

Peut-on restaurer les sols ?

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

Thierry DUTOIT et Stéphane RUY

Contexte et objectifs :

- Fuite hydrocarbures (2009) et restauration en plaine de Crau (2011) :
 - Impacts des mesures de restauration (transfert de sol) sur la pédogénèse via des profils de sol, des analyses chimiques (IMBE) et les propriétés hydriques et physiques (EMMAH).
- ➔ Les sols transférés présentent-ils les mêmes caractéristiques que ceux de la steppe de référence ?

Site d'étude

La steppe de la Crau → 5.5 ha détruit par une fuite de pétrole

7 août 2009 = fuite de pétrole de 4700m³ déversés à la surface du sol, dans le sol et dans la nappe phréatique d'une steppe méditerranéenne



Transfert de sol: Organisation des principaux horizons du sol



Transfert de 3 horizons

Horizon organique A₁

Horizon minérale (B)

Cailloutis C

Poudingue R

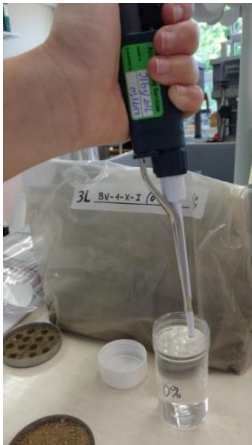




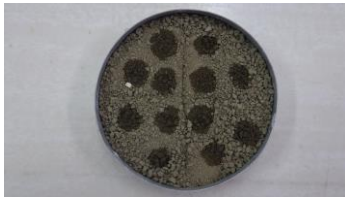


Indicateurs
d'hydrophobicité

WDPT, MED



classe	description	Ethanol (%)
7	extrêmement hydrophobe	36
6	très fortement hydrophobe	24
5	fortement hydrophobe	13
4	modérément hydrophobe	8,5
3	légèrement hydrophobe	5
2	hydrophile	3
1	très hydrophile	0

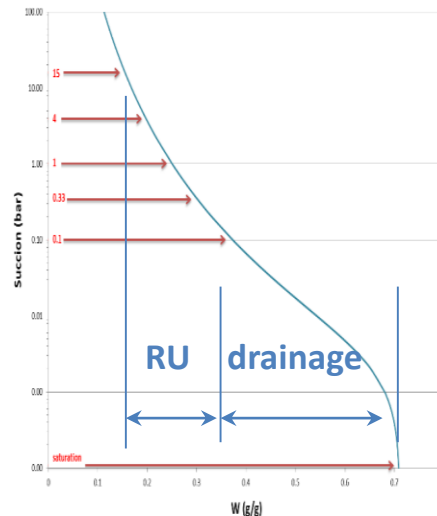


Profils de
sol et
analyses
physico-
chimiques

Capacité de rétention du
sol : courbe de rétention

Presses de Richards

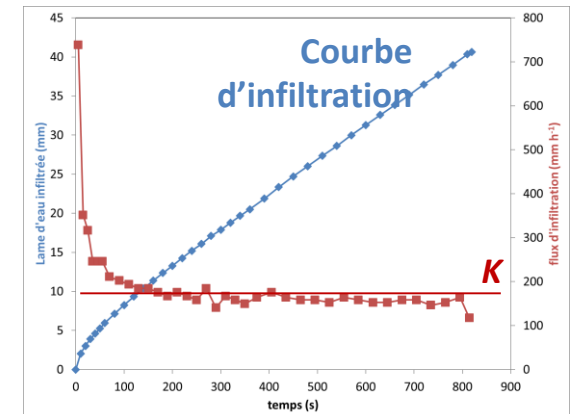
$\phi < 2mm$ (μ structuration)



Capacité d'écoulement :
conductivité hydraulique K à
quasi-saturation

Infiltromètre à succion

($h = -3cm$, $r_{pore} \sim 500 \mu m$)

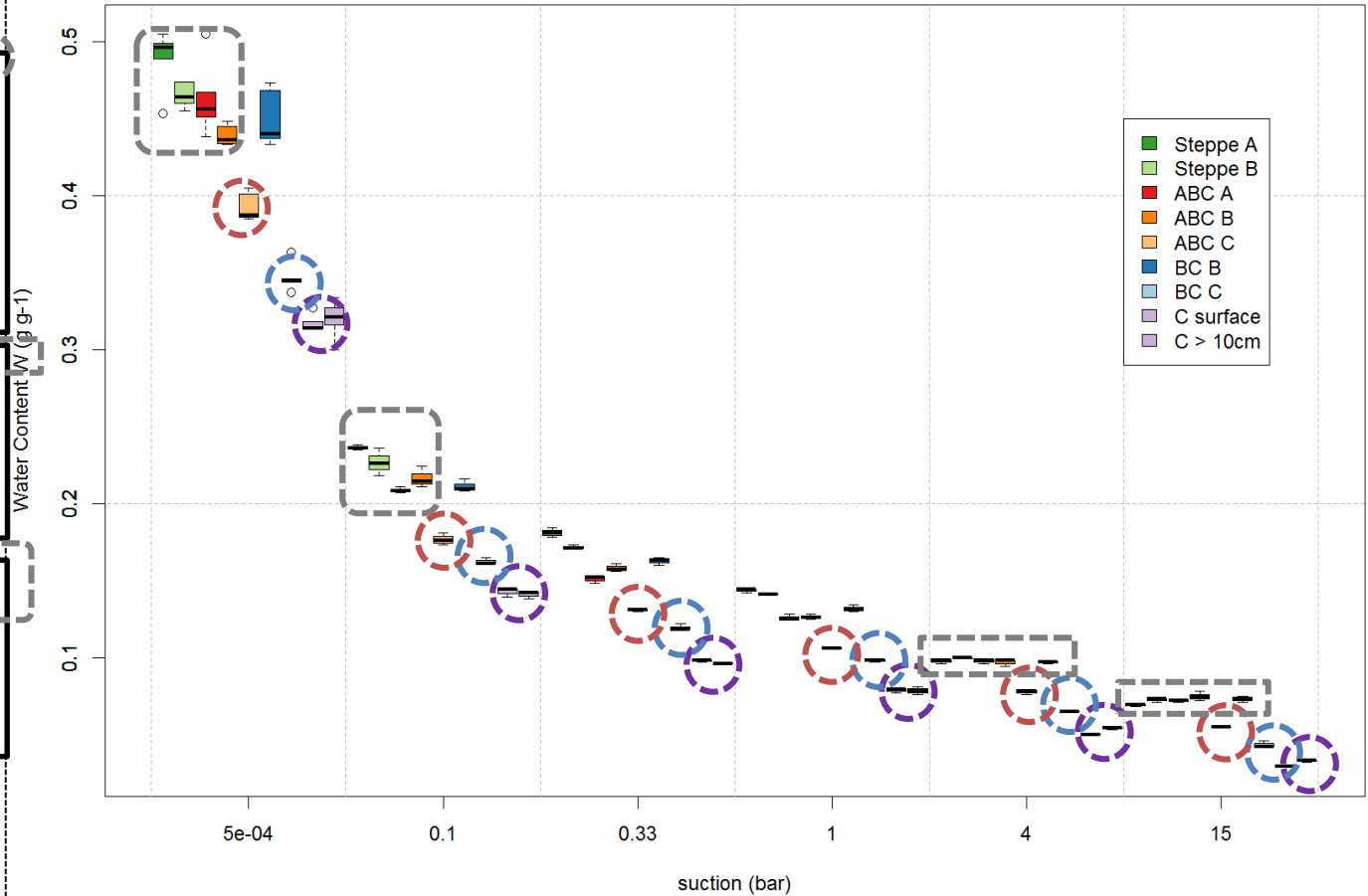


Evolution de l'horizon C dans les sols reconstitués à partir des horizons C, BC et ABC
 Pas de différence Csurf/Cprof
 Qqsoit le potentiel hydrique :
 $W_{C-ABC} > W_{C-BC} > W_{C-C}$

Aux fortes succions pour les horizons A et B (Steppe, ABC, BC) :
 W constantes

Aux faibles succions pour les horizons A et B (Steppe, ABC) :
 $W_{A,B-Steppe} > W_{A,B-ABC}$

Soil Water Retention Curve (sieved soil < 2mm) - ECCOREV - layers properties



Horizons A et B :

- pas de différences aux fortes succions (sols secs) : effet prépondérant de la texture seule
- pas de reconstitution des propriétés originales

RU : Steppe~ABC~BC > C

Horizon C : évolution des propriétés de rétention de l'horizon profond lorsque celui-ci est surplombé d'un horizon B ou de la séquence AB

Des courbes d'infiltration qui se différencient généralement selon les horizons quel que soit le sol étudié

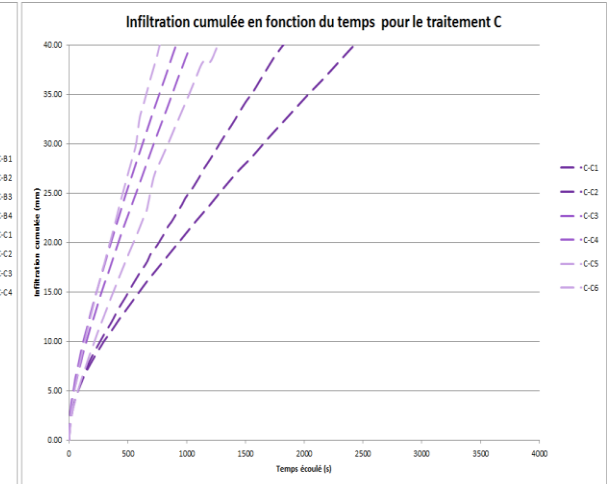
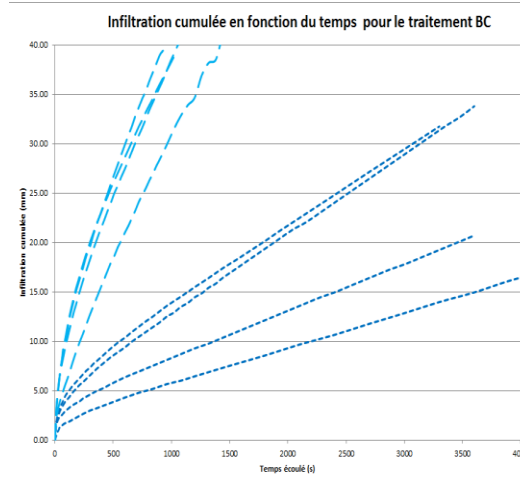
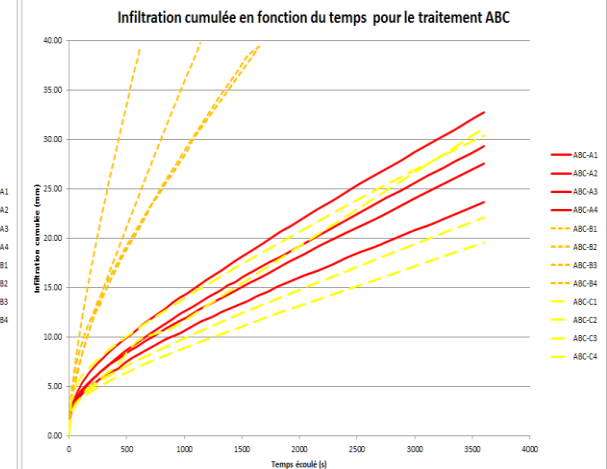
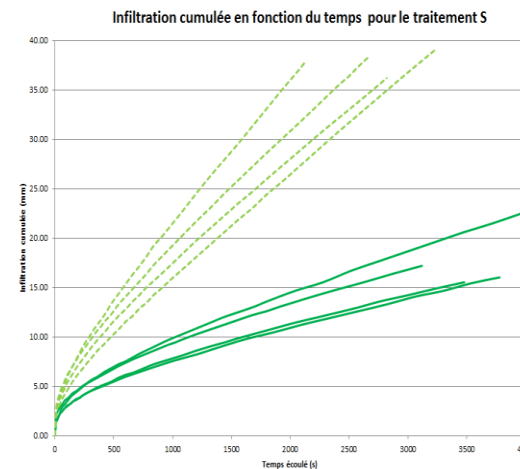
Forte variabilité de la conductivité calculée => peu de différences significatives

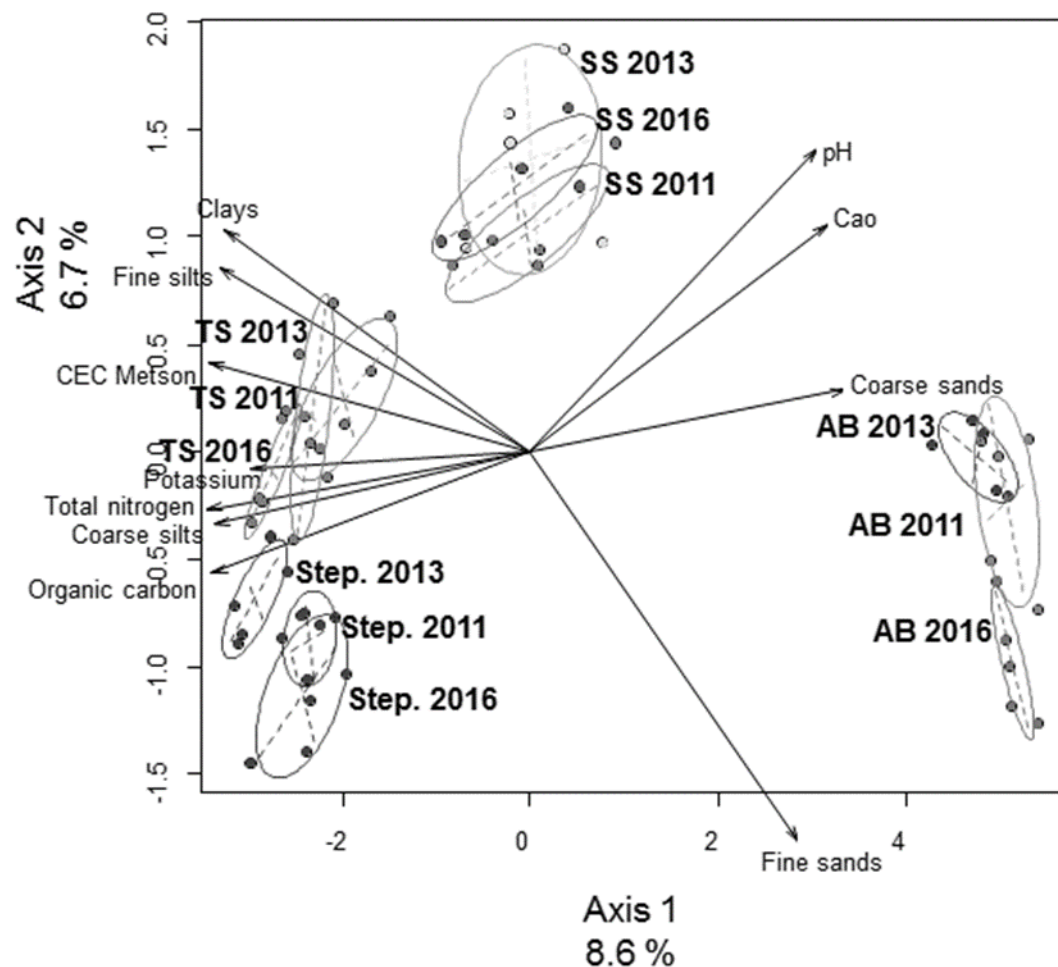
Conductivités hydrauliques, $h = -3 \text{ cm}$
(mm h^{-1})

	Steppe	ABC	BC	C
A	3.8	8.5		
B	15.5	28.6	12.1	
C		7.1	23.6	25.5 / 63

Traitement C : propriétés très peu favorables à la recolonisation par la végétation (faible RU, forte conductivité => faible disponibilité en eau)

Traitement ABC : propriétés proches mais significativement différentes de **Steppe** (RU, profils de conductivité)

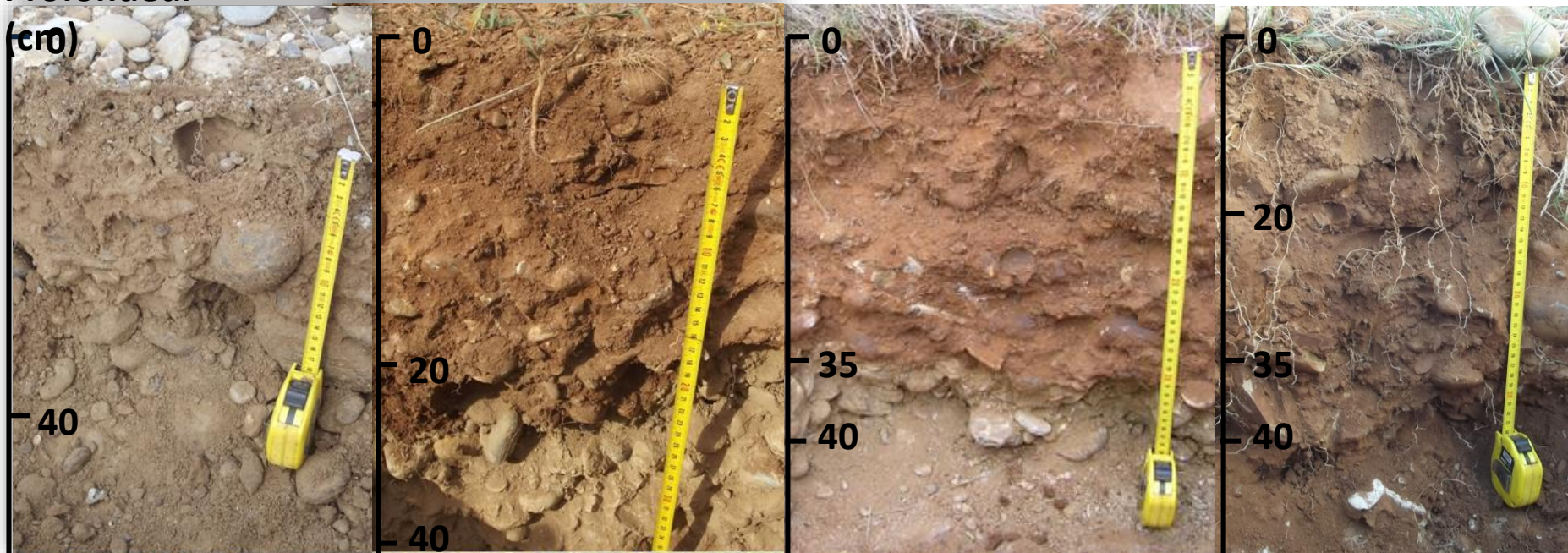




- Tous traitements différents de la référence.
- Pas d'évolution significative après 5 années de suivi vers le sol de référence.
- Traitement avec transfert de l'horizon organique le plus proche.
- Effets de l'année de mesure.

Profondeur

(cm)



Peu

~~Non~~~~Non~~

Moins aéré

Transition entre horizons bien visible

Reconstitution de l'organisation verticale

Beaucoup



Oui

Oui

Plus aéré
Pas de transition entre horizons

Message principal :

- Aucun traitement ne permet la restauration des propriétés physico-chimiques et hydrologiques du sol même après 5 années.
- L'absence d'échanges entre les différents horizons pédologiques pourrait hypothéquer sur le long terme la réussite de cette opération au niveau de la végétation (Bulot et al., 2014).
- Tester la réintroduction d'espèces « ingénieur de l'écosystème » : fourmis moissonneuses (thèses T De Almeida) ou vers-de terre anéciques pour reconnecter (galeries, brassage du sol) les différents horizons mis en place dans la zone restaurée.

- **Points Forts :**

- ➔ Approche complémentaire entre suivis physico-chimiques et hydriques.

- **Points faibles :**

- ➔ Pas de réussite à la candidature ANR.
- ➔ Méthodologie : forte variabilité des propriétés hydrodynamiques
⇒ nombre de réplicats ↗↗

- **Perspectives :**

- ➔ Tester impact de l'introduction d'espèces ingénieures de l'écosystème (Thèse De Almeida, en cours).

Evolution prévue

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 Almeida 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.

Productions scientifiques issues du projet

Publications :

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.

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.