



Amélioration de l'efficiance des éléments fertilisants dans le sol au travers de la valorisation de la matière organique

Nicolas Thevenin
RITTMO Agroenvironnement





Introduction

Etat du marché

Enjeux

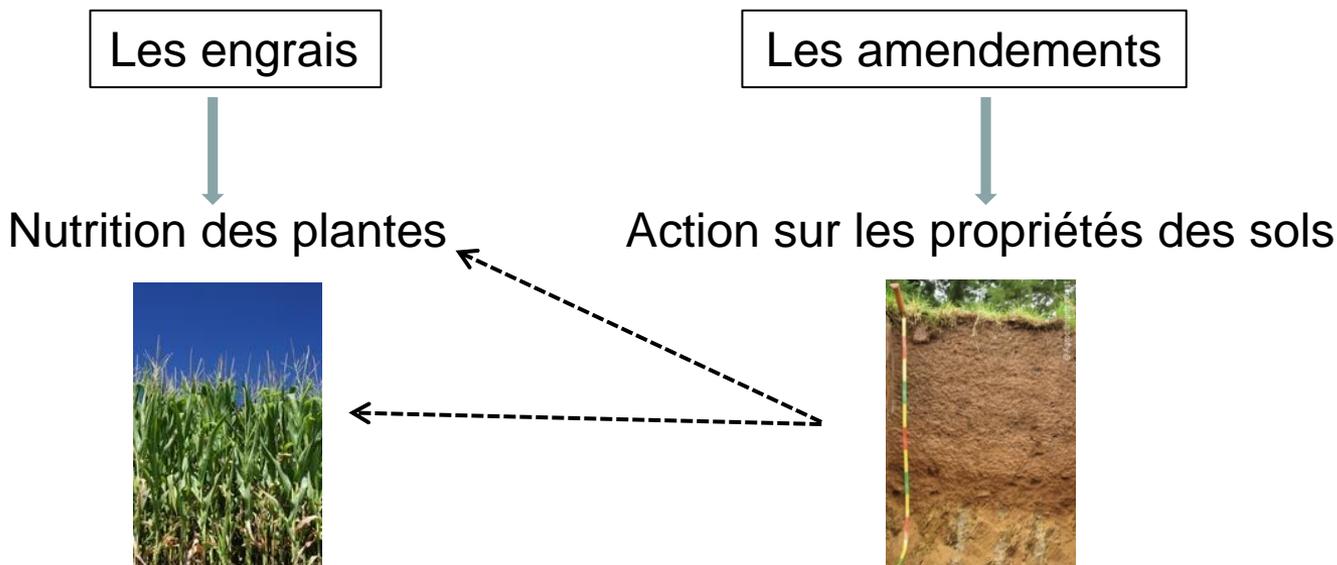
Nouveaux produits

Perspectives

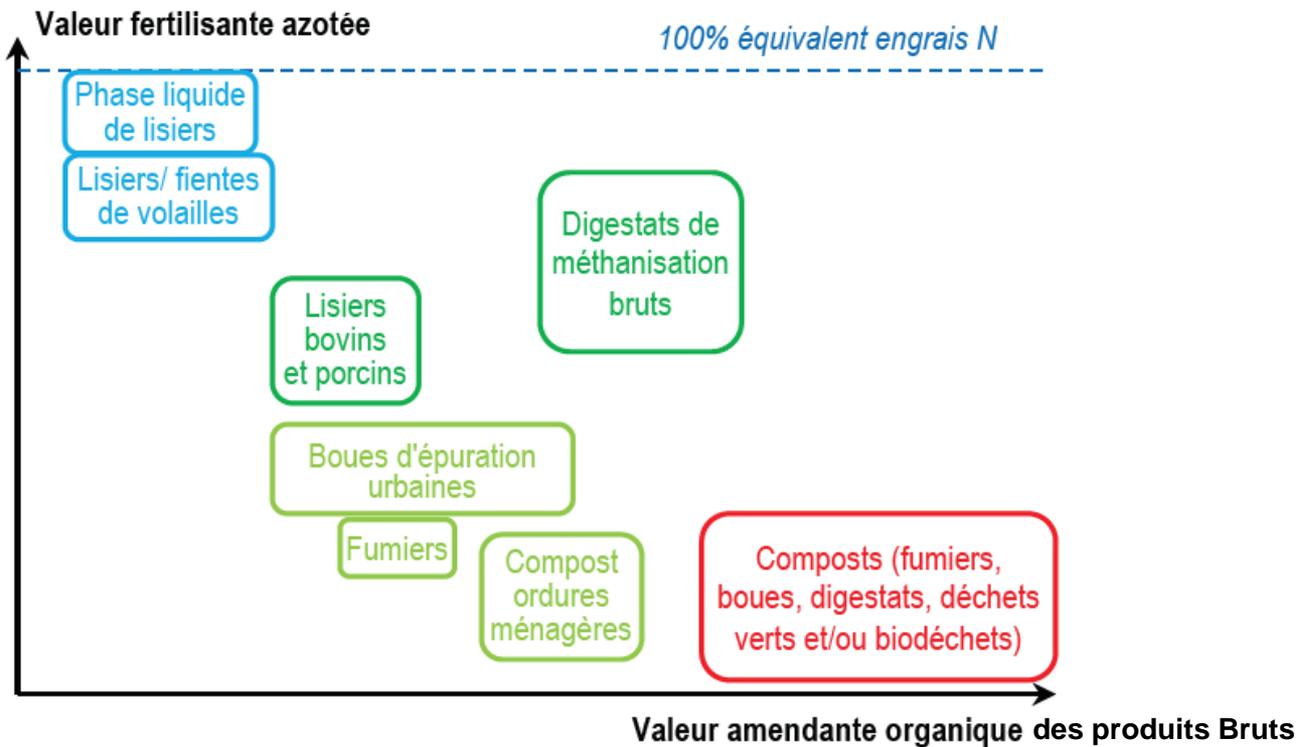


Fertilisants organiques

- ❑ Substrats d'origine animale ou végétale (effluents d'élevage, sous-produits animaux, tourteaux, vinasses, ...)
- ➔ Produits bruts : composts, digestats, vinasses, ...
- ➔ Produits élaborés : formulation précise (mélanges, ...), traitements physiques (granulation, ...)
- ➔ L'ajout de minéral = engrais et amendements organo-minéraux



✓ Sources d'éléments fertilisants (N, P, K, ...)



Fertilisation organique

Intérêts agronomiques

- ✓ Source de matière organique pour fertiliser ou amender les sols
- des matières organiques qui persistent longtemps: ★
- des matières organiques qui se biodégradent rapidement: ★



Le rôle du carbone organique des sols





Introduction

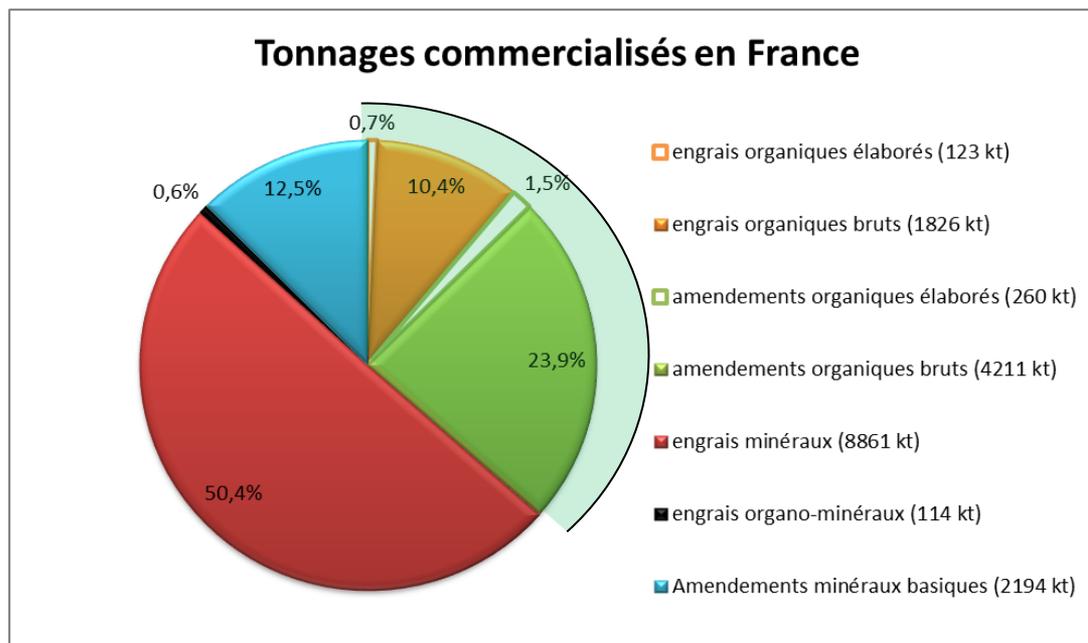
Etat du marché

Enjeux

Nouveaux produits

Perspectives





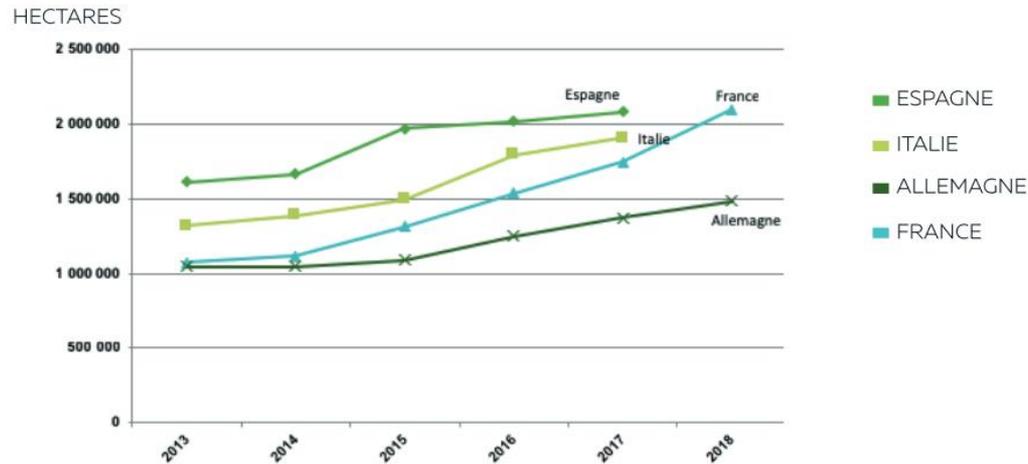
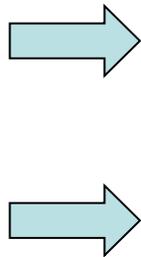
Produits organiques :

- 36 % des tonnages vendus (augmentation constante depuis 2010 : 29 %)
- Essentiellement des produits « bruts »

Non commercialisées : Matières fertilisantes d'origine résiduaire (MAFOR) (effluents d'élevage, effluents industriels, boues, déchets organiques urbains)

- 280-300 millions de tonnes épandues / an (INRA, 2014)
- Représente + de 95 % de la matière organique apportée au sol (SSP, 2017)

EVOLUTION DES SURFACES CULTIVÉES EN BIO DES 4 PRINCIPAUX PAYS DE L'UNION EUROPÉENNE



Source : Agence Bio d'après différentes sources européennes

L' agriculture biologique

☐ 7,5 % de la SAU française avec une augmentation de 17% / 2018

- ➔ Demande croissante de produits utilisables en AB
- ➔ Adapter les produits en réponse
 - Attention à la provenance des matières premières



Selon le code rural :

- ✓ Produits avec autorisation de mise en marché (AMM)
- ✓ Conformité à une norme de mise en marché
- ✓ Plans d'épandage



- ✓ Conformité au règlement européen établissant les règles relatives à la mise à disposition sur le marché des fertilisants UE.
RCE 2019/1009



- ➔ Selon la commission européenne, son application (2022) permettrait de remplacer une partie non négligeable (% ?) des engrais minéraux
- ➔ favorise le recours aux matières organiques recyclées (transition vers une économie circulaire)



Introduction
Etat du marché
Enjeux
Nouveaux produits
Perspectives



Favoriser le retour au sol de la matière organique contribue aux objectifs de l'initiative internationale 4/1000 et à 2 objectifs de développement durable (ODD):



→ Augmenter la fertilité des sols agricoles et donc la production de denrées agricoles ce qui permet de lutter contre la faim dans le monde (ODD n°2)



→ Stocker du carbone dans les sols et réduire ainsi le déséquilibre du cycle du C → réduire les GES ce qui permet de stabiliser la dérive climatique (ODD n°13)

S'inscrit dans le grand projet agroécologique :

- ✓ Pratiques intégrant les écosystèmes
- ✓ Réduction de l'impact (négatif) environnemental
- ✓ Autonomie en matières fertilisantes (Plan Energie Méthanisation Autonomie Azote)
- ✓ Valorisation des matières à l'échelle du territoire

ET

- ✓ Replacer l'agriculteur au cœur des réflexions (Mafors)
- ✓ Quels sont ses besoins, exigences ?

Valeur agronomiques
Services écosytémiques
Qualité sanitaire des produits organiques

➔ La valorisation se faisant prioritairement par retour au sol, le secteur agricole a un rôle incontournable dans l'économie circulaire.



Ambition nationale

Feuille de route pour l'économie circulaire (FREC)

Pour le ministère de l'agriculture (Colloque IDSA, mai 2019)

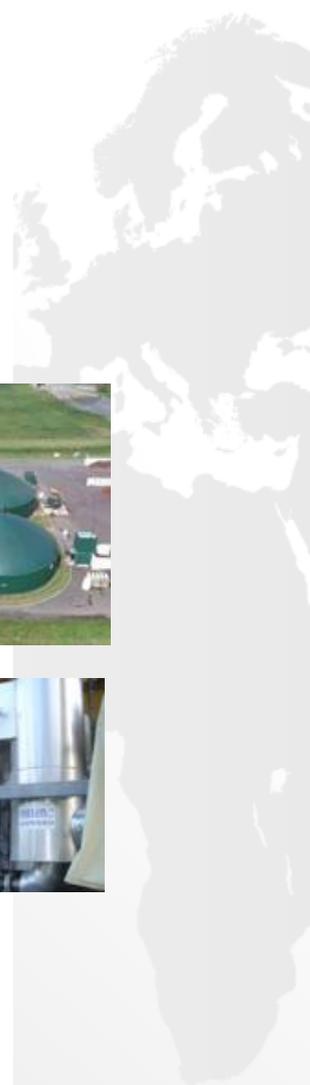
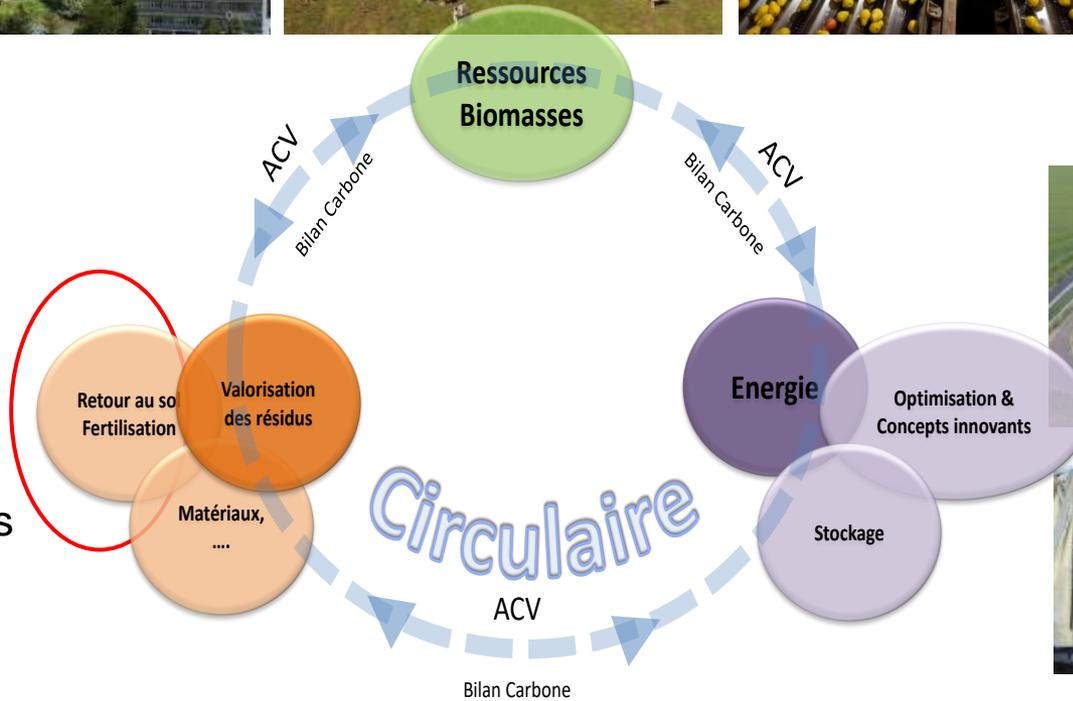
- Double enjeu du recyclage des déchets organiques à vocation de fertilisants sur les sols agricoles :
 1. Volonté d'augmenter le taux de recyclage des déchets organiques (notamment des déchets de cuisine qui représentent 1/3 des poubelles)
 2. Développer une offre de fertilisants organiques vis-à-vis des fertilisants minéraux pour réduire la dépendance de l'agriculture française vis à vis des engrais minéraux.

Fertilisation organique

Socle de l'économie circulaire



- Digestats
- Biochars
- Struvite,
- Biostimulants
-





Introduction
Etat du marché
Enjeux
Nouveaux produits
Perspectives



Grande diversité des digestats

- selon les matières premières utilisées
- selon les procédés de la méthanisation
 - thermophile ou mésophile, voie sèche,...
- selon les post-traitements éventuels
 - séparation de phase, compostage,



*Digestat brut ou
liquide épandu*

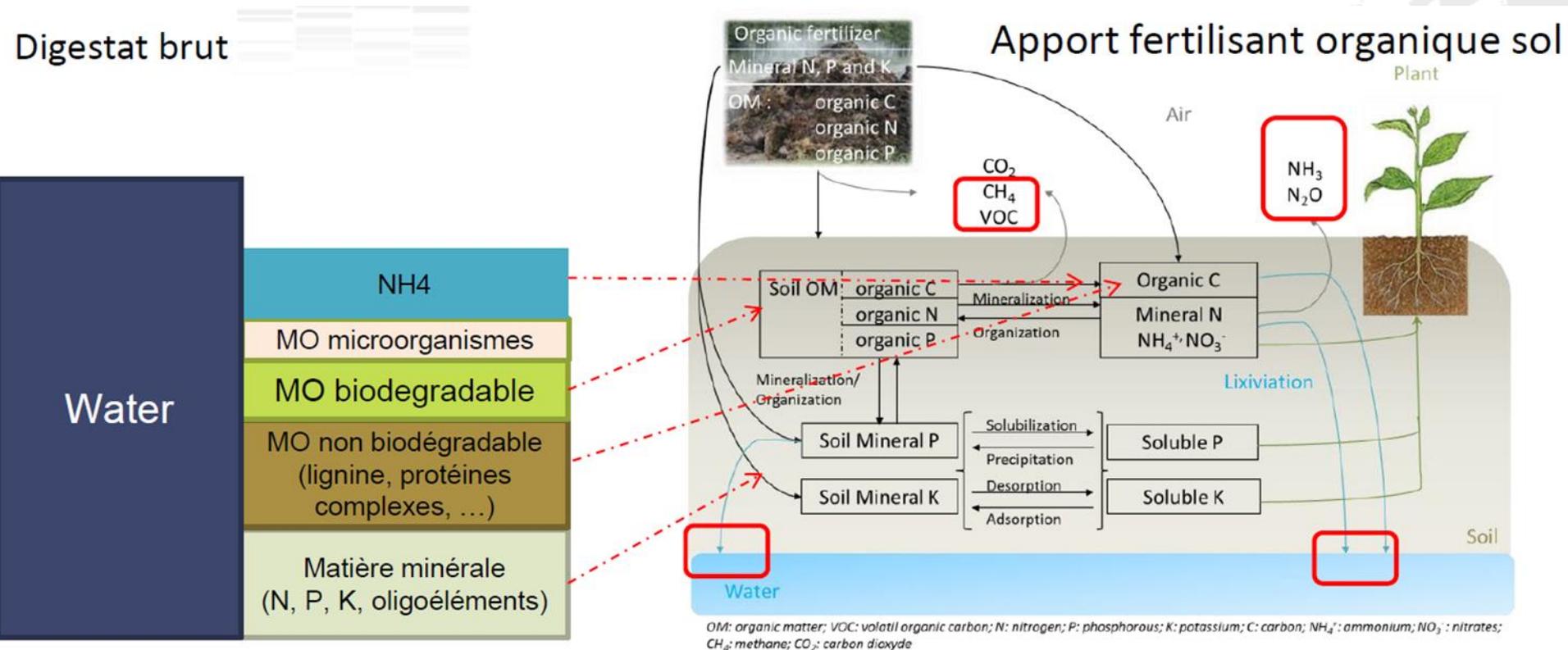


*Digestat solide
25 % de matière
sèche*



*Digestat granulé
95 % de Matière
sèche*

- Types d'effets agronomiques
 - Nutrition (N et/ou P) \leftrightarrow engrais
 - Matière organique (MO) \leftrightarrow amendement organique



- ❑ Efficacité fertilisante reconnue et pas d'écotoxicité associée aux contaminants chimiques
- ❑ Parfois impacts négatifs dans des situations particulières (sols nus, $N-NH_4^+/NH_3$)
 - une diversité de situations (digestats, sols, ...)
 - pertes (C et/ou N) au stockage et à l'épandage
 - maintien du taux de C organique (Montemurro, 2008), mais « potentiel humique » plus faible que celui des composts issus des mêmes substrats (Ebertseder, T.2007 ; H. Kolbe, 2009)

Types de contaminants		
Agents biologiques	Métaux	Composés organiques
Pathogènes associés aux matières fécales Bactéries résistantes aux antibiotiques	Cuivre, zinc	Molécules pharmaceutiques (antibiotiques, hormones)

Perspectives

- ❑ Méthode d'estimation de la qualité des digestats sur la base des intrants / process (travaux INRA)
- ❑ Mieux évaluer la disponibilité de N et P par type de digestats
- ❑ Besoin de données scientifiques concernant les impacts de l'apport des digestats sur le long terme

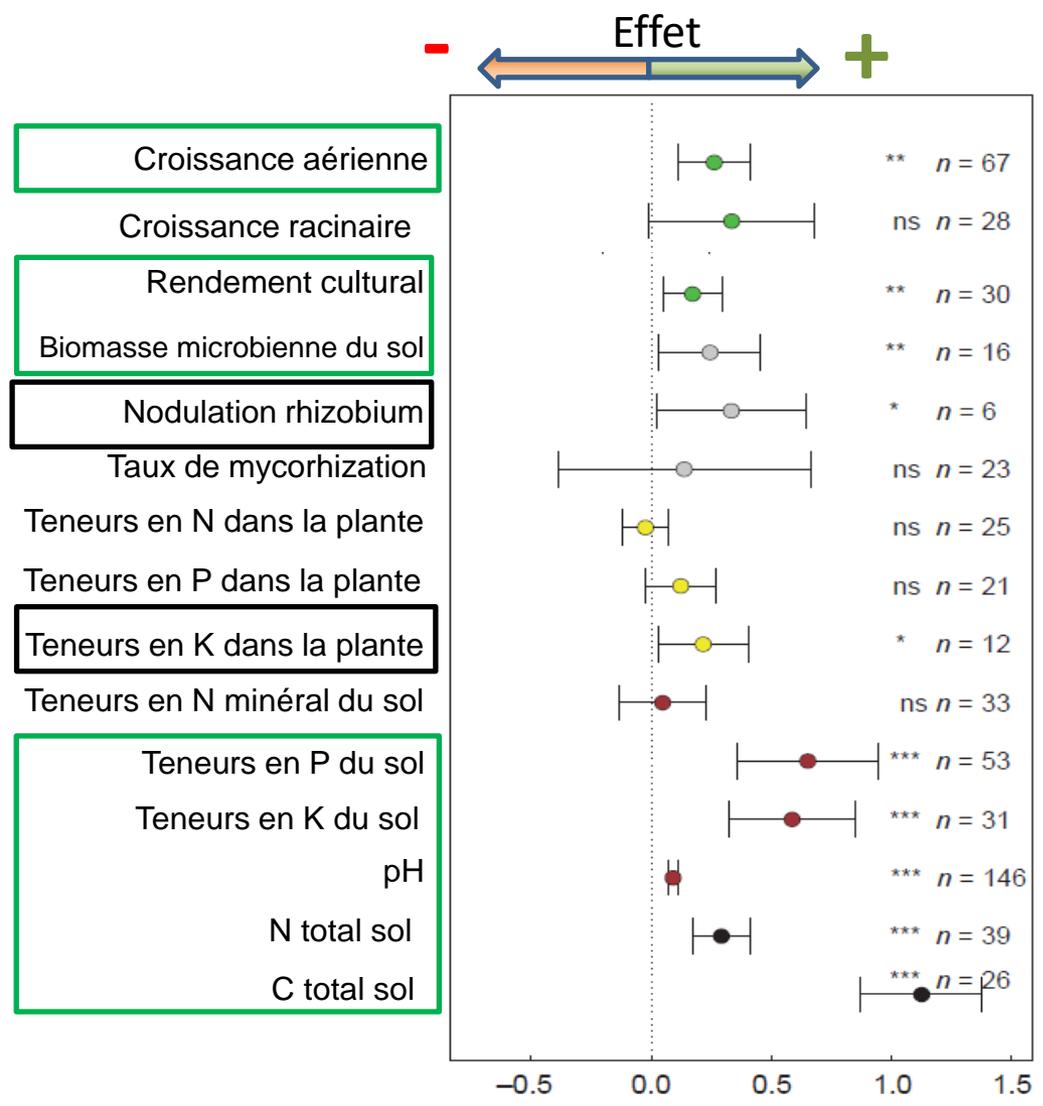
Biochars

- ❑ Charbon résultant du chauffage de la biomasse dans un environnement pauvre en oxygène
- ❑ Présentations diverses: forme pulvérulente ; pellets ; particulaires (différentes granulométries)



Biochars

Résultats d'une méta-analyse basée sur 371 travaux



Effet relatif des traitements au biochar sur une gamme de variables écosystémiques (n : nb d'études)

- Potentiel très intéressant des biochars :
 - amendement des sols
 - source de nutriments

- Risques associés (Hussain, 2016)
 - parfois impact négatif sur la microflore et macrofaune du sol

Types de contaminants		
Agents biologiques	Métaux	Composés organiques
Absence	Large spectre	HAP (Hydrocarbures Aromatiques polycycliques)

Perspectives :

- Mieux explorer l'efficacité en zones tempérés
- Usage en co-substrat/additif : compostage, méthanisation, ...
 - optimiser les procédés
 - limiter les émissions de GES / conserver les éléments fertilisants
 - améliorer les propriétés des produits

- Biochar comme support de microorganismes

La struvite

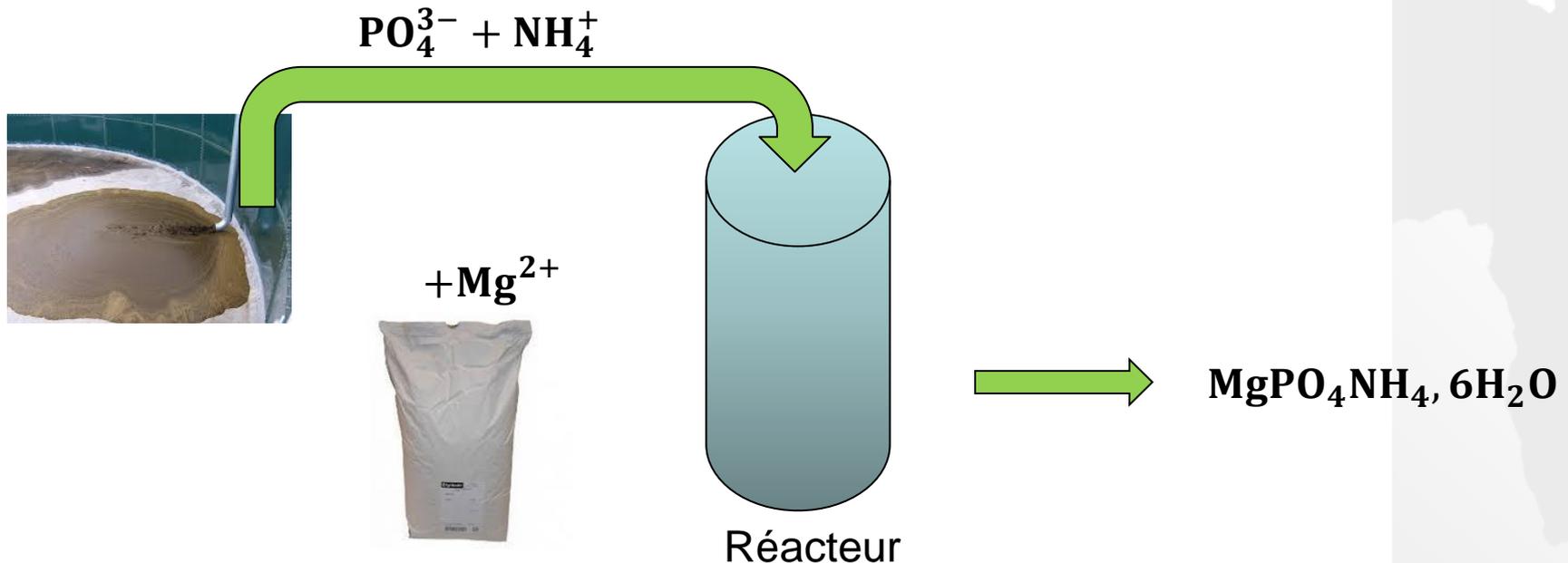
Magnésium ammonium phosphate

Le recyclage des phosphates des eaux usées, des déjections et des déchets organiques

→ Rôle important dans l'offre d'engrais biosourcés à base de phosphore

Production de struvite

→ La struvite est précipitée de manière contrôlée et continue dans un réacteur suite à l'ajout de magnésium.



La struvite

Magnésium ammonium phosphate

- ❑ Engrais NP : 5 – 25 – 0 (+ >10% Mg)



Source : Naskeo



Source : Suez



Source : Véolia

- ❑ Efficacité agronomique

- phosphore soluble est disponible pour l'alimentation de la plante,
- permet d'atteindre des rendements similaires aux engrais de référence (TSP et SSP)
- peut être incorporer dans des fertilisants organiques

Vivants et substances issues du vivants

Microorganismes vivants

Extraits de microorganismes

Extraits d'algues

Extraits de plantes

Extraits de macroorganismes

Substances humiques

Substances de synthèse

Phytohormones

Vitamines

Antioxydants

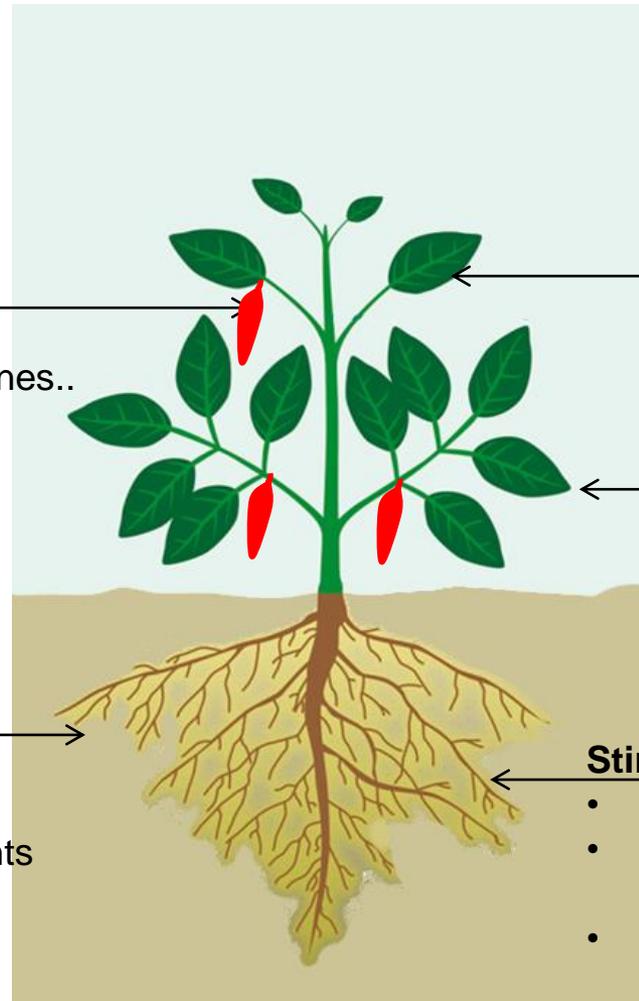
Substances minérales extraites de minéraux

Substances humiques

Poudres de roche

Les biostimulants

Modes d'action



Qualité des productions / Rendement

- Teneurs en sucres, en protéines..
- Fermeté et qualité physique
- Précocité..

Amélioration photosynthèse

- Teneurs en chlorophylles
- Meilleurs échanges gazeux (ouverture stomates)

Stimulation croissance végétative

- Régulation voies métaboliques (synthèse sucre...)
- Division / expansion cellulaire (hormone-like)

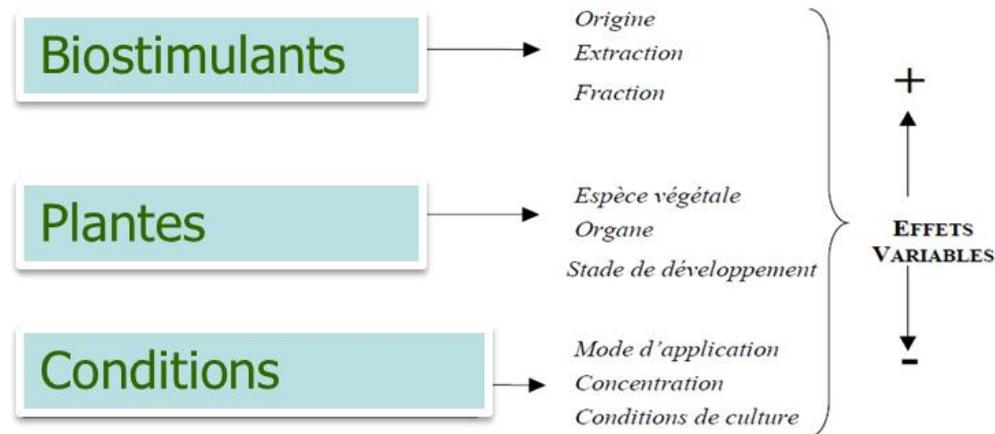
Amélioration de la nutrition /sol

- Fixation d'azote N₂ (organismes)
- Solubilisation/Chélation éléments nutritifs
- Disponibilité des éléments nutritifs

Stimulation racinaire

- Augmentation des radicelles
- Augmentation de la surface / volume
- Absorption / assimilation

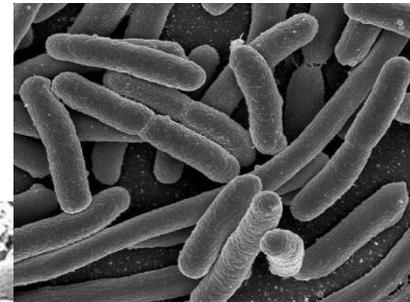
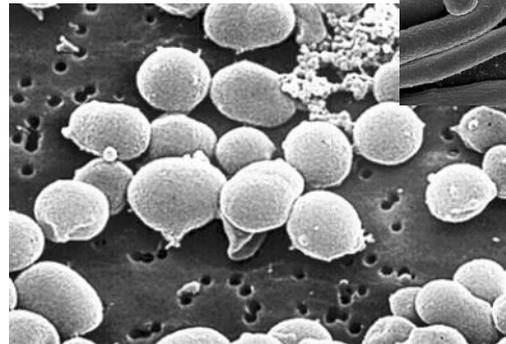
- ❑ Ne peuvent pas se substituer aux matières fertilisantes « classiques » (pas d'éléments nutritifs) → Compléments d'action
- ❑ Pour une même espèce végétale, deux variétés différentes de plantes peuvent réagir de manière variable à la biostimulation



- ❑ Apport limité à un stade précis de développement de la plante
- ❑ Une écotoxicité généralement réduite.
Cependant, les effets d'un apport massif doivent être investigués.

□ Diversité presque infinie:

- Les symbiotes : champignons mycorhizogènes, bactéries fixatrices d'azotes (*Rhizobium* et *Bradyrhizobium*)
- Les 'Plant Growth Promoting Rhizobacteria' : *Pseudomonas*, *Bacillus*, ...



☐ Types d'effets agronomiques

- Mobilisation des éléments nutritifs
- Stimulants de croissance
- Protection des plantes contre d'autres agresseurs ⇔

Produits de Protection des Plantes (PPP)

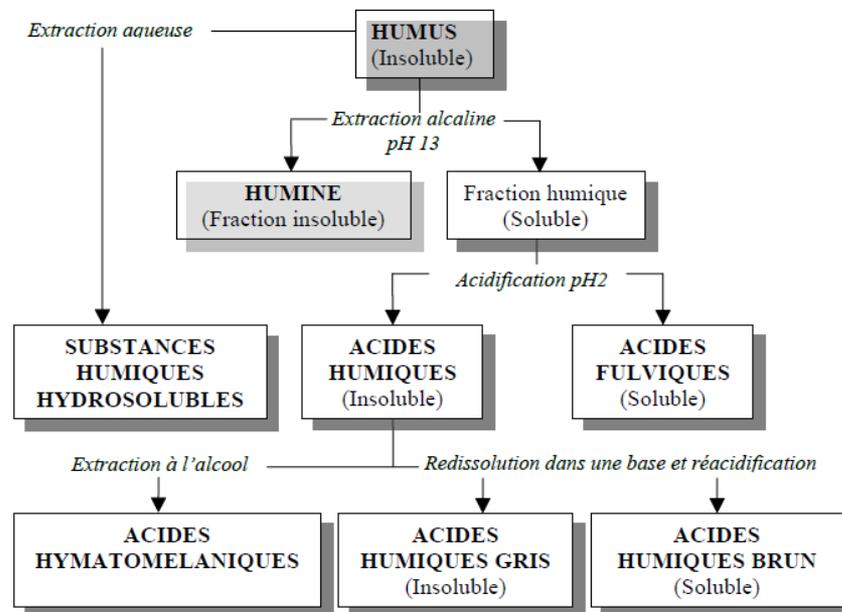
☐ Efficacité peut être impactée par les conditions environnementales

➔ Particulièrement pour les microorganismes



- ❑ Matières obtenues par extraction à l'eau ou à pH alcalin de terres, d'eaux ou de produits organiques
 - extraits de léonardite
 - compost tea (extraction aqueuse de compost mature)
 - ...

- ❑ Diversité selon l'origine et le mode d'extraction



- Types d'effets agronomiques
 - stimulation de la croissance et du développement des plantes
 - favorisent l'assimilation des ions (Na^+ , Ba^{2+} , NO_3^- , SO_4^{2-} , K^+ , etc.)
 - solubilisation de certains nutriments





Introduction
Etat du marché
Enjeux
Nouveaux produits
Perspectives





Enjeux environnementaux

- Produire à partir de biomasse locale des matières organiques répondant aux problématiques des filières agricoles
- Nouvelles matières organiques et minérales à valoriser
- Dynamique de minéralisation complexe dépendant de paramètres agronomiques et pédoclimatiques
- Limiter les impacts



- ❑ Caractérisation des nouveaux intrants
 - Frass (déjections d'insectes): MO et N, P, K

- ❑ Améliorer la compréhension des cycles des nutriments
 - Outils à développer pour mieux les évaluer
 - Acquisition de références supplémentaires par la recherche

- ❑ Limiter les pertes en N (volatilisation, lixiviation)

- ❑ Optimiser le biodisponibilité des éléments nutritifs,
 - Notamment évaluer la disponibilité (et les formes de P) dans les fertilisants organiques



- ❑ Formulation: Rechercher des synergies / interactions
 - Engrais organo-minéraux
 - Additifs

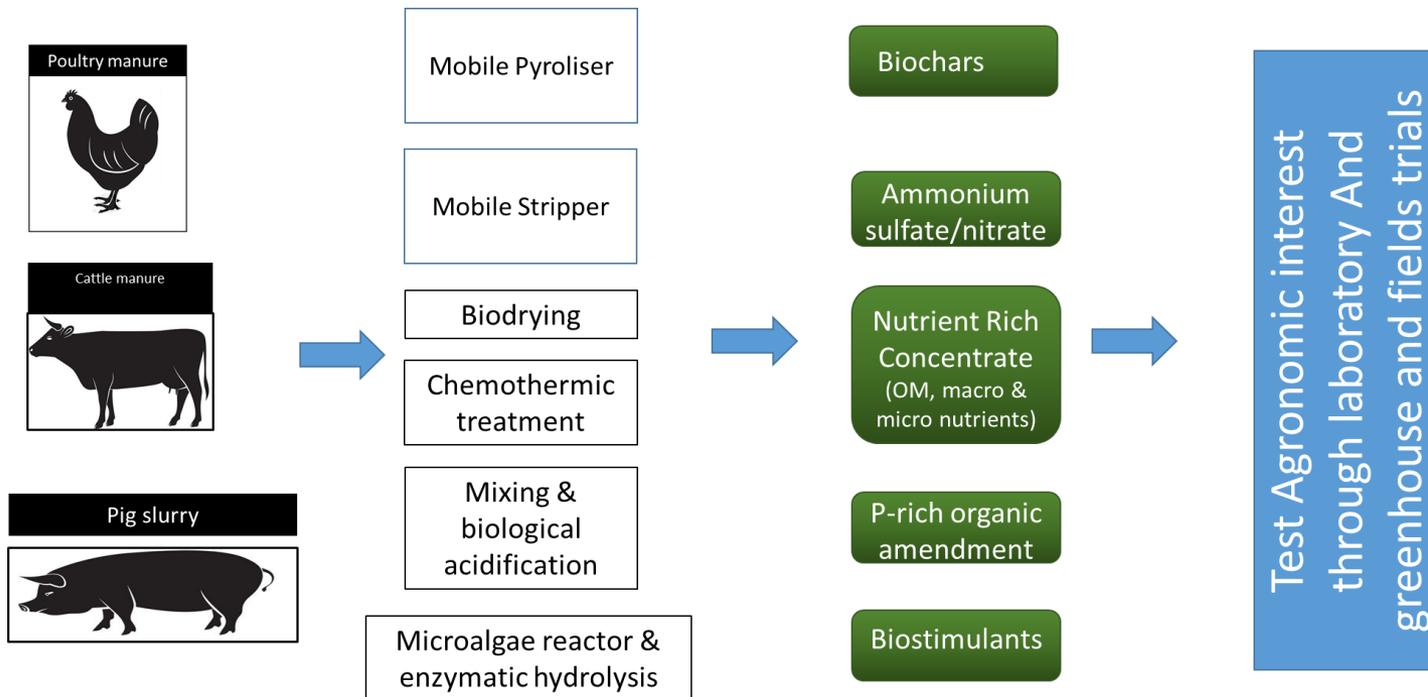
- ❑ Valorisation de microorganismes d'intérêts agronomiques :
 - Incorporation sur fertilisants organiques
 - Encapsulation
 - microorganismes solubilisant le phosphore et favorisant son assimilation (bactéries ou champignons mycorhiziens)

- ❑ Développement/optimisation de procédés de traitement/post-traitement
 - Séparation N, P, K, formulation = optimisation des apports



❑ Projet européen H2020 : Fertimanure (2020-2024)

“Innovative nutrient recovery from secondary sources – Production of high-added value FERTILISERS from animal MANURE”





Merci de votre attention

RITMO Agroenvironnement

Centre de Recherche & Développement pour les matières fertilisantes et la qualité des agrosystèmes

