, on observe que 5 ans après le transfert des sols, les propriétés hydrodynamiques de ceux-ci restent différentes de celles du sol en place. Ces premiers résultats suggèrent un fonctionnement hydrologique différencié : les sols transférés ont une réserve hydrique plus faible (donc une quantité d'eau disponible pour la végétation plus faible) et drainent plus rapidement que le sol en place, ce qui pourrait rendre plus difficile la revégétalisation naturelle des sols transférés sur le long terme du fait de stress hydriques plus fréquents.

## **Publications :**

Buisson E., Jaunatre R., Römermann C., **Bulot A.**, **Dutoit T.** 2018. Seed bank studies in a Mediterranean grassland: lessons learnt from two large restoration projects. *Restoration Ecology in press.*

**Bulot A.**, Potard K., **Bureau F.**, Bérard A, **Dutoit T.** 2017. Ecological restoration by soil transfer: impacts on organic matters and microbial activity. *Restoration Ecology* 25: 354–366.

**Bulot A.**, **Bourru E.**, **Ruy S.**, **Dutoit T.** Soil transfer impacts restored soil profiles and their hydrodynamic properties. *CATENA* (in prep).

**Bourru E.**, 2016. Evolution des propriétés hydrodynamiques des sols sous l'effet des organismes vivants des sols : Effet de l'inoculation d'une rhizobactérie et évolution naturelle d'un sol reconstitué. Rapport de stage de Polytech Nice Sophia, département Génie de l'Eau. 86 pages.

Cazanave S., Seimandi G., **Dutoit T.**, 2016. Mise en place de mesures d'évitement, de réduction et de compensation sur un gazoduc artère en Crau (Bouches-du-Rhône). Pp 35-41. In « Livre blanc : La biodiversité, cette obligation qui nous relie ». GASBI-ARPE PACA, Aix-en-Provence. 68 p.

### **Congrès :**

**Bulot A. Dutoit T.**, 2016. Impacts of soil transfer for the restoration of a Mediterranean grassland after a pipeline leak: Importance of young successional stages. in "10th European Conference on ecological restoration: Best practice in restoration". Freising, Germany August 22-26 2016.

**Bulot A., Bureau F., Bérard A., Dutoit T.** 2018. Reconstruction pédogénétique après transfert : impacts sur le sol et la végétation. In « Rever9, 9èmes journées du réseau d'Echanges en ecologie de la restauration ». Tour du Valat, Le Sambuc, Arles, 04-06 avril 2018.

### **Suite donnée au projet (contrats plus vastes, bourses de thèse...):**

#### **Contrat plus vaste :**

ANR-DFG Franco-Allemande, édition 2015 : RESTOGRASS: Restoration of semi-natural grasslands: towards a better understanding of successional mechanisms, key species traits and environmental interactions. Défi 1: « Appropriate resource management and adaptation to climate change ». (Déposée fin 2015 mais refusée au printemps 2016).

#### **Bourse de thèse :**

De Ammeida T., 2017-2020. Utiliser les fourmis comme ingénieurs des écosystèmes pour restaurer les espaces dégradés de Provence. Codirection Dutoit Thierry (25%), François Mesléard (25%) (Pr. Univ. Avignon) et co-encadrement avec Olivier Blight (50%) (MCF Univ. Avignon). Financement Bourse Région-entreprise PACA – Institut de Recherche de la Tour du Valat.