



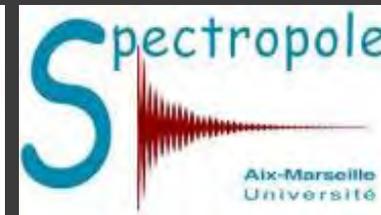
LE LIGNITE DES TERRILS DE PROVENCE:

SPATIALISATION ET INFLUENCE SUR LES ACTIVITÉS MICROBIENNES DES SOLS

Stéven CRIQUET

Maître de Conférences – HDR (IMBE)

Mélanie CLOUARD, Catherine KELLER, Philippe DUSSOUILLEZ, Virgile CALVERT, Rachelle ADJOUHGNOPE, Guillaume BERNARD, Nathalie DUPUY, Sandrine AMAT, Jérôme BALESSENT, Fabio MARZAIOLI, Fabio ZIARELLI



Contexte

Sites d'étude

Matériels et méthodes

Résultats

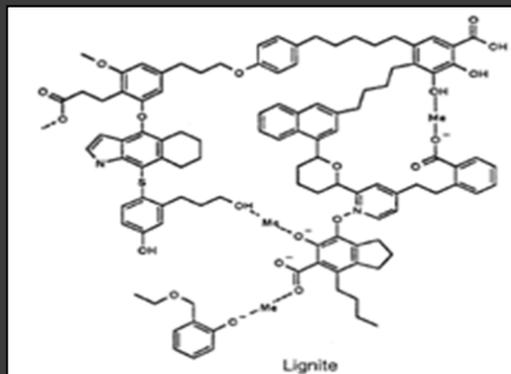
Conclusions

Perspectives

❖ Le Lignite

- ❖ **Combustible** fossile datant du Fuvélien (-75 millions d'années)
- ❖ Origine lacustre, sous climat tropical
- ❖ « **Charbon** » de faible maturité vs Anthracite
- ❖ Pouvoir calorifique modéré
- ❖ Utilisé essentiellement pour la production d'électricité
- ❖ Structure **aromatique** & **aliphatique** :

↪ C récalcitrant



Lignite du Puits Hély d'Oissel (Photo S. Criquet)

	Lignite	Anthracite
% carbone	50 - 60	93 - 97
% humidité	25 - 50	1 - 6
Pouvoir calorifique (kJ.kg ⁻¹)	14 630 - 18 810	32 604- 35 530
% soufre	~ 4	< 4
% azote	~ 1,5	< 1,5 <

Source : CEE / ONU - BGR

❖ Le Bassin Minier de Provence (BMP)

- ❖ Un territoire marqué historiquement par :
 - ❖ l'activité minière d'extraction du **lignite**;
 - ❖ l'accumulation de **déchets miniers** (stériles) sous formes de terrils;
 - ❖ une **pédogenèse** active sur les terrils;
 - ❖ l'**enrichissement** des sols en **lignite**.



Terrils des Molxs (Photo Thierry Rostang)



Solum – Puits Armand

❖ Problématique

- ❖ Impact du lignite sur les propriétés pédobiologiques:

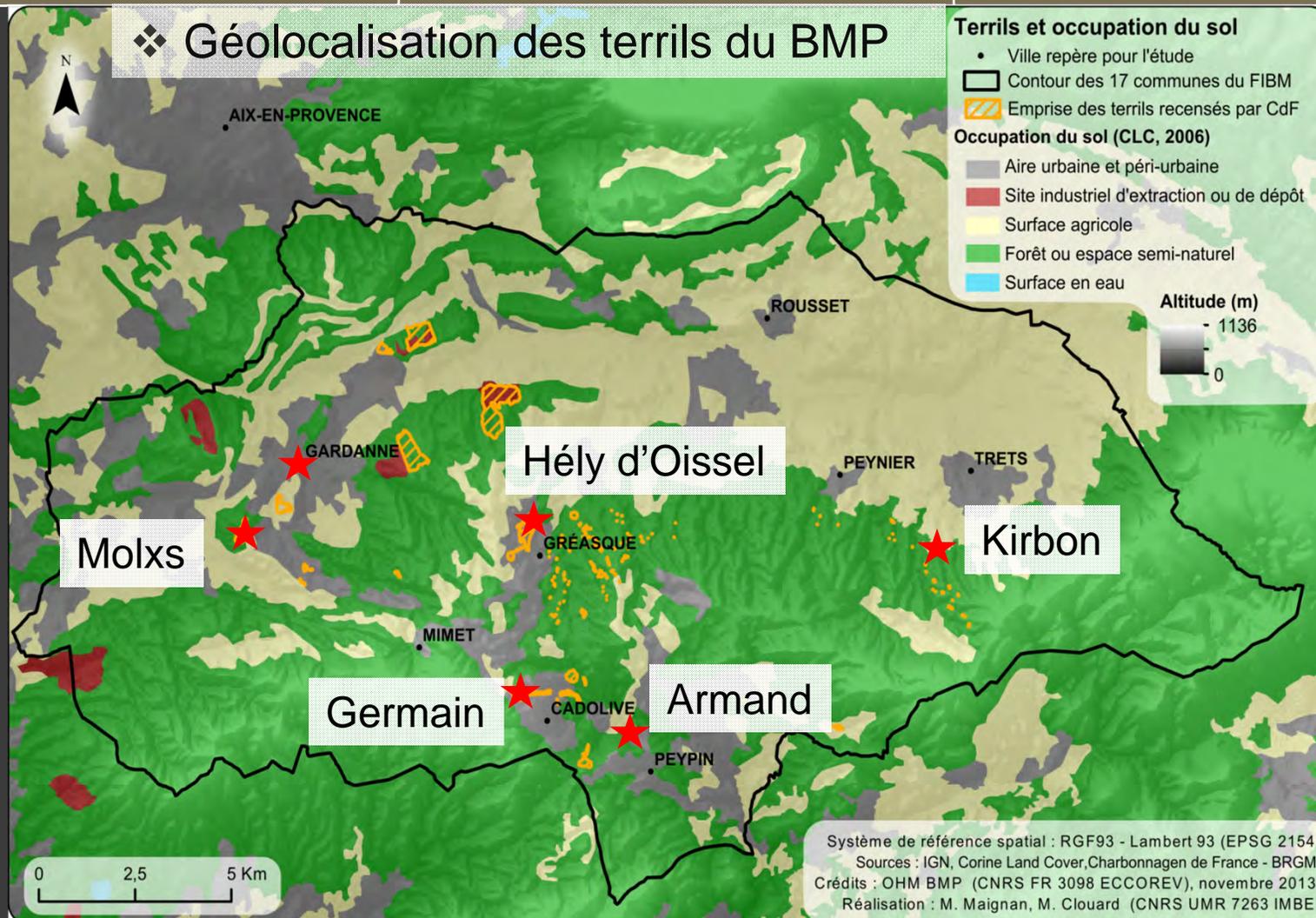
↳ connaissances incomplètes

❖ Objectifs

- ❖ Définir des indicateurs d'abondance du lignite
- ❖ Spatialiser la distribution du lignite et son impact sur l'activité microbienne d'horizons A
- ↳ cas du terril Armand
- ❖ Etudier plus finement l'effet du lignite sur les fonctions microbiennes et la croissance végétale

↳ mésocosmes





❖ Augmentation des volumes des terrils d'Est en Ouest:

- ❖ Pendage / Profondeur des veines
- ❖ Mécanisation des techniques d'extraction

Contexte

Sites d'étude

Matériels et méthodes

Résultats

Conclusions

Perspectives

❖ Qualité de la MO :

- ↪ SS ^{13}C CPMAS NMR après traitement HF
- ↪ SPIR + régressions PLS
- ↪ Δ ^{14}C : C-lignite vs C-récent

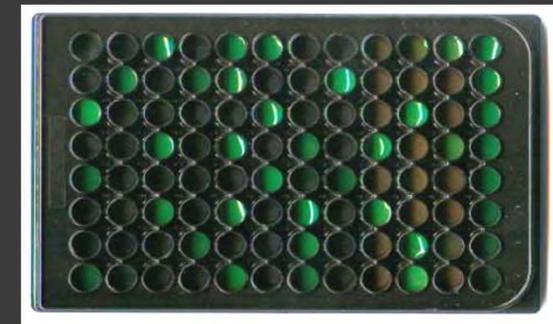
❖ Fonctions microbiennes

↪ Enzymes de recyclage CNPS

- β -glu: β -glucosidase (C)
- ArylS: Arylsulfatase (S)
- PhoA: Phosphatase acide (P)
- ArylN: Arylamidase (C, N)
- FDL: Lipase (C)
- FDA: Estérase (C)

↪ Respiration basale

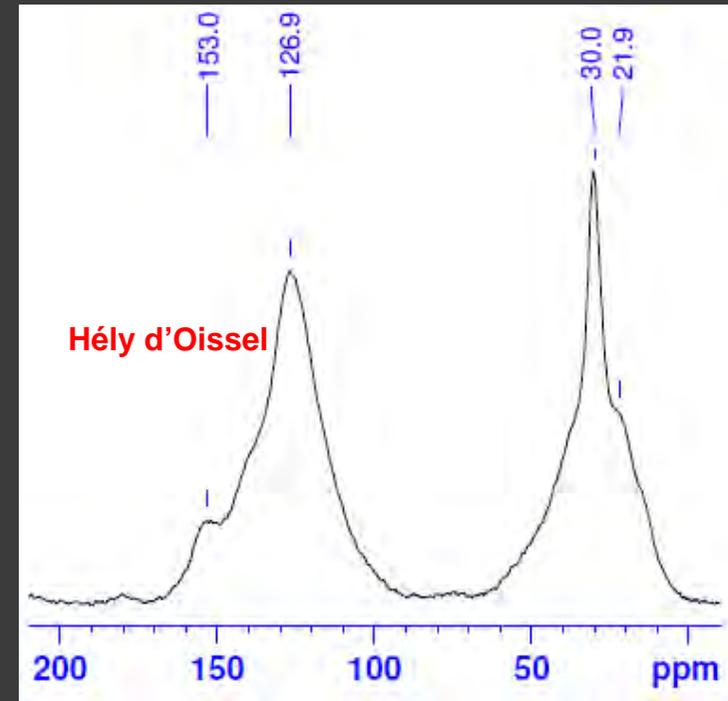
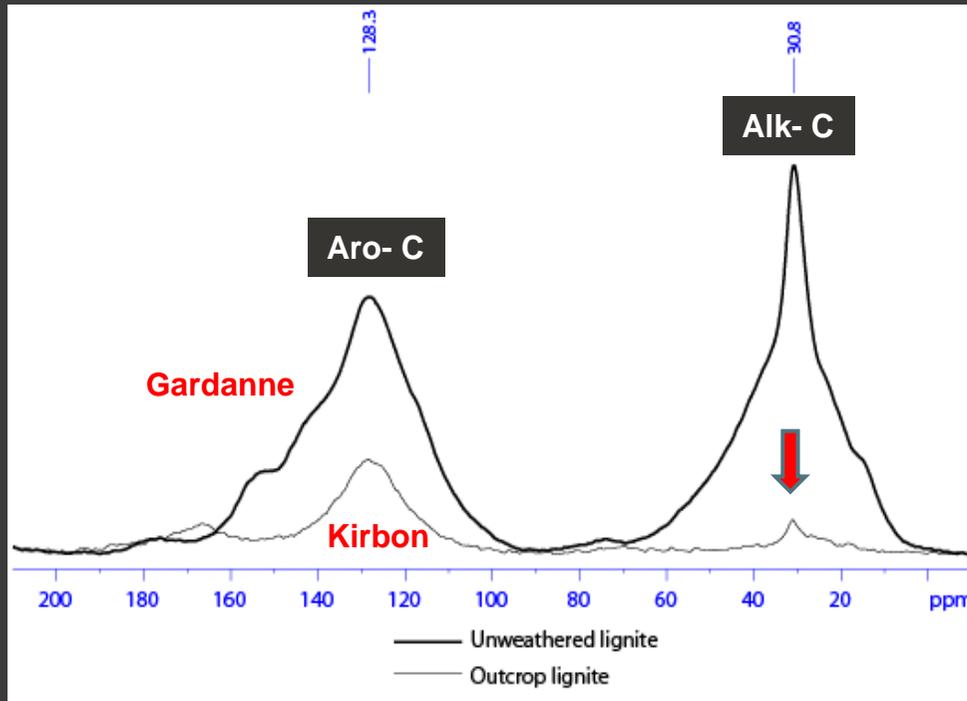
- CPG



(Photos S. Criquet)

Contexte	Sites d'étude	Matériels et méthodes
Résultats	Conclusions	Perspectives

❖ Signatures spectrales du lignite



❖ 2 pics principaux:

↳ Aromatic C (128 ppm)

↳ Alkyl C (31 ppm)

↳ Lignites des mines sont identiques

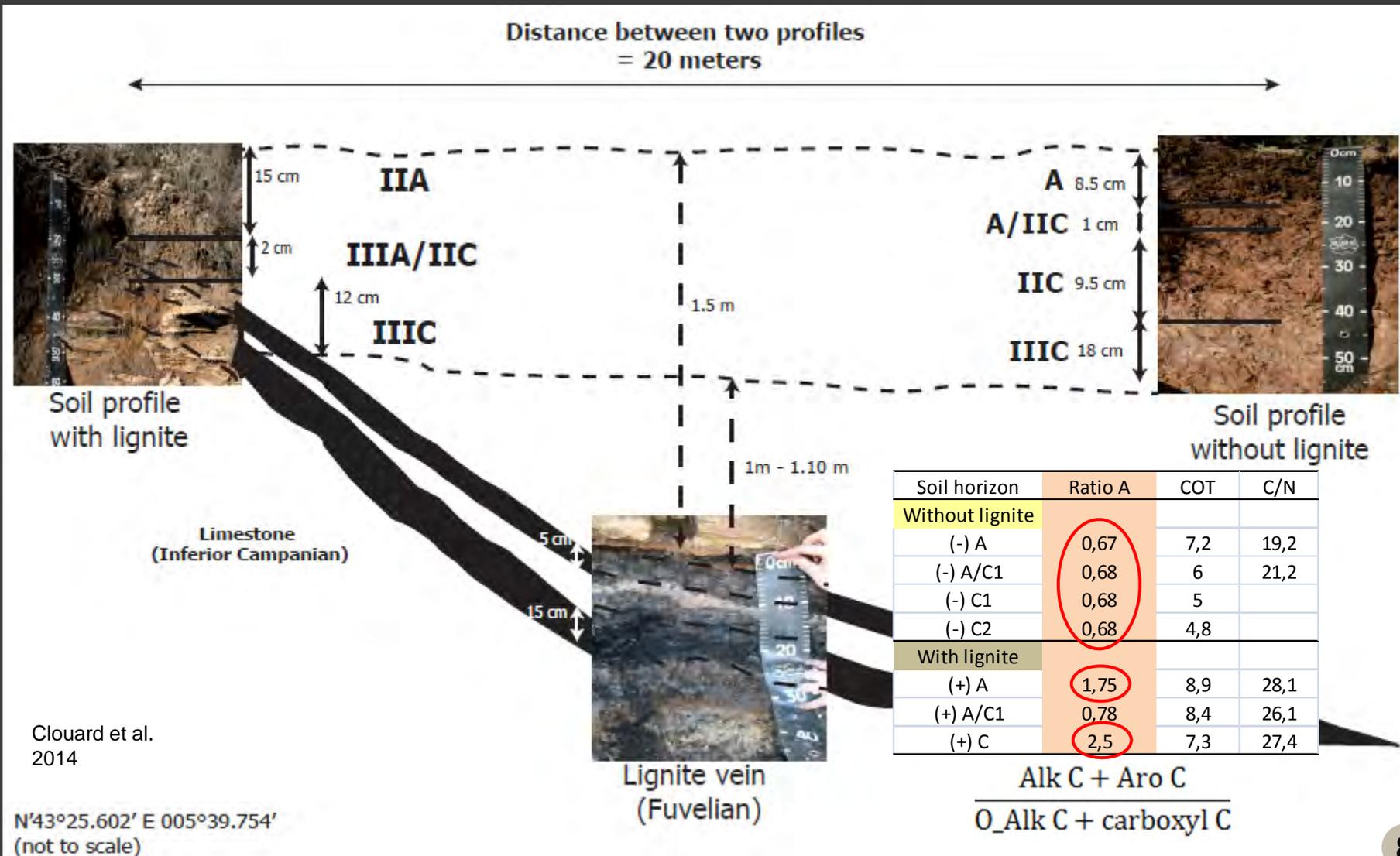
❖ Lignite de l'affleurement (Kirbon)

↳ Altération importante du pool des alkyl C



Contexte	Sites d'étude	Matériels et méthodes
Résultats	Conclusions	Perspectives

Signatures spectrales des sols – Affleurement de lignite de Kirbon



Contexte

Sites d'étude

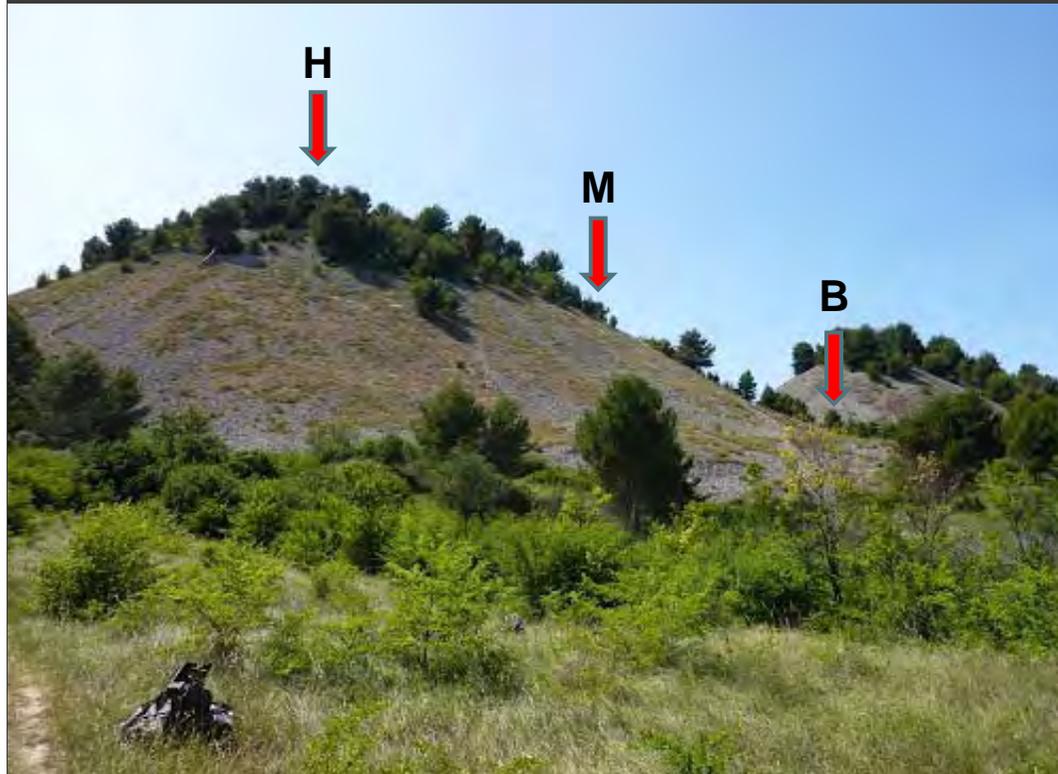
Matériels et méthodes

Résultats

Conclusions

Perspectives

Signatures spectrales des sols - Les Molx (Collevieille)

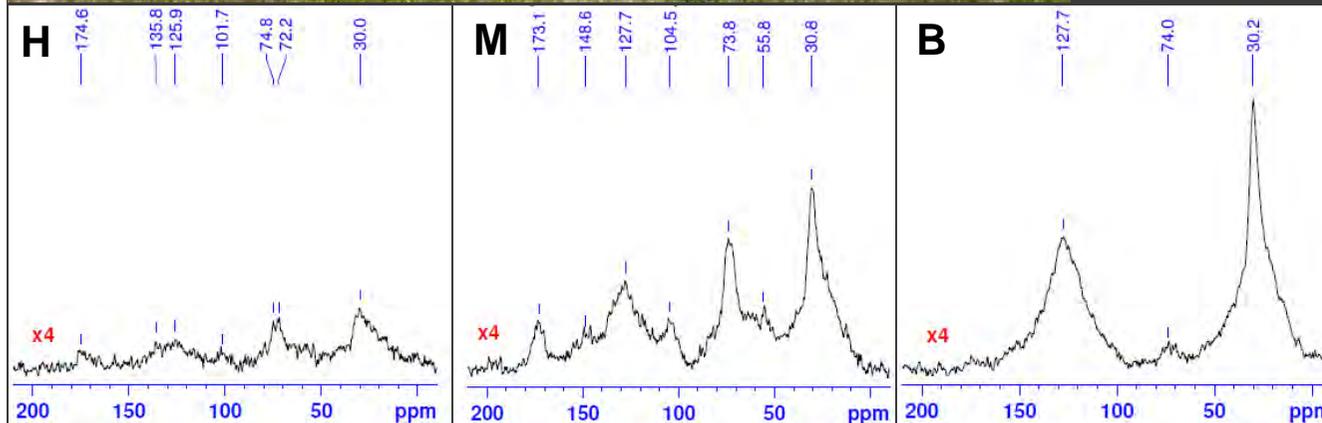


Sample	C & N (<i>post</i> HF)		
	% N	% C	C/N
H	0,08	1,97	24,6
M	0,21	5,51	26,2
B	0,26	10,5	40,38

A mesure que l'on dévale la pente....

- ❖ ↑ % C
- ❖ ↑ % en Alkyl-C et en Aromatic-C
- ❖ ↑ récalcitrance du C

- ❖ ↑ signature spectrale du lignite



Gradient de signature en lignite:

- Substrat plus léger ?
- Substrat plus lessivable ?
- Stériles plus appauvries en lignite au sommet ?
- Meilleures techniques d'extraction ?

Contexte

Sites d'étude

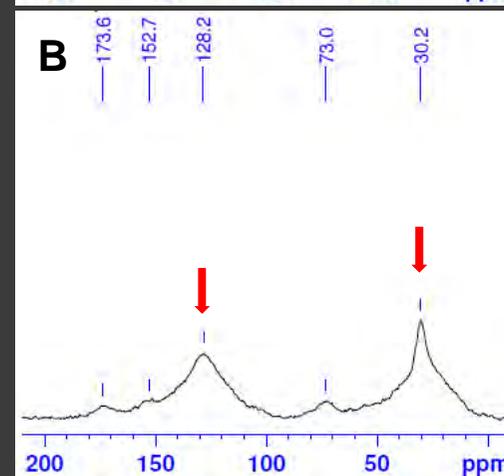
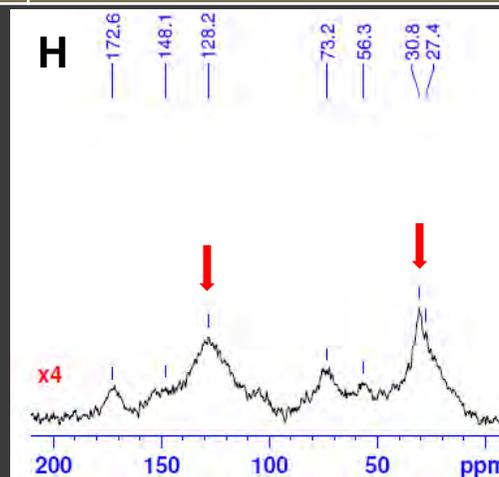
Matériels et méthodes

Résultats

Conclusions

Perspectives

Signatures spectrales des sols - Terril Germain

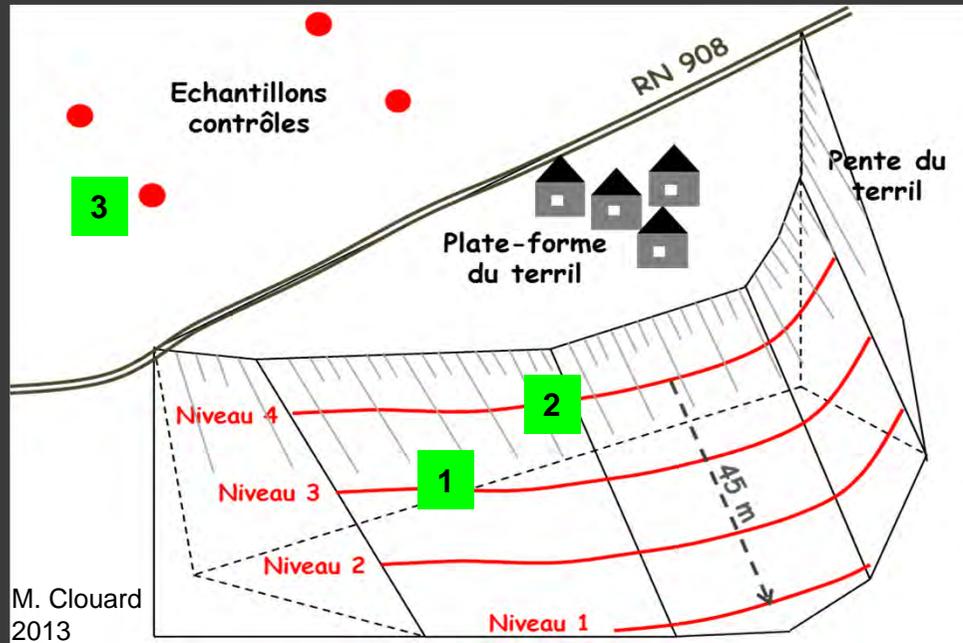


❖ Signatures spectrales (30 et 128 ppm) caractéristiques d'un enrichissement en lignite, **similaires aux Molxs**.

❖ ↑ % en C, Alk-C et Aro-C au pied du terril

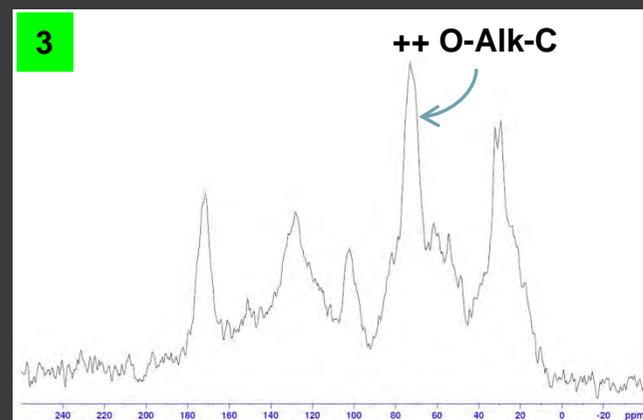
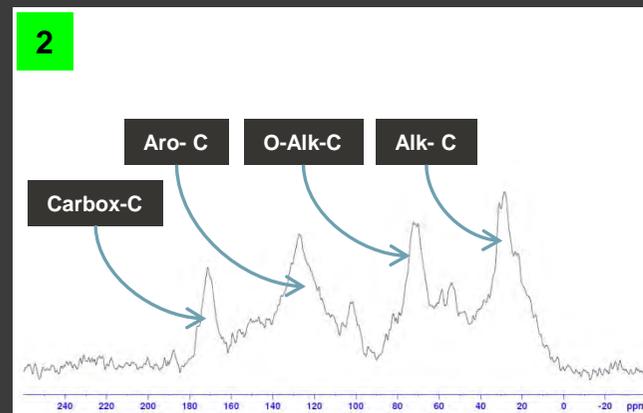
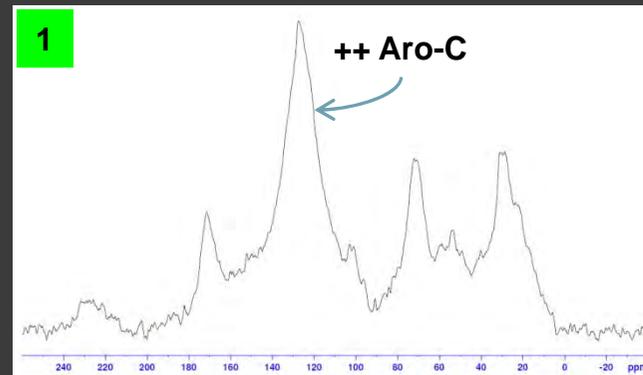
Sample	C & N (post HF)		
	% N	% C	C/N
H	0,38	11,6	31
B	0,41	18,2	44

Terril Armand: Spatialisation de la qualité de la MOS

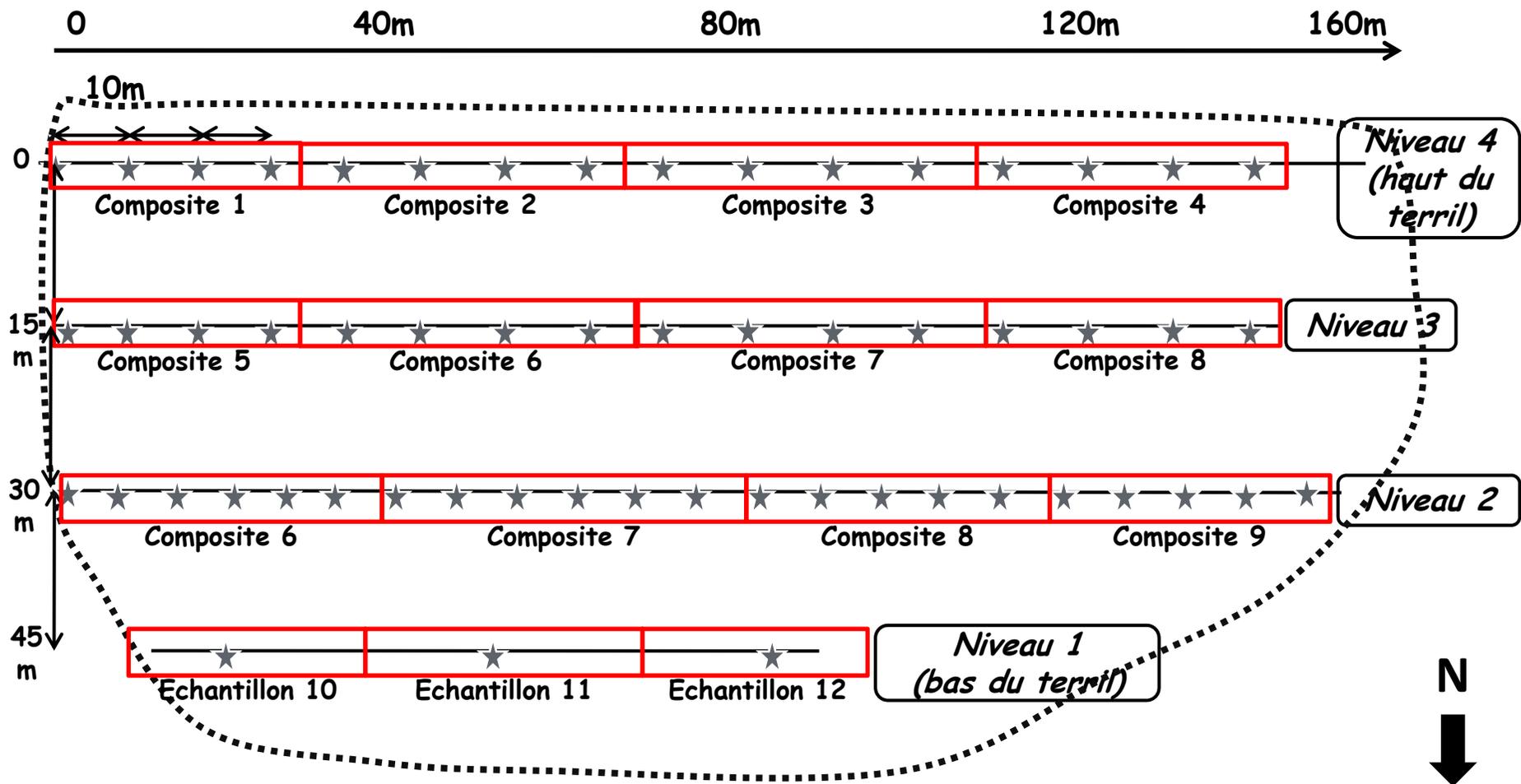


Sur la pente du terril:

- ❖ Forte **hétérogénéité spatiale** de la qualité de la MOS
- ❖ Certains échantillons sont enrichis en **Aro-C** (lignite)
- ❖ D'autres non...

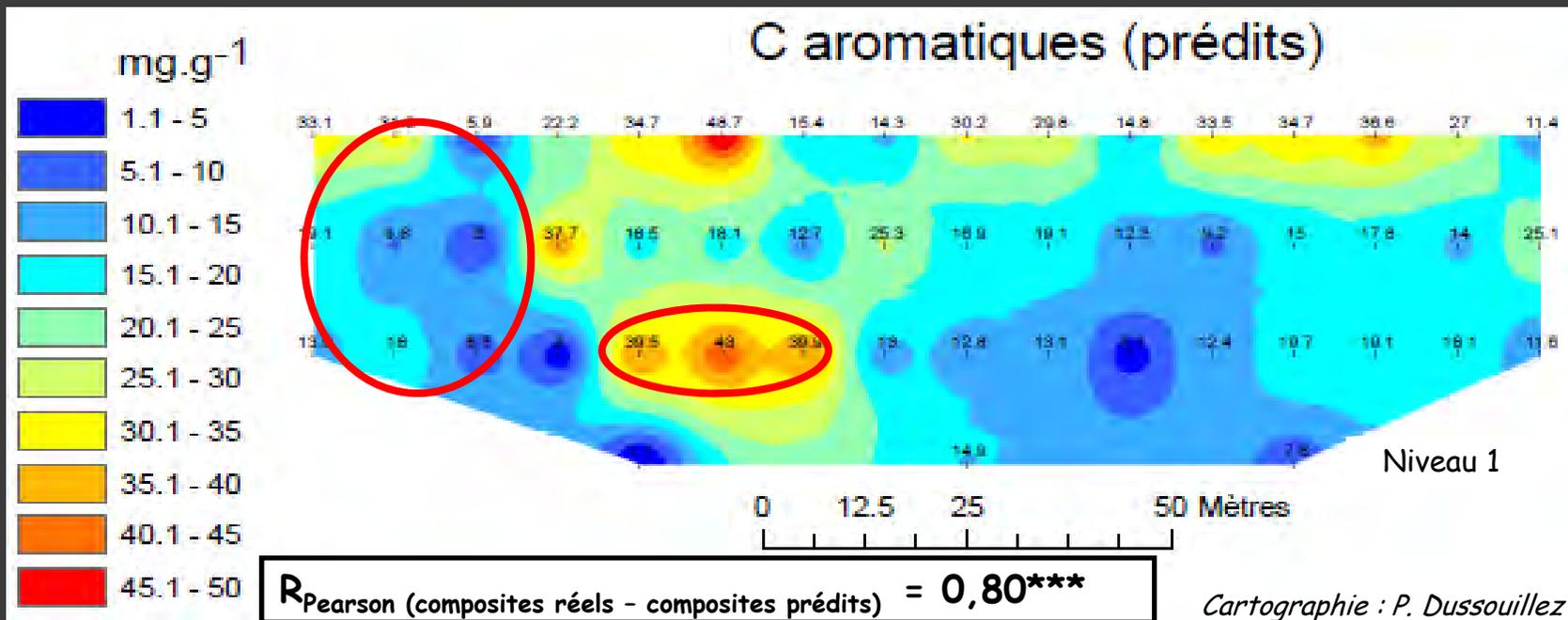


2. Spatialisation - Echantillonnage du terril Armand



M. Clouard
2013

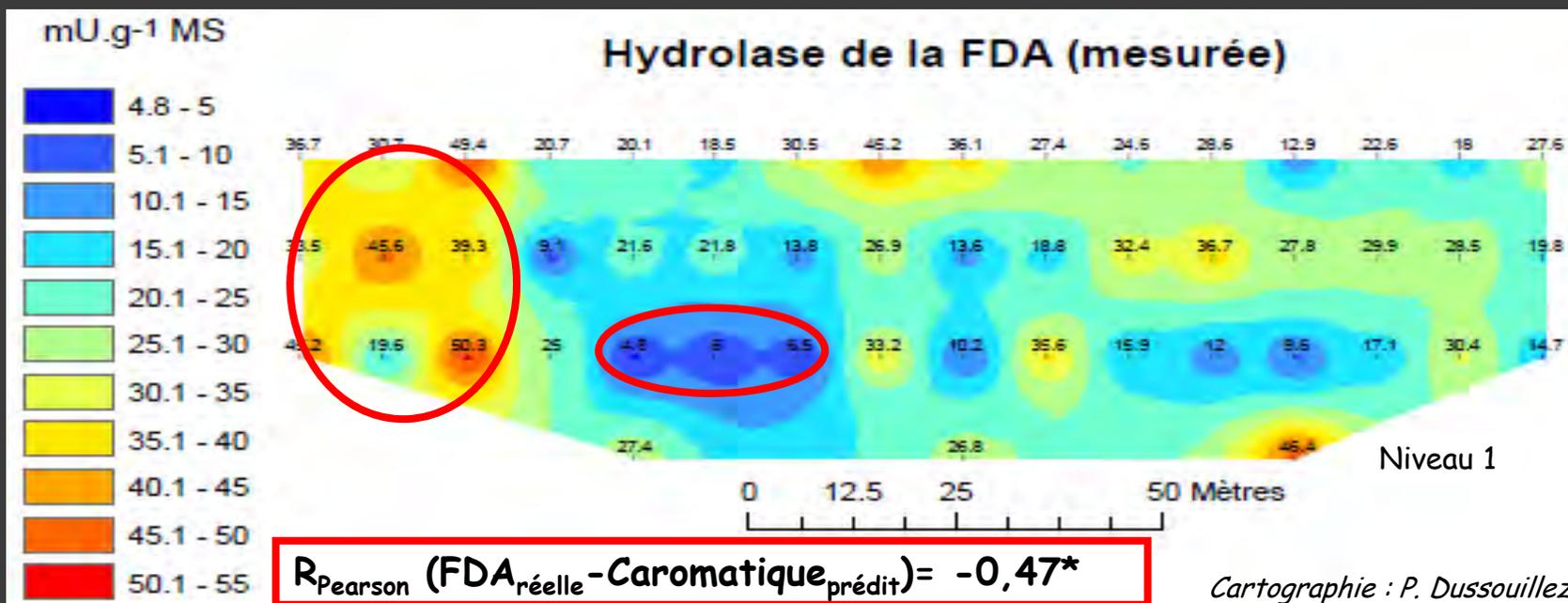
- ❖ Echantillons composites (19): analyses RMN; SPIR; modèles PLS
- ❖ Echantillons individuels (57): SPIR; FDA; spatialisation



Niveau 4

Niveau 3

Niveau 2



Niveau 4

Niveau 3

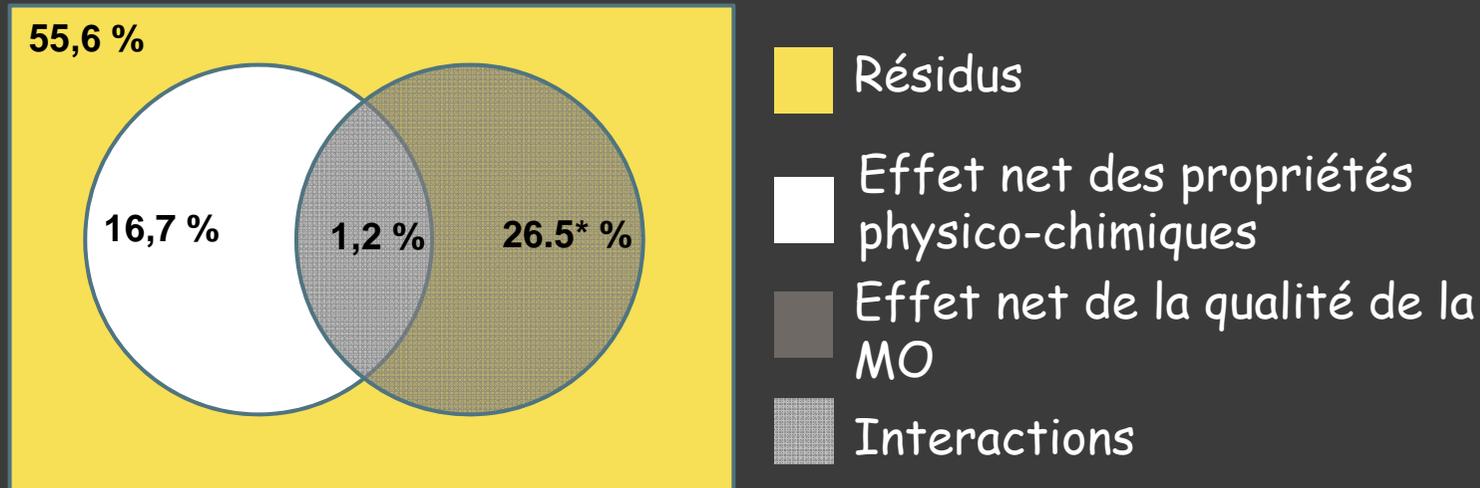
Niveau 2

⇒ Effet négatif de l'enrichissement en C-Aro sur l'activité FDA du terril

Contexte	Sites d'étude	Matériels et méthodes
Résultats	Conclusions	Perspectives

❖ Et sur les autres variables microbiennes??

Décomposition de la variance : Diagramme de Venn



- ❖ Effet significatif et majoritaire de la qualité de la MOS
- ❖ Effet le plus souvent négatif sur l'expression des fonctions microbiennes
- ❖ Ex: RLM Arylamidase (protéase)

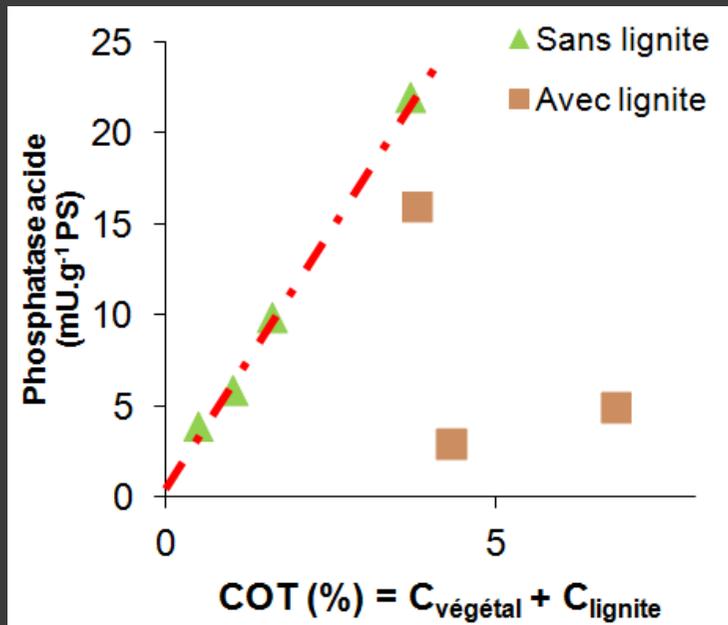
β -coefficient

	C phénoliques	C Carboxyles	Index aromatique	R ² ajusté	R ² ajusté Physico-chim
Arylamidase	-1,14***	1,12**	-0,44**	0,86***	0,13 ^{ns}

Contexte	Sites d'étude	Matériels et méthodes
Résultats	Conclusions	Perspectives

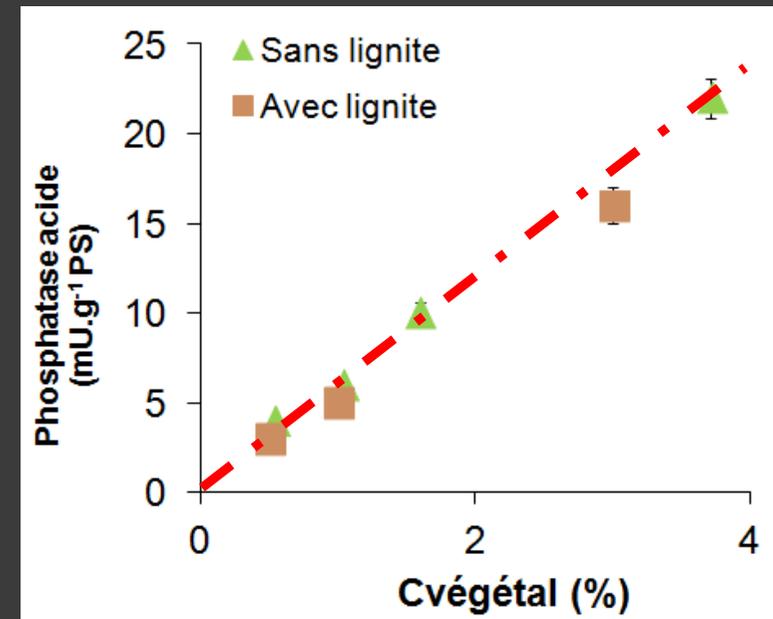
❖ Origine de l'effet négatif de la présence de lignite sur les activités microbiennes

↳ Physiologique ?



$\Delta^{14}\text{C}$
Quantification
du
 $\text{C}_{\text{lignite}}$

↳ Dilution du COT par un C inerte ?

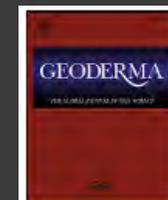


↳ Effet « masquant » du lignite sur le lien fonctionnel entre COT & activité enzymatique

↳ Lignite semble être un matériau inerte

Impact of lignite on pedogenetic processes and microbial functions in Mediterranean soils (2014)

M. Clouard ^{a,b,c}, S. Criquet ^b, D. Borschneck ^c, F. Ziarelli ^d, F. Marzaioli ^e, J. Balesdent ^f, C. Keller ^{c,*}



Contexte

Sites d'étude

Matériels et méthodes

Résultats

Conclusions

Perspectives

Influence de doses croissantes en lignite sur les fonctions microbiennes et la croissance végétale:

une étude en mésocosmes



Enrichissement des sols témoins « Armand » avec des doses croissantes en lignite

4 modalités:

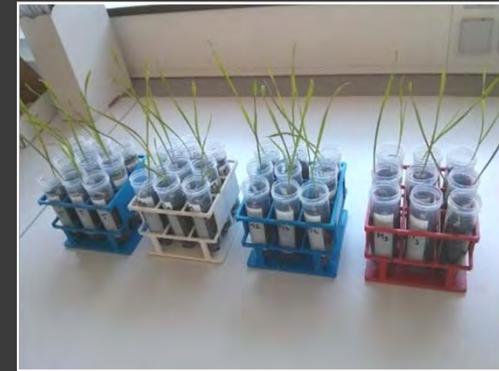
- Témoin (T) : **100g** de COT Kg⁻¹ sol
- ⇒ Apport de lignite (Hély d'Oissel)
- Modalité 1 (M1) : COT à **150 g.Kg⁻¹** de sol
- Modalité 2 (M2) : COT à **200 g.Kg⁻¹** de sol
- Modalité 3 (M3) : COT à **250g.Kg⁻¹** de sol

Maturation
1mois
15°C

40 mésocosmes plantés avec du blé (4 modalités*10 répétitions)

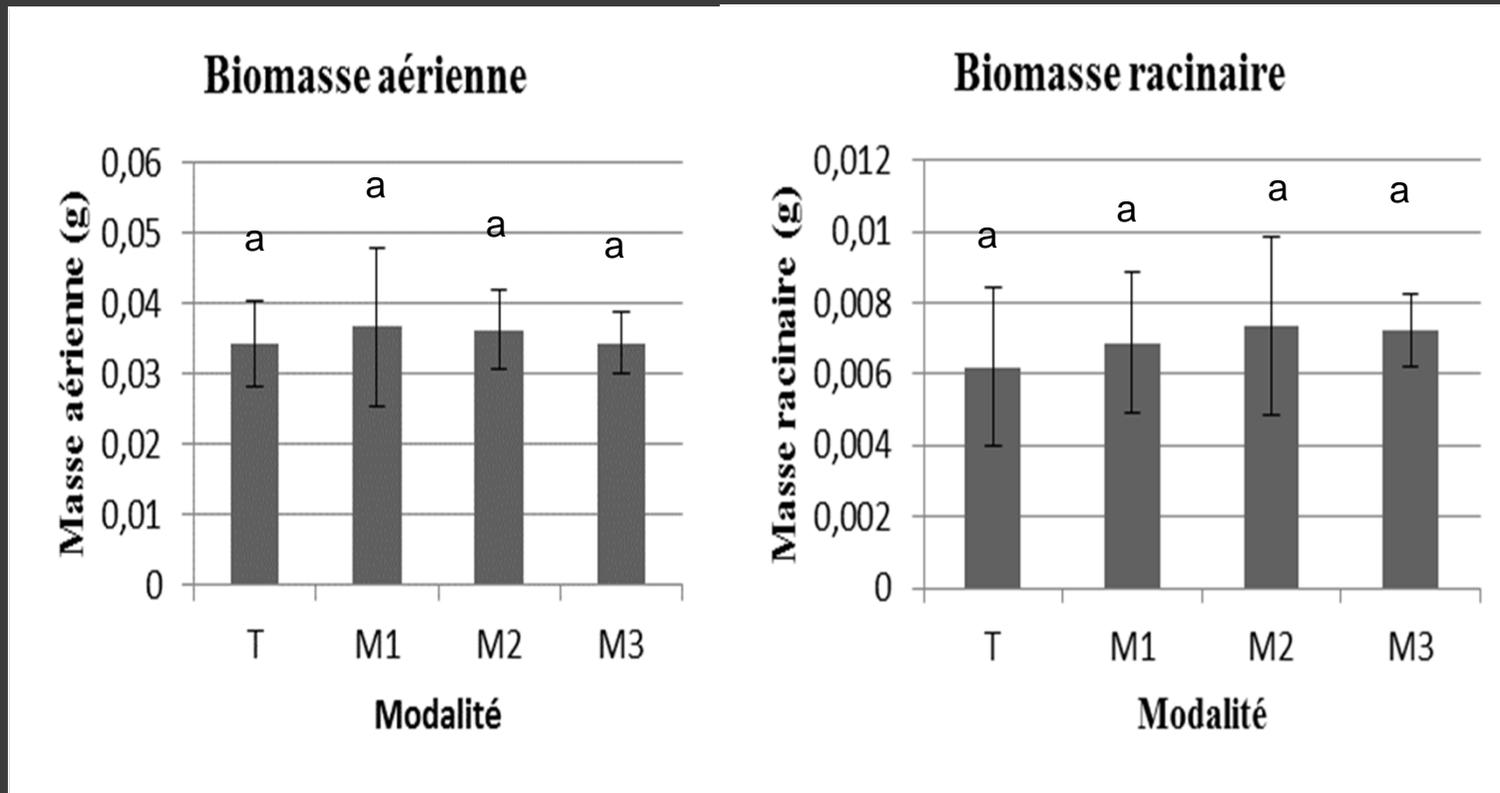
20 mésocosmes non plantés (4 modalités * 5 répétitions).

37 j de croissance



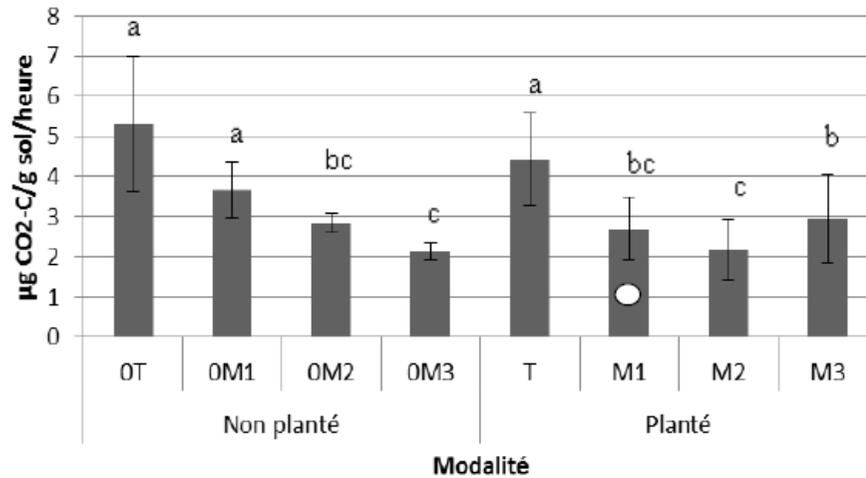
Contexte	Sites d'étude	Matériels et méthodes
Résultats	Conclusions	Perspectives

Quelques résultats

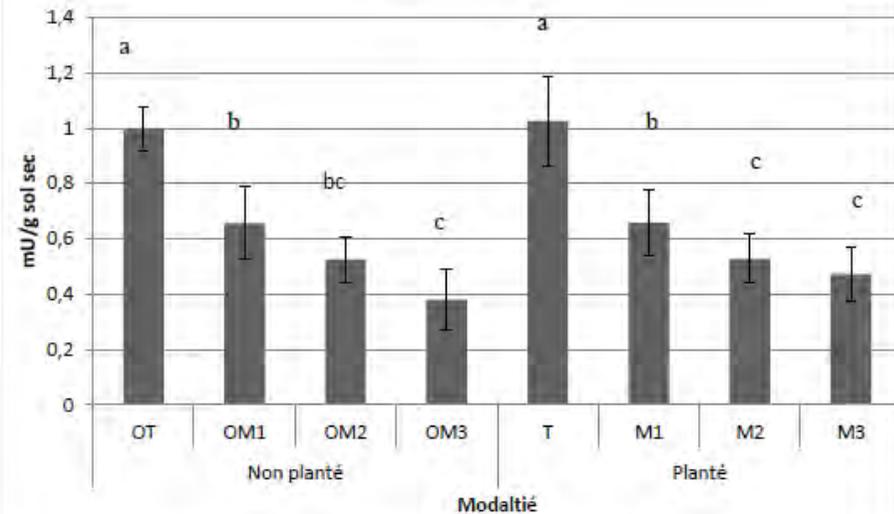


⇒ Aucun effet du lignite sur la croissance du blé

Respiration basale



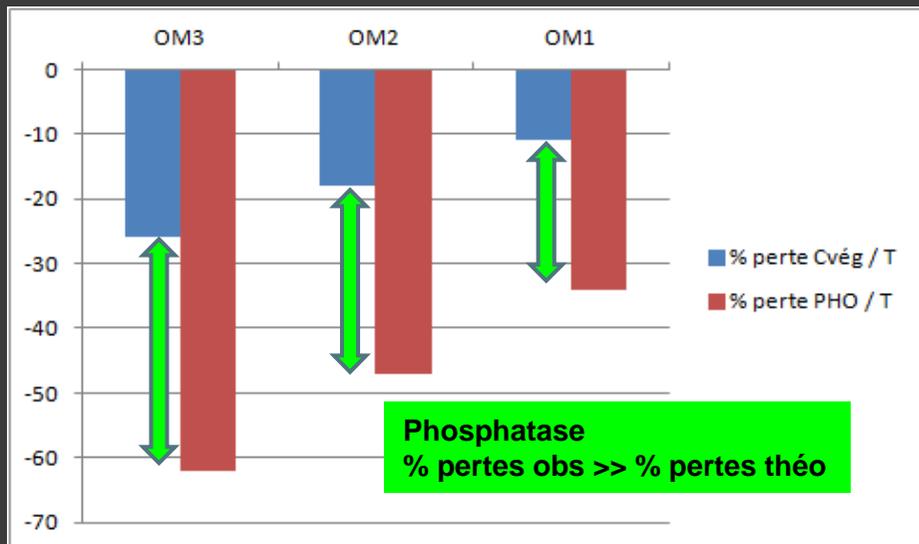
Phosphatase



- ❖ Effet négatif du lignite
- ❖ Effet négatif uniquement par dilution ?

↳ Pas si évident...

Pas de proportionnalité entre la dilution du Cvég et les activités enzymatiques



Contexte

Sites d'étude

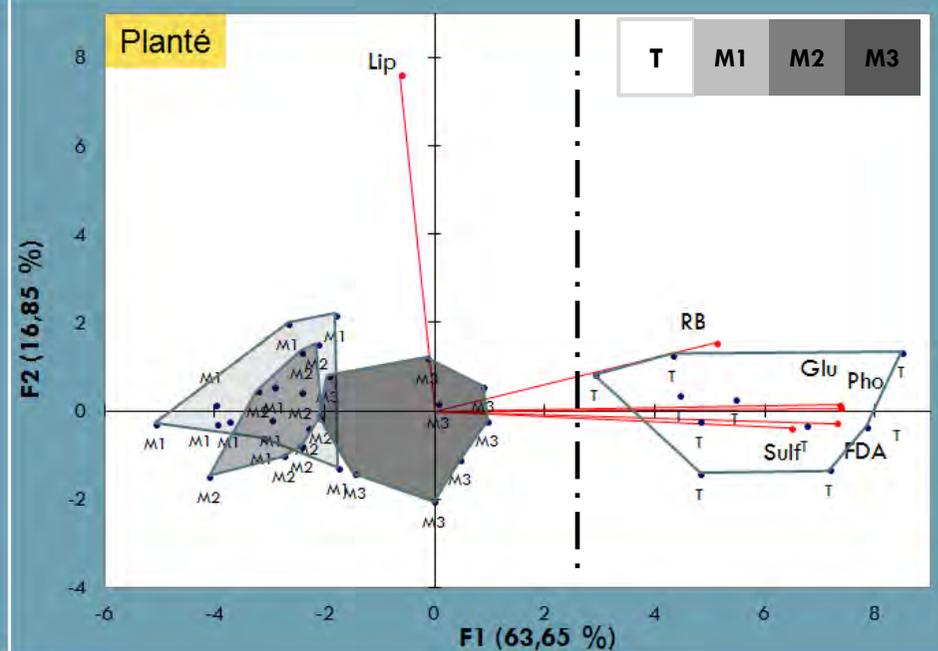
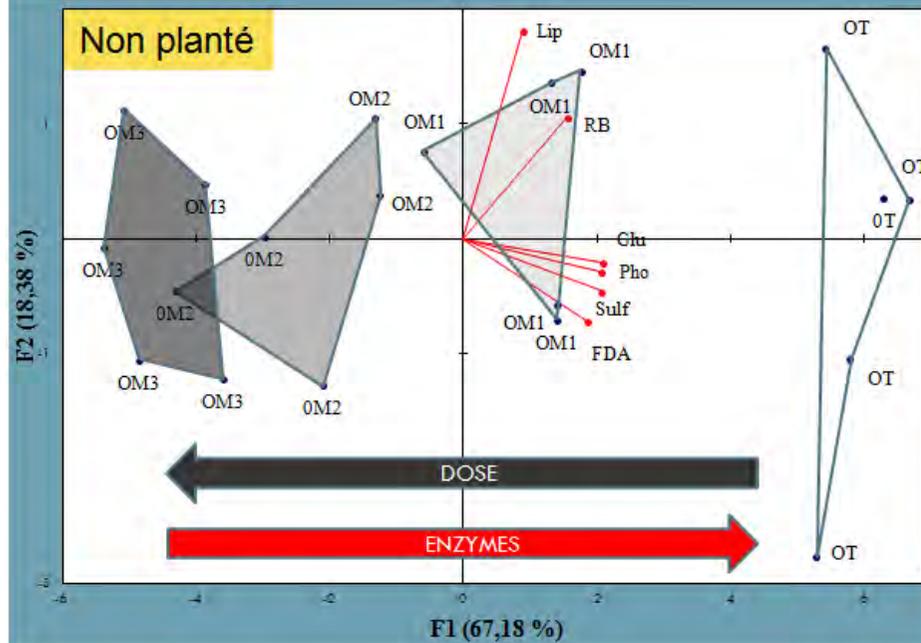
Matériels et méthodes

Résultats

Conclusions

Perspectives

❖ Approche multivariée



❖ Effet négatif du lignite:

↳ Adsorption des nutriments, des enzymes?

❖ Effet dose

❖ Effet négatif du lignite

❖ Pas d'effet dose

❖ Effet rhizosphère atténué l'effet dose ?

Contexte	Sites d'étude	Matériels et méthodes
Résultats	Conclusions	Perspectives

❖ $\Delta^{14}\text{C}$: seule méthode permettant de quantifier exactement le lignite

⇒ Méthode très coûteuse pour une utilisation en routine

❖ RMN + SPIR : bon compromis pour spatialiser la qualité du C et l'enrichissement en Aro-C (lignite)

⇒ Nécessité de modèles plus robustes + bases données élargies

❖ Lignite: substrat inerte ou labile ?

⇒ Nécessité d'approfondir:

- ses capacités d'adsorption et d'inhibition des fonctions microbiennes
- son potentiel de dégradation par les microorganismes
- les relations fonctionnelles lignite/rhizosphère/microorganismes

↳ Espèces végétales plus représentatives des terrils

↳ Sur des temps plus longs

MERCI DE VOTRE ATTENTION

