

ASSISES NATIONALES DES BIOCHARS

29 Mars 2023, Rennes



ASSISES NATIONALES DES BIOCHARS

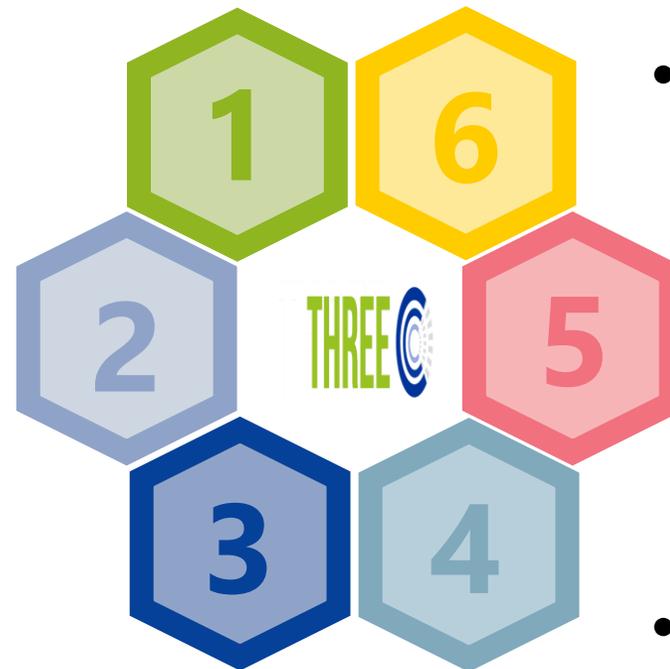
Atelier n°4 : Quels intérêts et conditions d'usages
en agriculture ?

Animé par Clémence MONOT, chargée de mission Vegepolys Valley



PROGRAMME

- D. MORABITO, univ Orléans



- M. TRAGIN, Astredhor

- M. MOREIRA, CRAB

- D. HOUBEN, Unilasalle

- **Utilisation de Biochars pour le Phytomanagement de sols impropres à la culture et pour diminuer notre empreinte Carbone**



Domenico Morabito





Utilisation de biochars pour le phytomanagement de sols impropres à la culture et pour diminuer notre empreinte carbone



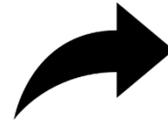
Environnement urbain : au 19^{ème} siècle



Le cas de la ville de Widnes au Royaume Uni montre un bon exemple d'implantations industrielles en milieu urbain
Le document a été fourni par Airparif



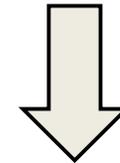
Depuis la révolution industrielle
Activités d'extractions et de transformations



Sources de pollutions (AIR, EAU, SOLS)

CONSEQUENCES

Pollution des zones à proximité des sites industriels
Elévation des températures



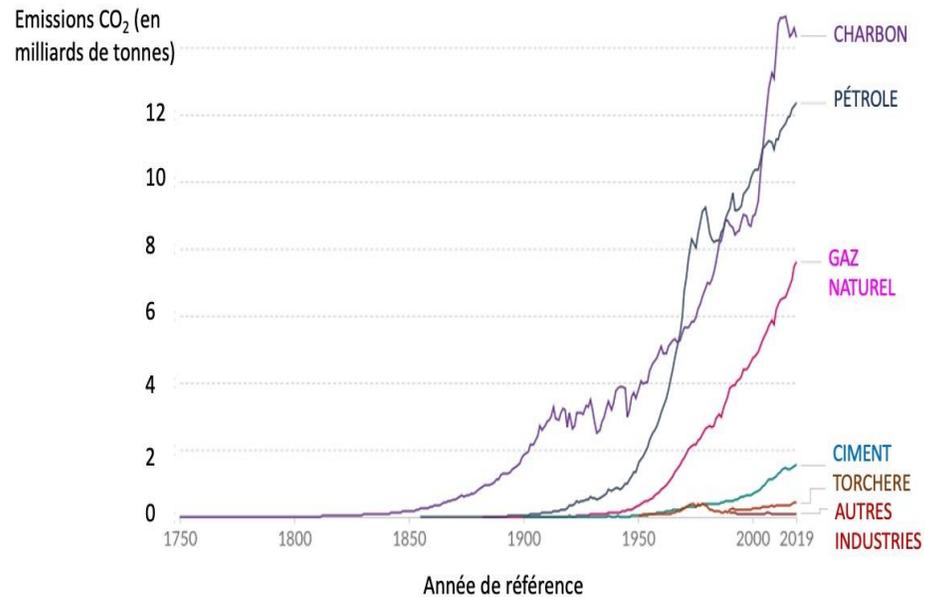
PROBLEMES Environnementaux et de Santé

**MISE EN ŒUVRE DE
TECHNIQUES DE
REMEDATION**

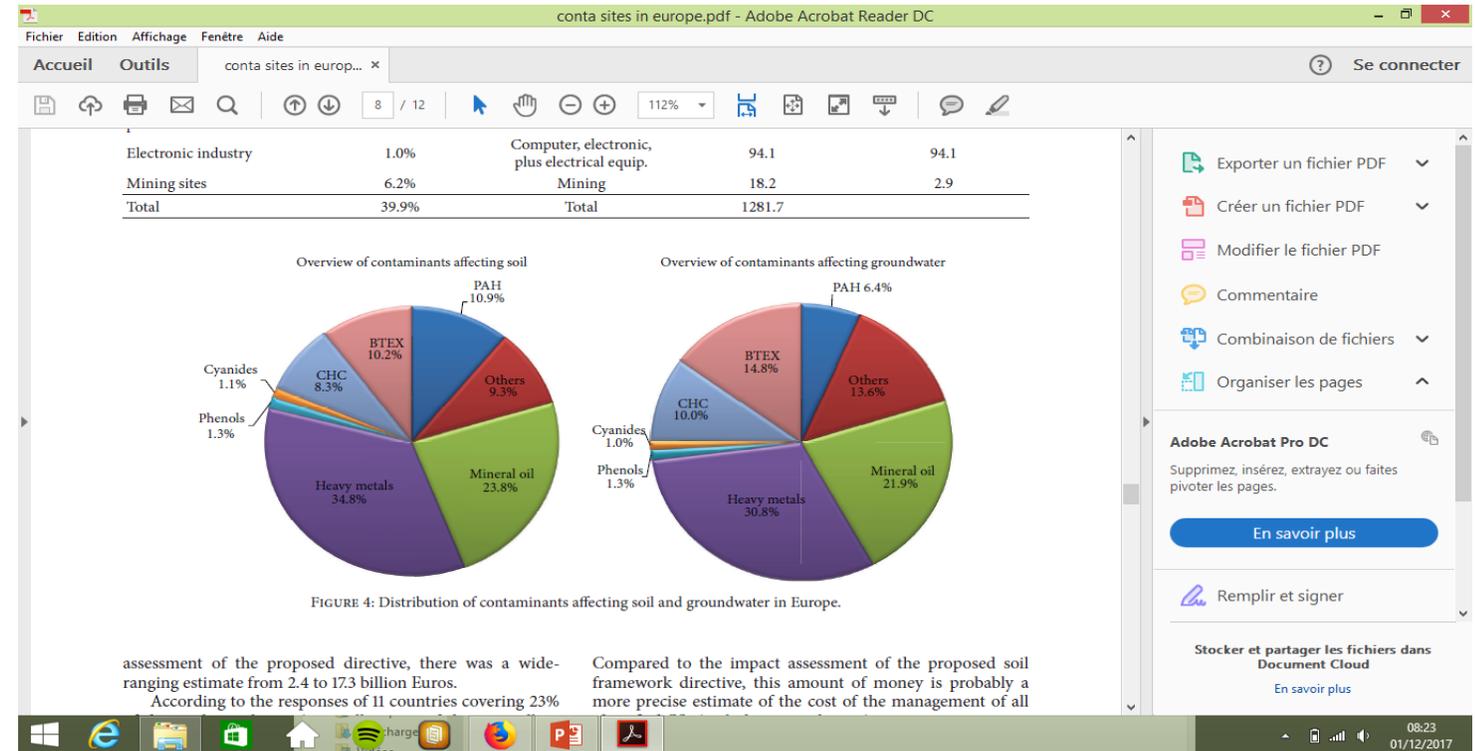


Utilisation de biochars pour le phytomanagement de sols impropres à la culture et pour diminuer notre empreinte carbone

Emissions de dioxyde de carbone



Principaux polluants en Europe, sols et nappes phréatiques

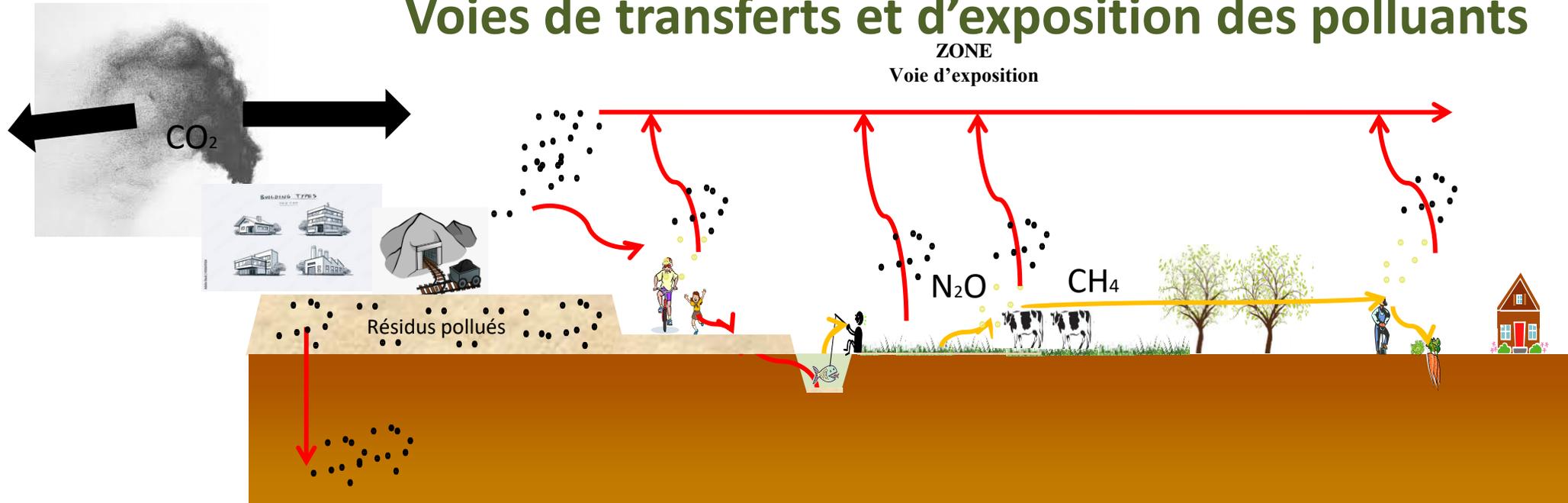


PAH : Hydrocarbure Aromatiques Polycyclique

BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes

Utilisation de biochars pour le phytomanagement de sols impropres à la culture et pour diminuer notre empreinte carbone

Voies de transferts et d'exposition des polluants



Sources : concentration en métaux et métalloïdes



Vecteurs : transfert direct de substances (aérosols, sols, végétaux)



Vecteurs : transfert indirect de substances (végétaux, viandes ...)



Cibles: biosphère

Comment limiter le transfert des métaux et métalloïdes vers les cibles potentielles ?



Utilisation de biochars pour le phytomanagement de sols impropres à la culture et pour diminuer notre empreinte carbone

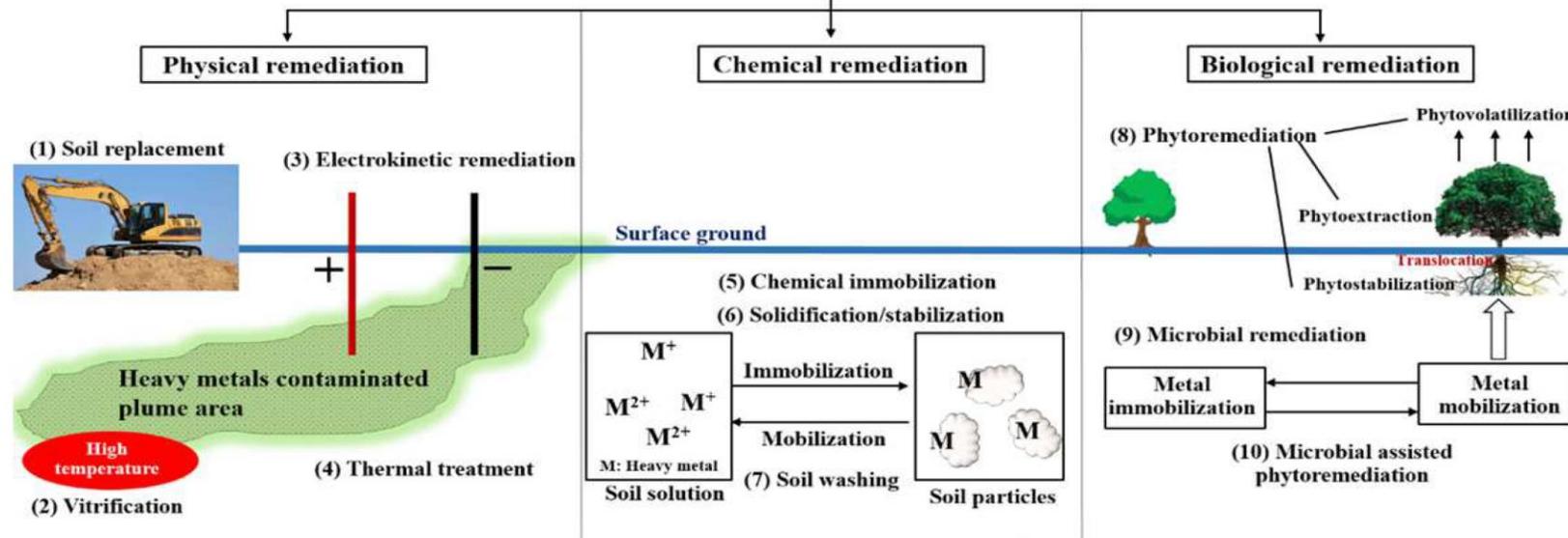
Comment réduire l'impact des sols pollués sur l'environnement ?

Traitements physico-chimiques

Traitements biologiques

Remediation technologies used for soil contaminated with heavy metals/metalloids at the field scale

Solutions fondées sur la nature



Gong et al. 2018

- ✓ Sol impropre à la végétation
- ✓ Couteux



- ✓ Respect de l'environnement
- ✓ Accepté par la population
- ✓ Coût moindre



Utilisation de biochars pour le phytomanagement de sols impropres à la culture et pour diminuer notre empreinte carbone

Sites pollués

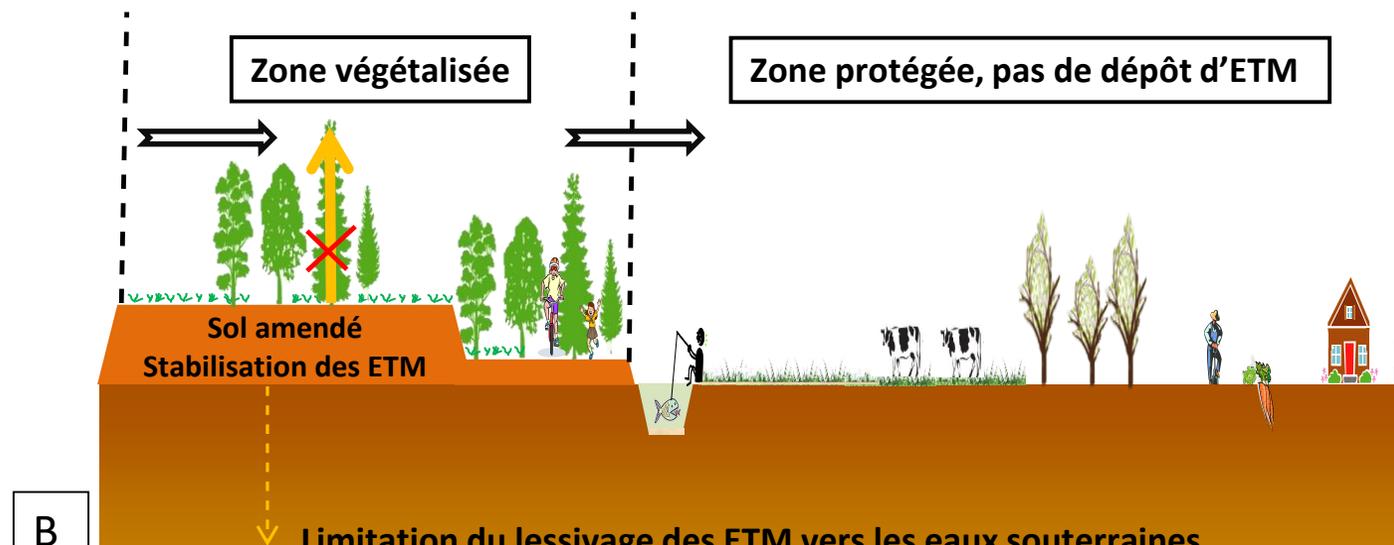
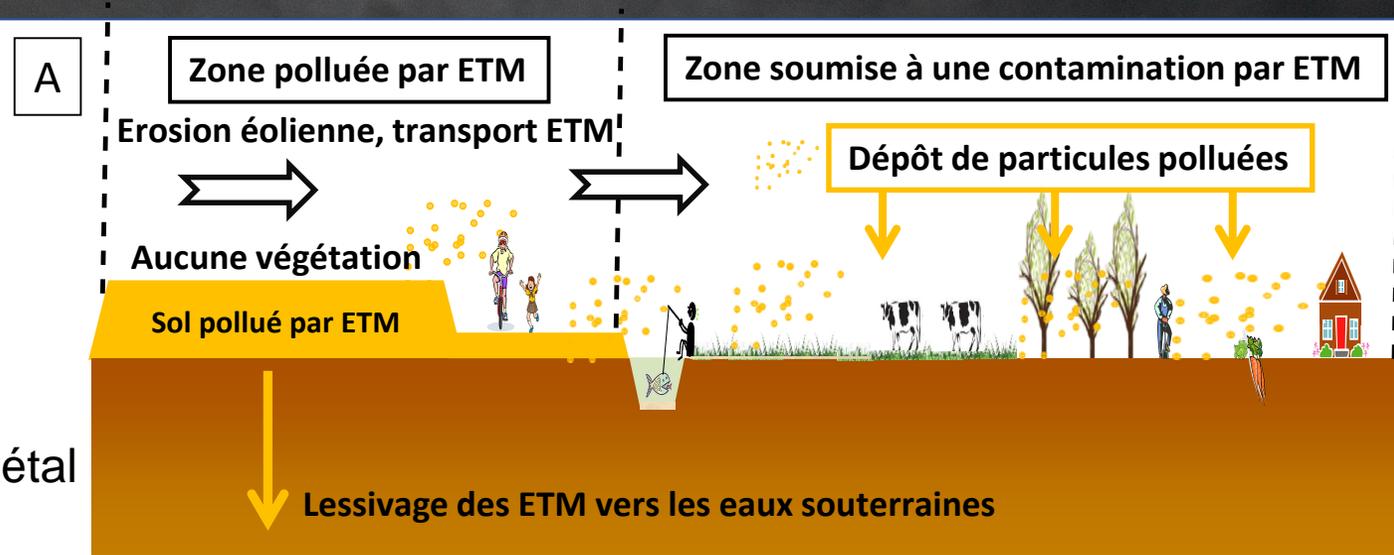
Sols peu fertiles
[ETM] 
Risque pollution

→ Mettre en place un couvert végétal
Réduction des risques
d'érosion et de lessivage
et protéger la zone environnante

Phytostabilisation assistée



- Amendements = Biochars
- Espèces tolérantes ETM non accumulatrices



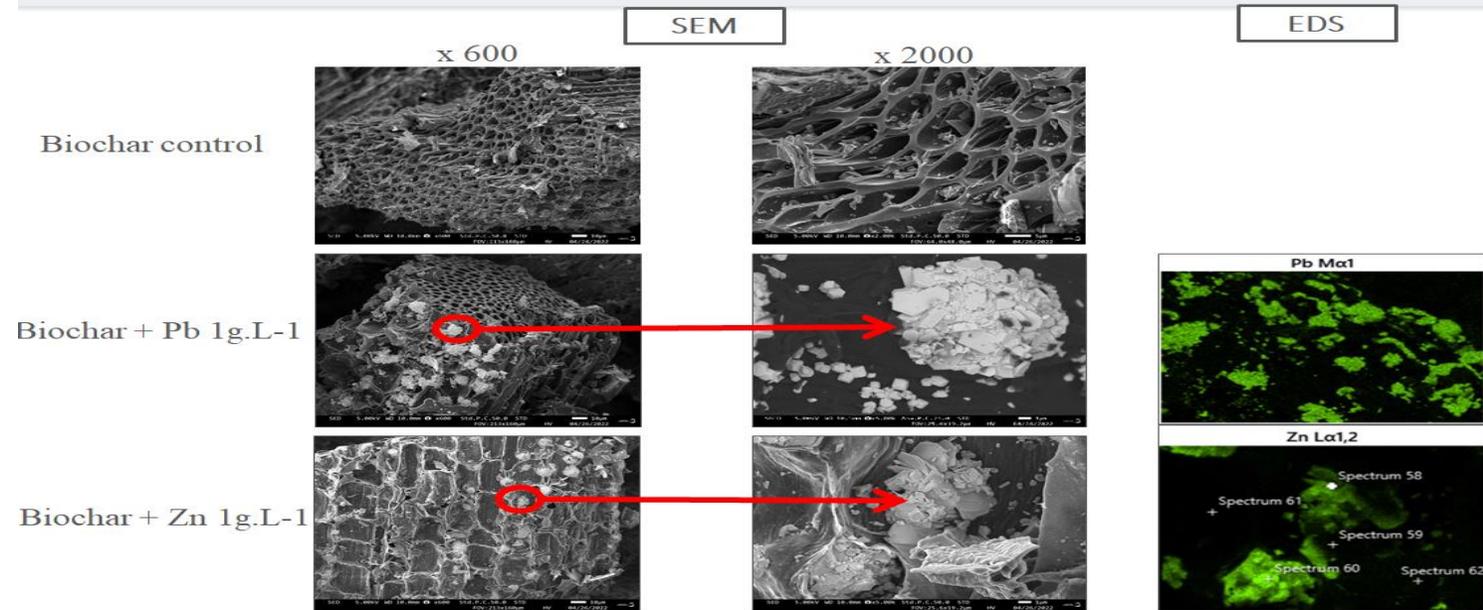


Utilisation de biochars pour le phytomanagement de sols impropres à la culture et pour diminuer notre empreinte carbone

Principales propriétés :

- Forte CEC
- pH basique
- Forte capacité de rétention en eau
- Faible densité
- Forte surface spécifique
- Capacité de stabilisation des ETM
- Favorise le développement de microorganismes
- Teneur élevée en carbone

Pourquoi utiliser du biochar ?



Caractéristiques : biomasse utilisée et du processus de pyrolyse (température, humidité résiduelle, temps...)



Caractérisation des biochars

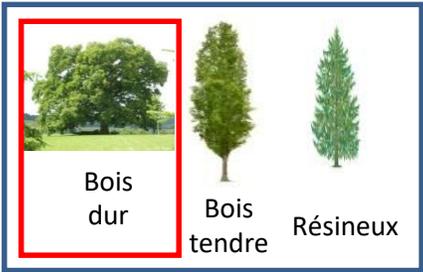


Utilisation de biochars pour le phytomanagement de sols impropres à la culture et pour diminuer notre empreinte carbone

Utilisation de biochars en phytostabilisation : (25g Pb/kg et 2,5g As/kg)



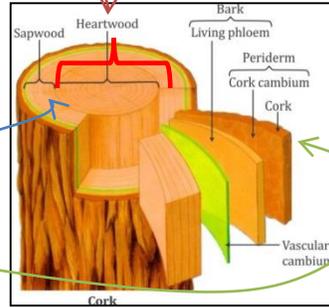
❖ Matière première



2% et 5%

❖ Tissus

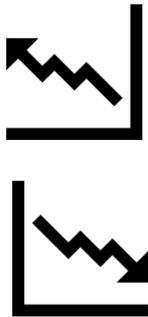
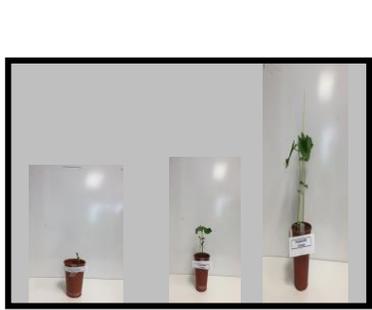
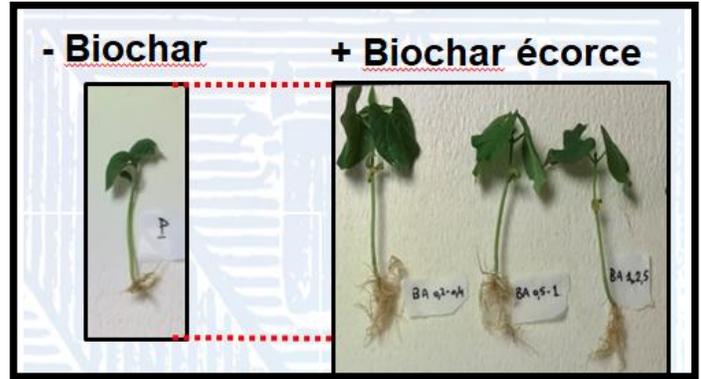
Duramen
Aubier
Ecorce



❖ Granulométrie

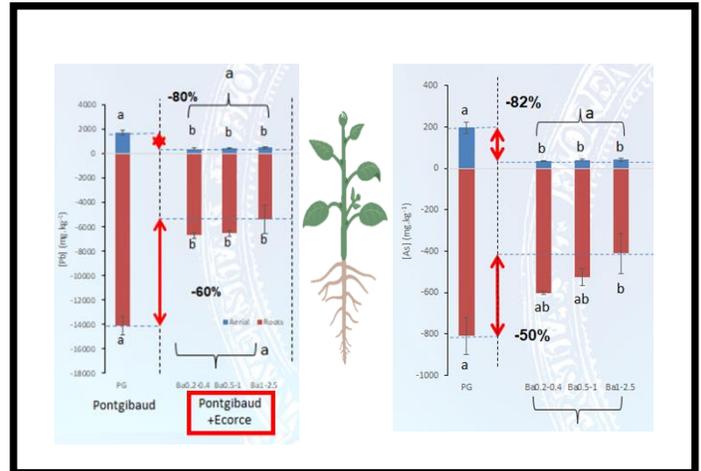
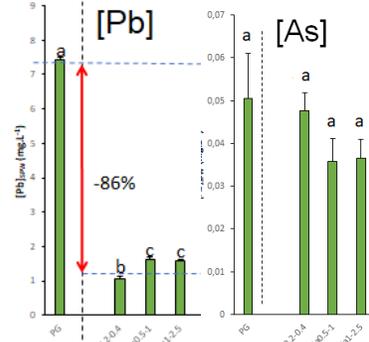
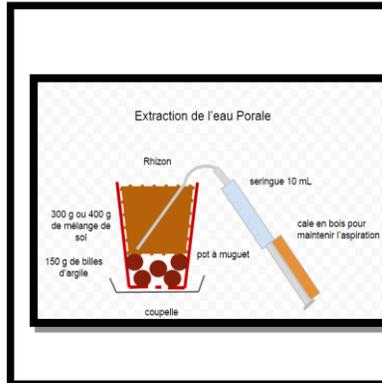


0,2 - 0,4 mm
0,5 - 1 mm
1 - 2,5 mm



Fertilité du sol

[Pb]





Utilisation de biochars pour le phytomanagement de sols impropres à la culture et pour diminuer notre empreinte carbone



Bloc N°1 biochar 2%



Bloc N°2 compost 5%



Bloc N°4 biochar 2% + compost 5%+ sulfate de fer 0,15%



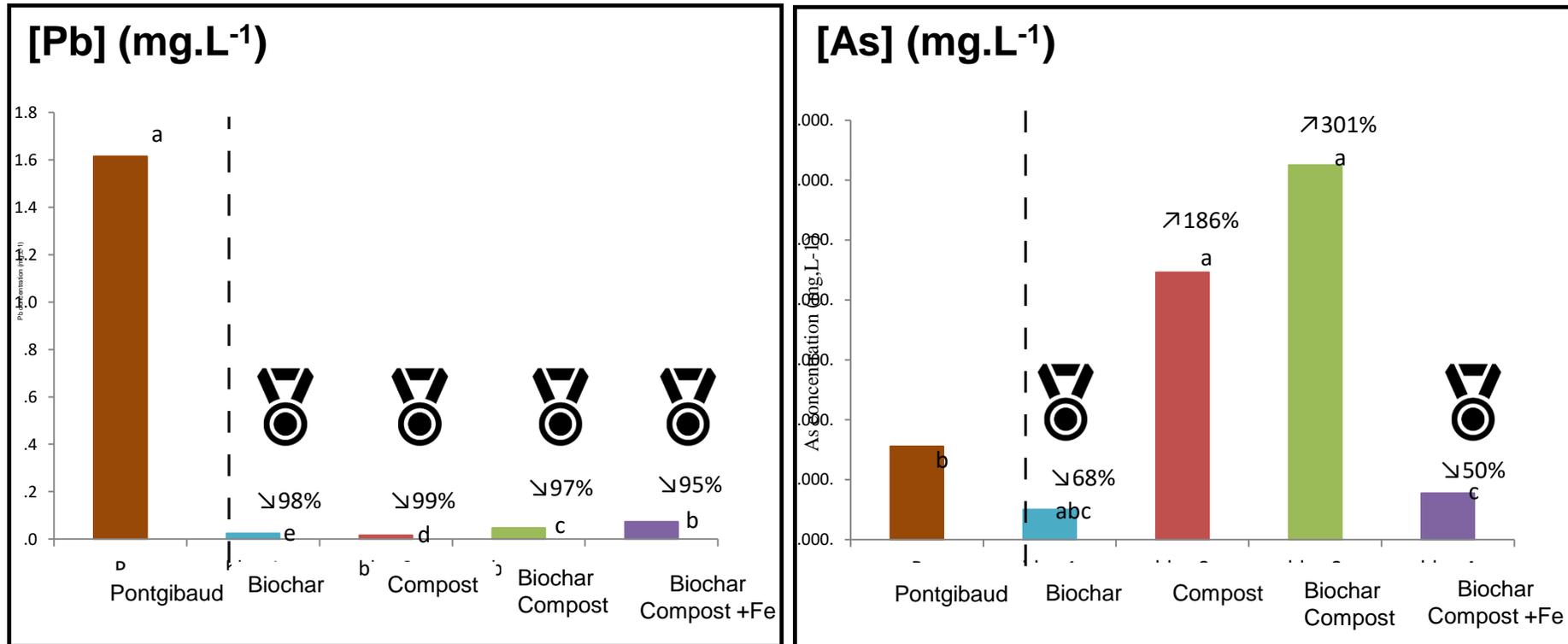
Bloc N°3 biochar 2% + compost 5%





Utilisation de biochars pour le phytomanagement de sols impropres à la culture et pour diminuer notre empreinte carbone

[Pb] et [As] dans les eaux porales





Utilisation de biochars pour le phytomanagement de sols impropres à la culture et pour diminuer notre empreinte carbone

Evolution de la végétation de la parcelle expérimentale



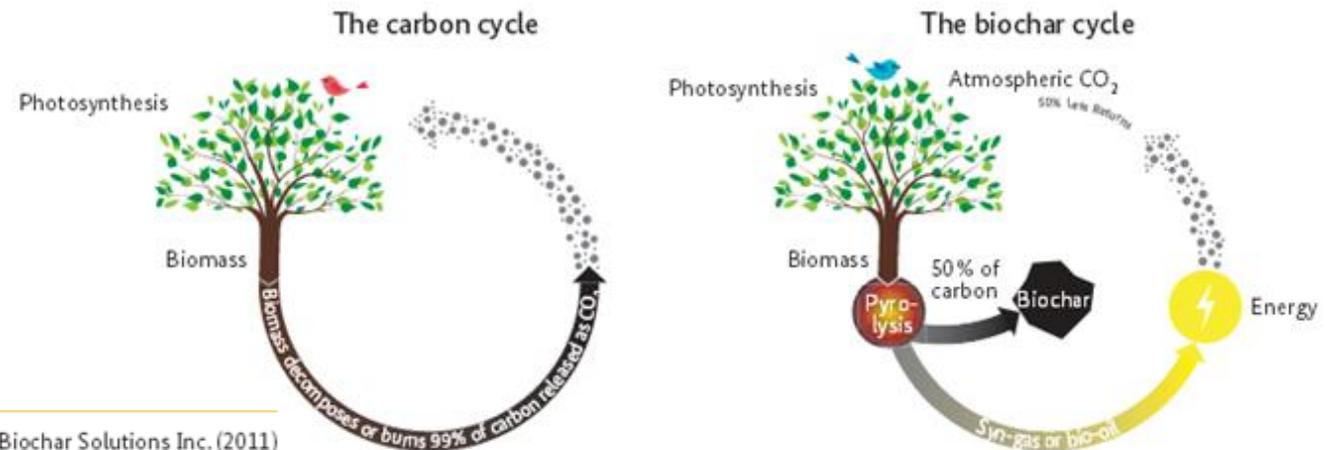
Mise en place de 4 espèces de saule



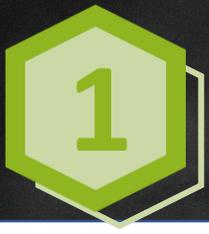
1

Utilisation de biochars pour le phytomanagement de sols impropres à la culture et pour diminuer notre empreinte carbone

- ➔ Biochar de bois dur diminue [Pb] dans les eaux porales pas toujours vrai pour [As]
- ➔ L'écorce de bois dur produit le biochar le plus efficace
- ➔ [As] et [Pb] sont réduites dans les PA et racines de plants cultivés sur sol amendé biochar
- ➔ Sur site pilote Biochar seul non efficace pour permettre croissance de plants de saule (compost)
- ➔ *Salix triandra* efficace pour stratégie de phytomanagement
- ➔ Plomb est immobilisé sur biochar
- ➔ Enfouissement carbone dans le sol



Source: adapted from Wilson (2013), based on Biochar Solutions Inc. (2011)



Utilisation de biochars pour le phytomanagement de sols impropres à la culture et pour diminuer notre empreinte carbone

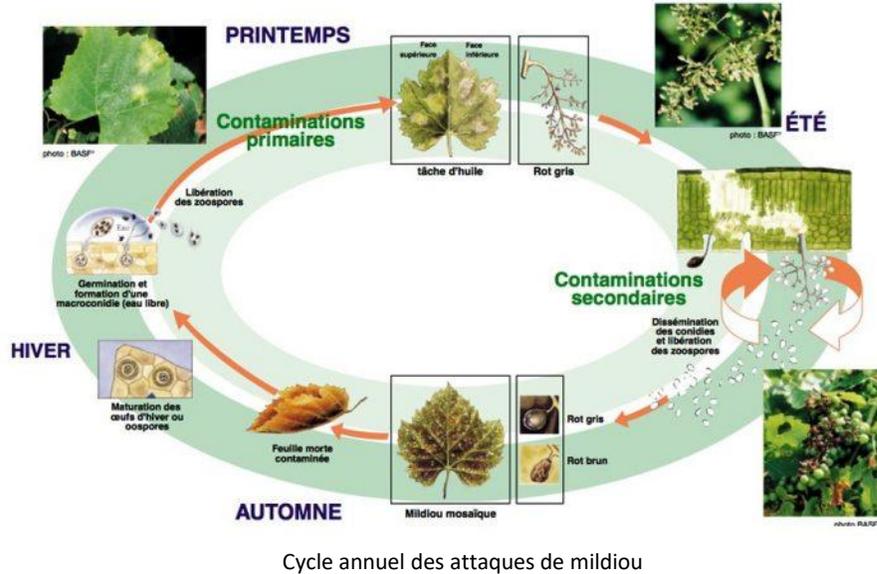
Vient de commencer

« Réduire les effets du cuivre en viticulture par l'utilisation de coproduits biocarbonés pyrolysés »

Utilisation de biochars pour le phytomanagement de sols impropres à la culture et pour diminuer notre empreinte carbone

Le mildiou

Une des principales maladies de la vigne



Problématique

Le cuivre une solution répandue en viticulture (bouillie Bordelaise)

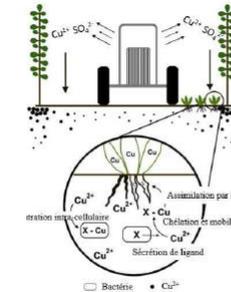


Schéma des mécanismes d'assimilation par la plante (adapté de Mackie et al., 2012).

Un risque pour la plante et l'environnement
Cu = métal lourd, non biodégradable
S'accumule dans les premiers cm du sol

Mise en danger de la vie du sol,
Réduction des services écosystémiques rendus
Toxique pour le milieu aquatique

Baisse de la production
et qualité des vins



Bassins versants



Utilisation de biochars pour le phytomanagement de sols impropres à la culture et pour diminuer notre empreinte carbone

Utiliser les coproduits biocarbonés obtenus lors de la pyrolyse de biomasses vitivinicoles



Biomasses vitivinicoles

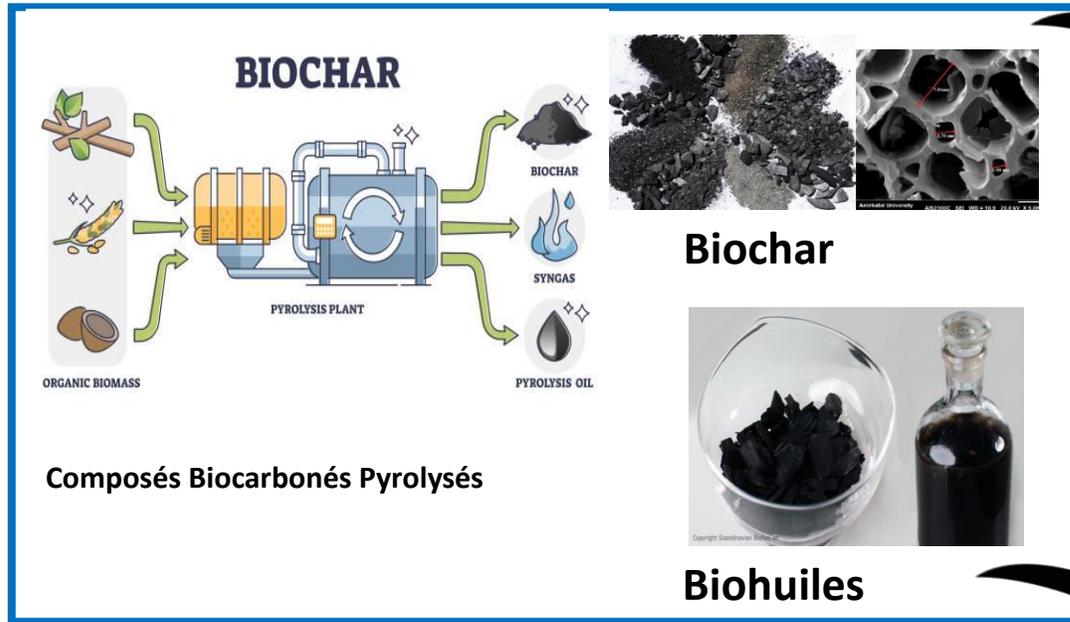
Sarments



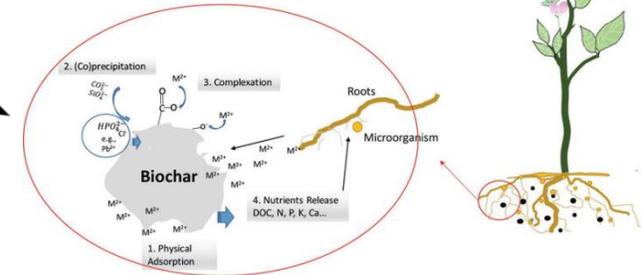
Marc de raisin



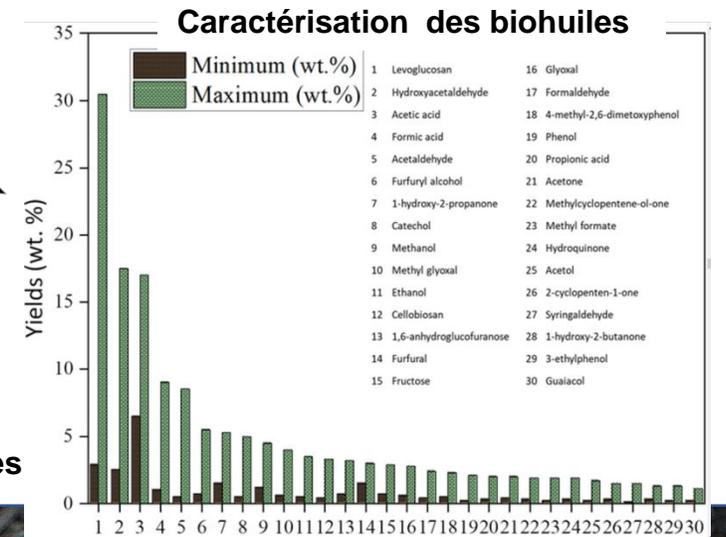
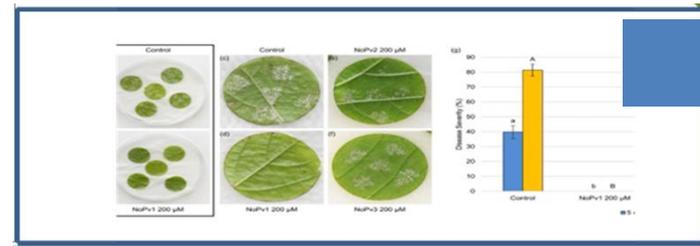
Pépins



Réduction de la biodisponibilité des métaux



- Lebrun M. et al (2022). *Chemosphere*
- Nandillon R. et al (2022). *Environ Geochem Health*
- Palmeggiani G. et al (2021) *Environments*
- Lebrun M. et al (2021) *Plants*
- Lebrun M. et al (2021) *Science of the Total Environment*





Utilisation de biochars pour le phytomanagement de sols impropres à la culture et pour diminuer notre empreinte carbone



REVIVIFI

Réduire l'utilisation et les effets du cuivre dans la filière vitivinicole

Porteur : Domenico Morabito

Partenaires académiques



Partenaires non académiques



Soutiens



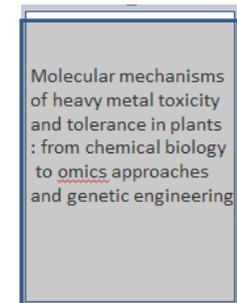
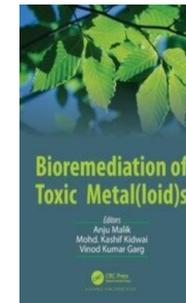
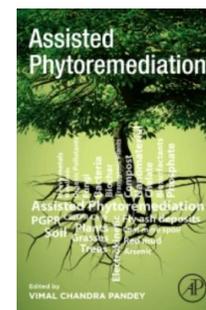
Autres collaborations





Utilisation de biochars pour le phytomanagement de sols impropres à la culture et pour diminuer notre empreinte carbone

(2015-2022)





Intérêts agronomiques du biochar issu de la pyrolyse lente de fumier de volaille

- *M.Moreira, S. Roffi (CRAB), P.B.Blanchart, M.Preud'Homme (CA80), C.Munier (CRAGE), N.Thevenin (RITTMO agroenvironnement)*



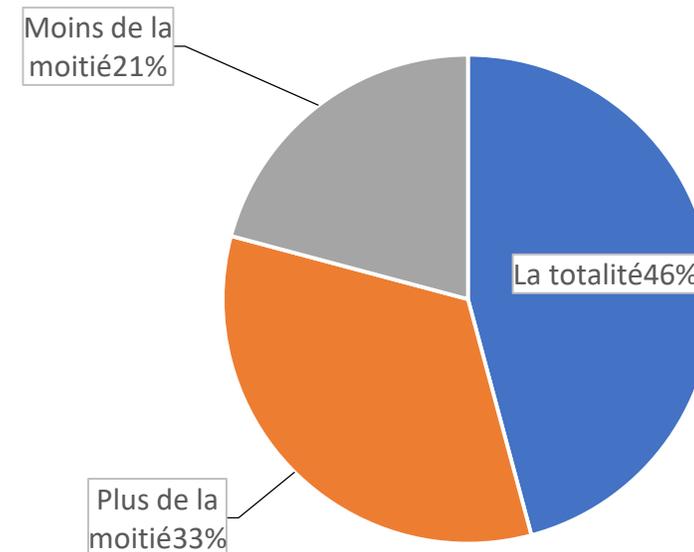
The project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 862849.



Gestion du fumier de volaille en Bretagne

- 370 t par exploitation/an en moyenne
- Gestion des fumiers*
 - Stockage au champ (2/3)
 - Stockage en fumière (1/3)

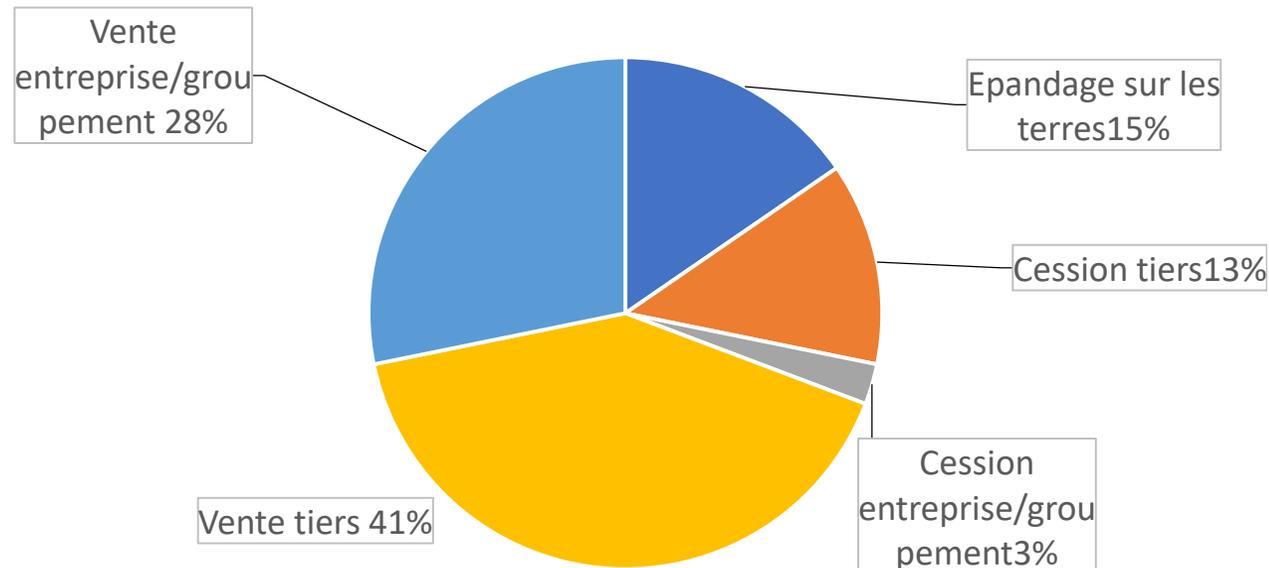
Proportion de fumier stocké variable



*Enquête à 39 éleveurs de poulet/dinde de chair standard - CRAB (2020)

Gestion du fumier de volaille en Bretagne

- Devenir des fumiers: une majorité de transactions

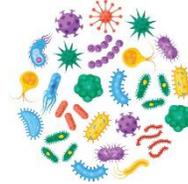


*Enquête à 39 éleveurs de poulet/dinde de chair standard - CRAB (2020)

Pyrolyse du fumier de volaille

- Intérêt sanitaire

- Hygiénisation - Elimination de pathogènes
 - ex. grippe aviaire



- Intérêt économique

- Diversifier l'activité:

- Production d'énergie
 - ex. récupération de la chaleur de pyrolyse pour chauffer les poulaillers, séchage des effluents
- Commercialisation du biochar
- Production fertilisant/amendement ☑ réduction de l'utilisation engrais



Pilote de pyrolyse

- Structure mobile
- Substrat : fumier de volaille
- Température: 700 °C
- Temps de séjour: 20 minutes (10 kg/h)



- 1 tonne fumier → 266 kg biochar

Composition du biochar

Composition agronomique % de produit brut

Paramètre	Fumier de volaille	Biochar
MS	81.6	98.4
MO	69.0	68.8
C total	36.1	55.7
C org	34.5	34.4
N total	3.04	2.55
N org	2.64	2.64
N-NH4	0.32	<
N urea	0.01	<
N NO3	<	<
K2O	2.79	9.12
P2O5	2.37	5.68
CaO	1.98	4.94
MgO	0.90	2.74
SO3	1.14	1.82
Na2O	0.37	2.00

Éléments traces mg/kg MS

Paramètre	Fumier de volaille	Biochar
As	<	<
Cd	0.27	0.19
Cr	6.43	20.22
Cr VI	<	<
Cu	55.02	156.23
Hg	<	<
Ni	7.28	67.54
Pb	<	<
Se	0.57	n.a.
Zn	392.6	871.6
Fe	0.89	2.02
Cl-	8431.46	22051.91

Seuil Ni = 50 mg/kg

Seuil Zn = 800 mg/kg

< : valeur inférieure au seuil de détection du laboratoire d'analyse
n.a.: paramètre non analysé

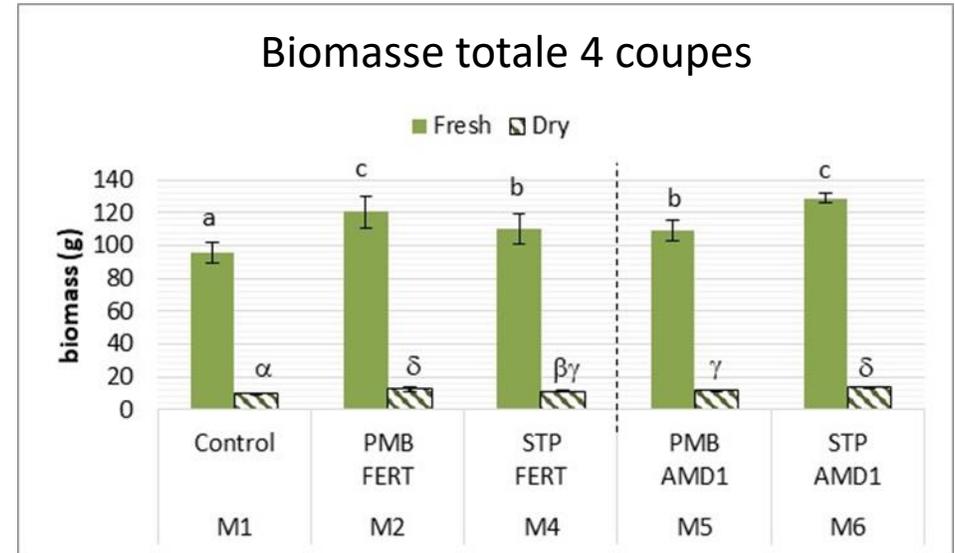
Effet fertilisant : biodisponibilité du phosphore à court-terme

- Essais à différents échelles
 - a) Pots en conditions contrôlées
 - b) Pots en plein air
 - c) Au champ
- Paramètres mesurées
 - ✓ Biomasse fraîche et sèche
 - ✓ Exportation phosphore par les cultures
 - ✓ Coefficient apparent d'utilisation du phosphore

$$CAU P_{fertilisant} = \left(\frac{P_{exporté_{fertilisant}} - P_{exporté_{control}}}{P_{total\ apporté_{fertilisant}}} \right)$$

a) Essai en pots « conditions contrôlées »

	Modalité - nom	Source P	Dose (kg/ha)	P ₂ O ₅ apporté (kg P ₂ O ₅ /ha)
M1	Control non fertilisé	-	-	-
M2	PMB_FERT	Biochar	3945	200
M4	STP_FERT	Superphosphate triple	444	200
M5	PMB_AMD1	Biochar	8000	405
M6	STP_AMD1	Superphosphate triple	900	405

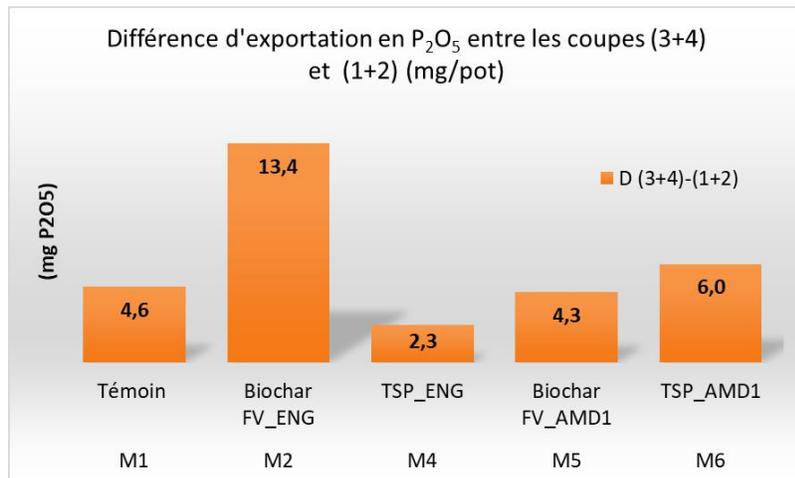
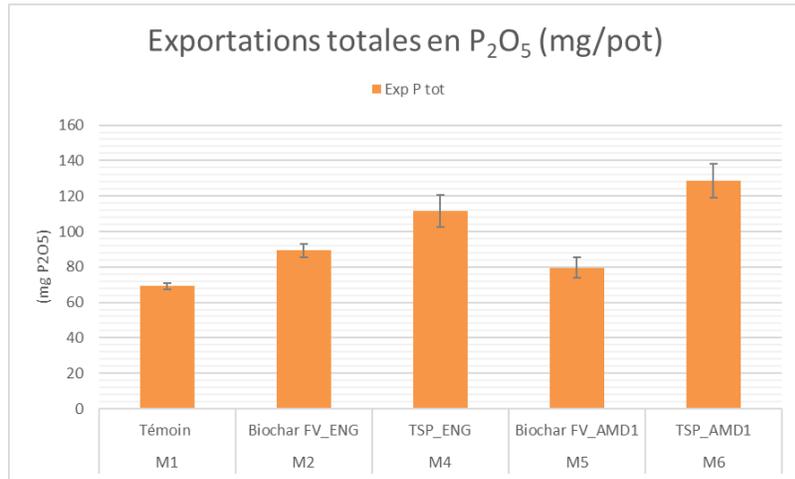


Pots 2.3 litres
 Raygrass italien
 Jour 14h 25°C. nuit 10h
 20°C; Humidité 70-80%
 14 semaines, 4 coupes

- **Apport “fertilisant” (200 kg P₂O₅/ha):** effet positif du biochar comparé au Control et au Superphosphate triple
- **Apport “amendant” (8 t/ha PB):** effet positif du biochar dans la production de biomasse comparé au Control mais inférieur à celui du Superphosphate triple

RITTMO (2022)

a) Essai en pots « conditions contrôlées »



- **Apport “fertilisant” (200 kg P₂O₅/ha):** moins de P exporté par la modalité biochar mais effet par coupe à prendre en compte
- **Apport “amendant” (8 t/ha PB):** moins de P exporté pour la modalité biochar
- **CAU P très faible**

Modalité	CAU (%)
PMB_FERT	1.5 b
STP_FERT	3.2 c
PMB_AMD1	0.4 a
STP_AMD1	2.2 a

b) Essai en pot « plein champ »

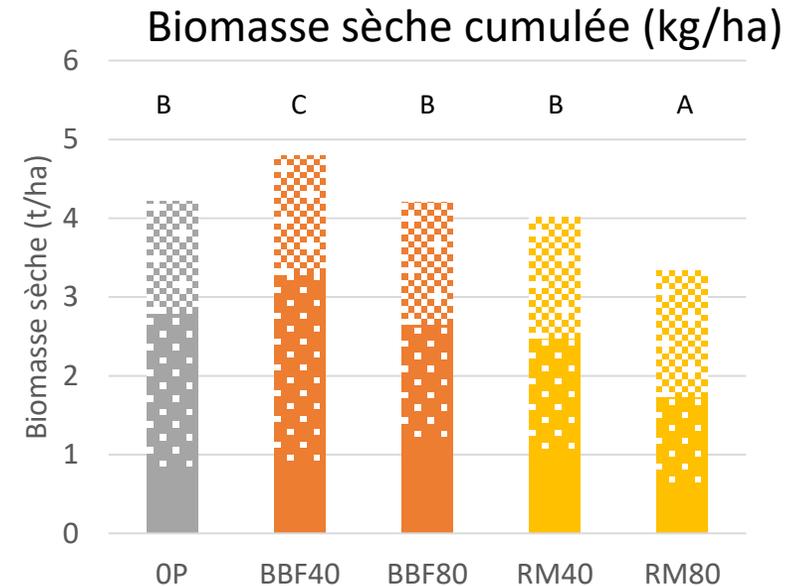
	Source P	Dose apportée (kg/ha)	Dose P ₂ O ₅ (kg/ha)
OP	-	-	0
BBF40	Biochar	750	40
BBF80	Biochar	1500	80
RM40	Fumier volaille	1500	40
RM80	Fumier volaille	3000	80



Bretagne (2021)

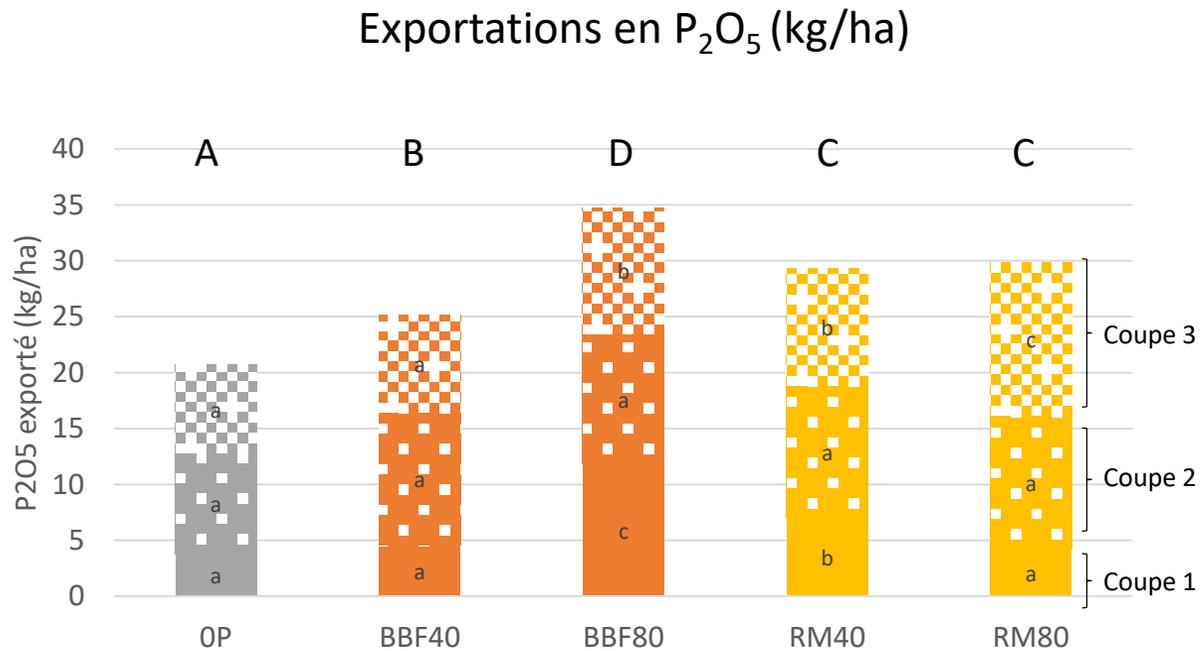


Pot 15 l
Ray-grass italien
plein air
Mai-Juillet 2021
68 jours, 3 coupes



- Biomasse sèche: supérieur pour la modalité biochar à 40 kg/ha P₂O₅ (BBF40)
- Faibles rendement RGI – azote limitant?

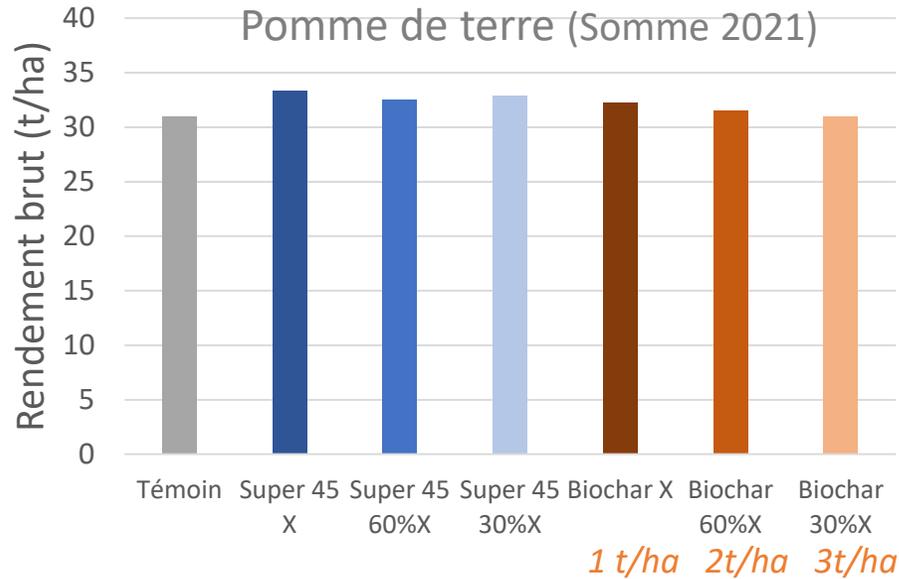
b) Essai en pot « plein champ »



Modalité	CAU (%)
BBF-40	11.1 a
BBF-80	17.6 b
RM-40	21.6 c
RM-80	11.5 a

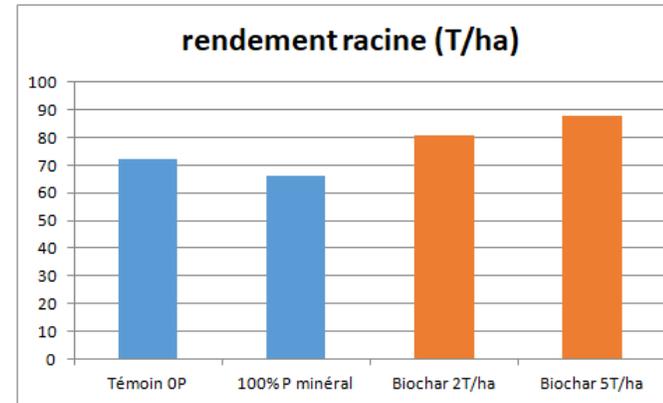
- CAU-P faible
- Manque comparaison avec engrais minéral

c) Essais au champ



- Rendement et P exporté: pas de différences significatives entre modalités

Betterave (Marne 2022)



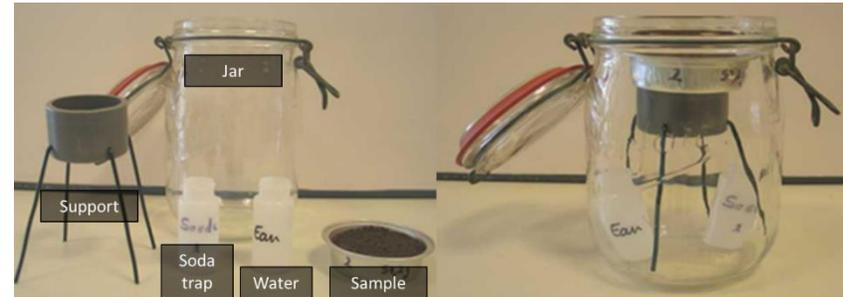
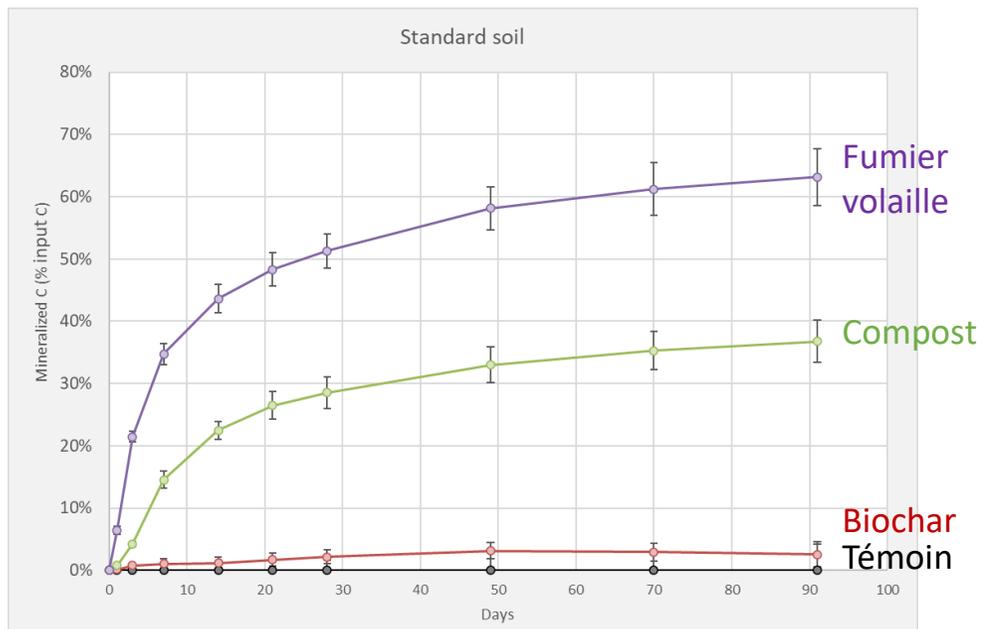
- Rendement et P exporté au niveau foliaire: pas de différences significatives entre modalités
- P exporté racines : analyses en cours

Chou (Alsace 2021) pas de différences significatives entre modalités

Effet amendement : minéralisation du carbone

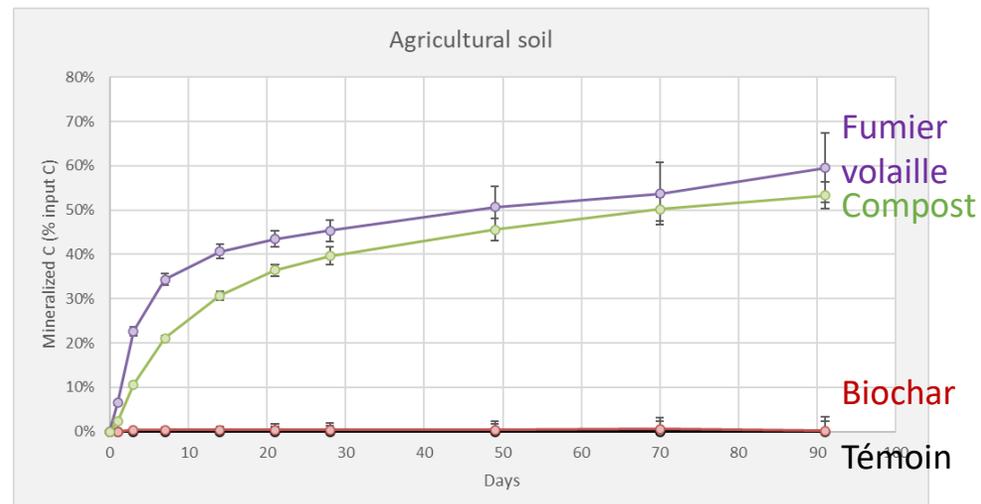
Pas de minéralisation du carbone du biochar
☐ carbon stable, récalcitrant

Carbone minéralisé sur 100 jours – sol standard (1.6% MO)



Incubations en conditions contrôlées (NF FD U 44-163) – RITMO 2021

Carbone minéralisé sur 100 jours – sol agricole (3.2% MO)



Conclusions et perspectives

- **Effet fertilisant**

- En conditions contrôlées - augmentation des exportations de P (?)
- Pas d'effet positif observé au champ sur pomme de terre, chou ou betterave
- Conditions méthodologiques à maîtriser
- Difficultés à l'épandage
- Produit complexe qui doit être produit et adapté aux sol-cultures le recevant

- **Effet amendant** – C stable ☐ effets sur la physique du sol à mesurer

- **Perspectives...**

- Usage en formulation avec des engrais minéraux et/ou organiques?
- Favoriser l'utilisation au sein de l'élevage: alimentation animale, incorporation à la litière, compostage, ...?

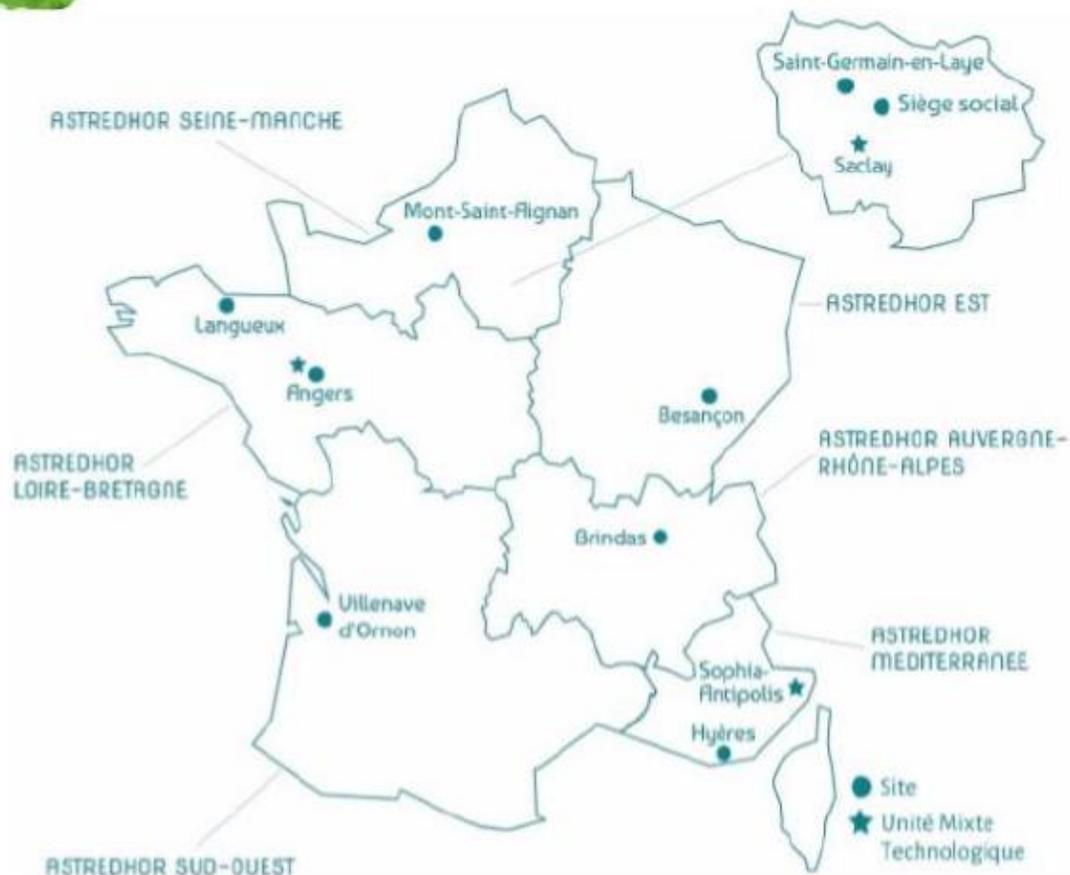


Quand Astredhor s'intéresse aux biochars :
Focus sur le projet "IBICUS"
(intérêt des biochars en cultures spécialisées)

Maud TRAGIN, Ingénieure d'expérimentation



ASTREDHOR – Institut du végétal



- ✔ Reconnu **Institut technique agricole** par l'Etat depuis 2008
- ✔ Créé en 1995, ASTREDHOR a pour mission **d'aider les professionnels** à relever les défis de la filière du végétal
- ✔ **6 unités territoriales**
- ✔ Environ **80 salariés (30 conseillers, 50 expérimentateurs)**
- ✔ **900 adhérents**



ASTREDHOR – Institut du végétal



Transférer les résultats
aux professionnels

Partager les besoins
professionnels



Recherche & Innovation

- ✔ Nouvelles connaissances
- ✔ Nouvelles solutions
- ✔ Acquisition de références technico-économiques

Accompagnement & Expertise

- ✔ Communication et pédagogie
- ✔ Formation et conseil
- ✔ Expertise publique et privée
- ✔ Recueil et analyse des besoins

3

Projet IBICUS

IBICUS pour Intérêt des Blochars en CULTURES Spécialisées est :

- Une projet public, subventionné par la région Pays de la Loire
- Un projet de 3 ans (2016-2017-2018)
- Un projet au partenariat développé



+ Echanges avec des chercheurs de l'Université de Laval, Québec

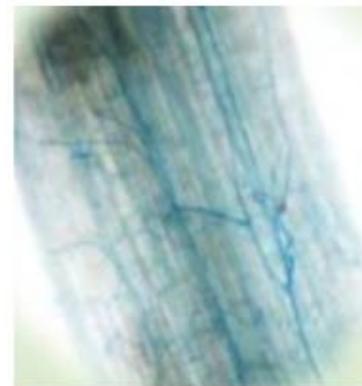


Projet IBICUS



Objectifs :

- Maintenir et stimuler des micro-organismes d'intérêt (ex: champignons mycorhiziens, *Trichoderma* sp., *Bacillus* sp.) en culture hors-sol pour:
 - Optimiser la protection des plantes
 - Optimiser la qualité des cultures
 - Réduire l'usage d'intrants chimiques
- Vérifier les propriétés données aux biochars : limitation des lessivages



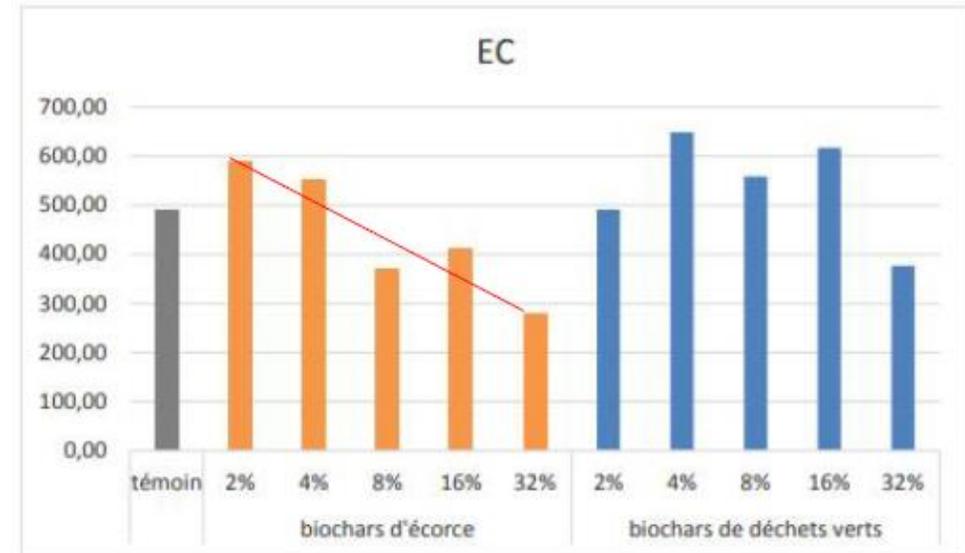
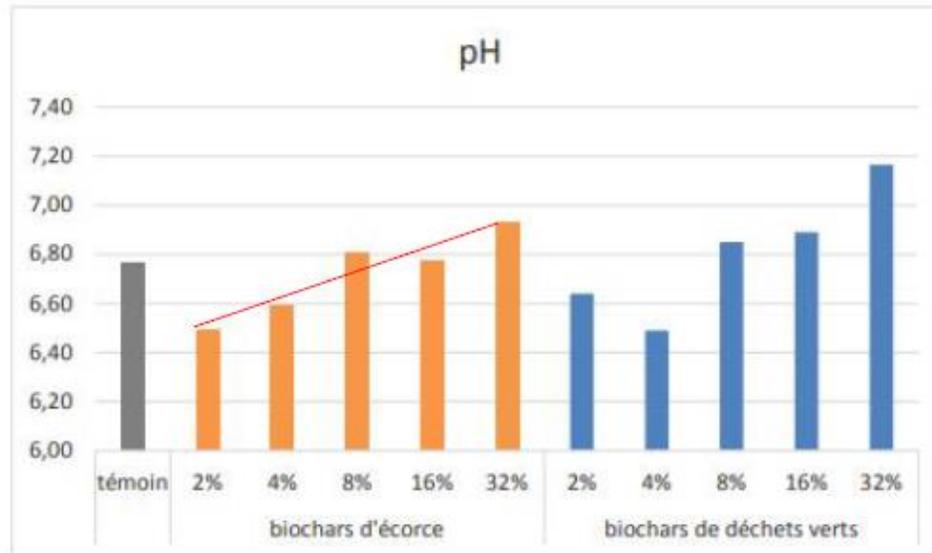


Projet IBICUS



Quel biochar et quelle dose associer aux microorganismes?

→ propriétés chimiques des deux biochars



→ Avec le biochar d'écorces : plus d'homogénéité, effet dose marqué, influence moins le pH que le biochar de déchets verts

3

Projet IBICUS

- **Deux démarches agronomiques ont été étudiées :**
 - ✓ Evaluer la combinaison biochar / agents de lutte biologique avec le modèle de production *Chamaecyparis* sp. / *Phytophthora* sp.
 - ✓ Evaluer les effets du biochar sélectionné sur la germination et le développement du basilic (fonte des semis, mildiou)



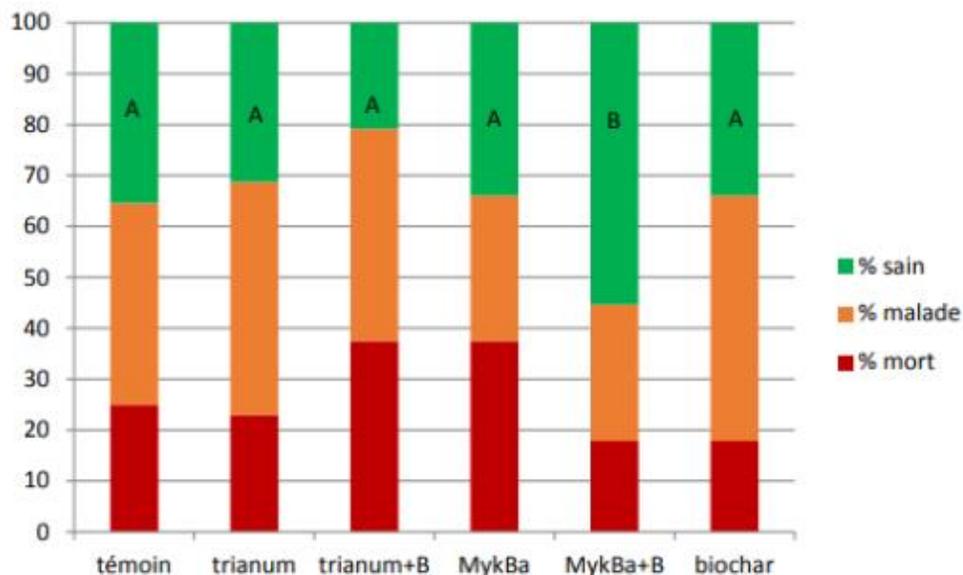


Projet IBICUS



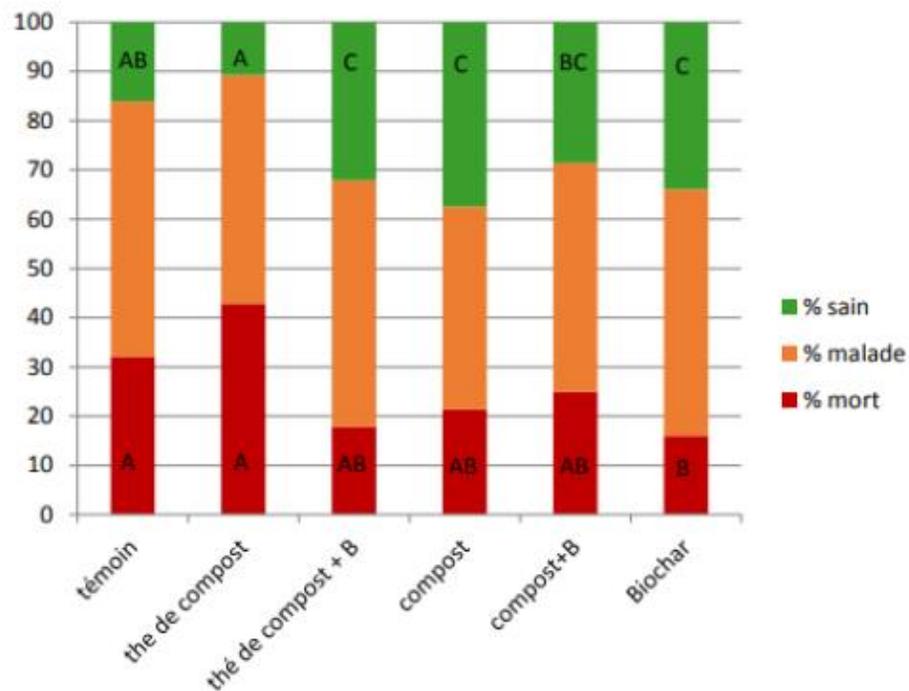
Intérêt d'associer biochar et microorganismes?

→ Résultats



Seule l'association Greenchar® + *R.irregularis* + *B. pumilus*
a réduit le pourcentage de plantes atteintes
Pas d'effet du Greenchar® seul.

Pression plus forte (bas de la parcelle)

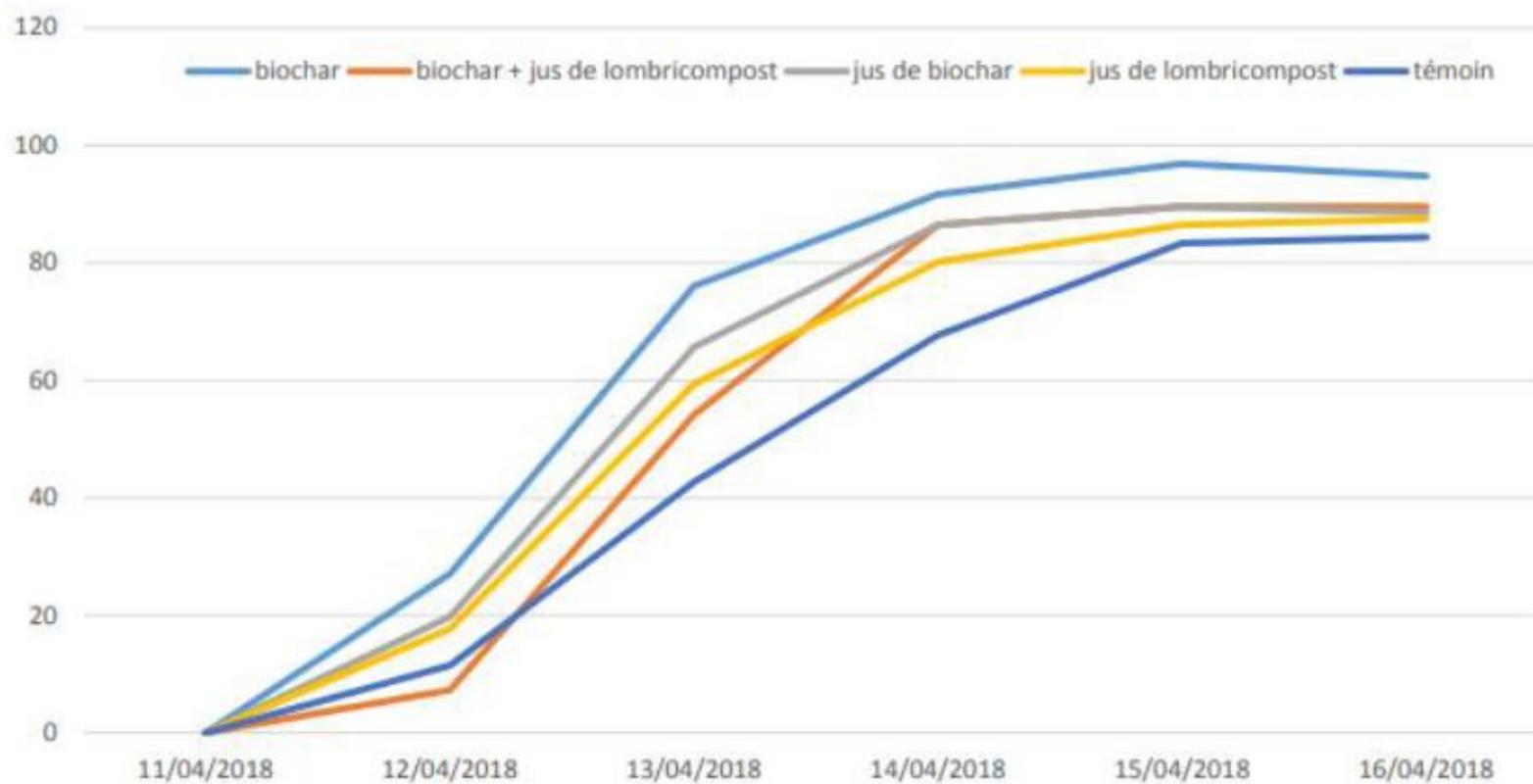


Greenchar® et TerrAktiv® limite le développement de la maladie
Pas d'effet du Fytaforce® seul
Association Greenchar® et produits microbien n'apporte rien de plus



Projet IBICUS

Résultats pour les tests de germination du basilic :



3

Projet IBICUS

Pour aller plus loin :

Les biochars, de part leurs modes de production renferment des karrikines

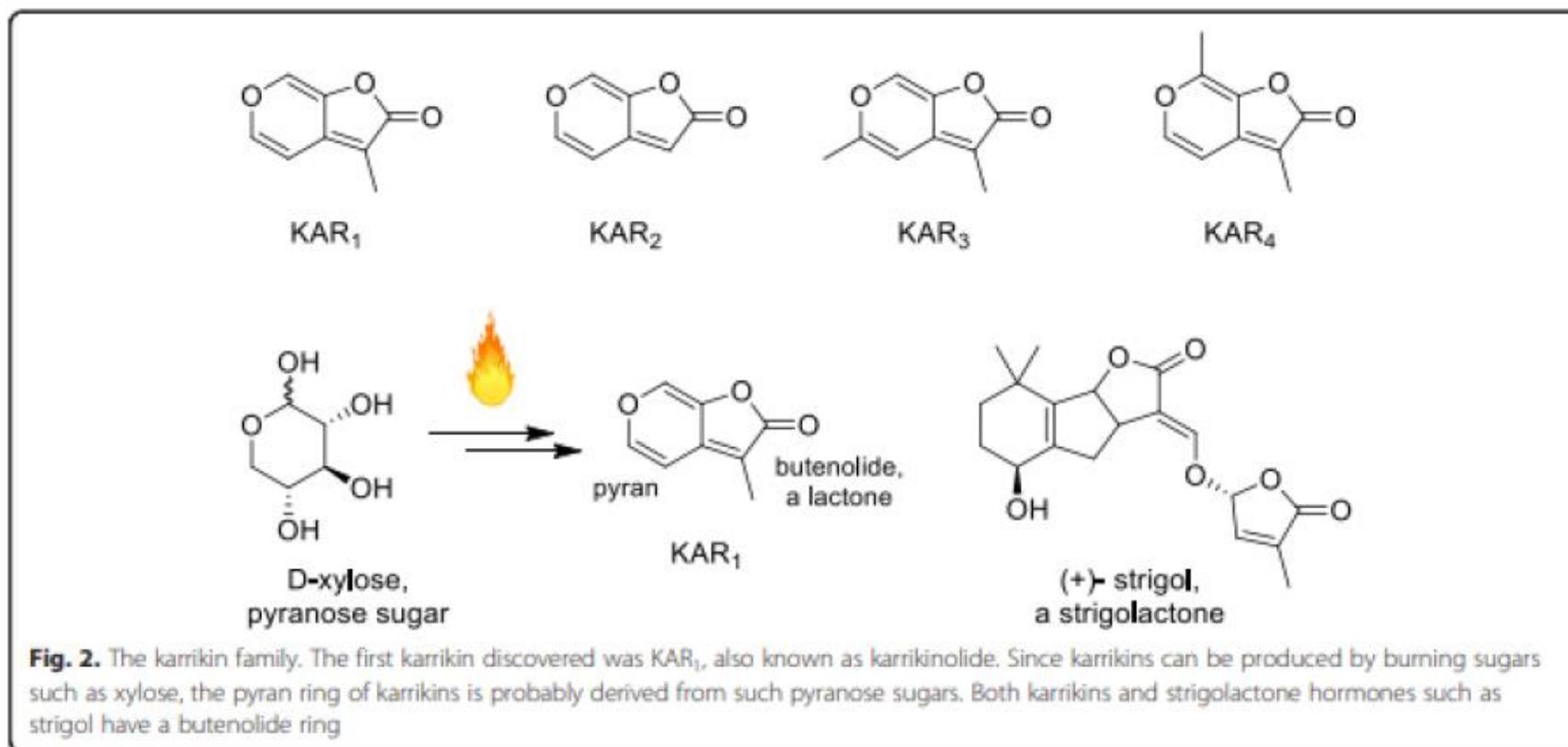


Fig. 2. The karrikin family. The first karrikin discovered was KAR₁, also known as karrikinolide. Since karrikins can be produced by burning sugars such as xylose, the pyran ring of karrikins is probably derived from such pyranose sugars. Both karrikins and strigolactone hormones such as strigol have a butenolide ring

(Flemati *et al.*, 2015)



Projet IBICUS

Conclusions :

Les biochars peuvent être intéressants en agriculture s'ils sont bien utilisés mais les effets vont :

- Dépendre du type de biochar utilisé
- Dépendre de la génétique des plantes (ex: gene KAI2 pour être réceptives aux karrikinines)
- Dépendre des propriétés physico-chimiques du sol

Attention: une fois intégré dans un sol, il est très difficile de les extraire ! Il est nécessaire de faire des pré-tests pour valider les bénéfices de ces produits.



Effet des mélanges biochar-compost sur la fertilité des sols et le rendement des cultures en France – projet FUI Biochar 2021

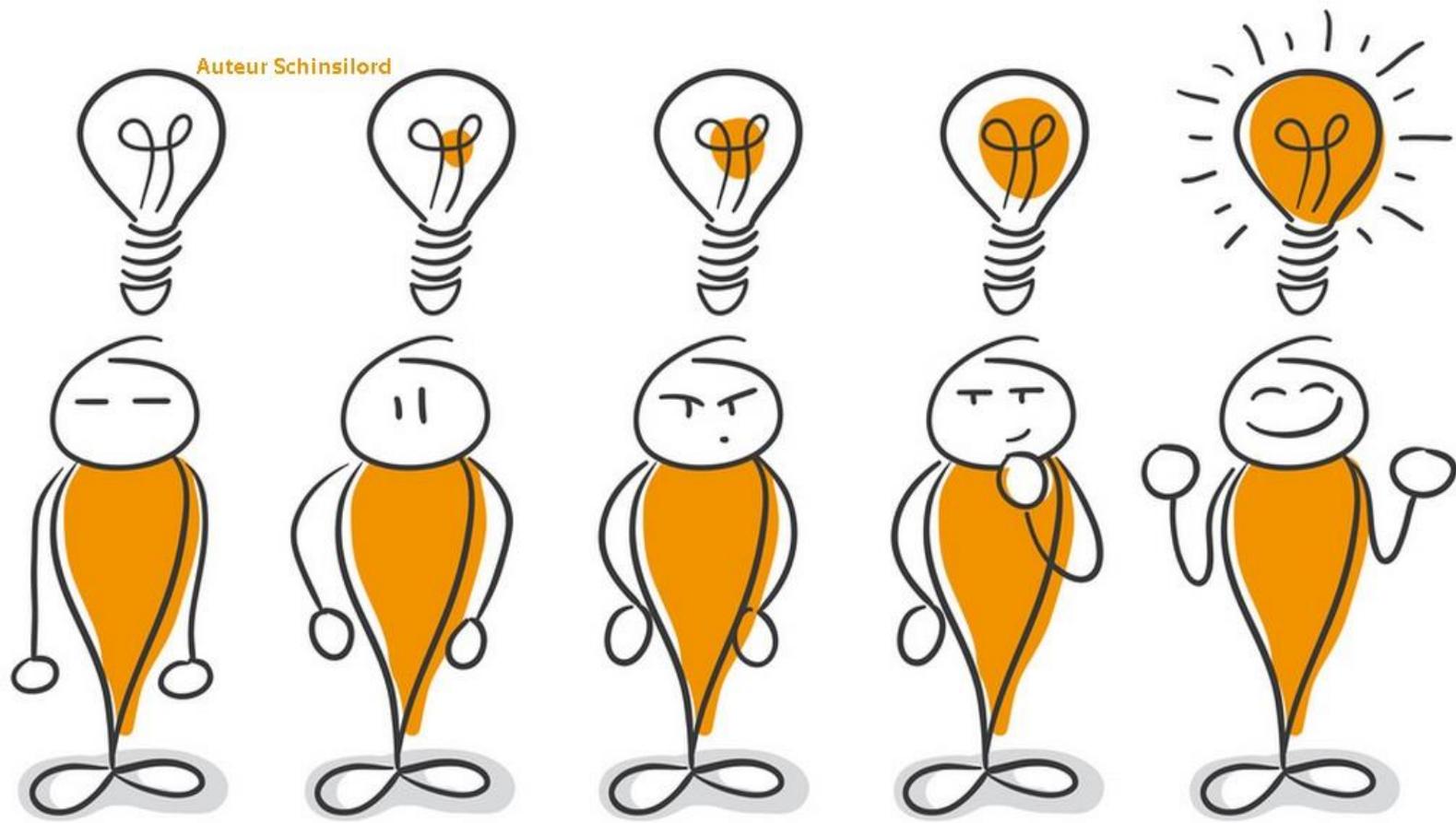
David Houben

*Directeur du Collège Agrosociences
Enseignant-chercheur en science du sol*



4

L'idée





L'état de la filière compostage



Il existe environ 700 sites de **compostage** en France produisant environ 3 millions de tonnes de compost à partir de différents intrants tels que: lisiers d'animaux, des déchets verts, des boues industrielles et urbaines.

Le compost issu de ces plateformes peut être valorisé notamment en supports de culture ou en amendements organiques...

MAIS

... il génère rarement des revenus supplémentaires et la valorisation des refus de compostage demeure problématique.



Enjeux pour la filière compostage

- La production et l'intégration de biochar pourrait
 - Augmenter la valeur ajoutée du compost et des substrats à base de compost
 - Valoriser les biomasses résiduelles actuellement mal valorisées voire sans débouché
 - Diversifier le couple produits/marchés, notamment par la formulation et la distribution de substrats plus élaborés (supports de culture)
- tout en rencontrant les attentes fortes du marché pour le développement de formules davantage en adéquation avec les problématiques sociétales (moins de synthèse, plus de biosourcé, moins de tourbes,...)

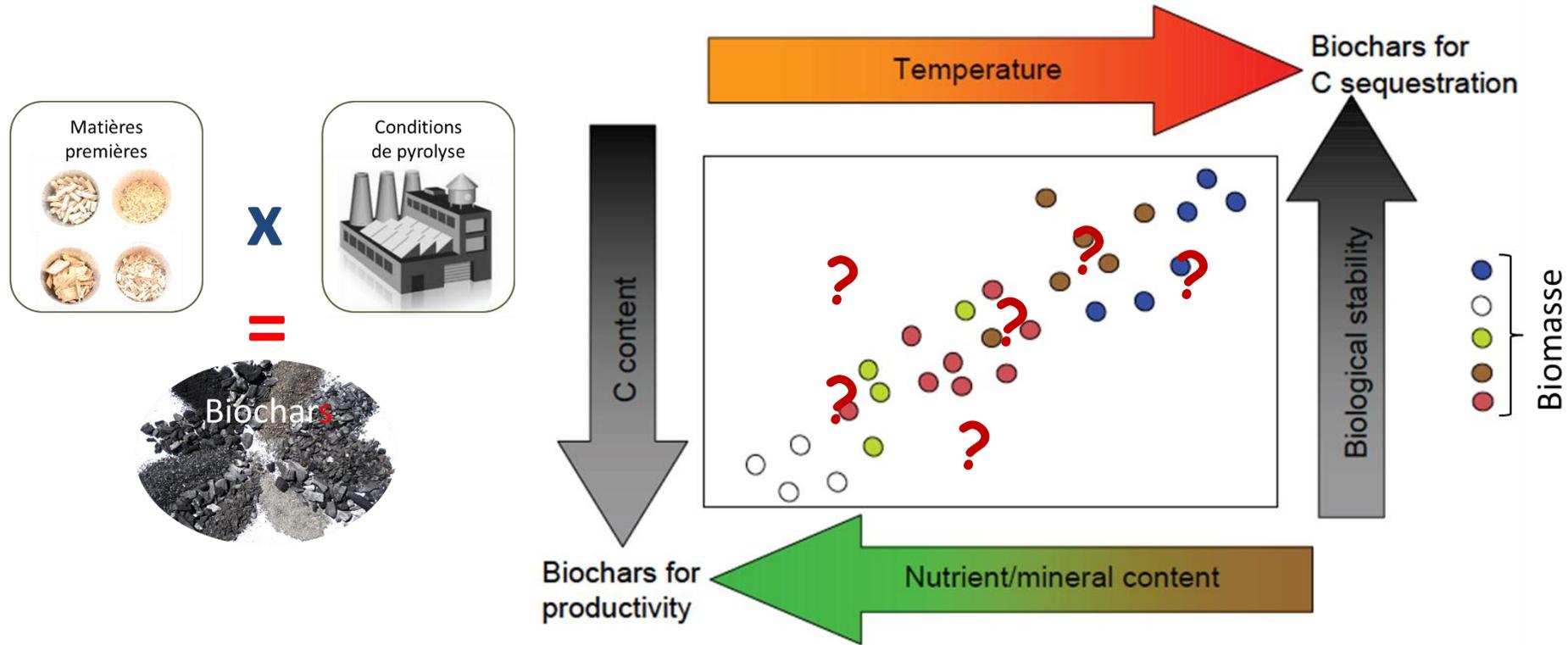


Le problème



4

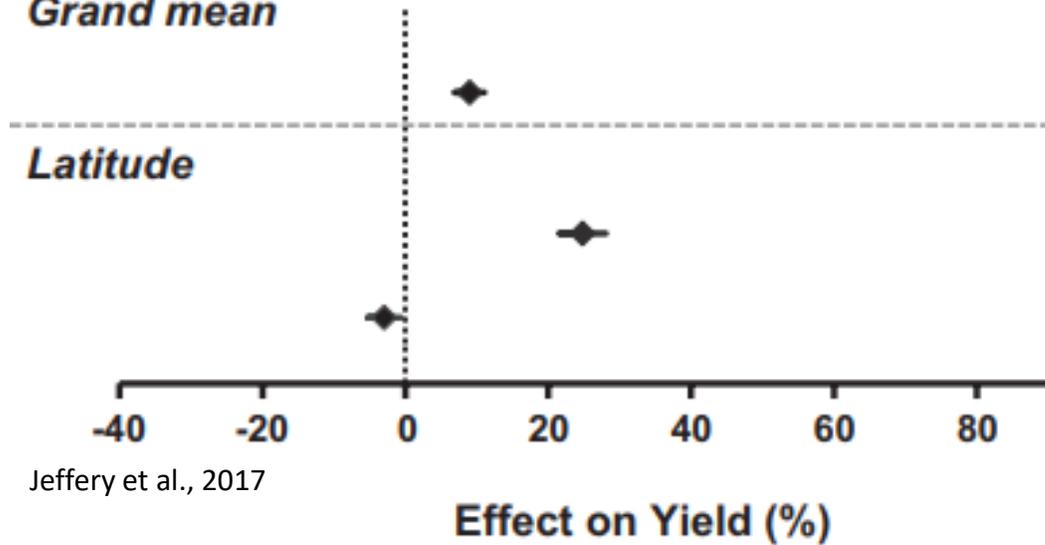
Quels biocharS ?



Développement d'un **biochar** permettant de **séquestrer du carbone** tout en présentant des **propriétés agronomiques optimales** à partir de **biomasses locales et diversifiées**

En contexte tempéré et en France (à la traine)

Grand mean

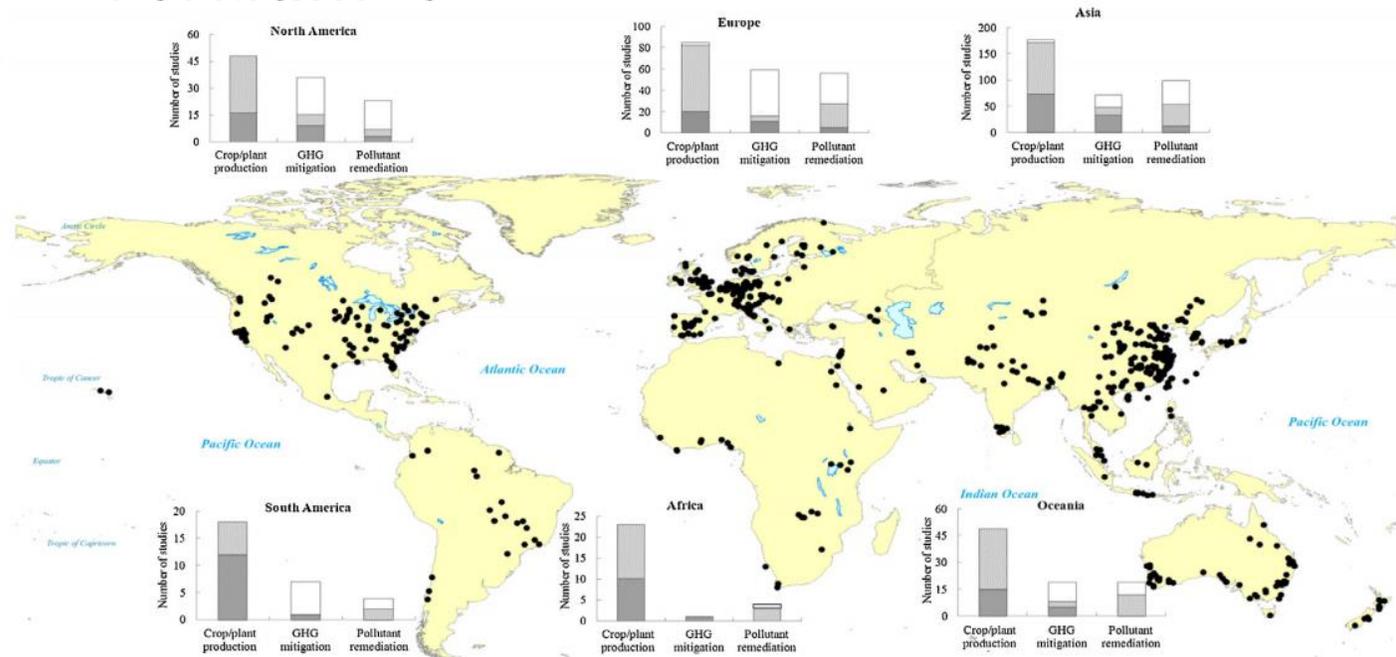


Jeffery et al., 2017

Grand mean (1125 / 109)

Tropical (527 / 62)

Temperate (598 / 44)





Le projet FUI BIOCHAR 2021



Le consortium et le projet



Entreprise produisant des pyrolyseurs et du biochar

Producteurs de compost

Research institutes

Evaluation des mélanges biochar-compost



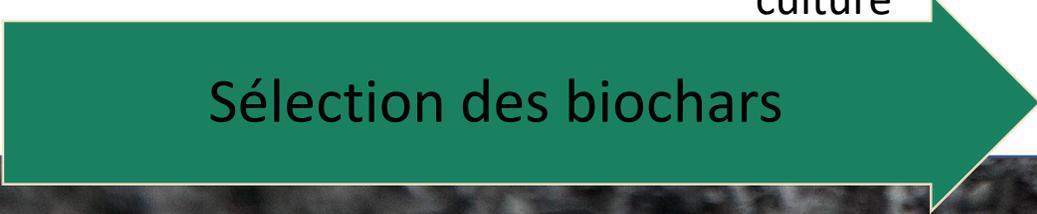
Biochars



Résidus de culture



Compost de déchets verts



Sélection des biochars

4

Expérimentations in situ (après sélection des « meilleurs » biochars)

Traitements

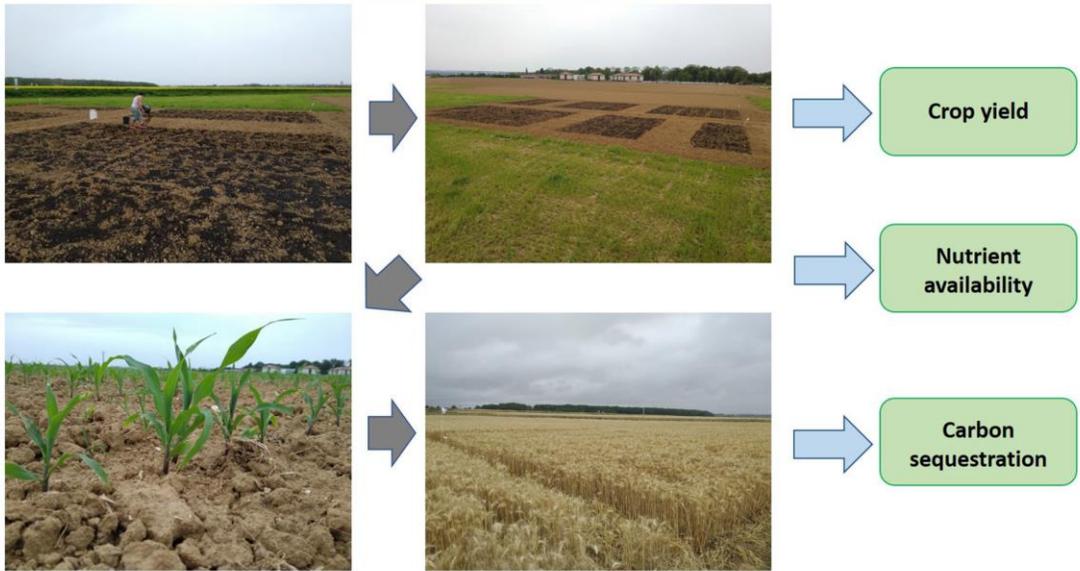
- PK minéral
- Compost seul (8 t/ha)
- 3 mélanges compost (8 t/ha) + biochar (4 t/ha)

Biochar: refus de compost (450 °C), Miscanthus (550 °C), paille de colza(650 °C)

Crops

- Année 1 : maïs
- Année 2 : blé
- Année 3: orge (Oise)

PK fertilizers vs Compost vs Compost + Biochar



Agronomy for Sustainable Development (2022) 42:119
<https://doi.org/10.1007/s13593-022-00848-7>

RESEARCH ARTICLE



Biochar and compost addition increases soil organic carbon content and substitutes P and K fertilizer in three French cropping systems

Cécile Nobile¹ · Manhattan Lebrun¹ · Charlotte Védère¹ · Nicolas Honvault¹ · Marie-Liesse Aubertin² · Michel-Pierre Faucon¹ · Cyril Girardin² · Sabine Houot² · Léa Kervroëdan¹ · Anne-Maïmiti Dulaurent¹ · Cornelia Rumpel³ · David Houben¹

4

Application du compost et des biochars





Prélèvement 1



Prélèvement 2



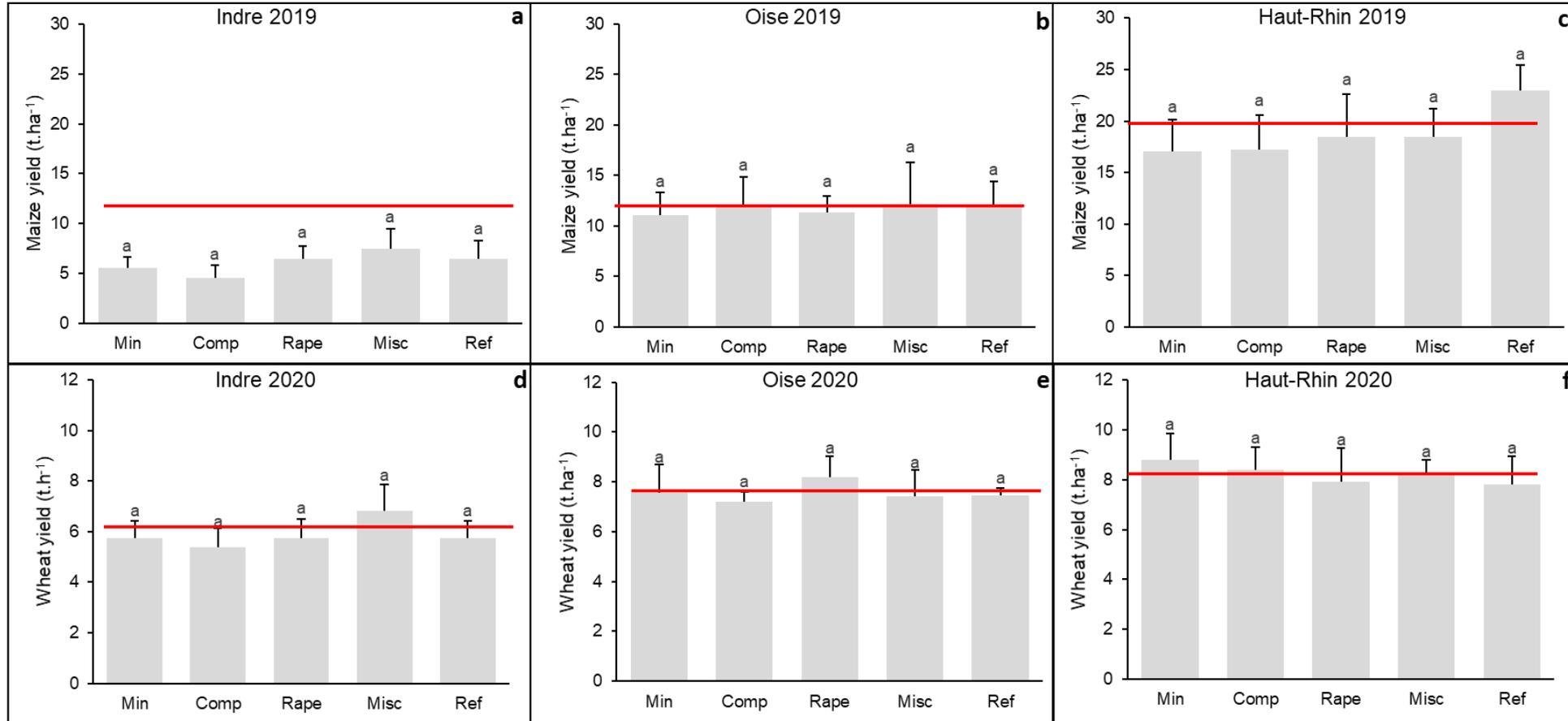
Prélèvement 3





Les mélanges biochar-compost sont aussi efficaces que le traitement minéral mais l'effet site est prédominant

Rendement



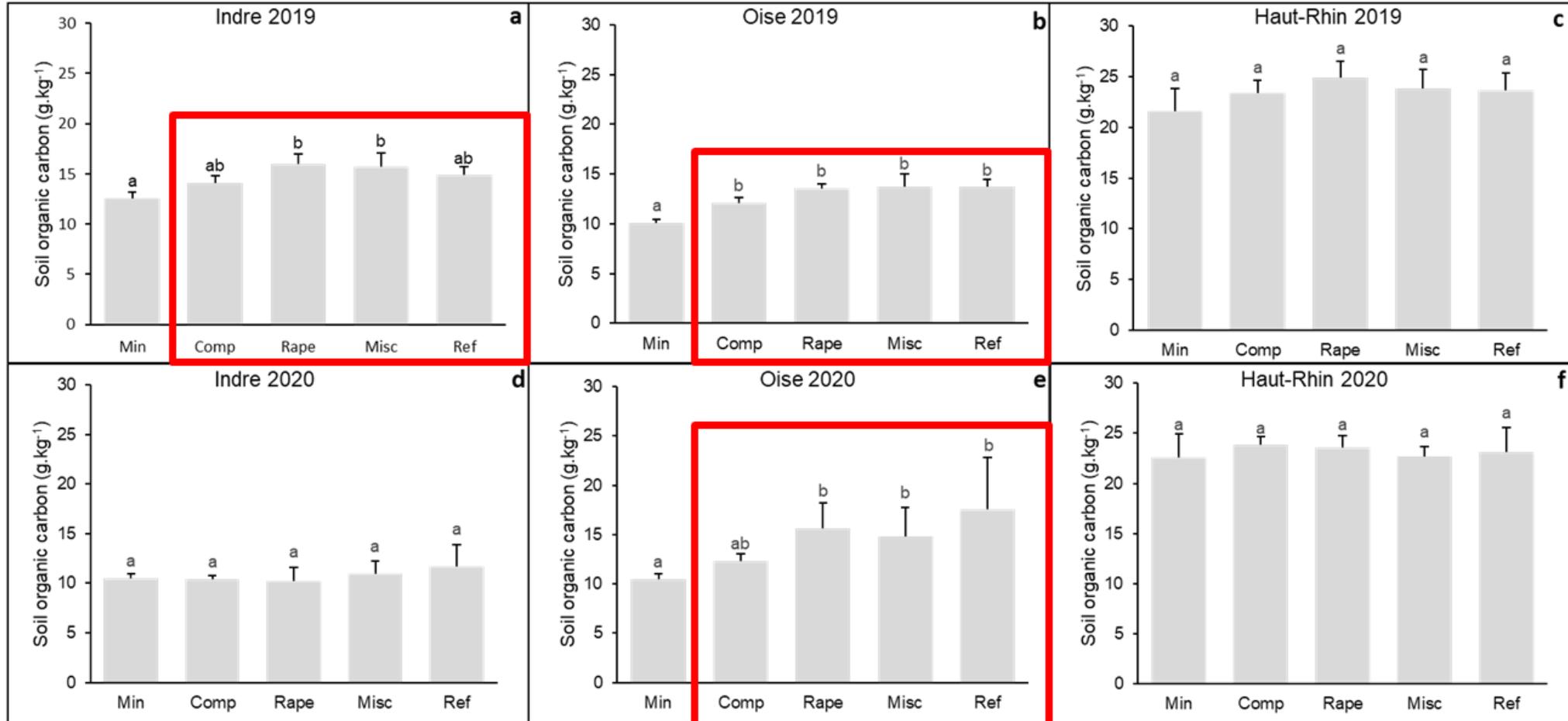
Min = mineral PK ; Comp = Compost; Rape, Misc et Ref = compost with biochar from rape, miscanthus et compost rejects, respectively

Nobile et al., 2022



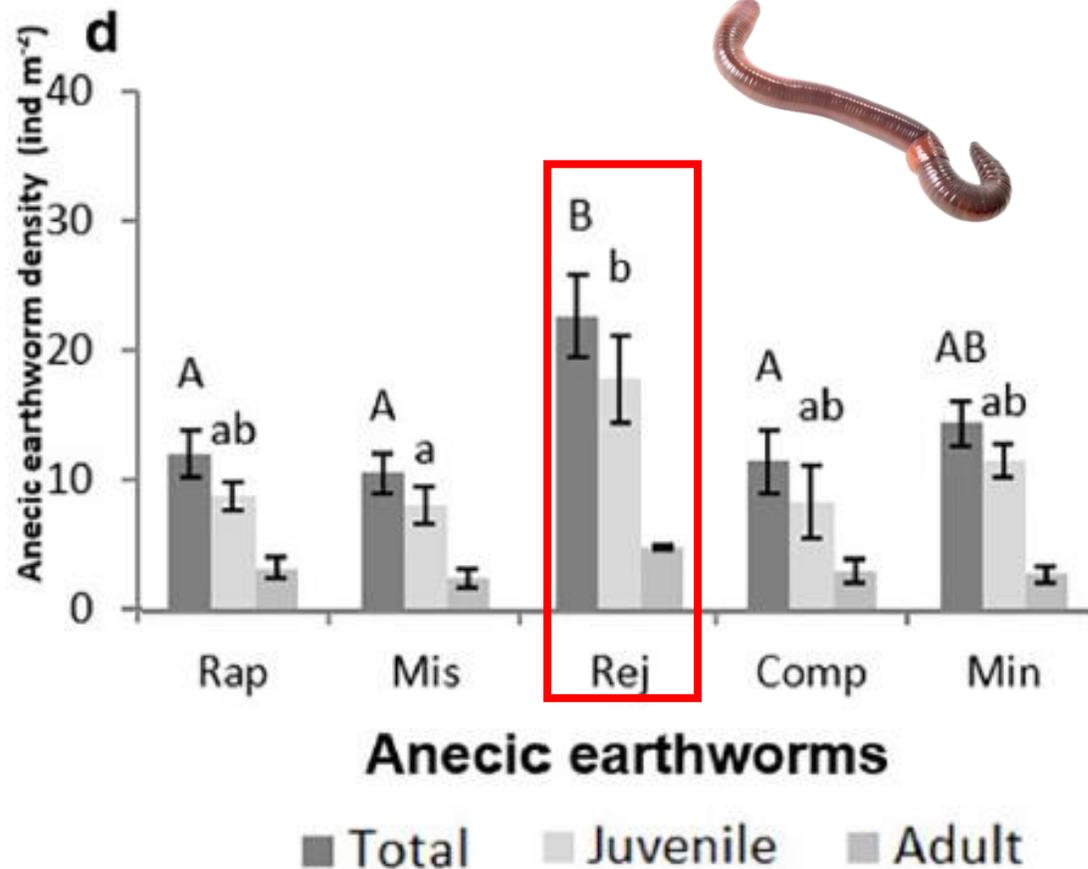
Les mélanges biochar-compost peuvent augmenter le stockage de carbone...

Carbone dans les sols



Min = mineral PK ; Comp = Compost; Rape, Misc et Ref = compost with biochar from rape, miscanthus et compost rejects, respectively

... et l'abondance des vers de terre



L'abondance des vers de terre anéciques après 3 ans est la plus élevée dans les sols ayant reçu un mélange de compost et de biochar à base de résidus de compost (Rej)



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Applied Soil Ecology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/apsoil



Positive or neutral effects of biochar-compost mixtures on earthworm communities in a temperate cropping system

Nicolas Honvault^{a, *}, David Houben^a, Manhattan Lebrun^b, Charlotte Vedere^b, Cécile Nobile^{a, d}, Julien Guidet^a, Léa Kervroëdan^a, Marie-Liesse Aubertin^{b, c}, Cornelia Rumpel^c, Michel-Pierre Faucon^a, Anne-Maïmiti Dulaurent^a

^a UniLaSalle, AGHYLE UP 2018.C101, 60000 Beauvais, France

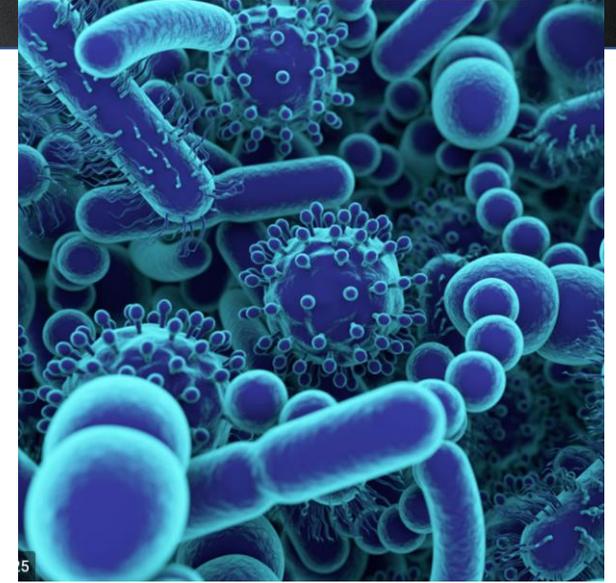
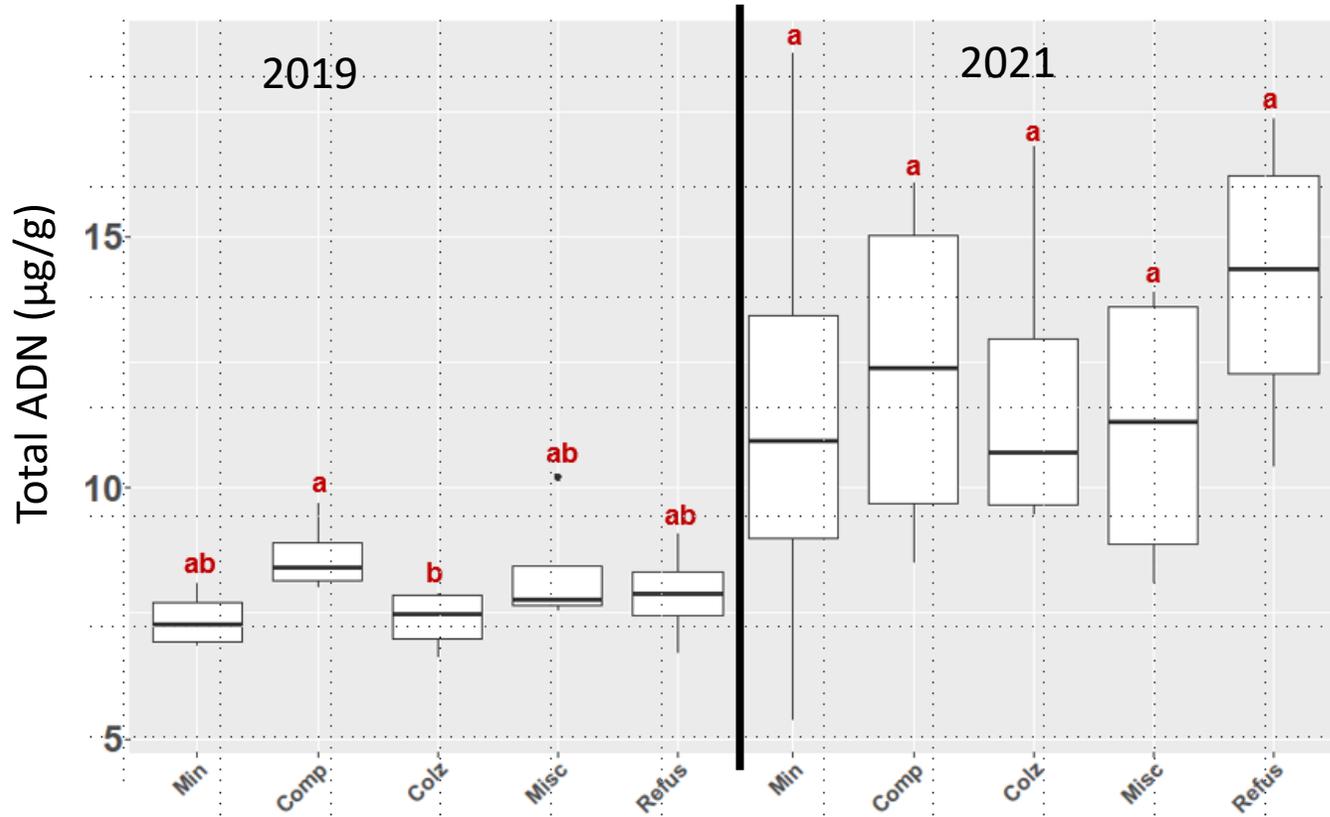
^b National Institute for Agricultural Research, Ecosys Soil INRAE-AgroParisTech, 70820 Thiverval-Grignon, France

^c Institute of Ecology and Environmental Sciences, UMR 7613, CNRS-UPMC-UEPC13 INRA-IRD, Sorbonne University, 75005 Paris, France

^d CIRAD, UPR Recyclage et risque, F-97743 Saint-Denis, La Réunion, France



... mais ont peu d'effet sur les microorganismes du sol





Conclusions

Les mélanges biochar - compost n'améliorent pas le rendement des cultures dans les systèmes de culture tempérés, mais

- Peuvent être aussi efficaces que les engrais minéraux PK pour soutenir la production agricole
- Pourraient (partiellement) remplacer les fertilisants PK
- Peuvent augmenter le carbone organique du sol
- Peuvent être bénéfiques pour les organismes du sol (refus de compost)



Ces effets dépendent du contexte pédoclimatique et du type de biochar !

- Dans d'autres études nous montrons que
 - Les effets bénéfiques sur le sol augmentent avec le temps
 - Le ratio biochar:compost joue un rôle déterminant

Science of the Total Environment 856 (2023) 158920



Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



The older, the better: Ageing improves the efficiency of biochar-compost mixture to alleviate drought stress in plant and soil

Charlotte Védère^{a,*}, Manhattan Lebrun^a, Philippe Biron^c, Séverine Planchais^c, Marianne Bordenave-Jacquemin^c, Nicolas Honvault^{b,d}, Stéphane Firmin^b, Arnould Savouré^c, David Houben^b, Cornelia Rumpel^{c,e}



Merci !



**Merci à tous !
A vos questions?**