

Epanchages fertilisants : quels impacts agronomiques et environnementaux des fumiers, composts, boues d'épuration... ?

**COLLOQUE DE RESTITUTION DES CONCLUSIONS
DE L'EXPERTISE SCIENTIFIQUE COLLECTIVE (ESCo)**

Paris, Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt
3 juillet 2014



CONTEXTE ET ENJEU DE LA DEMANDE POUR LES POLITIQUES PUBLIQUES

Alain TRIDON

*Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt
Sous-directeur de la qualité et de la protection des végétaux, DGAL*

Robert SCHOEN / Christine CROS

*Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie
Chefs du bureau des biotechnologies et de l'agriculture, et du bureau Planification
et gestion des déchets*

3 juillet 2014



LA COMMANDE D'ESCo

Méthode et questions posées

Anais TIBI

Inra - Délégation à l'Expertise, à la Prospective et aux Etudes
Chef de projet

3 juillet 2014



L'expertise scientifique à l'Inra, au CNRS et à Irstea

Une mission pour la recherche (loi 2006)

- Charte de l'expertise à l'Inra (2002)
- Charte nationale de l'expertise signée par le CNRS, l'Inra et Irstea (2011)

→ Un éclairage scientifique et technique sur des questions faisant l'objet de politiques publiques

Une contribution de la recherche au débat public

Des retombées sur l'activité de recherche (besoins, réseaux...)

Définition de l'exercice

Des spécificités

- Une saisine extérieure (décideurs publics) → préoccupation sociétale
- Un temps limité : 18 mois
- Un bilan des **connaissances scientifiques publiées** : acquis, incertitudes, controverses, lacunes
 - Tributaire de l'**existence de littérature scientifique**
 - Corpus analysé par un collectif pluridisciplinaire d'**experts chercheurs** (organismes publics)
- **Ni avis ni recommandations** formulés

Produits de l'expertise :

- Rapport référencé
 - Synthèse pour décideurs
 - Résumé
- } *Version finale en ligne
automne 2014*

ESCo "Mafor" : contexte de la demande

Ressources potentiellement valorisables
(effluents d'élevage, ordures ménagères, boues d'épuration, déchets industriels, déchets verts...)

+

Traitement éventuel (compostage, méthanisation...)

Matière d'origine résiduaire

Autres voies
de valorisation
ou d'élimination

homologation

normalisation

apte à
l'épandage

mise sur le marché en tant que
matière fertilisante

épandage

Mafor =
matières **fertilisantes**
d'origine résiduaire
susceptibles d'être
épandues

ESCo Mafor : contexte de la demande



Un recours ancien à certaines Mafor :

Effluents d'élevage

Boues d'épuration urbaines dès le 19^e siècle



Bases de

la fertilisation organique

L'usage plus récent d'autres matières et la diversification des Mafor commercialisées

- Quelles ressources exploitables aujourd'hui ?
- Quel potentiel de substitution aux engrais minéraux de synthèse ?
- Origines diverses des matières : présence de contaminants ?
- Quel recul sur l'usage de ces matières et ses effets ?

Questions posées à l'ESCo

→ Un bilan des bénéfices et des risques environnementaux de l'épandage des Mafor sur les sols agricoles et forestiers, sur la base de la littérature scientifique.

Les interrogations majeures :

- **Agronomie** : efficacité des Mafor, effets des épandages sur le fonctionnement des écosystèmes cultivés...
- **Environnement** : apport de contaminants *via* les Mafor, devenir dans l'environnement, écotoxicité, qualité des matières premières agricoles...
- **Economie, droit, sociologie** : conditions d'insertion des Mafor dans les systèmes de production agricole et les territoires, perception par la société, état du droit applicable

Des questions hors périmètre :

- Impact des épandages de Mafor **sur la santé humaine** → saisine ANSES portant sur l'évaluation des risques sanitaires
- Evaluation comparative des **traitements** applicables aux Mafor
- Comparaison avec les **autres voies de valorisation/élimination** des déchets

Le groupe de travail de l'ESCo Mafor

33 experts : pluridisciplinarité et diversité institutionnelle

Agronomie des systèmes de cultures
Droit de l'environnement
Gestion des Mafor
Fonctionnement des exploitations
Santé des plantes
Microbiologie
Ecotoxicologie
Evaluation environnementale
Sciences du sol
Devenir des micropolluants
Sciences de l'environnement
Sécurité sanitaire
Procédés de traitement
Ecophysiologie végétale
Sociologie de l'environnement
Microéconomie
Chimie environnementale
Biogéochimie



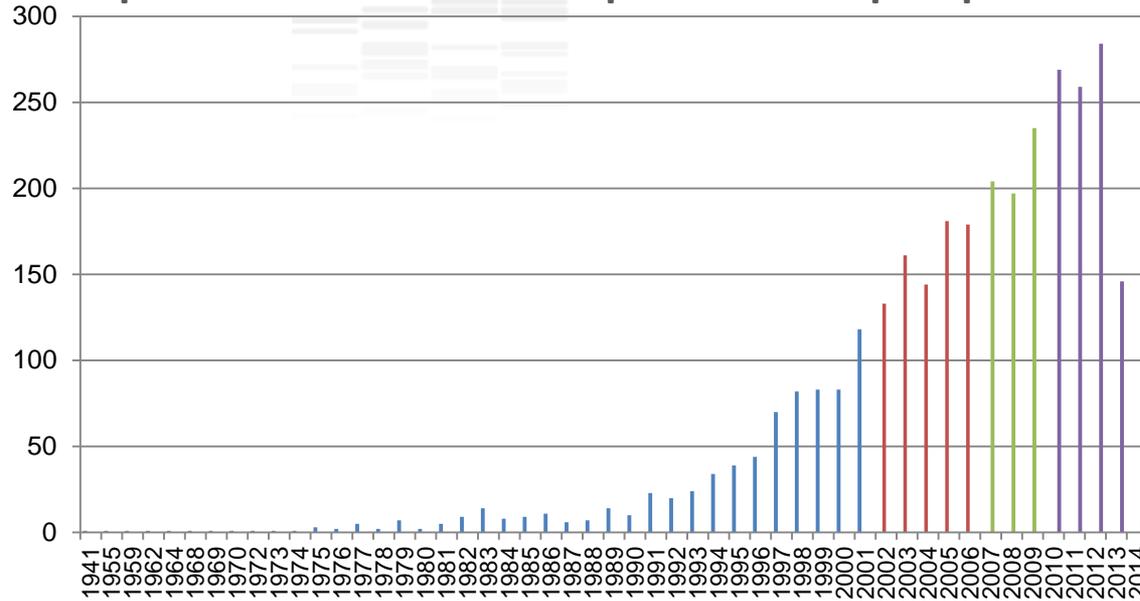
2 documentalistes : Sophie Le Perchec (Inra)
Sybille De Mareschal (Irstea)

Equipe projet Depe : Anaïs Tibi
Marc-Antoine Caillaud
Isabelle Savini
Fabienne Girard



Environ 3000 références citées

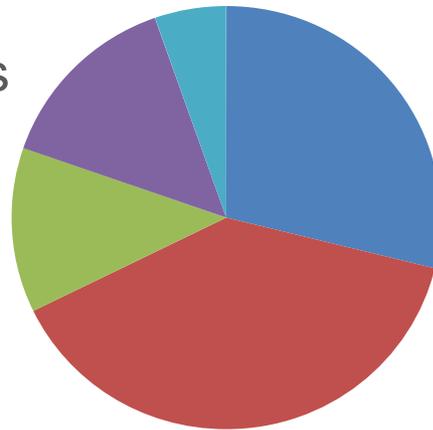
Répartition des références par année et par quartile



Plus de la moitié des références ont moins de 10 ans (barres vertes et violettes)

Plus de 90% d'articles scientifiques issus du WoS

Des thématiques peu explorées :



- Caractéristiques et intérêts agronomiques
- Contaminants dans les Mafor
- Ecosystèmes forestiers
- Sciences humaines et sociales
- Evaluation environnementale

CONCLUSIONS DE L'EXPERTISE SCIENTIFIQUE COLLECTIVE

Les responsables scientifiques de l'ESCo :

Marilys PRADEL – *Irstea*

Sabine HOUOT – *Inra*

Marie-Noëlle PONS – *CNRS*

3 juillet 2014



Plan de la présentation

Ressources et utilisation de Mafor en France

Diversité des Mafor en France : gisements et quantités épandues
Surfaces épandues et hétérogénéité spatiale des épandage
Quel statut juridique pour les Mafor épandues en France?

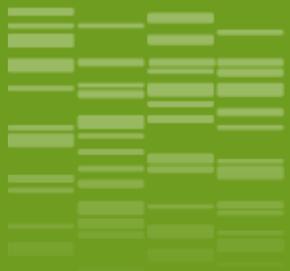
Intérêts agronomiques des Mafor, impacts environnementaux associés

Valeur fertilisante des Mafor
Valeur amendante des Mafor
Impacts environnementaux associés

Les Mafor, vecteurs de contaminants ?

Différentes classes de contaminants
Teneurs en contaminants dans les Mafor
Devenir des contaminants dans l'environnement (sol, plantes, animaux)

Bilan et pistes de recherche pour optimiser l'usage des Mafor



RESSOURCES ET UTILISATION DES MAFOR EN FRANCE

Marilys PRADEL
Irstea

MAFOR : définitions, objet et périmètre

MAFOR : MAtières Fertilisantes d'Origine Résiduaire

Mafor \ Traitement	Agricole	Urbaine			Industrielle	
	effluents d'élevage	boues d'épuration urbaines	déchets urbains			Effluents industriels
			ordures ménagères résiduelles	biodéchets triés à la source	déchets verts	
Sans traitement	seuls	seules				seuls
Compostage → compost	seuls ou en mélange	en mélange	seules	en mélange	seuls ou en mélange	seuls ou en mélange
Digestion anaérobie (méthanisation) → digestat	seuls ou en mélange	seules	seules	seuls ou en mélange	en mélange	seuls ou en mélange
Chaulage		oui	oui			

MAFOR : définitions, objet et périmètre

MAFOR : MAtières Fertilisantes d'Origine Résiduaire

	Agricole	Urbaine			Industrielle	
Mafor \ Traitement	effluents d'élevage	boues d'épuration urbaine	déchets urbains			Effluents industriels
			ordures ménagères	biodéchets	autres	
Sans traitement	seuls	seuls				seuls
Compostage → compost	seuls ou en mélange	en mélange				seuls ou en mélange
Digestion anaérobie (méthanisation) → digestat	seuls ou en mélange	seules	seules	seuls ou en mélange	en mélange	seuls ou en mélange
Chaulage		oui	oui			

Enquêtes Agreste
 mais uniquement sur les cheptels

 mais pas nécessairement en termes
 de quantités excrétées par animal

 Données Biomasse Normandie 2001

MAFOR : définitions, objet et périmètre

MAFOR : MAtières Fertilisantes d'Origine Résiduaire

	Agricole	Urbaine	Industrielle	
Mafor	effluents d'élevage	boues d'épuration urbaines	déchets urbains	Efluentes
			ordures ménagères résiduelles	
Traitement				
Sans traitement	seuls	seules		
Compostage → compost	seuls ou en mélange	en mélange	seuls	
Digestion anaérobie (méthanisation) → digestat	seuls ou en mélange	seules	seules	seuls ou en mélange
Chaulage		oui	oui	

Tonnages de boues épandues issues des données du rapportage du ministère de l'Ecologie
 mais pas nécessairement les types de boues épandues et les traitements qu'elles ont subies.

MAFOR : définitions, objet et périmètre

MAFOR : MAtières Fertilisantes d'Origine Résiduaire

		Urbaine			Industrielle
		déchets urbains			Effluents industriels
Traitements	Stationnements	ordures ménagères résiduelles	biodéchets triés à la source	déchets verts	
	Sans traitement	les			
Composition → compost	Composts issus de ces déchets = rapports de l'ITOM	mélange	seules	en mélange	seuls ou en mélange
		Digestion anaérobie (méthanisation) → digestat	en mélange	seules	seuls ou en mélange
Chaulage		oui	oui		

Gisements = rapports Ademe, bases de données (SINOE...)

Caractéristiques physico-chimiques = rapports du Modecom

Composts issus de ces déchets = rapports de l'ITOM

MAFOR : définitions, objet et périmètre



Deux contraintes fortes pour cette ESCo

- la centralisation des données relatives à ces gisements et leur mise en cohérence
- l'identification des caractéristiques des différentes Mafor disponibles en termes d'éléments nutritifs et de contaminants potentiels

+ difficulté de trouver des informations détaillées sur les quantités épandues en fonction des traitements subis

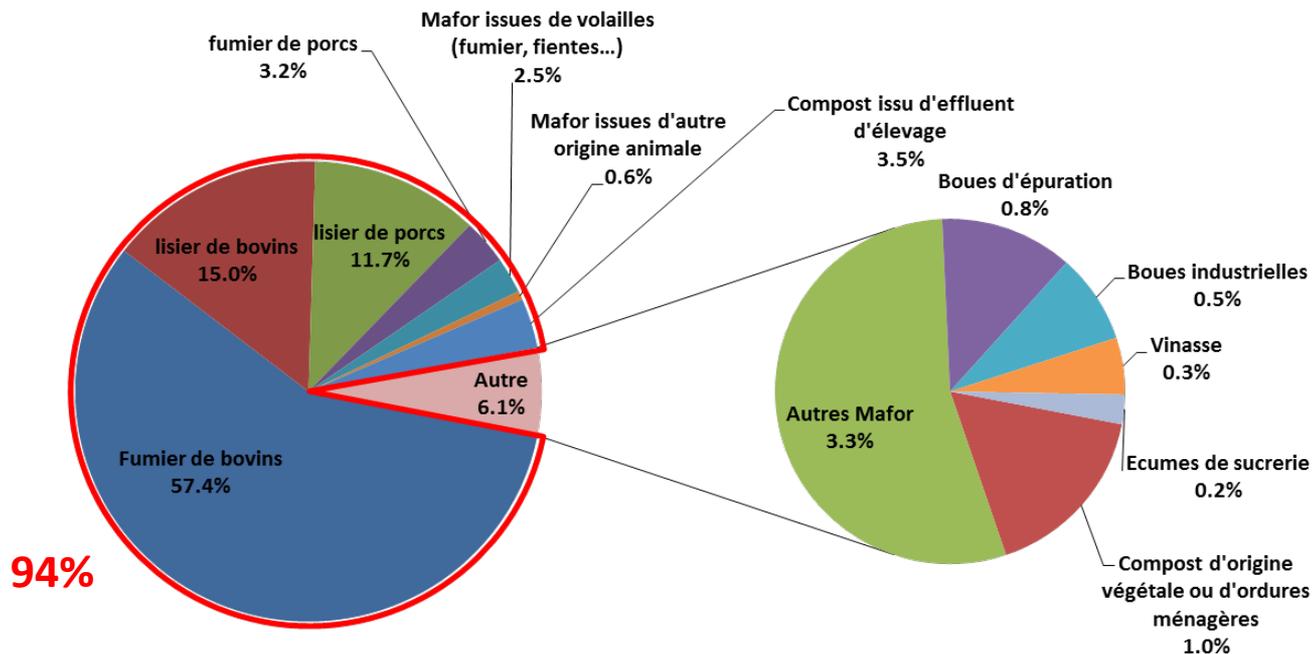
Ressources et utilisation de Mafor en France

Diversité des Mafor en France : quantités épandues

- Essentiellement agricole: **94% des quantités épandues sont des effluents d'élevage**
- 6% épandus restants = composts et Mafor d'origine industrielle et urbaine (15 à 80% des ressources recyclées)

Quantités totales de fumure organique apportées sur les sols agricoles en 2011

(Source : Agreste – Enquête Pratiques culturales grandes cultures et prairies 2011)



121 millions de tonnes de matière brute (MB) de Mafor épandues

=> Pression d'apport de 17t MB/an ha SAU fertilisé avec des Mafor en moyenne

+ 148 millions de tonnes de déjections émises à la pâture

Ressources et utilisation de Mafor en France

Diversité des Mafor en France : 15 à 100% des gisements sont épandus

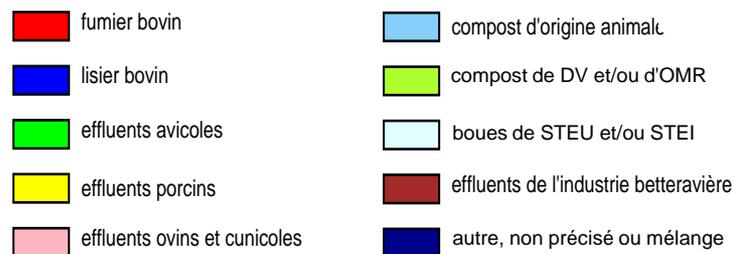
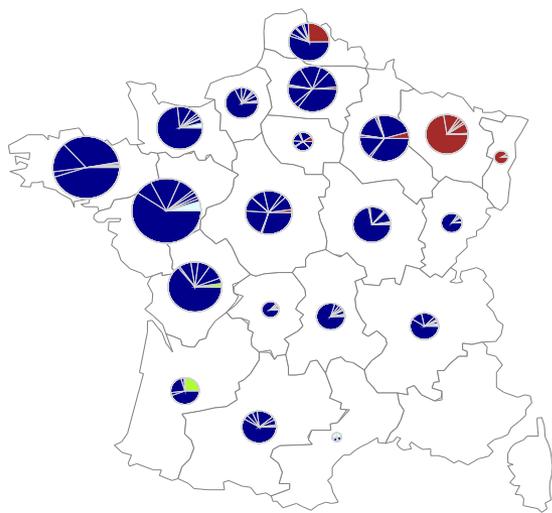
- **100%** des gisements pour les effluents d'élevage : 83% effluents bruts, le reste composté ou digestat
 - **Une part moindre pour les Mafor d'origine industrielle et urbaine**
 - 22 % des gisements de boues et effluents hors IAA (dont 4% *via* compostage)
 - 50 % des gisements de boues et effluents IAA (dont 4% *via* compostage)
 - 73 % des boues d'épuration (dont 31% *via* compostage)
 - 14.5 % des Déchets Ménagers Assimilés *via* compostage
 - ? % des déchets solides des collectivités *via* compostage
 - 35 % des déchets industriels organiques (dont 8% *via* compostage)
- ⇒ **le reste des gisements = autre voie de valorisation (incinération, décharge...)**
- ⇒ **Peu de perspectives d'évolution des gisements hormis transfert d'un gisement à un autre (Mafor brutes => compostage ou digestats de méthanisation)**

Ressources et utilisation de Mafor en France

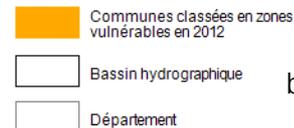
Une hétérogénéité spatiale des épandages de Mafor en France

(Source : Agreste – Enquête Pratiques culturales grandes cultures et prairies 2011)

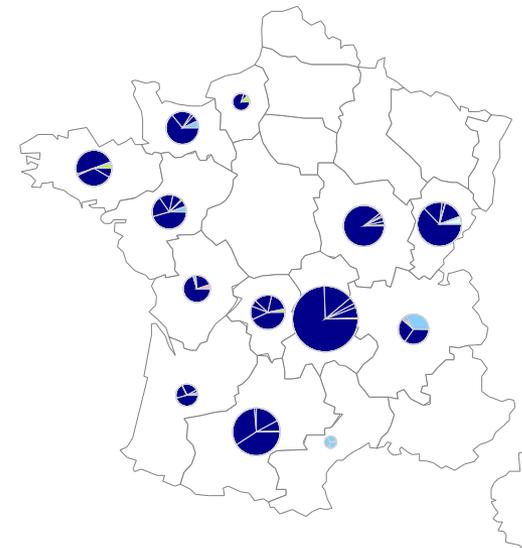
a. Epandage de Mafor en grandes cultures



Légende



b. Epandage de mafor en prairies temporaires et permanentes



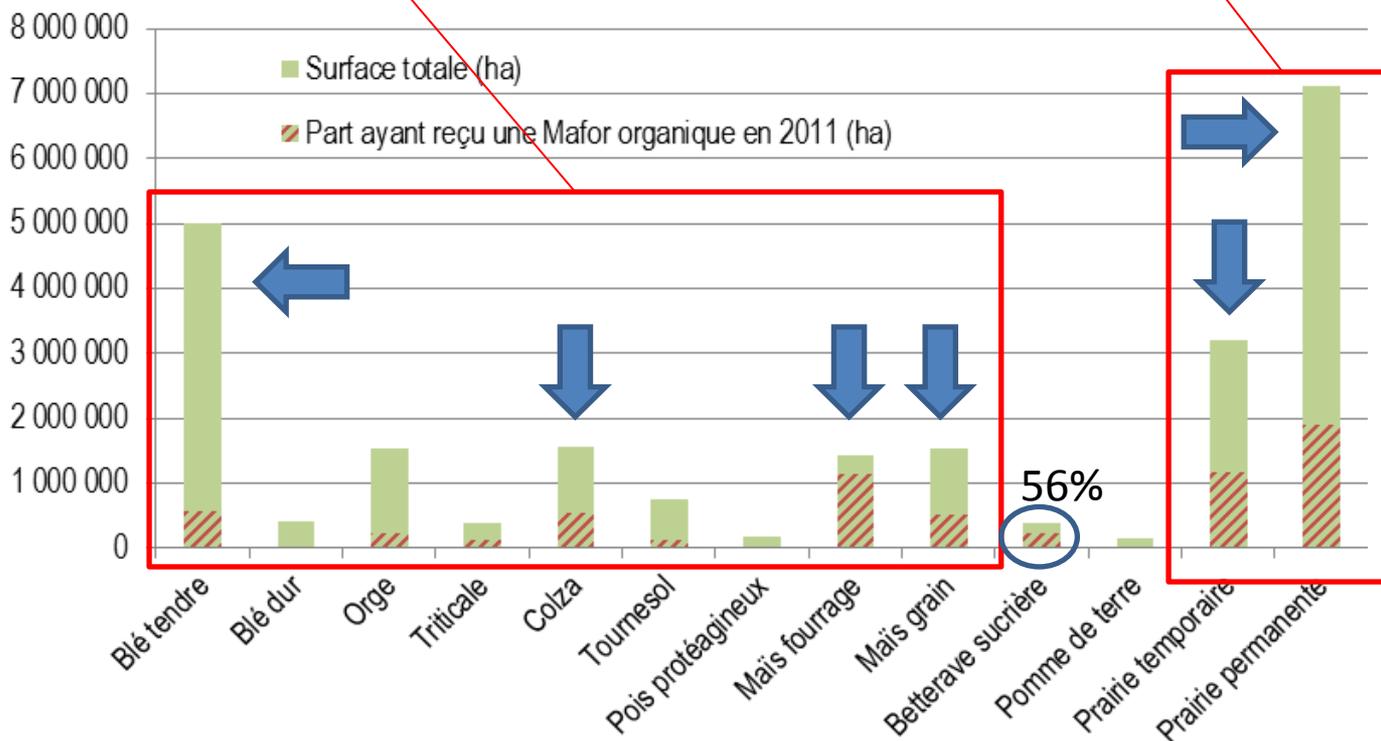
- Variabilité régionale du recours au Mafor
- Grande majorité d'effluents d'élevage
- Autres Mafor sur betterave et pomme de terre

Ressources et utilisation de Mafor en France

Etat des lieux des surfaces recevant des Mafor en France

26% des surfaces en Grandes Cultures
(89% = effluents d'élevage, dont 6% sous forme de compost)

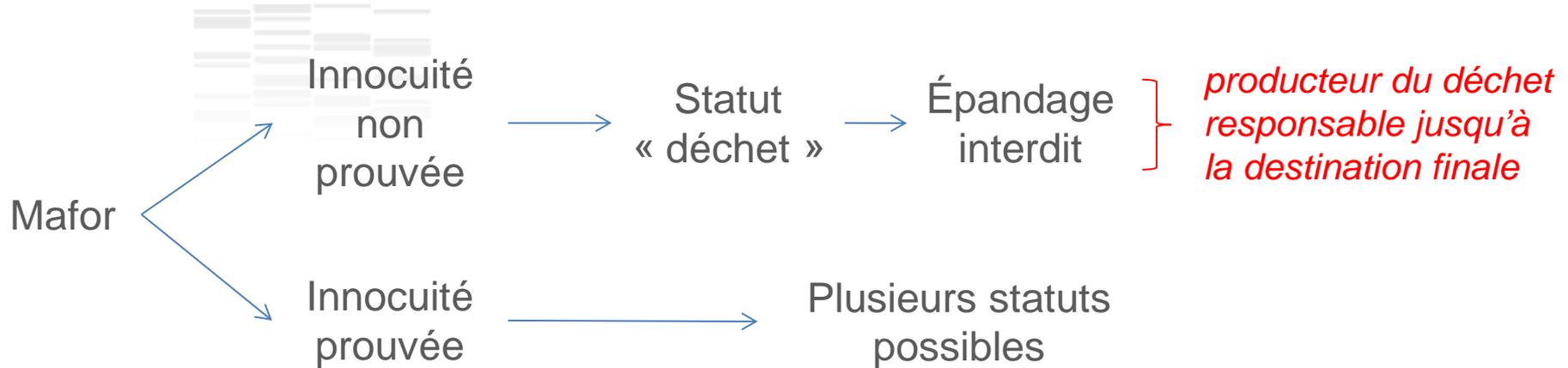
30% des surfaces en Prairies
(96% = effluents d'élevage, dont 7% sous forme de compost, sans déjections émises au champ)



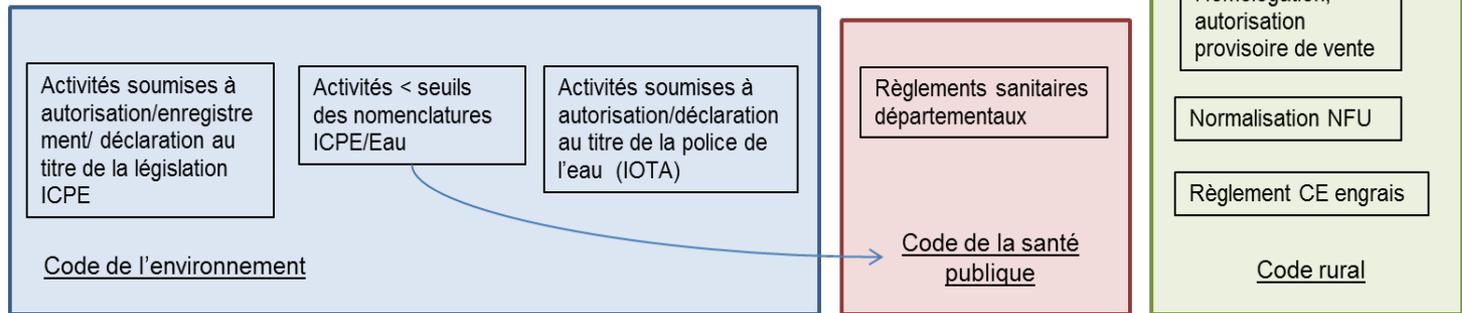
Répartition des surfaces (hectares) qui ont reçu un épandage de Mafor organiques par type de grande culture et de prairies en 2011

Source : Agreste – Enquête "Pratiques culturales" 2011

Quel statut juridique pour les Mafor épandues en France?



Diversité de textes applicables



→ comparaison difficile des règles applicables pour chaque type de Mafor

Une classification possible en Mafor "sous-produits", "déchet", "produits"

Quel statut juridique pour les Mafor épandues en France?

Quelques cas illustratifs :

Effluents d'élevage

"Sous-produit"

Activités soumises à autorisation / enregistrement / déclaration au titre de la législation ICPE

Code de l'environnement

Activités < seuils des nomenclatures ICPE/Eau

Activités soumises à autorisation / déclaration au titre de la police de l'eau (IOTA)

Règlements sanitaires départementaux

Code de la santé publique

Homologation, autorisation provisoire de vente

Normalisation NFU

Règlement CE engrais

Code rural

Plan d'épandage obligatoire

Producteur responsable jusqu'à la destination finale

Epandage permis
(Plan d'épandage non obligatoire mais souvent requis)

Quel statut juridique pour les Mafor épandues en France?

Quelques cas illustratifs :

Boues d'épuration urbaines

Ordures ménagères
Effluents d'élevage...

"Déchet"

Compost
issu de...

Produit

Activités
soumises à
autorisation /
enregistrement /
déclaration au
titre de la
législation ICPE

Activités
< seuils des
nomenclatures
ICPE/Eau

Activités soumises
à autorisation /
déclaration au titre
de la police de
l'eau (IOTA)

Code de l'environnement

Règlements
sanitaires
départementaux

Code de la santé
publique

Homologation,
autorisation
provisoire de vente

Normalisation NFU

Règlement CE engrais

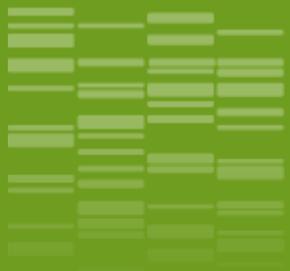
Code rural

Plan d'épandage obligatoire

Pas de plan d'épandage

producteur du déchet responsable jusqu'à la destination finale

*Producteur responsable jusqu'à sa mise sur le marché
Acheteur responsable de son utilisation*

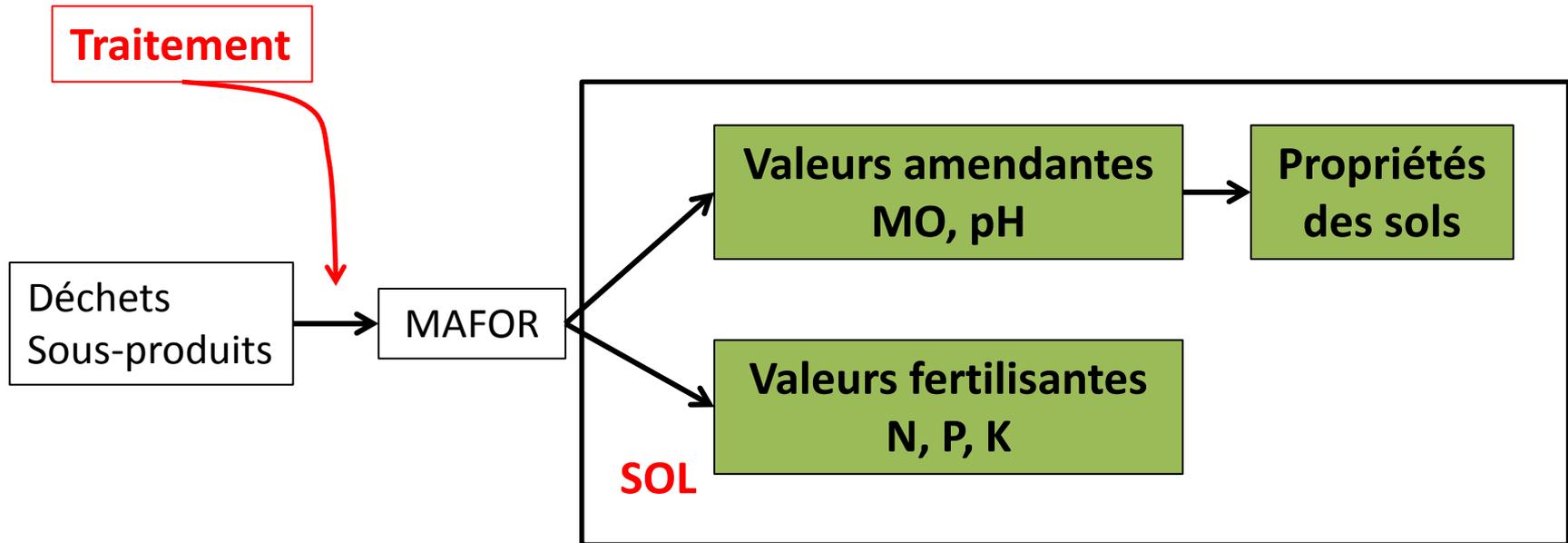


INTÉRÊTS AGRONOMIQUES DES MAFOR ET IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ASSOCIÉS

Sabine HOUOT
Inra

Valeurs agronomiques des Mafor → fertilisante et amendante

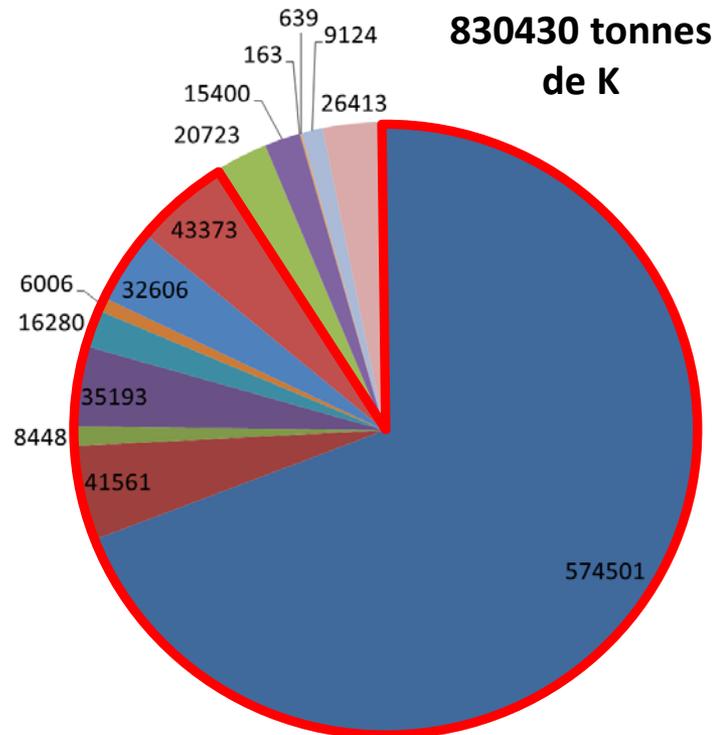
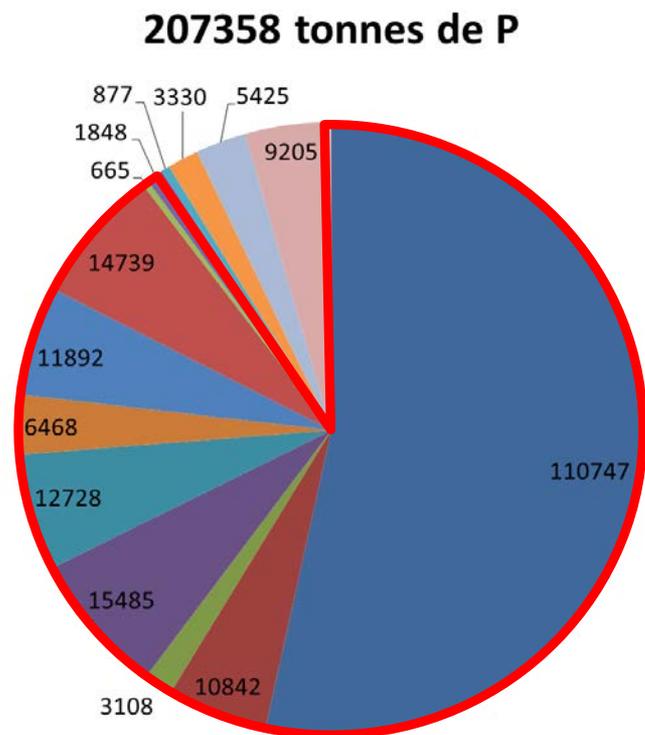
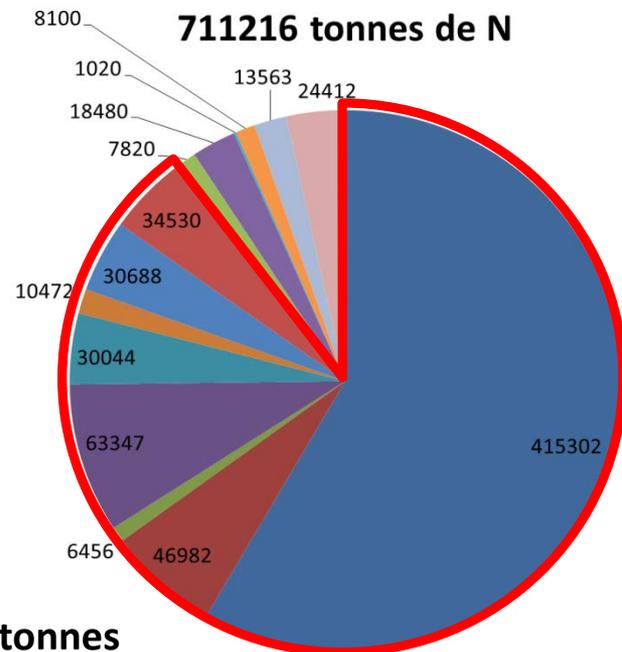
- **Indispensable à la justification d'utilisation d'une nouvelle matière**



Valeur fertilisante des Mafor

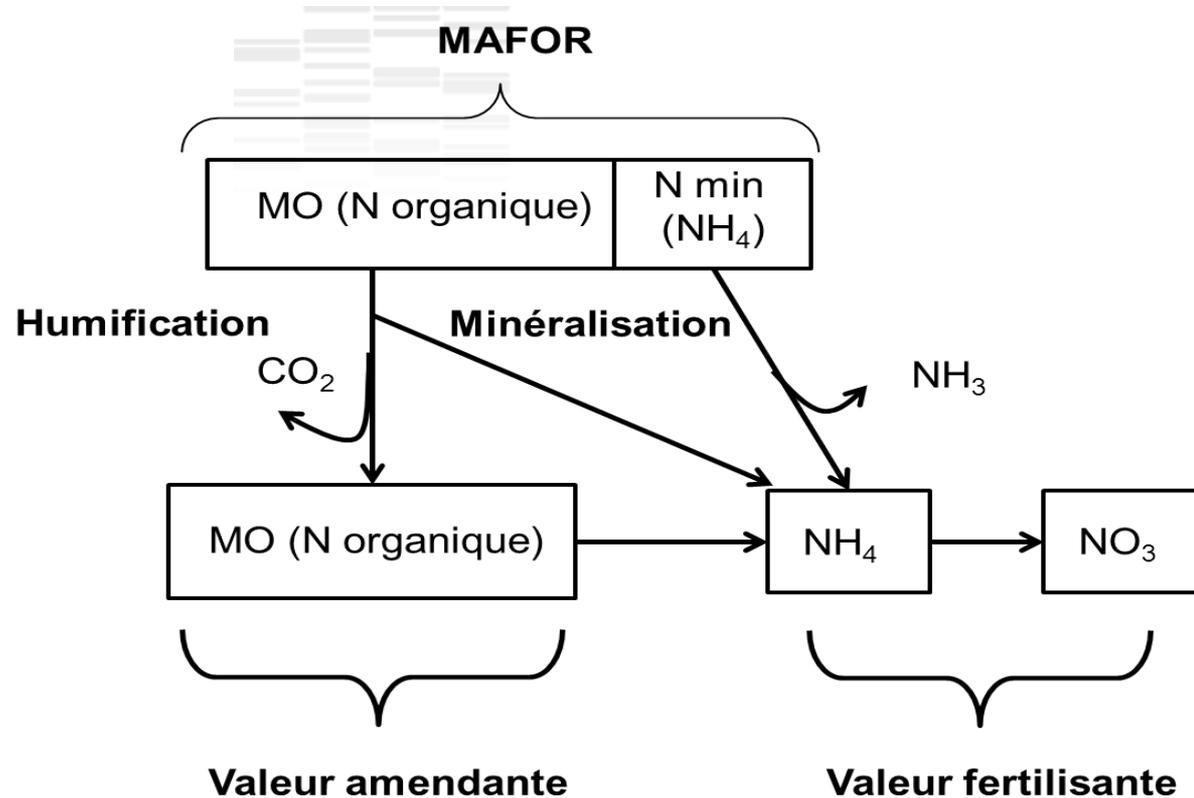
Proportions du N, P et K total apporté provenant des Mafor

	N	P	K
Epandu	25%	54%	71%
Total (+pâtures)	39%	70%	82%



- Fumier de bovins
- Lisier de bovins
- Fumier de Porcs
- Lisier de Porcs
- Fumier de volailles
- Lisier et fientes de volailles
- Fumiers ovins, caprins, equins
- Effluents d'élevage compostés
- vinasse Betterave
- Boue agro-industrie
- Ecumes de sucrerie
- Boues d'épuration déshydratées
- composts urbains
- Autres

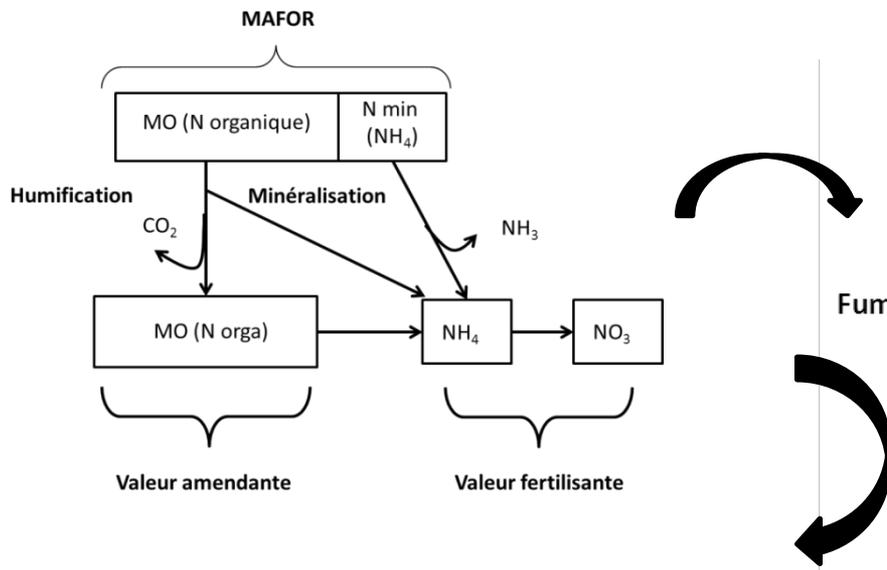
Lien entre valeur fertilisante azotée et amendante



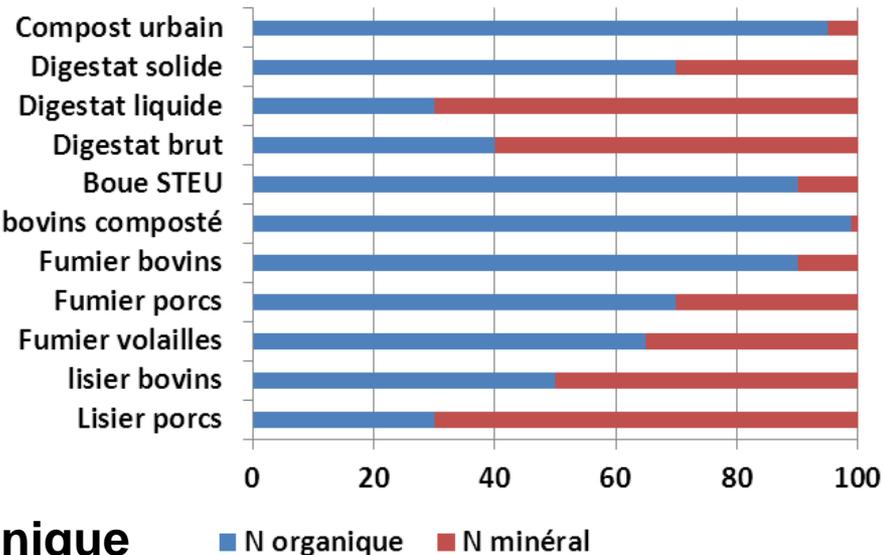
MO biodégradable : Minéralisation rapide → Mafor fertilisant à court terme ,
+/- phase d'organisation transitoire en fonction du C/N (8-15)

MO récalcitrante ou stabilisée au cours d'un traitement : Minéralisation
lente → Mafor amendante → potentiel d'augmentation de la MO des sols

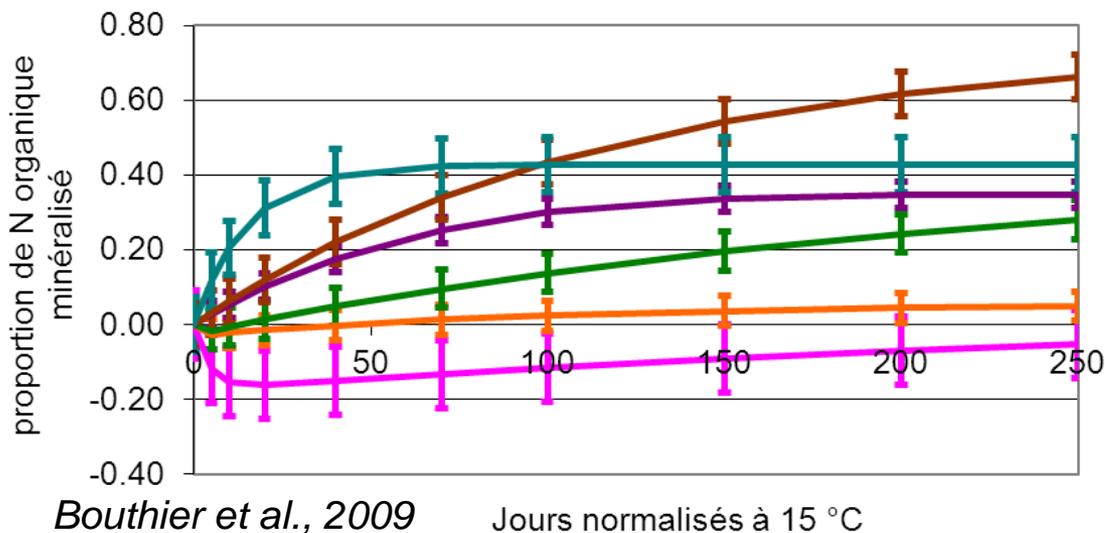
Valeur fertilisante azotée potentielle



Proportions de N organique et minéral



Dynamique de minéralisation du N organique



Vinasse concentrée

Fientes, boue STEU pâteuse

Fumier volailles, boue STEU déshydratée

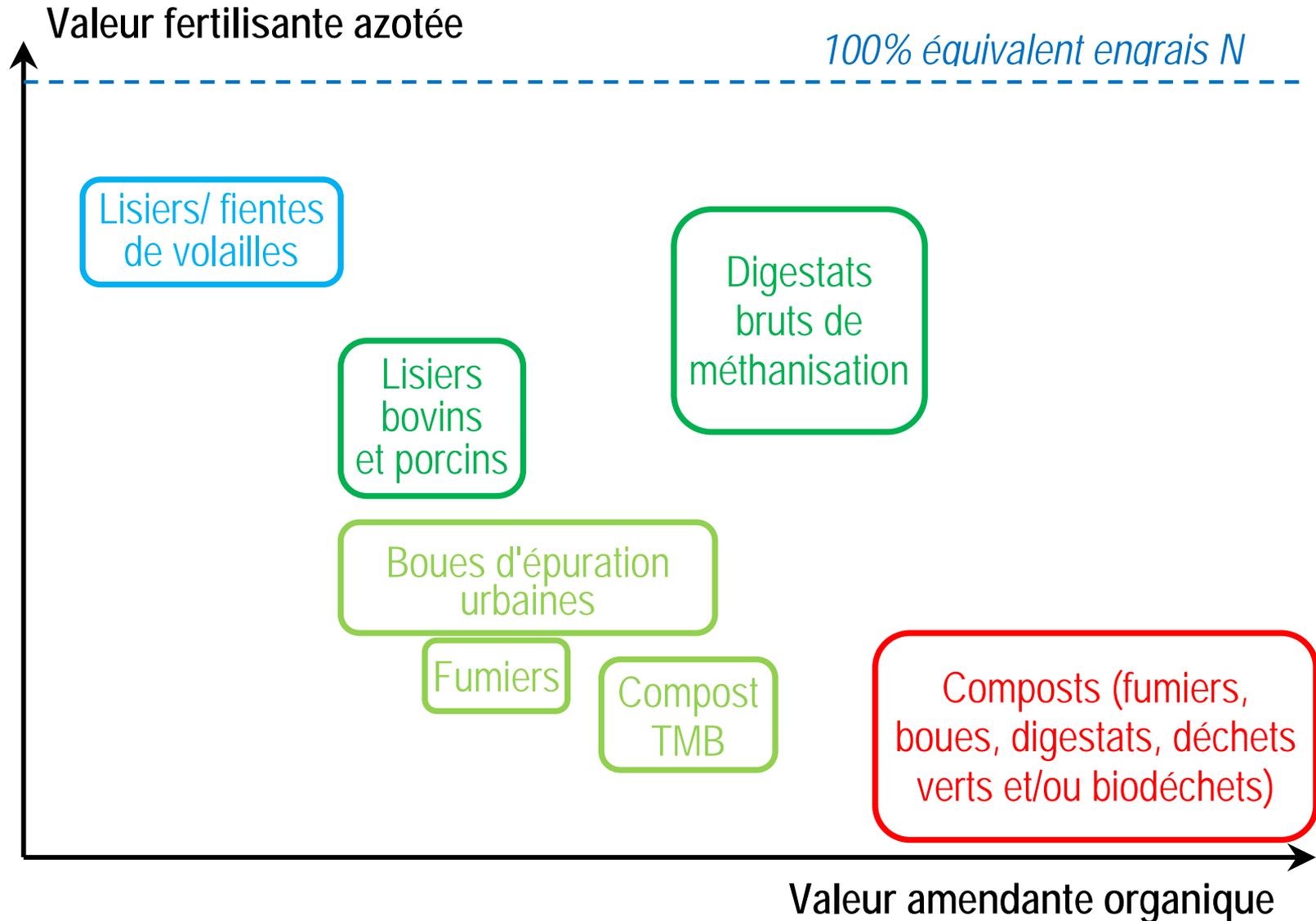
Fumier de bovin

Fumier composté, compost de boue

Compost déchets verts

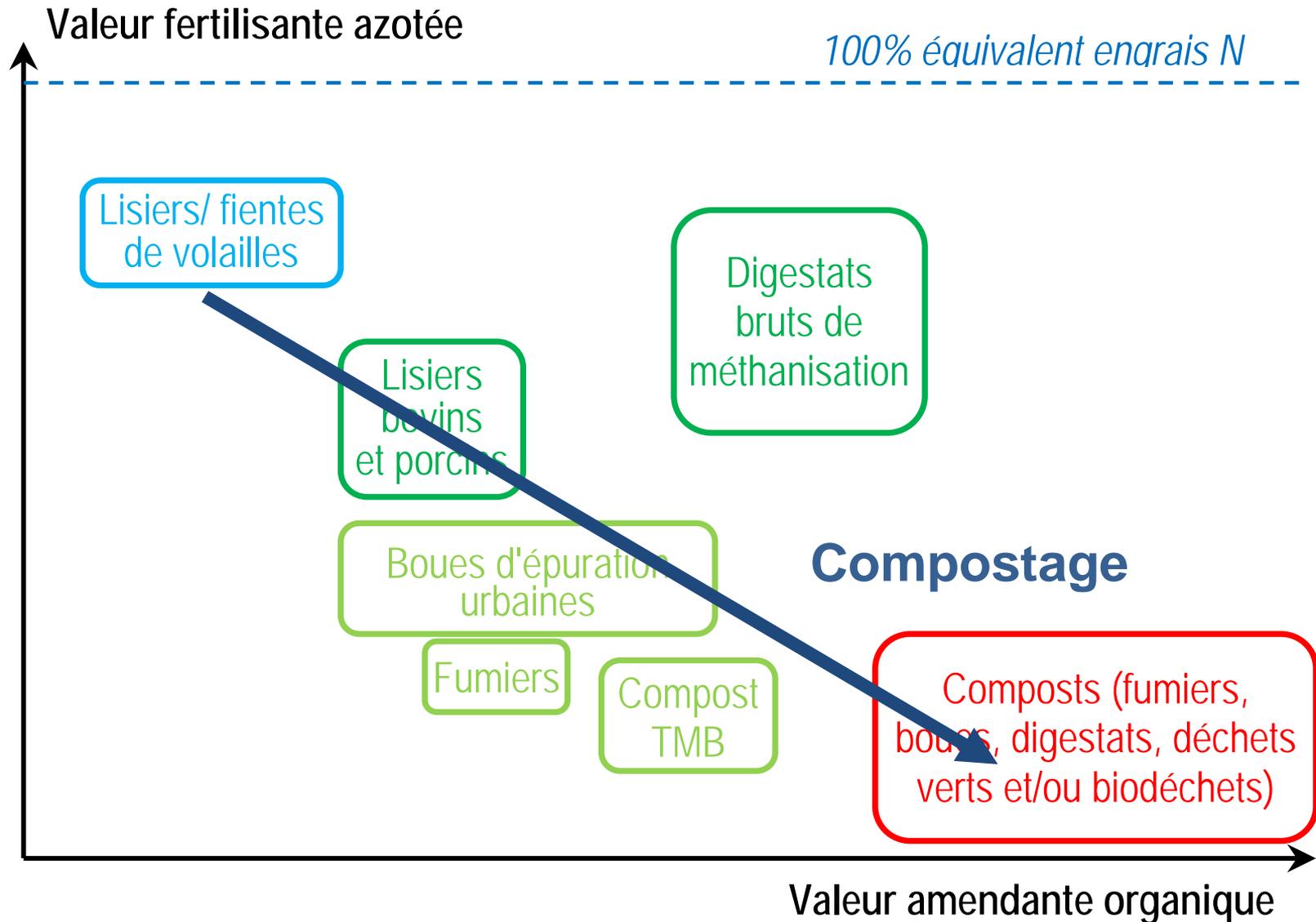
Lien entre valeur fertilisante azotée et amendante

- Origine et traitement préalable des Mafor → valeurs potentielles



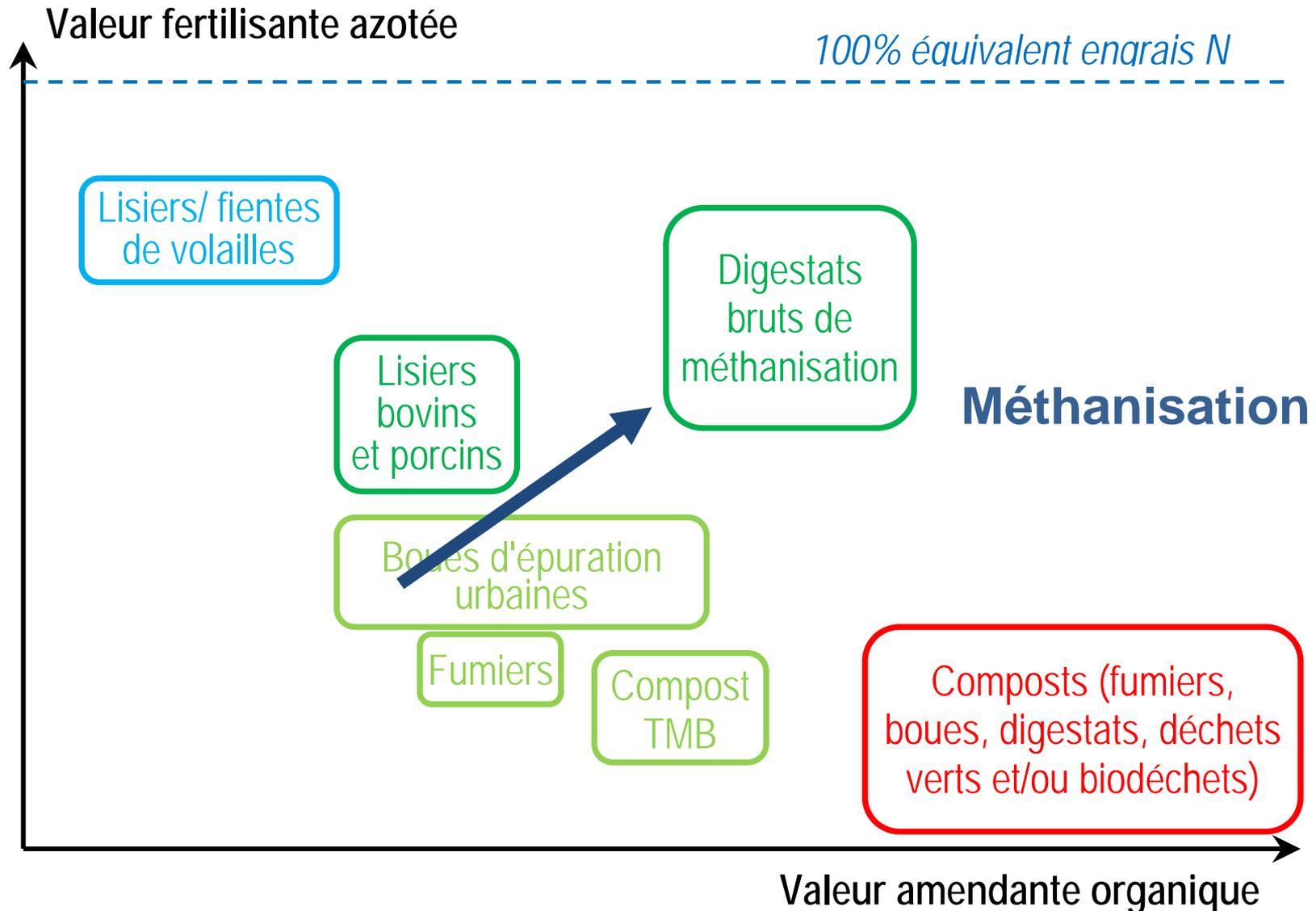
Lien entre valeur fertilisante azotée et amendante

- Origine et traitement préalable des Mafor → valeurs potentielles



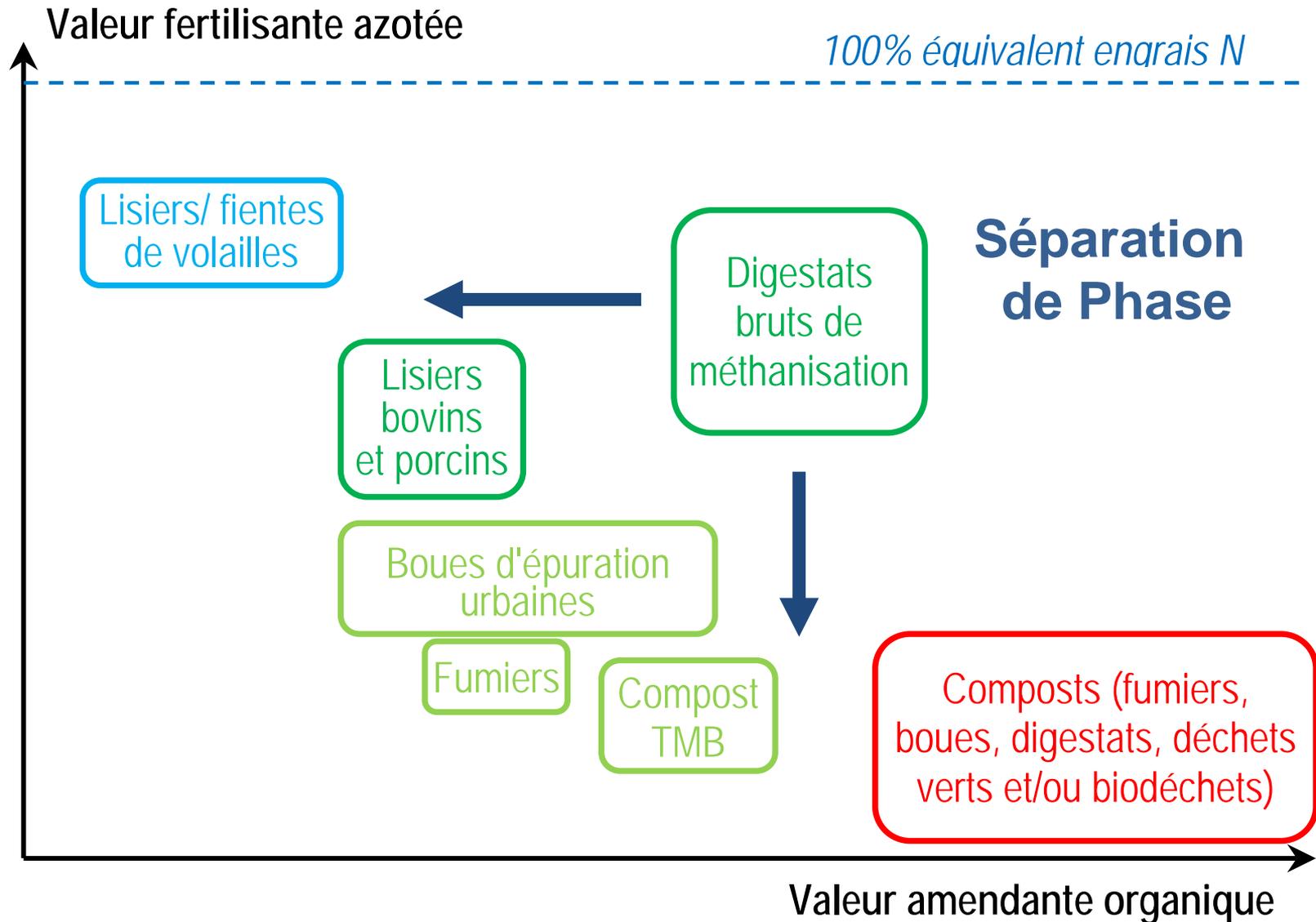
Lien entre valeur fertilisante azotée et amendante

- Origine et traitement préalable des Mafor → valeurs potentielles



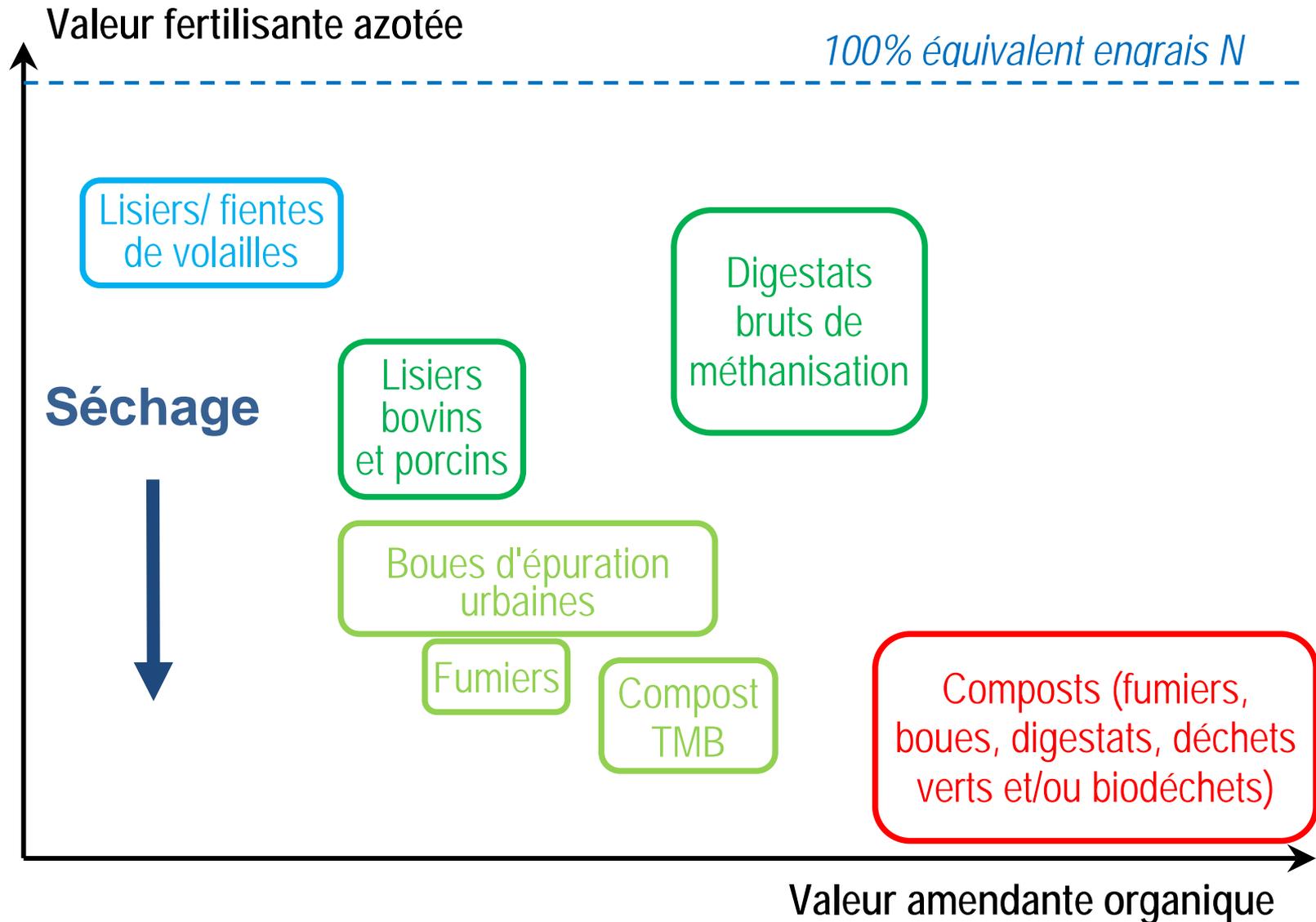
Lien entre valeur fertilisante azotée et amendante

- Origine et traitement préalable des Mafor → valeurs potentielles

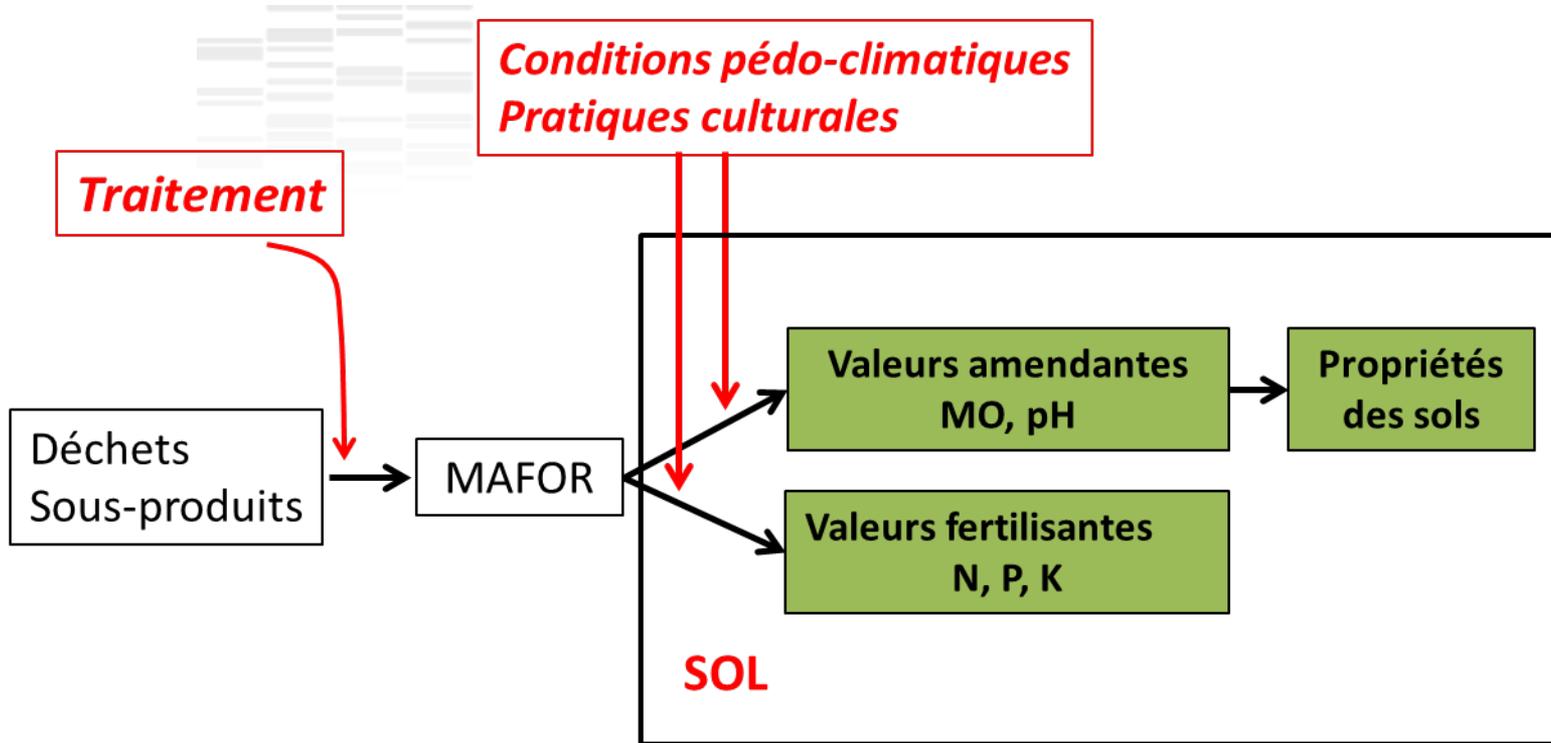


Lien entre valeur fertilisante azotée et amendante

- Origine et traitement préalable des Mafor → valeurs potentielles

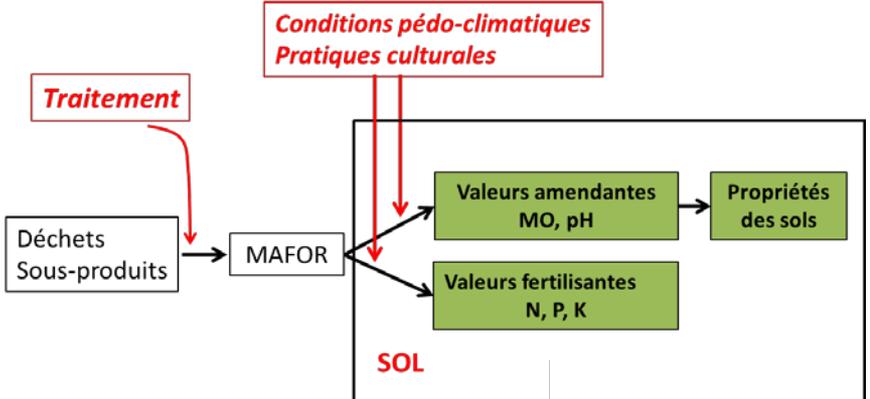


Expression de la valeur fertilisante des Mafor

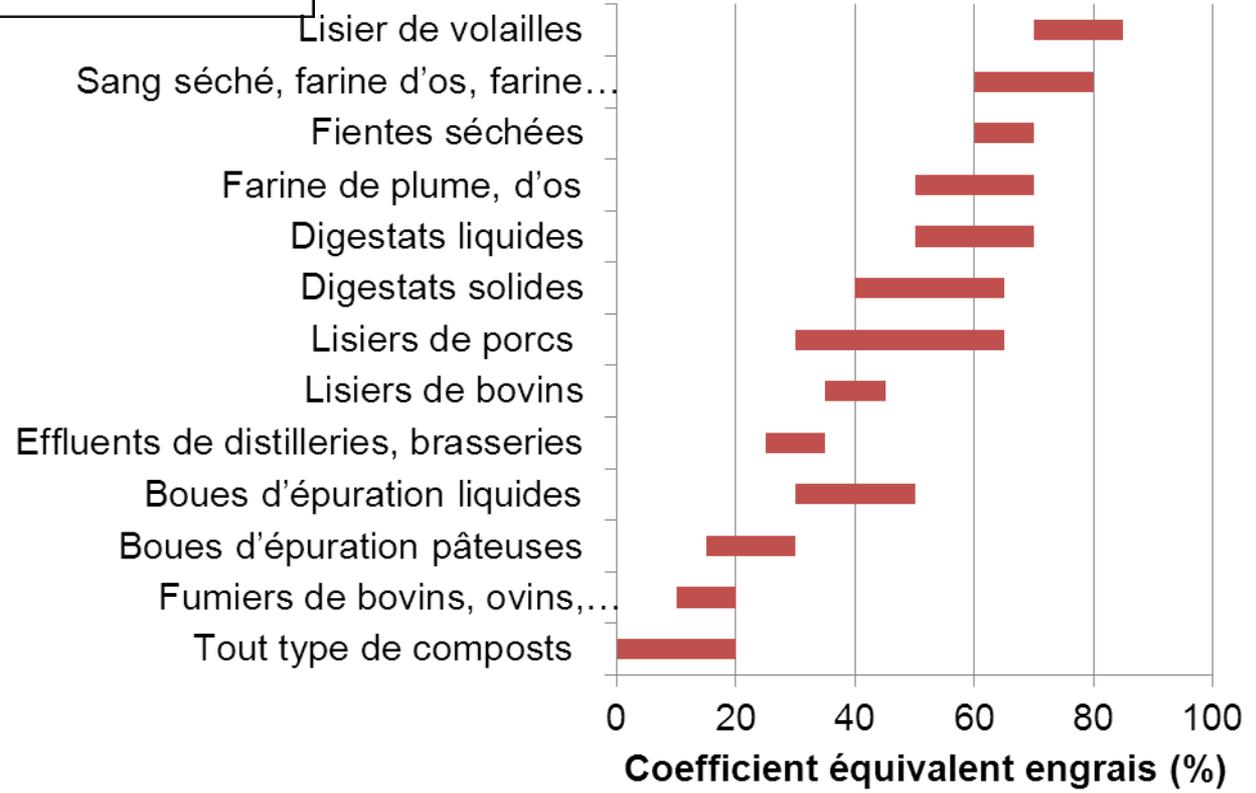


- **Varie avec les cultures**
 - ✓ Attribution des Mafor aux cultures
 - ✓ Occupation du sol par les cultures
- **Varie avec les pratiques d'apport**
- **Varie avec les conditions pédo-climatiques**

Valeurs fertilisante azotée des Mafor → substitution des engrais N



Coefficients équivalent N



D'après Gutser et al., 2005
ESCo « Elevage et Azote » 2012

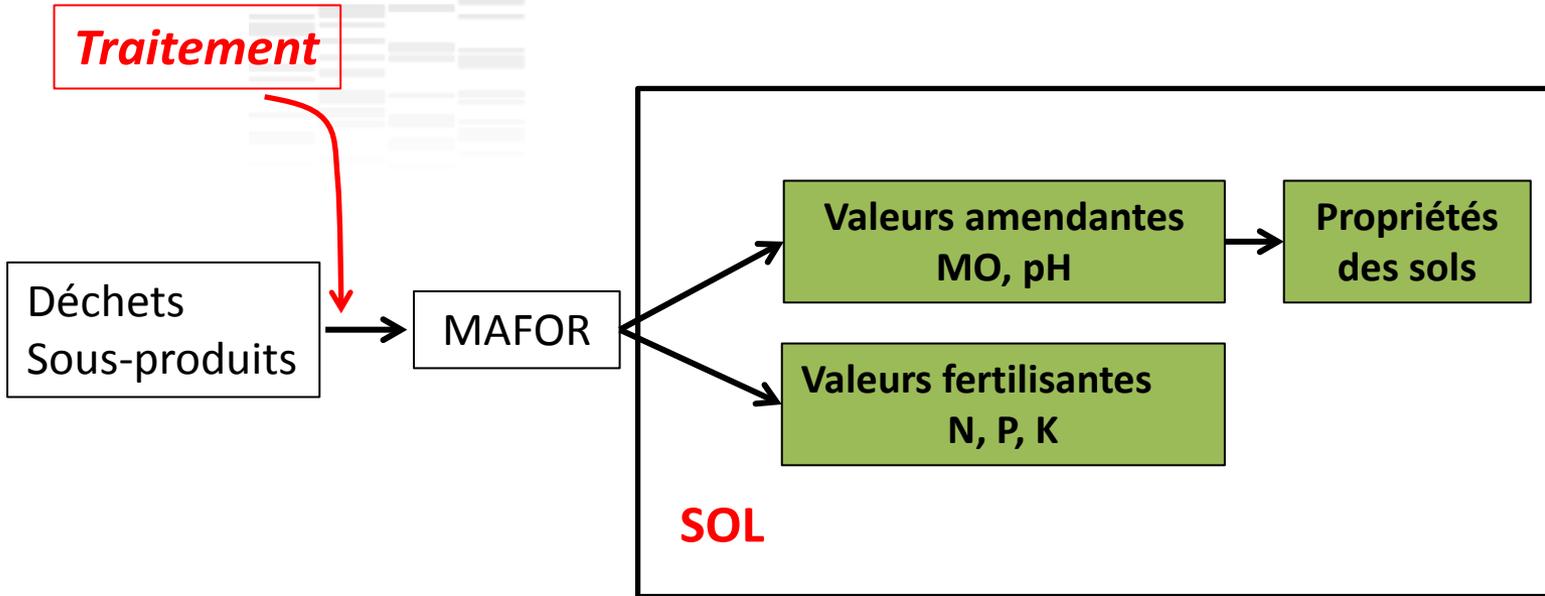
Valeur fertilisante phosphore et potasse



- **Valeur fertilisante P:**
 - 70-80% sous forme minérale
 - Formes chimiques similaires aux engrais
 - Potentiel proche des engrais minéraux → disponibilité dépend des conditions physico-chimique des sols (pH)
 - **Valeur fertilisante équivalent engrais >80%**
 - Exceptions: Cendres et boues dans lesquelles on insolubilise le P

- **Valeur fertilisante K : identique aux engrais minéraux**

Valeurs agronomiques des Mafor → amendante

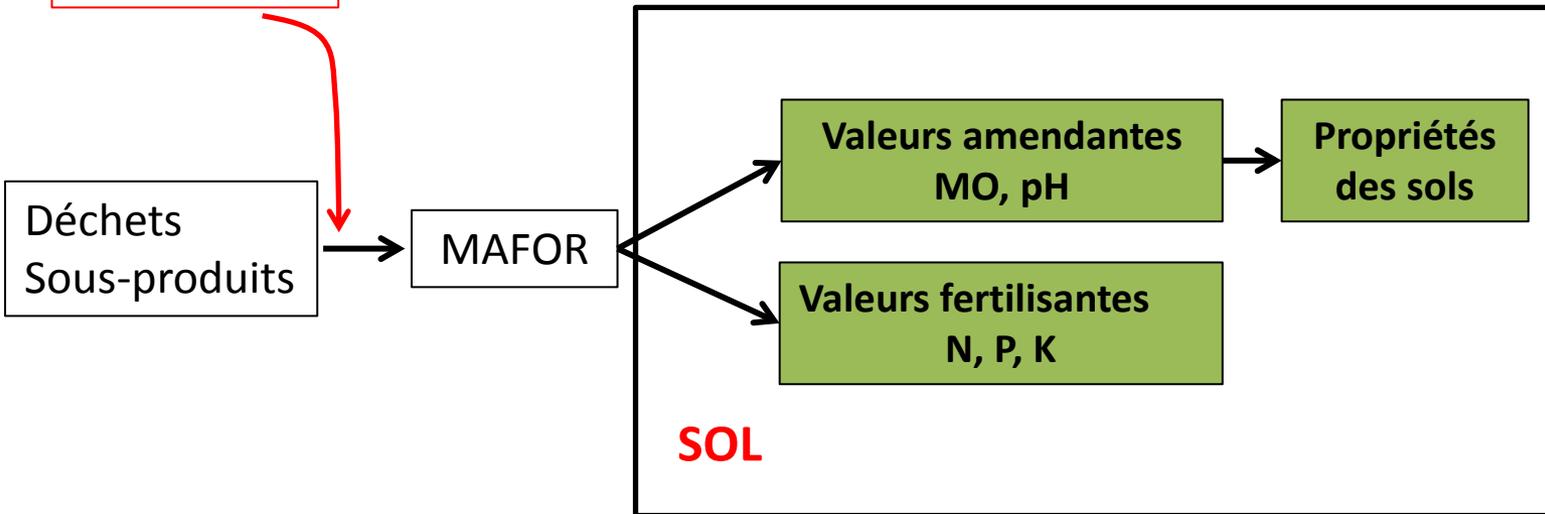


Rendements moyens d'augmentation du C organique des sols dans des essais au champ :

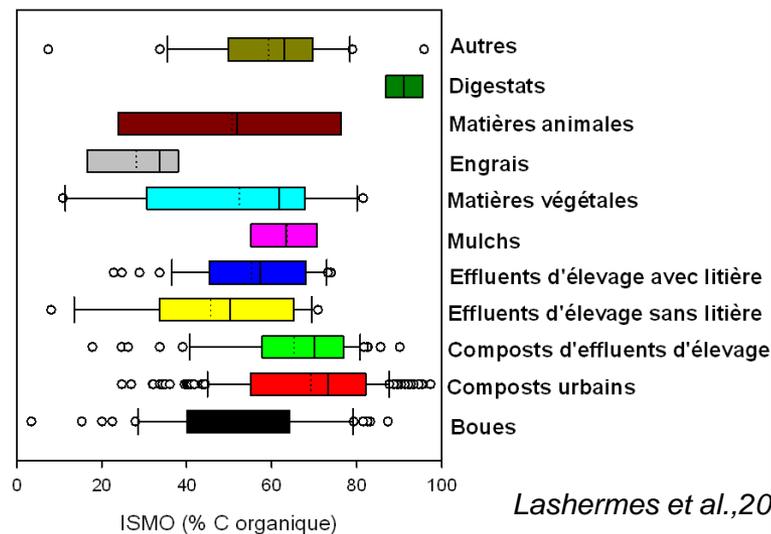
Mafor	t C sol / t C Mafor
Composts	0,61 ± 0,41
Boues d'épuration	0,31 ± 0,30
Fumiers de bovins	0,25 ± 0,22
Lisiers	0,10 ± 0,13

Valeurs agronomiques des Mafor → amendante

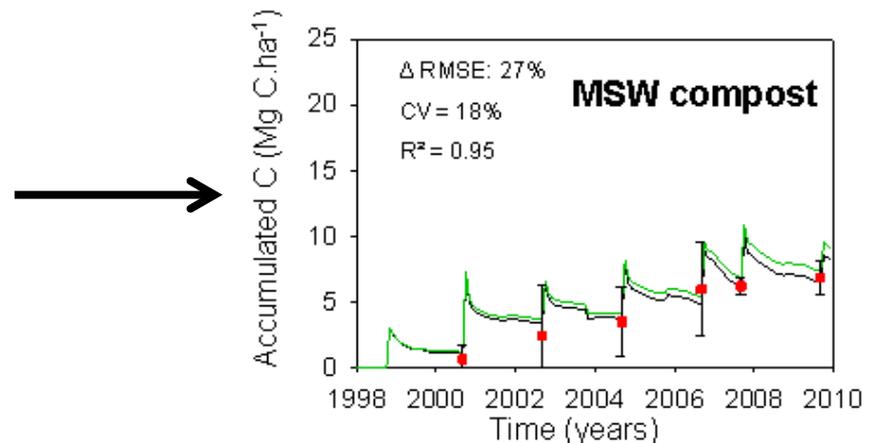
Traitement



Indicateur d'efficacité ISMO (XPU 44 162)



Simulation de l'augmentation des stocks de C



— Simulated with fitted partitioning coefficients
— Simulated with predicted partitioning coefficients
● Measured

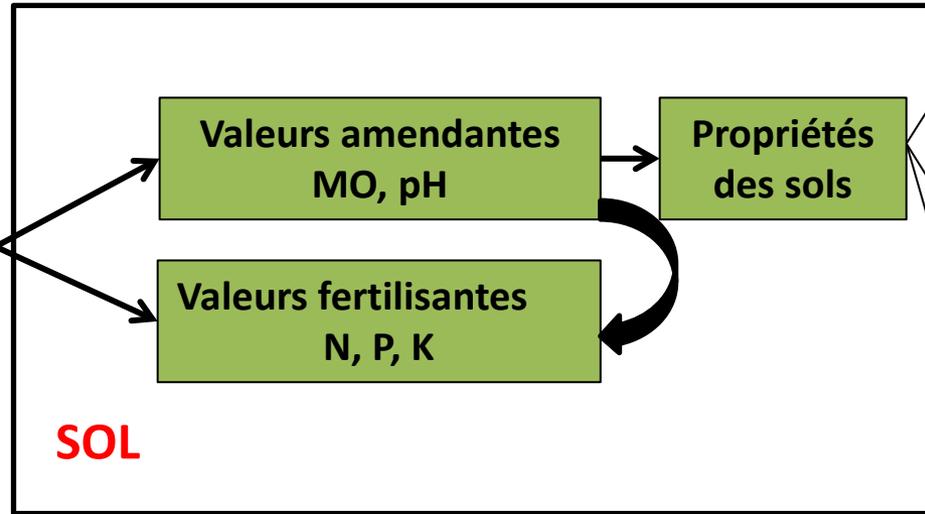
Peltre et al., 2012

Valeurs agronomiques des Mafor → amendante

Traitement

Déchets
Sous-produits

MAFOR

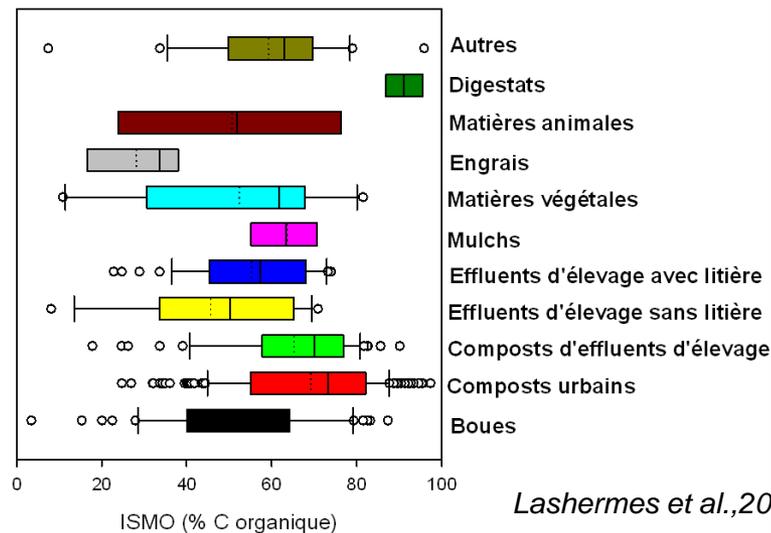


Physiques:
Structure,
RU,
tassement

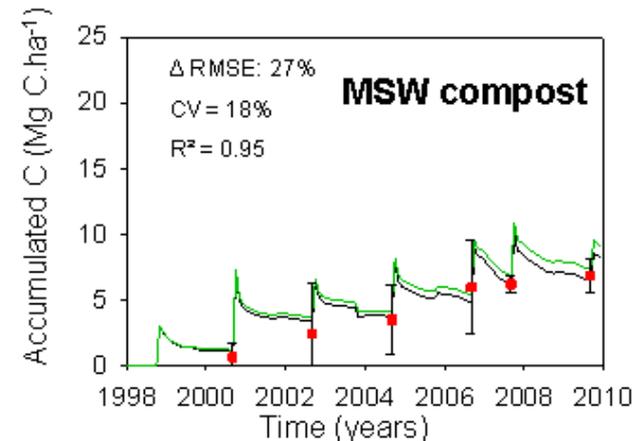
Biologiques:
Activités,
diversité

Chimiques:
CEC, pH

Indicateur d'efficacité ISMO (XPU 44 162)



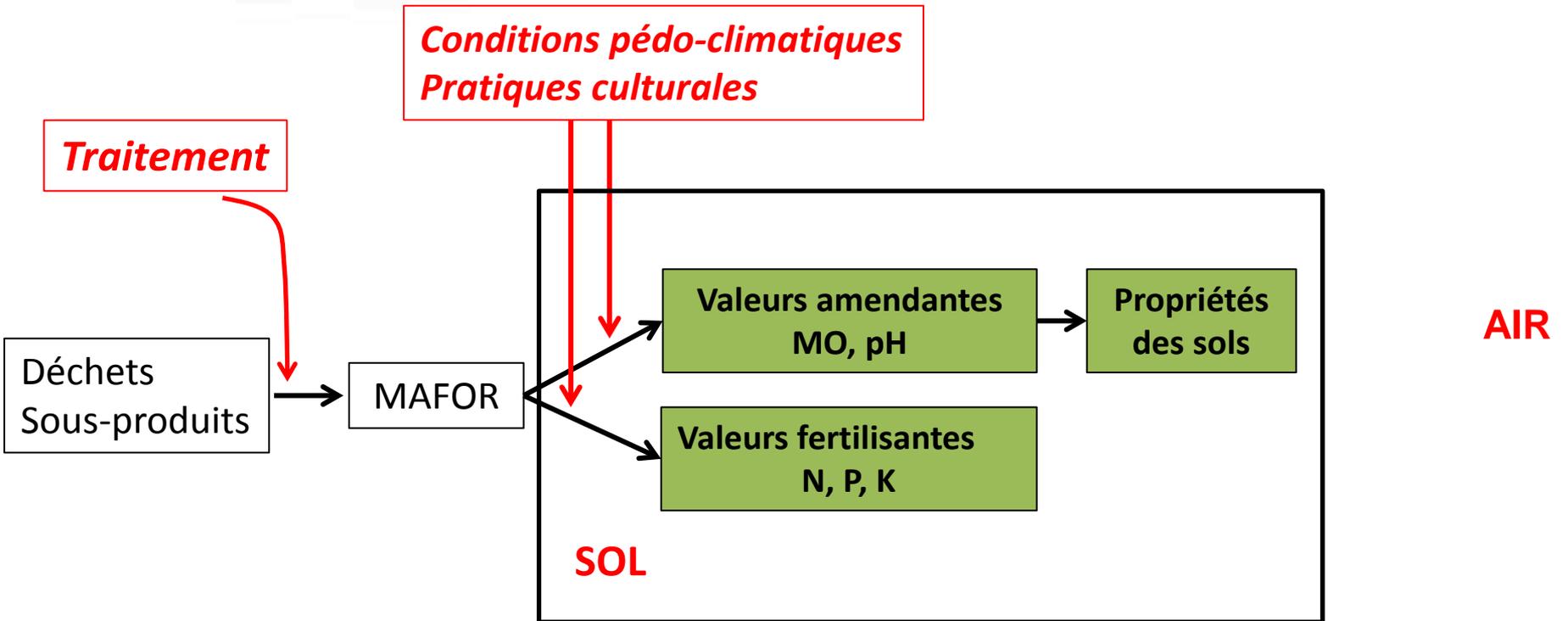
Simulation de l'augmentation des stocks de C



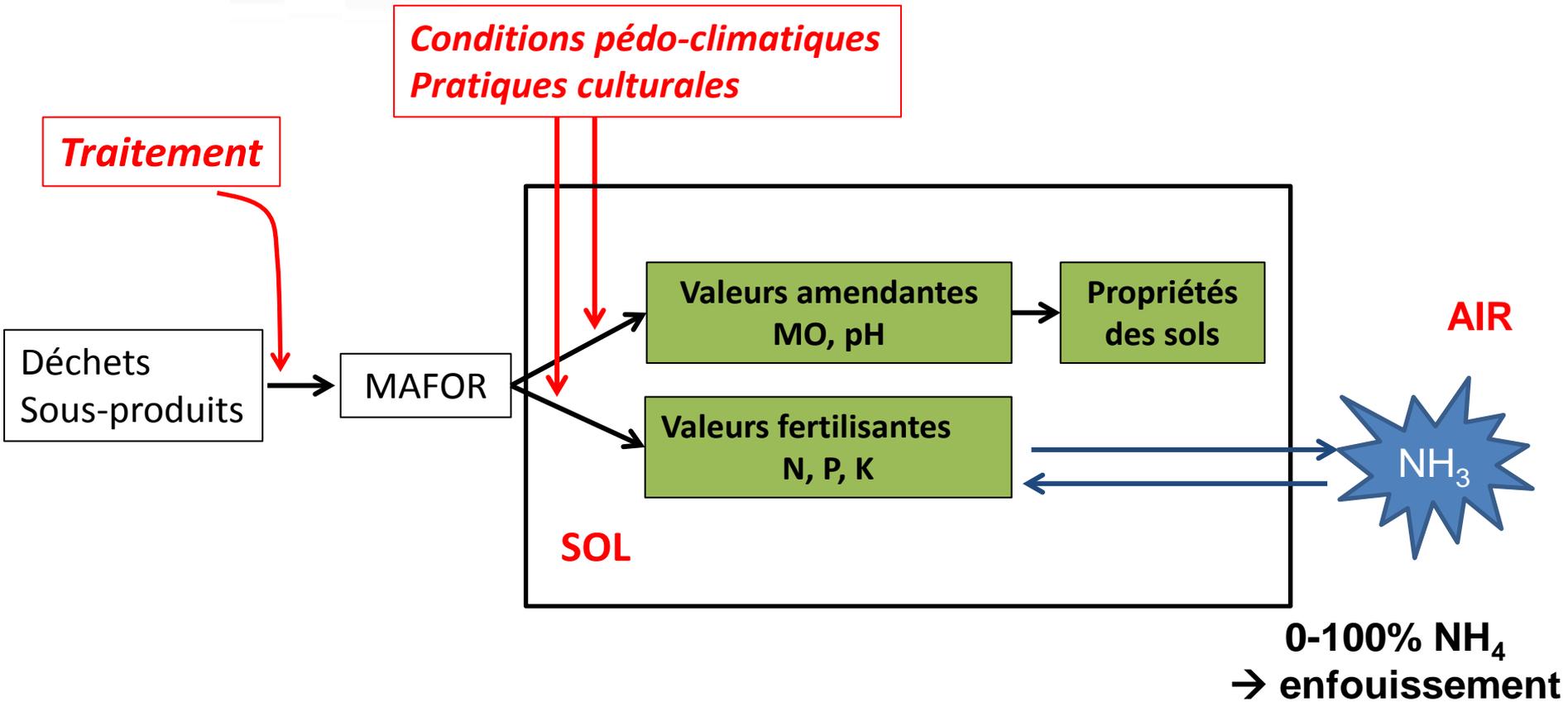
— Simulated with fitted partitioning coefficients
— Simulated with predicted partitioning coefficients
● Measured

Peltre et al., 2012

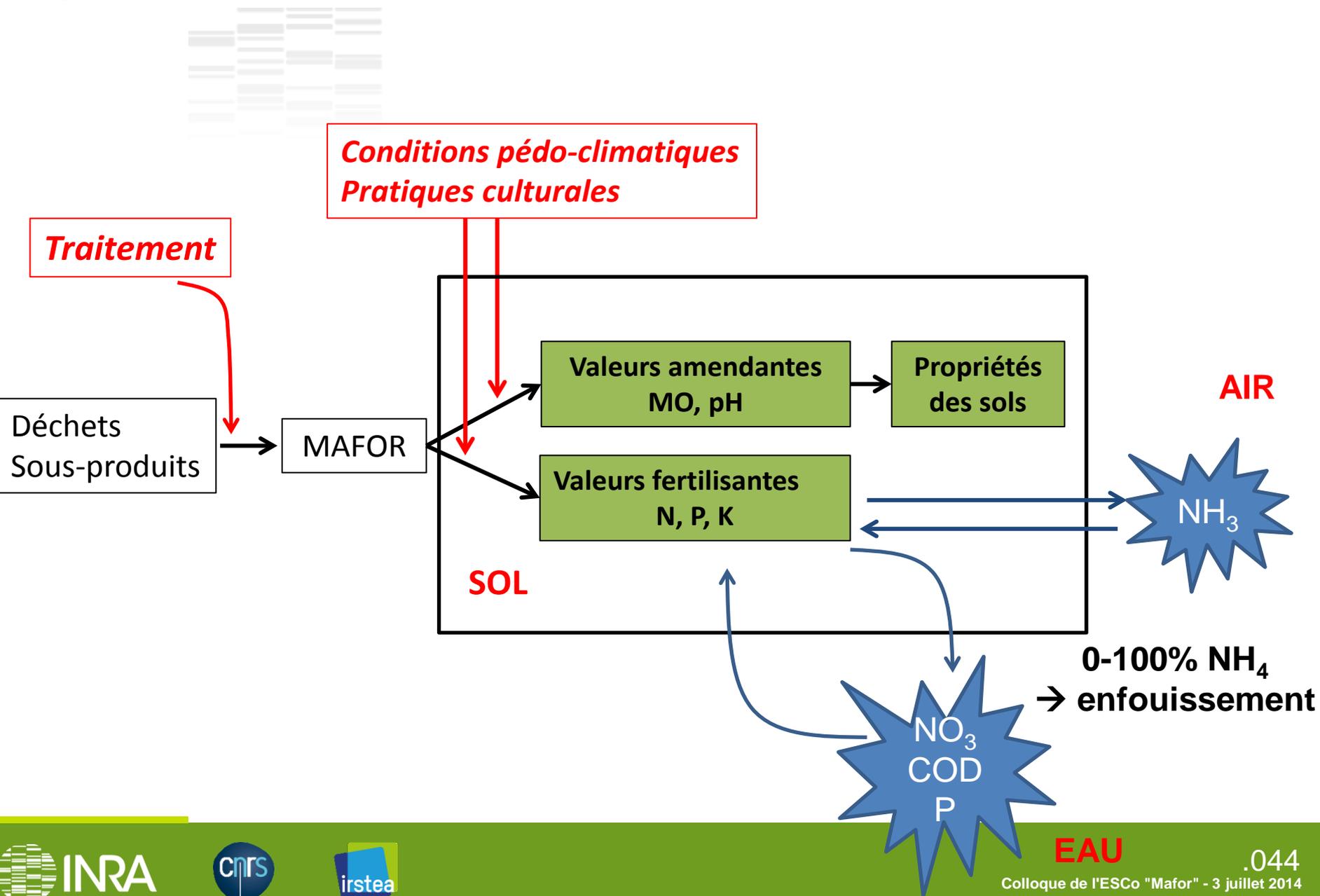
Impacts environnementaux associés



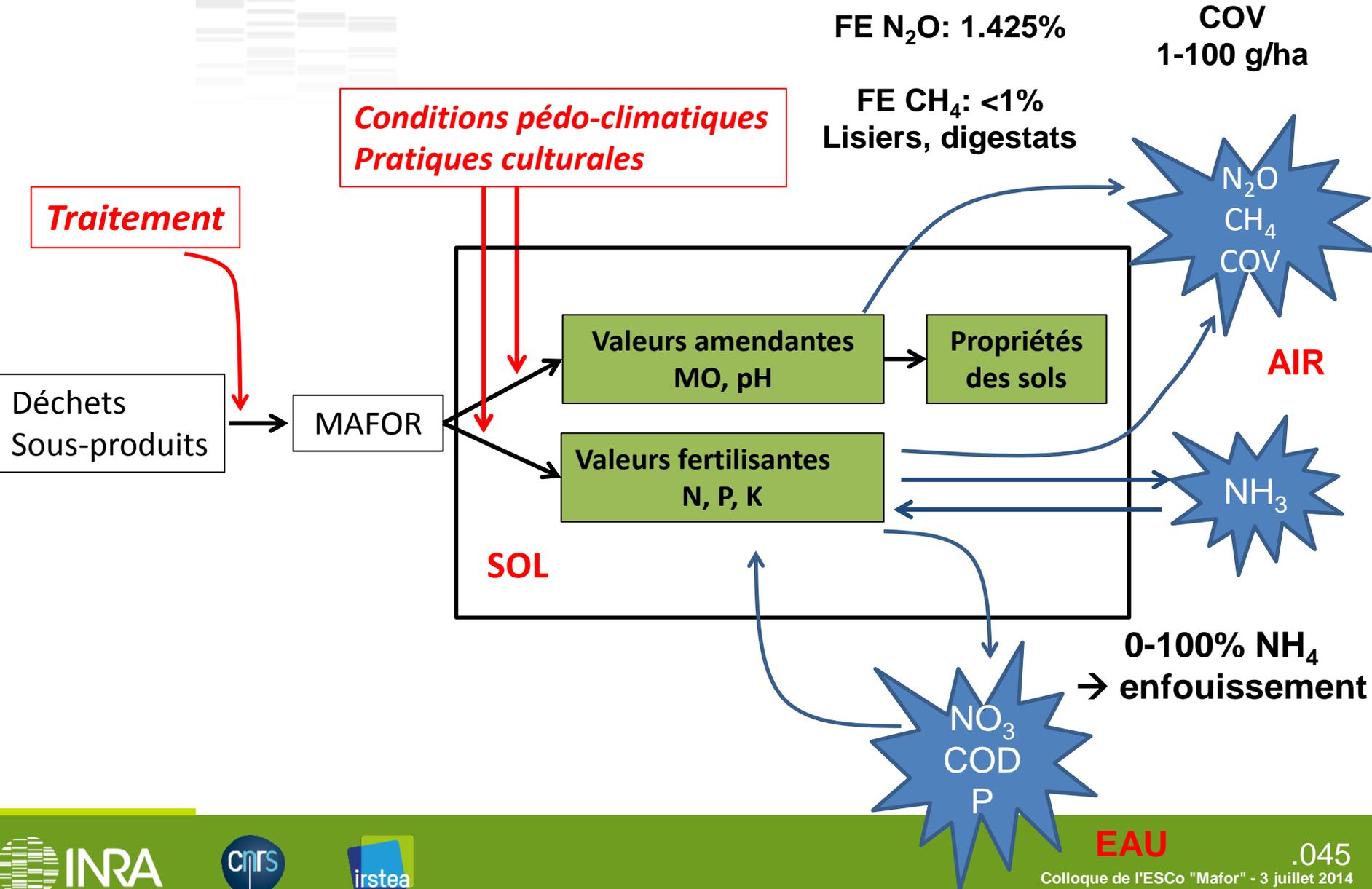
Impacts environnementaux associés



Impacts environnementaux associés

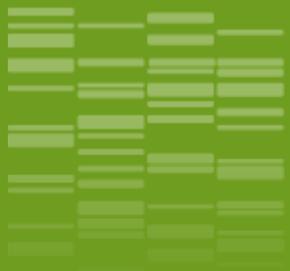


Impacts environnementaux associés



Conclusion sur les valeurs agronomiques des Mafor

- **Substitution potentielle des engrais:**
 - Substitution quasi-totale pour K et P → Recyclage de P pourrait suffire aux besoins des cultures
 - Substitution partielle pour N → **améliorer et poursuivre le paramétrage des modèles et des OAD en lien avec les typologies**
 - Connaissance de la ressource (lien conduite d'élevage, traitement et caractéristiques) → **finaliser typologies des Mafor**
- **Mafor pluri-élémentaires: N, P, K, MO**
 - Biochars, cendres et sédiments moins connus
- **Effets à long terme d'apports répétés moins bien quantifiés**
 - Augmentation MO → disponibilité N
 - Améliorations des propriétés des sols
- **Impacts environnementaux :**
 - Evaluation globale de la pratique (filrière) à améliorer
 - Contraintes réglementaires: Surface, date, dose, stockage



LES MAFOR, VECTEURS DE CONTAMINANTS ?

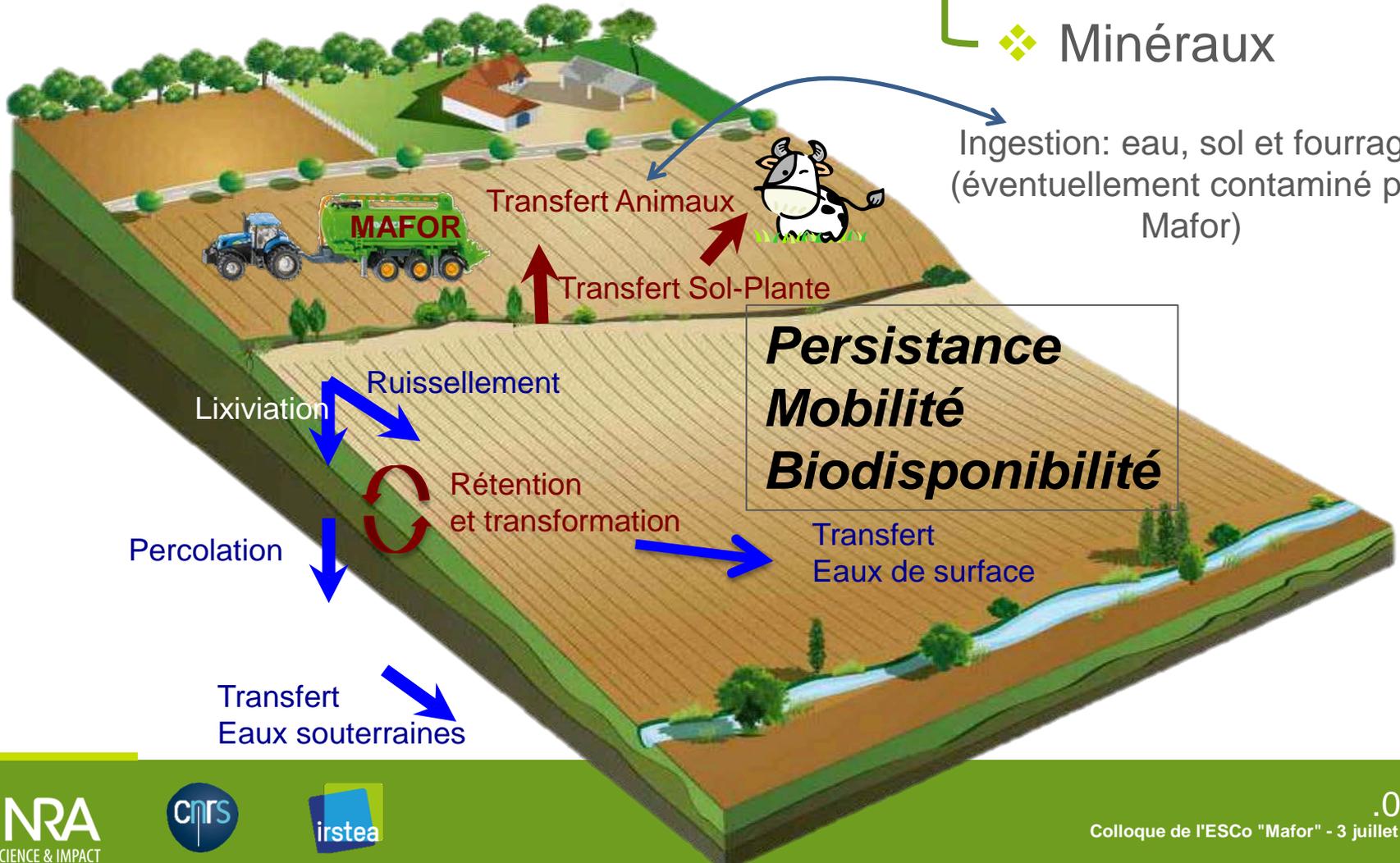
Marie-Noëlle PONS
CNRS

Les contaminants des Mafor

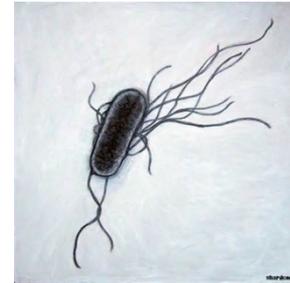
- Trois classes de contaminants
- Même cadre de réflexion

- ❖ Biologiques
- ❖ Organiques
- ❖ Minéraux

Ingestion: eau, sol et fourrage (éventuellement contaminé par Mafor)



Les contaminants biologiques



- Causes de:
 - ❖ Maladies ou zoonoses
 - ❖ Dissémination de l'antibiorésistance
- Grande variété: virus, bactéries (dont BRA), parasites digestifs
- Associés à des matières fécales: boues d'épuration urbaines, effluents d'élevage
- Porteurs sains
- Plus ou moins persistants dans l'environnement, suivant le type de contaminants

BRA = Bactérie Résistante aux Antibiotiques

Crédit photos: trialx.com, <http://www.fotosimagenes.org>, <http://www.walkerred.com>

Les leviers pour agir sur les contaminants biologiques

- Traitement : → hygiénisation

- ❖ Augmentation de la température :
 - ❖ compostage (70°C)
 - ❖ digestion anaérobie à 55°C > digestion anaérobie à 35°C
- ❖ Diminution du taux d'humidité : séchage
- ❖ Augmentation du pH : chaulage
- ❖ Aucun traitement à 100% efficace

Arrêté du 8 janvier 1998 (boues hygiénisées)

Salmonella < 8 NPP/10 g MS

entérovirus < 3 NPPUC/10 g MS

œufs d'helminthes pathogènes viables < 3/10 g MS

NPP = Nombre le Plus Probable

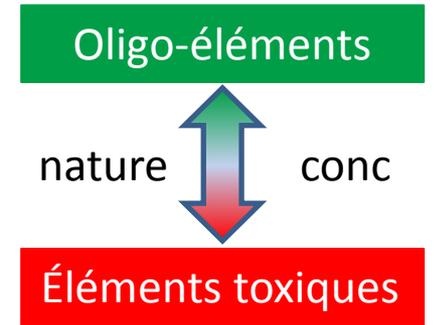
NPPUC : Nombre le Plus Probable d'Unités Cytopathogènes

- Pratiques

- ❖ Enfouissement ou pas ?
- ❖ Délai de retour aux champs (animaux sur prairies) et récolte :
 - ❖ 3 à 6 semaines en France
 - ❖ 1 an au Danemark
 - ❖ L'épandage de boues n'est parfois même pas autorisé (Allemagne sur prairies permanentes)

Les contaminants minéraux (ou ETM)

- Ambivalence
- Variété plus restreinte
 - ❖ Cr, Cd, Cu, Hg, Pb, Ni, Zn } Réglementés et documentés
 - ❖ As, Se
 - ❖ Sb, Sn, Te, Tl, Fe, V, Mo, etc
 - ❖ Nanoparticules (métalliques ou à cœur métallique): Ag, Ti } Données fragmentaires
- **Persistants**
- Présents naturellement dans les sols: fond pédogéochimique
- Présence dans Mafor: mg ou g / kg MS
 - ❖ A titre d'exemple, cuivre et zinc

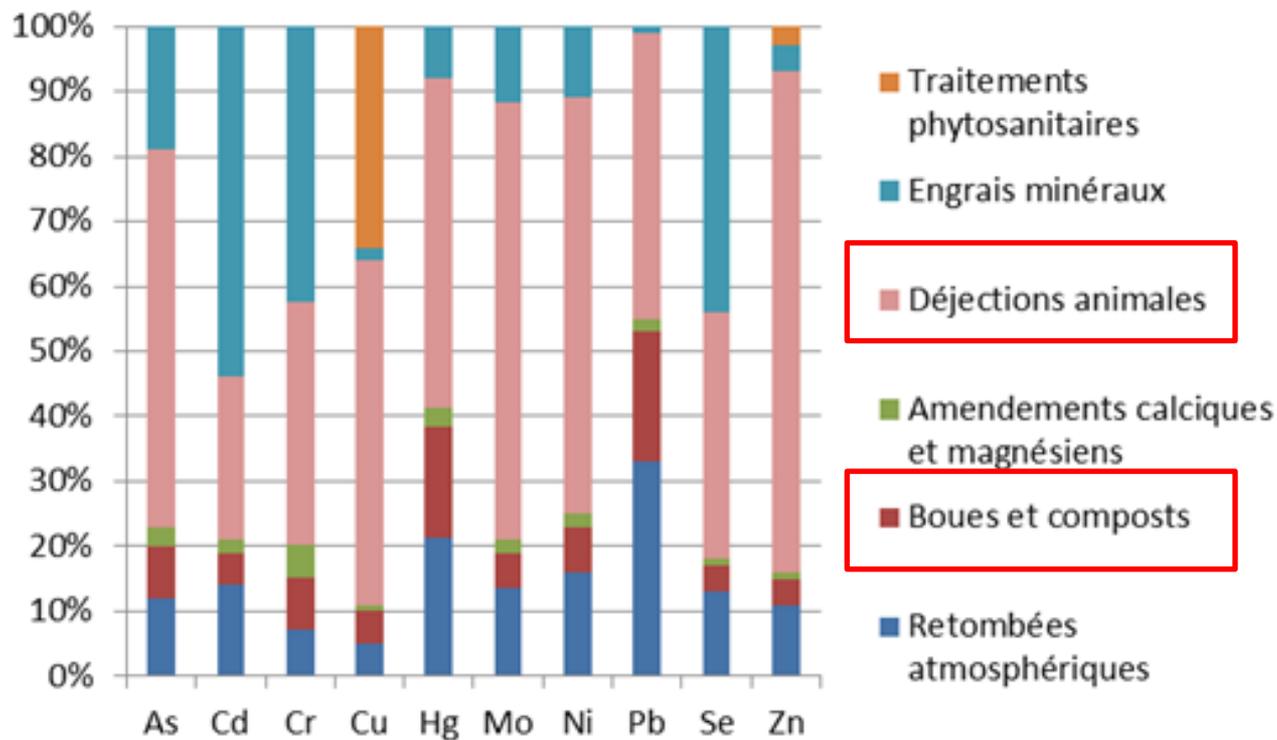


Les contaminants minéraux (ou ETM)

Mafor (France)	Cuivre (mg/kg MS)	Zinc (mg/kg MS)	Source
Boues de station d'épuration	337	701	2009 - Rapportage à la commission européenne
Arrêté du 8/1/1998 sur les boues	1000	3000	
Compost de boues	327	611	2010 - Etude Agence Eau RMC ≈ 2800 échantillons
Norme NFU 44-095	300	600	
Composts biodéchets ménagers	110	325	Rapport ADEME-2007 ≈ 20 échantillons
Compost OM	154	554	Rapport ADEME-2007 ≈ 50 échantillons
Composts déchets verts	51	186	Rapport ADEME-2007 ≈ 120 échantillons
Norme NFU 44-051	300	600	
Effluents élevage (lisier de porcs)	370	379	Rapport ADEME-2007
Boues de potabilisation	< 100	< 200	Peu de données, sources diverses
Cendres (bois propre de l'industrie du bois)	65	119	ADEME-2005
Cendres (bois palette)	743	2332	Bois Energie
Sédiments fluviatiles	15 - 72	73 - 357	INERIS 2010

Les leviers pour agir sur les ETM

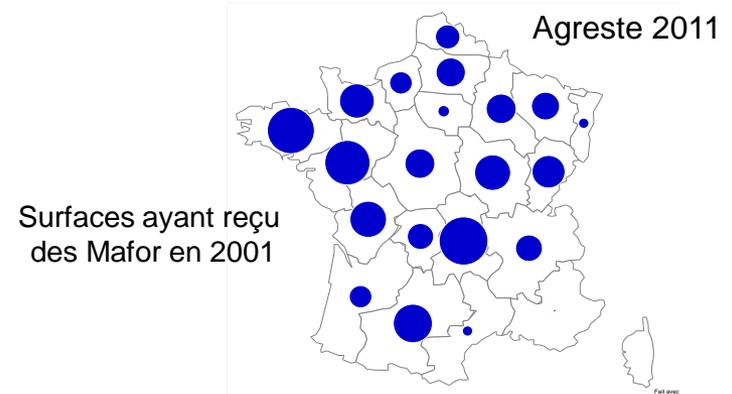
- Flux dû aux Mafor : \approx lente accumulation



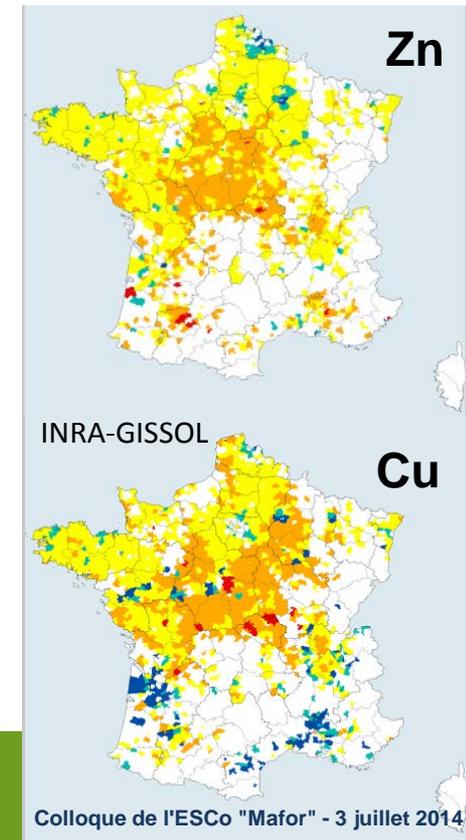
ADEME, Sogreah 2007

Les leviers pour agir sur les ETM

- Flux dû aux Mafor : \approx lente accumulation
- Traitements :
 - ❖ Diminution de la mobilité
 - ❖ Cependant, en termes de teneur totale:
 - ❖ Augmentation : digestion
 - ❖ Dilution : chaulage
- Qualité des matières premières
 - ❖ Choix : nature du bois dans les cendres
 - ❖ Tri en amont :
 - ❖ Compost de biodéchets
 - ❖ Gestion des eaux résiduaires



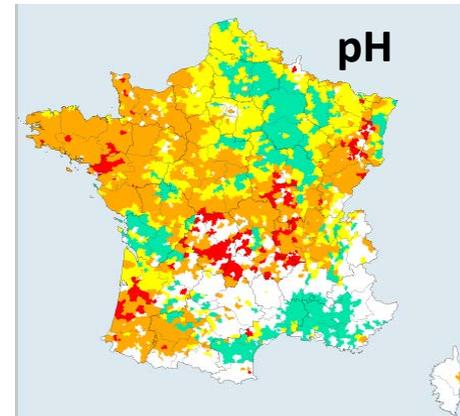
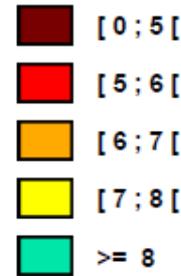
Valeurs en mg/kg



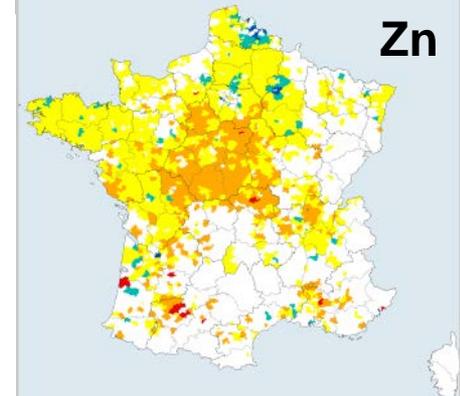
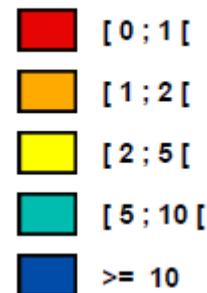
Transfert des ETM vers les plantes et les animaux

- Biodisponibilité
- Plantes
 - ❖ Nombreux paramètres : ETM / sol et Mafor / Plante / Pratiques
 - ❖ France: pas d'effet observé depuis arrêté du 8/1/1998 pour les Mafor les plus couramment épandues
 - ❖ Long terme ?
- Animaux
 - ❖ Certains ETM = oligo-éléments : fenêtre de concentration étroite et variable
 - ❖ Effet nourriture dopée
 - ❖ Stockage dans foie et reins

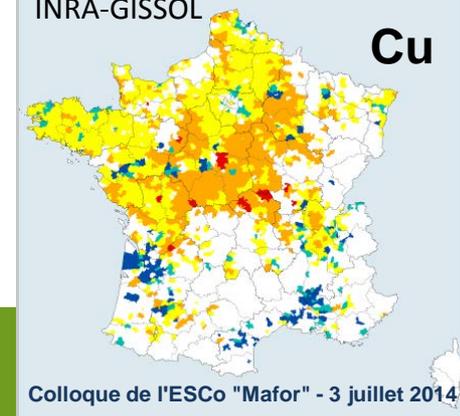
Valeurs en unite de pH



Valeurs en mg/kg



INRA-GISSOL



Colloque de l'ESCO "Mafor" - 3 juillet 2014

Les contaminants organiques

Très grande variété

❖ HAP, PCB, (pesticides)

❖ autres :

❖ boues urbaines : usage domestique (détergents, etc.)

❖ PCDD/F, PBDE, PFC, DEHP, LAS, NP, BPA, etc.

❖ Pharmaceutiques : antibiotiques, hormones, analgésique, antiépileptique

Persistance dans l'environnement :

❖ de quelques jours à plusieurs années

❖ Dissipation: présence de sous-produits ?
nature ? effets ?

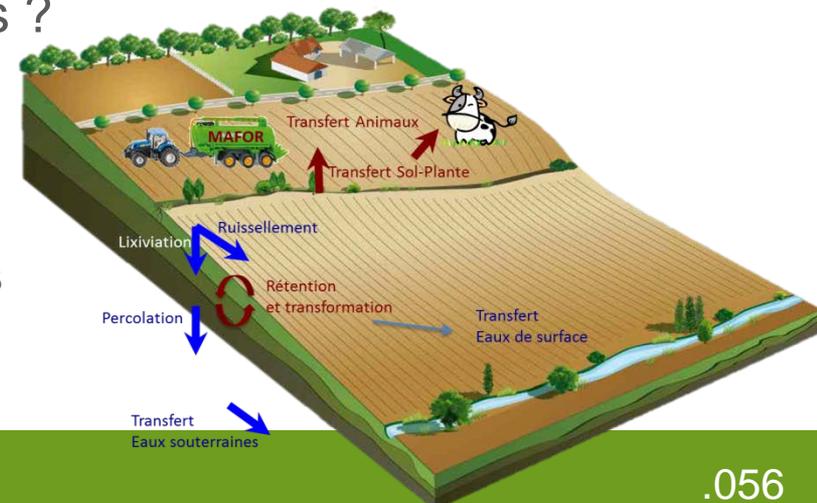
HAP: Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

PCB: PolyChloroBiphényles

LAS = Linear Alkyl phenol Sulfonic acid

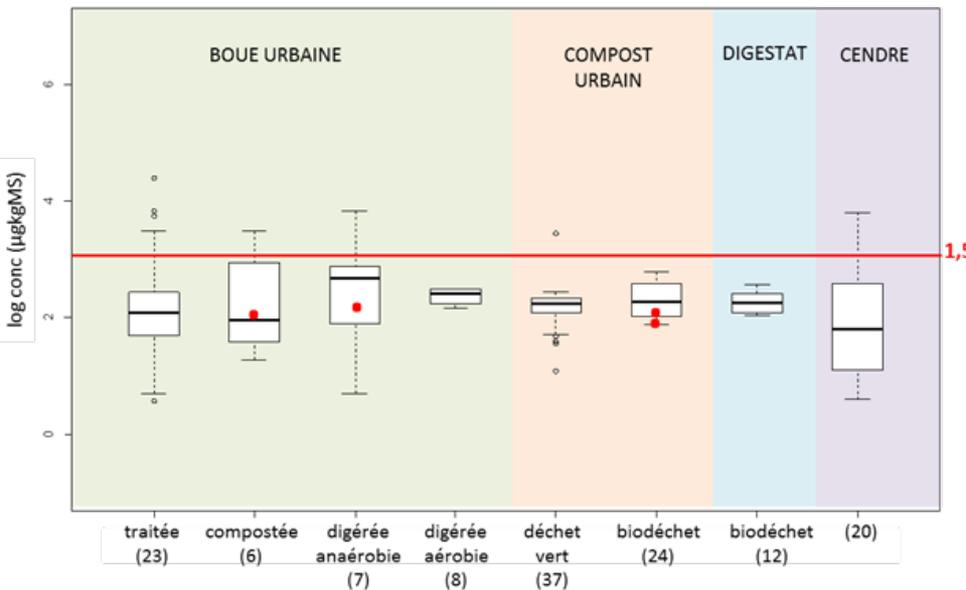
3 HAP	Fluoranthène Benzo(b)fluoranthène Benzo(a)pyrène	5 - 4 (pâturage) 2,5 - 2,5 (pâturage) 2 - 1,5 (pâturage)
7 PCB	28, 52, 101, 118, 138, 153, 180	0,8

Arrêté du 8/1/11998



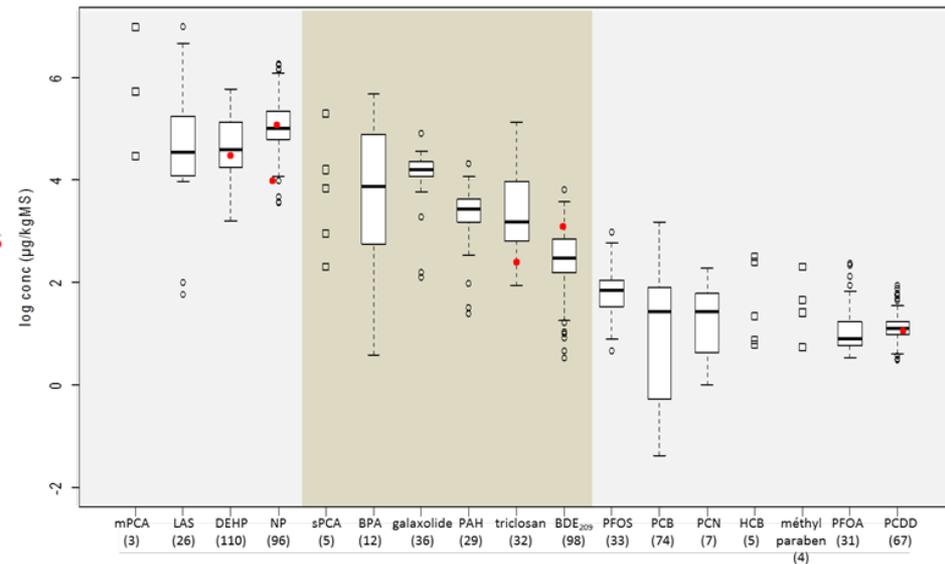
Les contaminants organiques

- Teneurs très variables : du g/kg MS à 100 ng/kg MS



Cas du benzo-pyrène

Echelles logarithmiques !!



Exemple des composés organiques non réglementés (hors pharmaceutiques) dans boues d'épuration
Large gamme de concentration
Peu de données en France

Les leviers pour agir sur les composés organiques

- Effet des traitements (chaulage, compostage, digestion, etc)

- ❖ Peu de données, pas flagrant

- Flux / devenir

- ❖ Flux d'apport par Mafor : peut être estimé

- ❖ Devenir : connaître l'état initial en France

- ❖ Quelques molécules : HAP, PCB, PCDD/F

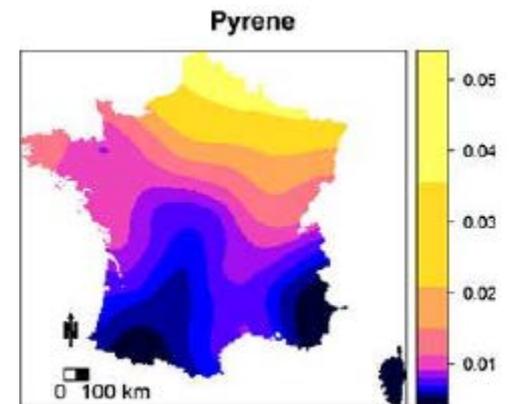
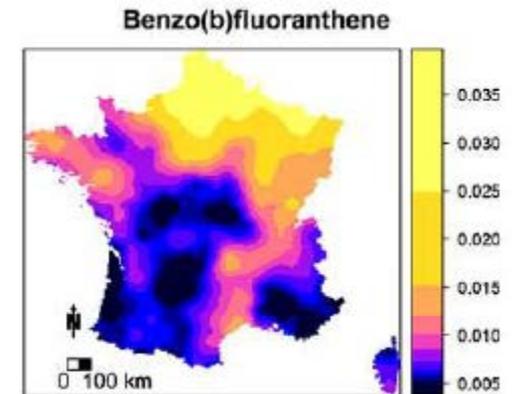
- ❖ Autres ?

- ❖ Devenir

- ❖ Autres sources

- ❖ Vitesse de dégradation ?

Concentrations en mg/kg



Villaneau et al., 2013, Environ. Chem. Lett.

Les contaminants organiques



- Effet sur les plantes
 - ❖ Transfert possible
 - ❖ HAP: fixation sur les racines mais pas de transfert aux parties aériennes
 - ❖ Antibiotiques: transfert possible vers les parties aériennes
 - ❖ Peu de données

- Effet sur les animaux

- ❖ Données très fragmentaires compte tenu de la diversité des substances
- ❖ Boues d'épuration urbaines et ruminants
- ❖ Effet des molécules « hors Mafor » sur les animaux
- ❖ Dépend de la possibilité de métabolisation par l'organisme (par ex. HAP persistants mais métabolisables donc non stockés)
 - ❖ Molécules hydrophiles → foie, reins
 - ❖ Molécules hydrophobes → tissus graisseux, lait, œufs



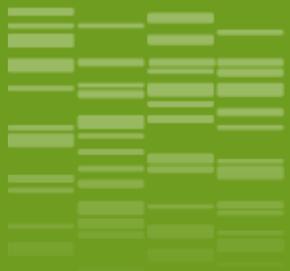
excrétion

Bilan sur les contaminants

Mafor	Contaminants		
Grands types	Biologiques	Organiques	ETM
Boues de STEU	Possibilité de diminution par traitement adapté (recroissance possible)	Large spectre	Cu, Zn, autres ETM nanoparticules
Effluents d'élevage		Pharmaceutiques (antibiotiques)	Cu, Zn
Composts déchets verts	Phytopathogènes	Pesticides	Large spectre Faible concentration
Composts biodéchets/OM	Pathogènes ?	Large spectre	Large spectre Nanoparticules
Cendres		HAP	Bois de rebut (charbon, boues de STEU)
Sédiments fluviatiles	BRA ?	HAP, PCB avérés	Large spectre
Sang séché, etc		?	?

Persistance – Mobilité - Biodisponibilité

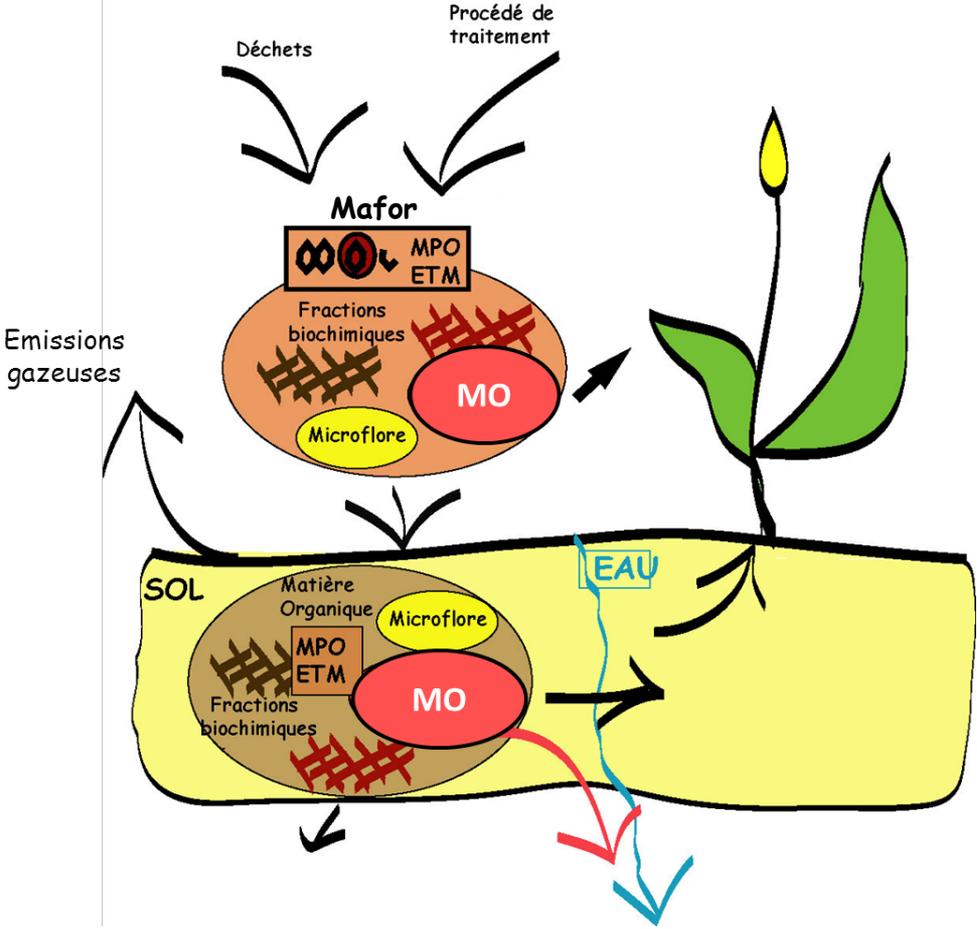




BILAN ET PISTES DE RECHERCHE POUR OPTIMISER L'USAGE DES MAFOR

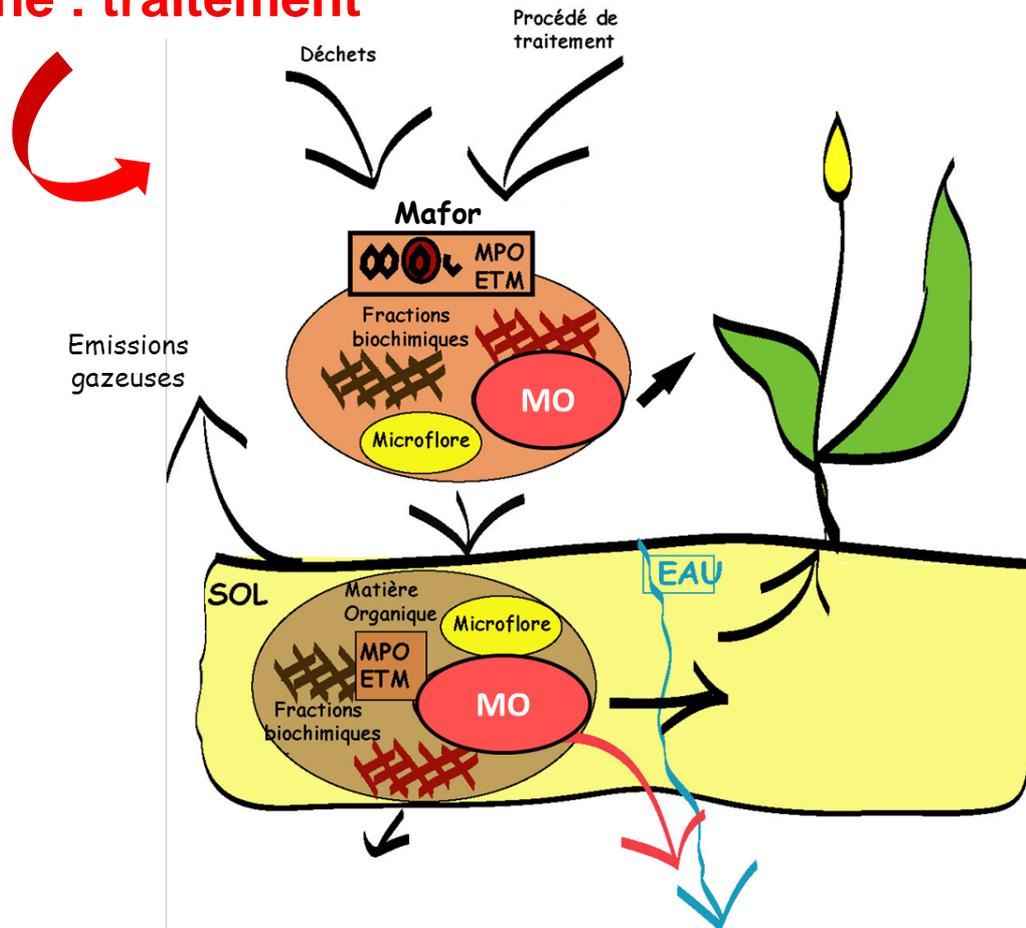
Sabine HOUOT
Inra

Ce qu'il faut prendre en compte dans l'évaluation de l'usage des Mafor...



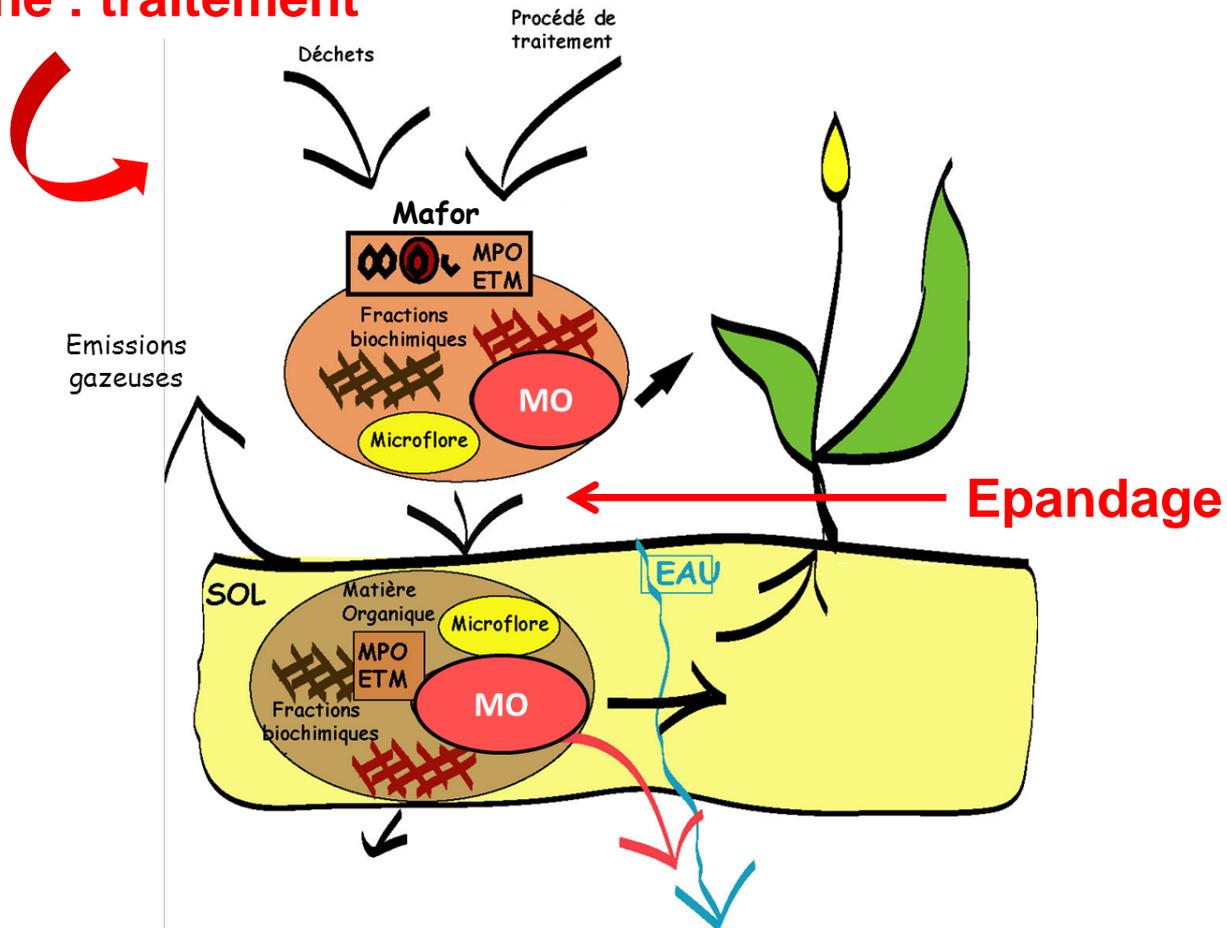
Ce qu'il faut prendre en compte dans l'évaluation de l'usage des Mafor...

Origine : traitement



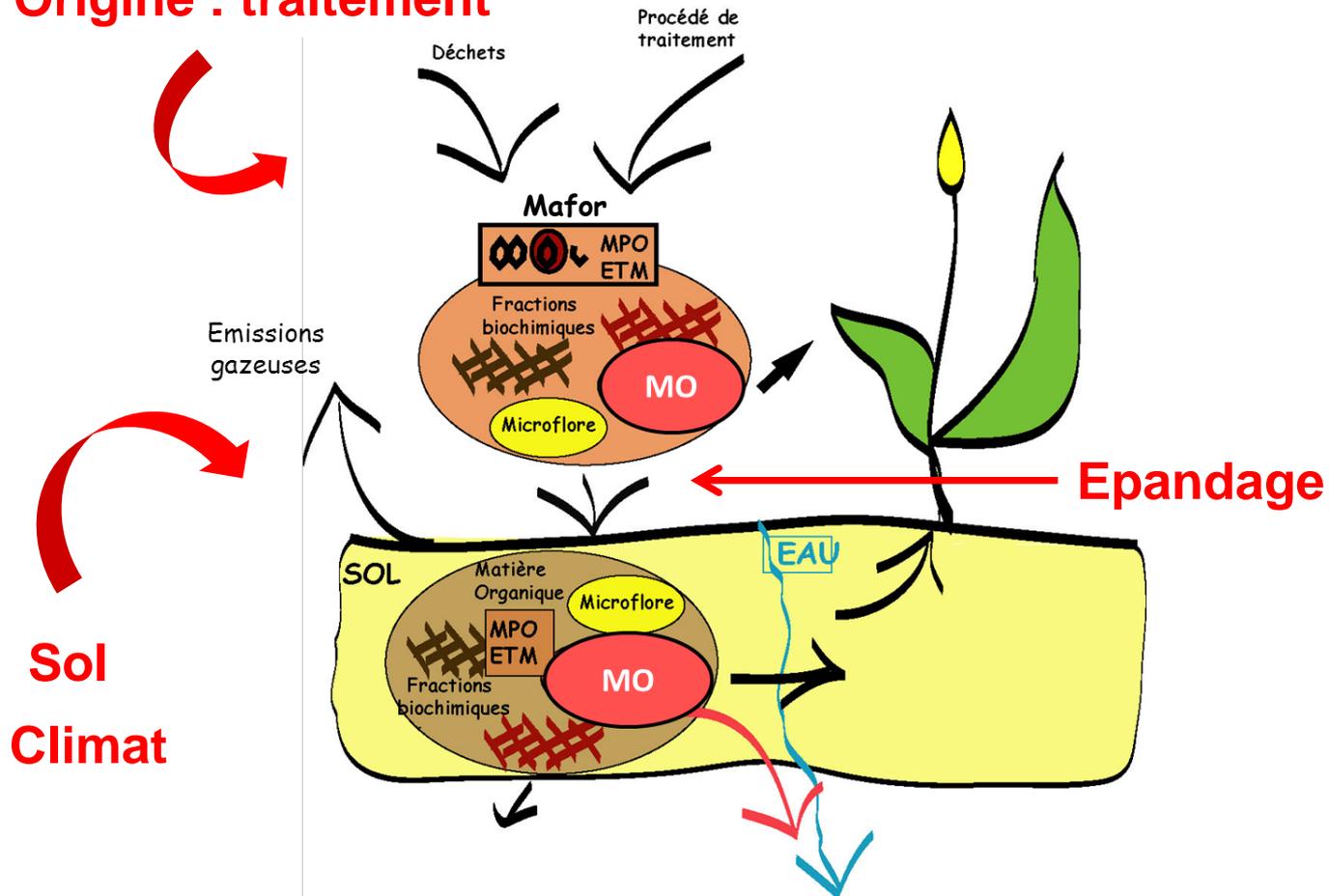
Ce qu'il faut prendre en compte dans l'évaluation de l'usage des Mafor...

Origine : traitement

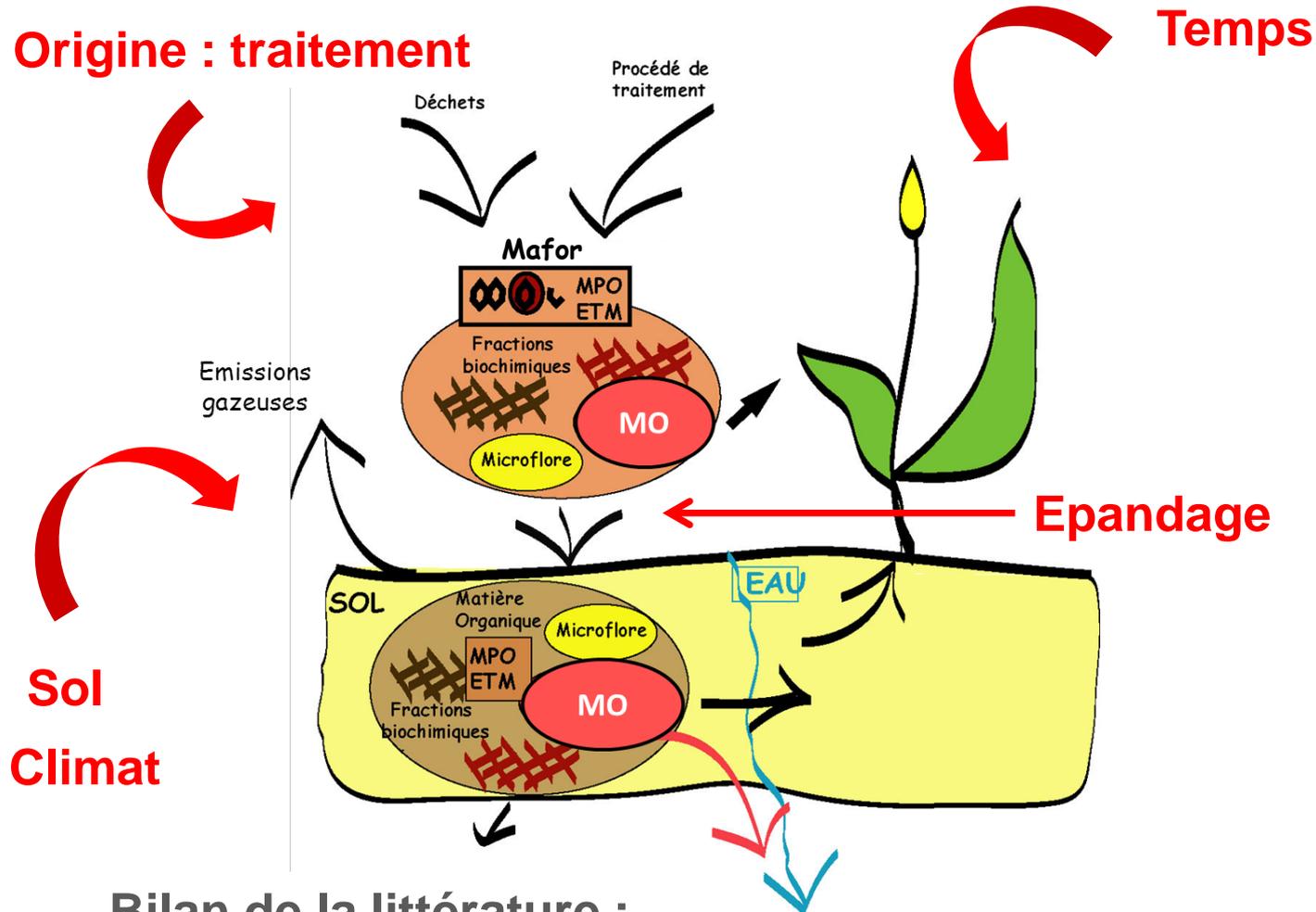


Ce qu'il faut prendre en compte dans l'évaluation de l'usage des Mafor...

Origine : traitement



Ce qu'il faut prendre en compte dans l'évaluation de l'usage des Mafor...



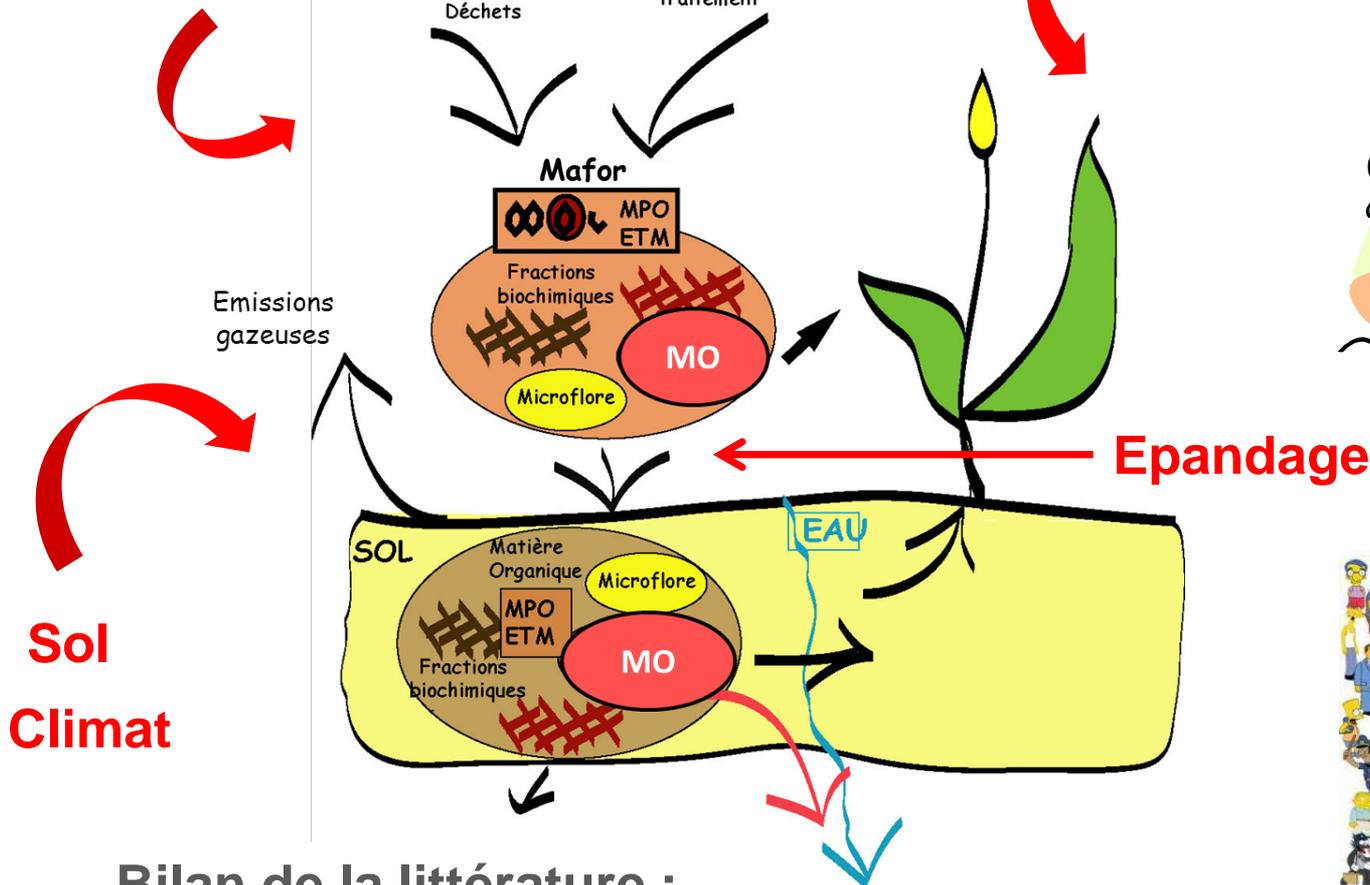
Bilan de la littérature :

- Difficulté d'agréger tous les facteurs de variation
- Souvent imprécisions sur les Mafor étudiées

Ce qu'il faut prendre en compte dans l'évaluation de l'usage des Mafor...

Origine : traitement

Temps



Bilan de la littérature :

- Difficulté d'agréger tous les facteurs de variation
- Souvent imprécisions sur les Mafor étudiées
- Rien de récent sur acceptabilité, bilan économique

Quelle perception de l'épandage des Mafor par les agriculteurs et la société?

- Peu de travaux sur la perception de l'épandage par les agriculteurs ni sur l'acceptabilité sociale des Mafor par les acteurs non agricoles (en dehors des boues d'épuration).
- Principaux freins identifiés pour les agriculteurs :
 - crainte de discréditer les récoltes aux yeux des filières agroalimentaires
 - prix de certaines Mafor "produits"
- Méconnaissance du "grand public", mais accord de principe sur l'épandage peut se dégager après explication sur :
 - Intérêt du recyclage
 - Démonstration de ses bénéfices
 - Réduction des incertitudes (présence et devenir des métaux lourds...)
- Peu de travaux sur l'acceptabilité des infrastructures spécifiques aux Mafor (plateformes de compostage par exemple) => conflits similaires à ceux qui entourent tous les équipements de traitement des déchets.

Quelles conditions économiques à la substituabilité des Mafor aux engrais minéraux?

- Connaitre le prix des Mafor en comparaison des engrais minéraux
 - Peu de données, généralement prix faible, pourtant le prix est un frein
 - Prix nul d'une Mafor au statut de "déchets" = incitatif dans un contexte de forte hausse du prix des engrais de synthèse.
- Bilan **coûts/bénéfice** du traitement/épandage des Mafor → transport et redistribution spatiale entre zones excédentaires et zones déficitaires
 - Peu de données sur les marchés d'échanges de Mafor entre "producteurs" et "utilisateurs" de Mafor
 - Peu de données pour arbitrer **entre le coût de l'épandage des matières brutes** (essentiellement lié au transport) **et le coût du traitement de ces matières** (visant à en réduire le volume et donc les coûts de transport) pour pouvoir les exporter en zone déficitaire

Mafor	Valeur agronomique	Contaminants
Effluents d'élevage	Prédiction des caractéristiques : f(conduite d'élevage) Dynamique d'évolution : OAD Insertion systèmes de culture, impacts associés Prise en compte des traitements	Cu et Zn à long terme (Transmission pathogènes ?) Pharmaceutiques et GRA
Boues de STEU	Prédiction des caractéristiques : f(traitement) Dynamique d'évolution : OAD Insertion systèmes de culture	Large spectre → hiérarchisation Traitements sur dissipation (métabolites, disponibilité)
Composts urbains (DV, OM, BIO, boue)	Effets à long terme Effet sur les propriétés des sols autres que fertilisantes	Large spectre Hygiénisation Dissipation partielle CTO mais métabolites, disponibilité
Digestats	Effet des post-traitements Acquisition de références	Large spectre Hygiénisation potentielle
Effluents agro- industriels	Connaissances locales Peu documentés dans la biblio	Phytopathogènes? Peu documenté
Cendres	Mal connues	HAP
Sédiments	Mal connus	Large spectre
Biochars	Insuffisamment connus	HAP, peu documenté Effets positifs documentés
Sang séché, etc.	Peu documenté dans la biblio	Pas d'infos

Bilan des questions transversales restantes

Valeur agronomique :

- Indicateurs d'effet à généraliser, à consolider /développer pour certains effets (amendement basique, activité biologique...)
- Transposition au champ et paramétrage des OAD
- Insertion dans les systèmes de culture et validation des substitutions d'engrais

Impacts environnementaux :

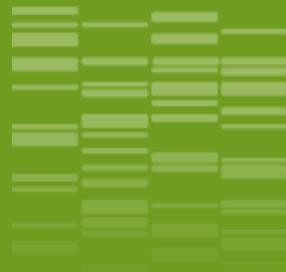
- Prévion et maîtrise des impacts associés aux valeurs fertilisantes
- Critères d'évaluation de l'innocuité: à homogénéiser pour toutes les Mafor ; autres critères ?

Problématiques et questions communes :

- Effets à long terme, prise en compte des "autres" effets sur les sols, effets des traitements
- **Evaluations environnementales globales** : bilan des effets positifs et risques environnementaux; prise en compte de toute la **filière**

Pistes et besoins de recherche pour optimiser l'usage des Mafor

- **Amont** : caractéristiques des matières "primaires" et effet/efficacité des traitements appliqués → **qualité = f(amont)**
 - ✓ **typologie des valeurs agronomiques**
 - ✓ **présence et devenir des contaminants** (Mafor peu documentées)
- **Parcelle/exploitation** :
 - ✓ Pratiques et date d'**épandage**
 - ✓ Conception et optimisation de systèmes de culture → **outils de gestion adaptés**
 - ✓ **Devenir des contaminants et métabolites**; retour sur les parcelles et résilience; hiérarchisation des contaminants → Evaluation des risques sanitaires
 - ✓ Comprendre et prédire les **effets à long terme (> 20 ans)**
 - ✓ **Evaluations environnementales** : effets positifs et risques environnementaux
- **Gestion territoriale et prise en compte des acteurs**
 - ✓ Travaux sur l'**acceptabilité des Mafor**
 - ✓ Bilan des impacts économiques de l'usage des Mafor : mettre en œuvre des **approches coûts-bénéfices**, études sur les marchés des Mafor commercialisées → Redistribution spatiale possible ?
 - ✓ **Evaluations environnementales globales** : prise en compte de la filière amont



MERCI DE VOTRE ATTENTION.



Epanchages fertilisants : quels impacts agronomiques et environnementaux des fumiers, composts, boues d'épuration... ?

**COLLOQUE DE RESTITUTION DES CONCLUSIONS
DE L'EXPERTISE SCIENTIFIQUE COLLECTIVE (ESCo)**

Paris, Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt
3 juillet 2014



MISE EN DÉBAT DES CONCLUSIONS

Les Mafor, un mode de recyclage de nos déchets et effluents ?

Denis **ANGERS**, Chercheur Agriculture et Agroalimentaire Canada

Hubert **BRUNET**, Syndicat des Professionnels du Recyclage en Agriculture

Isabelle **DEPORTES**, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

Jean **DUCHEMIN**, Agence de l'eau Seine-Normandie

Eric **LIEGEOIS**, DG Entreprise, Commission Européenne

Didier **MARTEAU**, Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture

3 juillet 2014



CLÔTURE DU COLLOQUE

Stéphanie Thiébault

CNRS - Directrice de l'Institut Ecologie et Environnement

Jean-Marc Bournigal

Irstea - Président Directeur Général

François Houllier

Inra - Président Directeur Général

3 juillet 2014

