

CETA BIO de Hesbaye,  
14 février 2021



# La gestion des matières organiques du sol : un levier pour la fertilité... et le climat?

Brieuc Hardy, CRA-W



Centre wallon de Recherches agronomiques

Répondre aux questions d'aujourd'hui et relever les défis de demain

[www.cra.wallonie.be](http://www.cra.wallonie.be)

# Plan de l'exposé

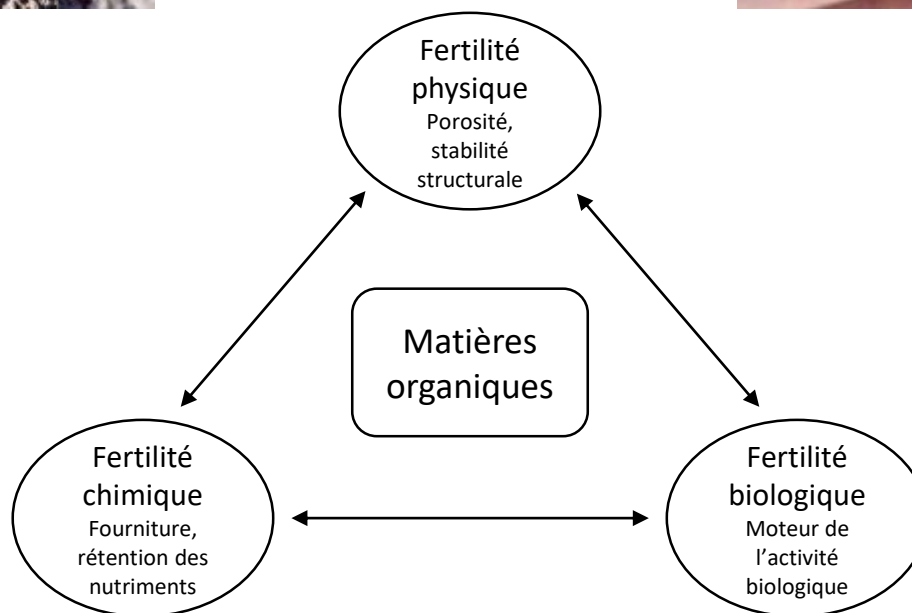
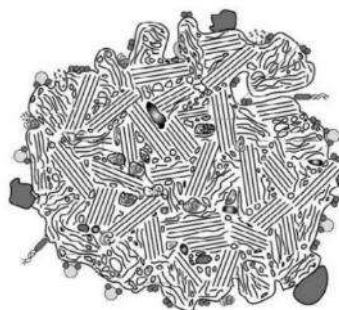
1. La matière organique du sol: fonctions et cycle du C
2. La minéralisation, base de la fertilisation en AB
3. L'impact des pratiques agricoles sur la matière organique du sol
4. L'effet des matières organiques sur la structure
5. L'enjeu climatique: vers une rémunération du stockage de carbone?



© CRAW: SYCI - 2019

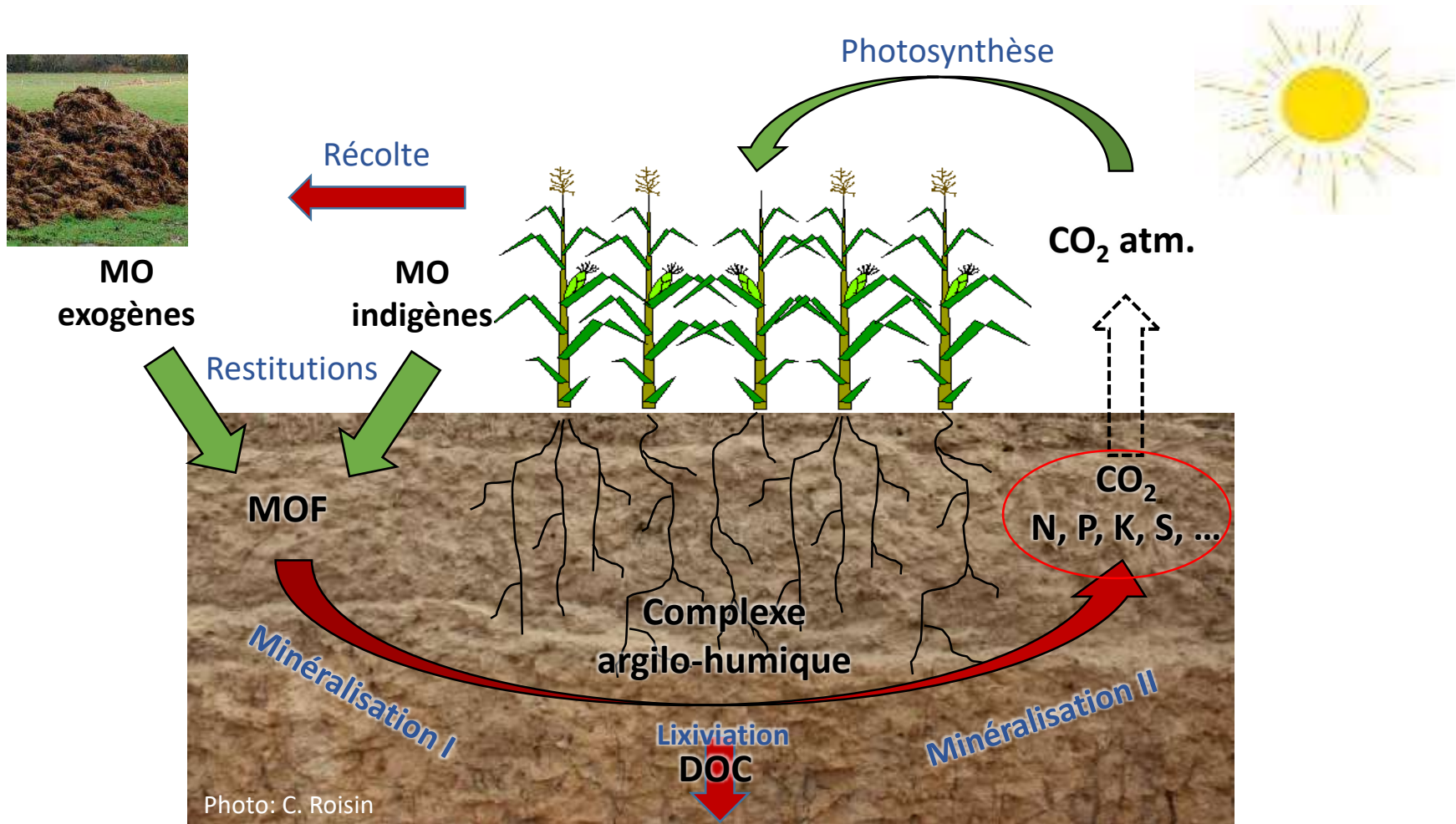
# La matière organique du sol

La MO du sol est l'élément central de la fertilité du sol



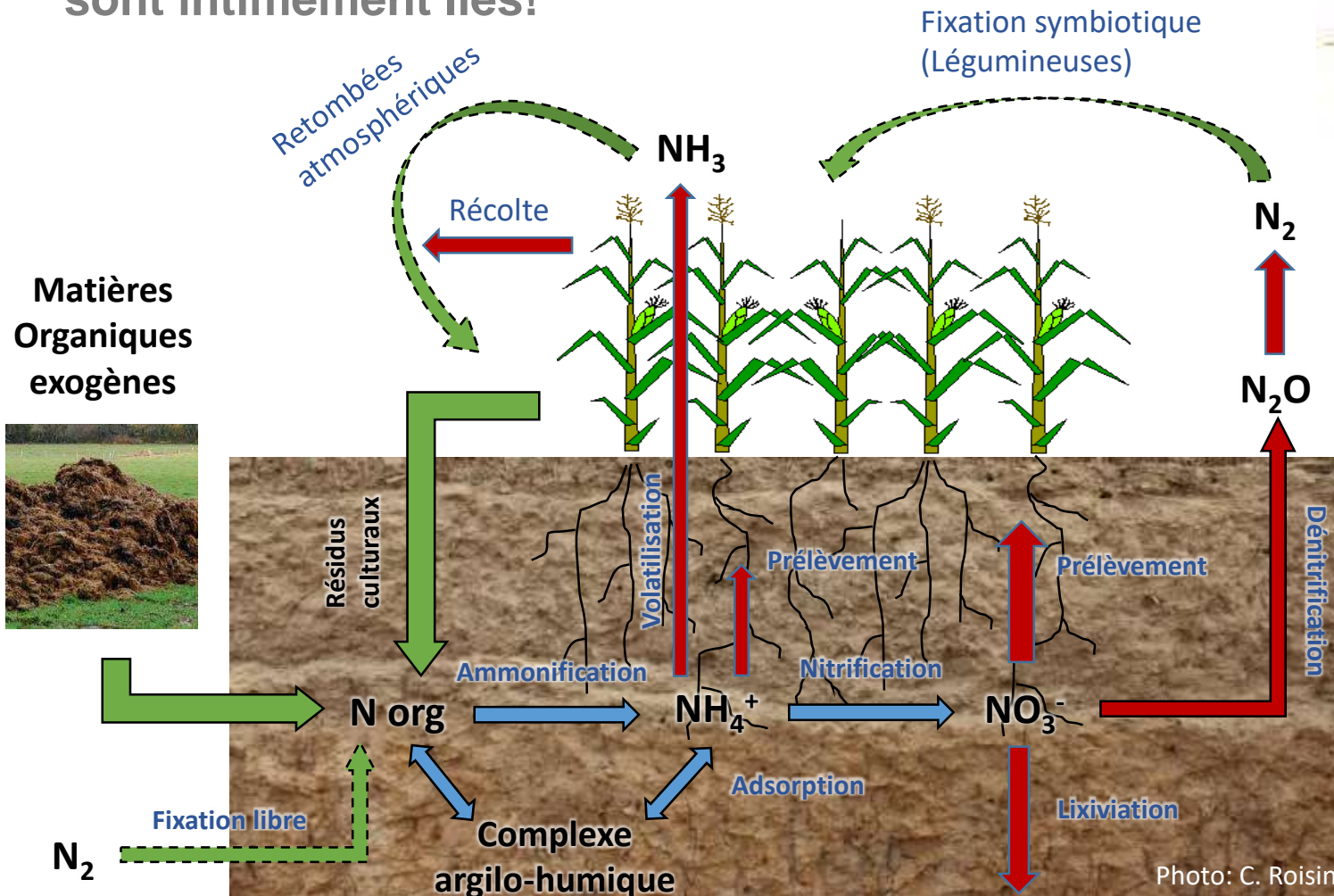
# La matière organique du sol

## Cycle du C simplifié dans les sols agricoles



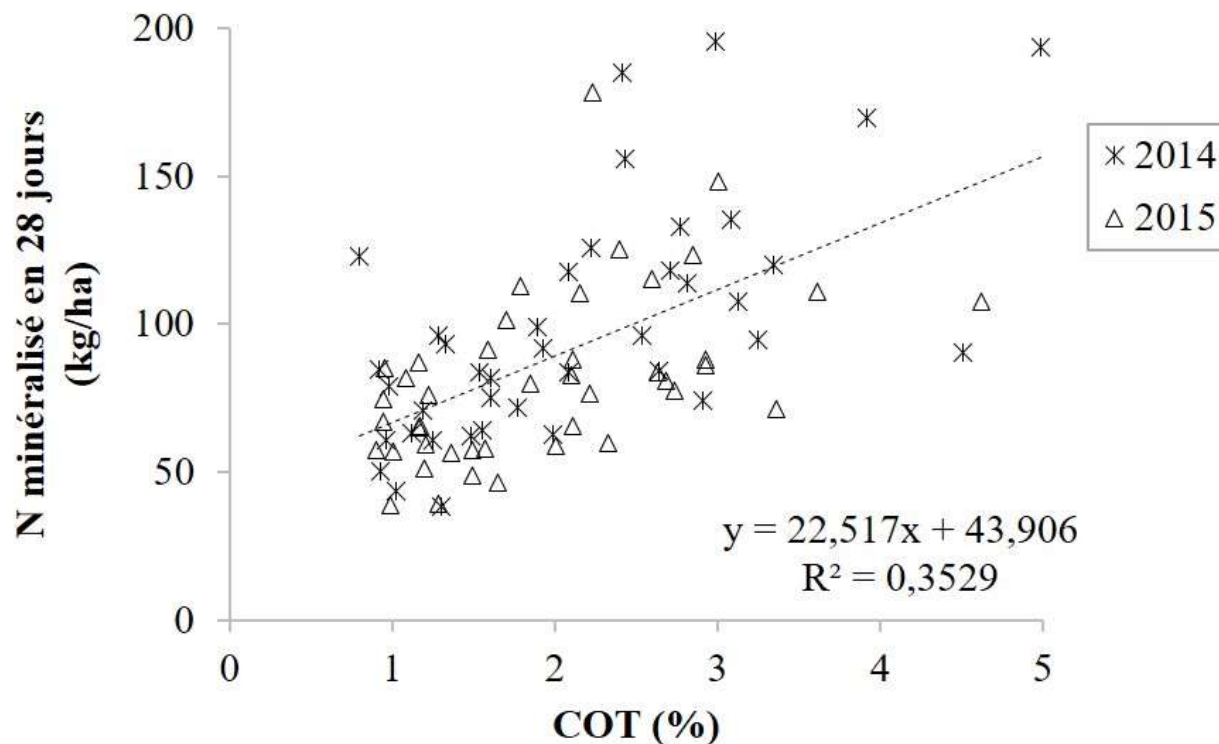
# La minéralisation, base de la fertilisation en AB

En l'absence de fumures minérales, les cycles du C et du N sont intimement liés!



# La minéralisation, base de la fertilisation en AB

Minéralisation de l'azote dans les sols de 42 parcelles en AB (convention BIO 2020)



Hardy (2019) IB49

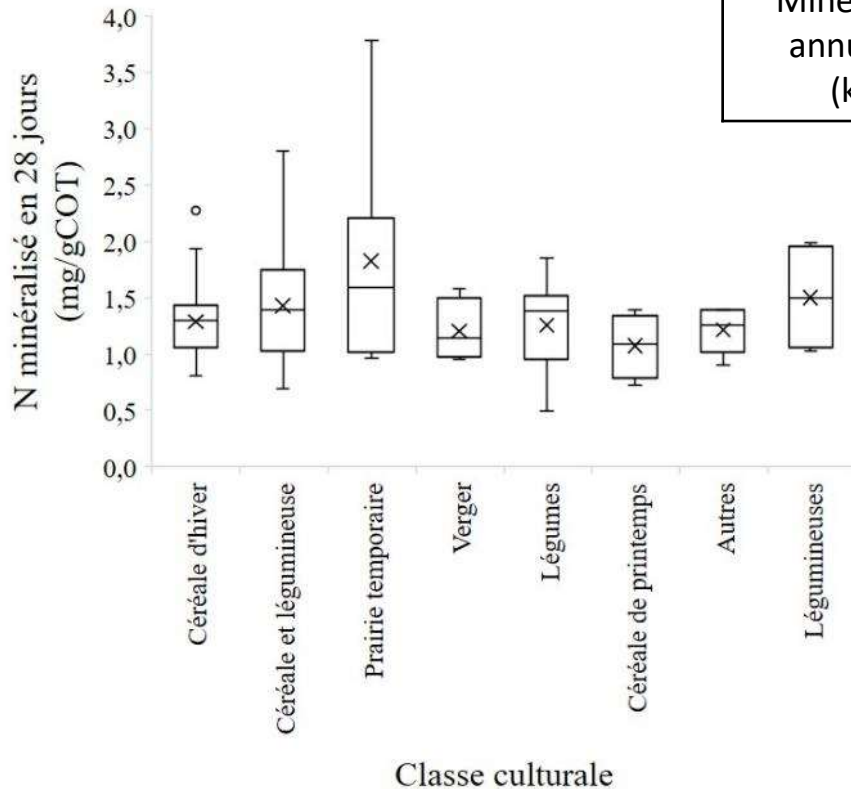
Potentiel de minéralisation d’N de sols en agriculture biologique en RW  
**1 % COT → 60 kg N /ha** minéralisés entre mars et juillet

# La minéralisation, base de la fertilisation en AB

## Minéralisation potentielle de l'azote dans les sols de 42 parcelles en AB

Calcul de fumure N de REQUASUD, d'après Destain et al. (2006)

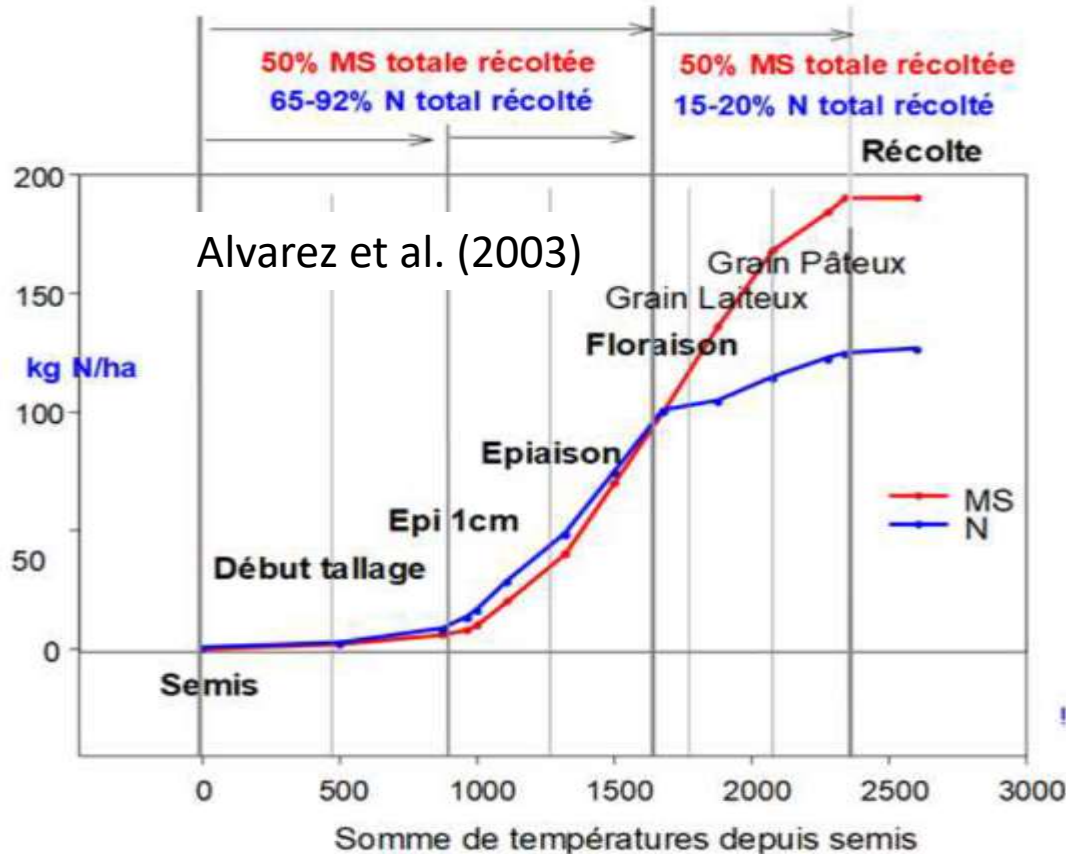
Teneur en COT (%)	<0,65	0,65-0,85	0,85-1,1	1,1-1,5	1,5-2	> 2
Minéralisation annuelle d'N (kg/ha)	20	40	60	80	100	120



- **Précédents riches** (pois, féverolle, pommes de terre) + 30 unités
- Destruction de **prairie**: + 20 unités (prairie temporaire < 18 mois) à + 140 unités (PP > 10 ans)

# La minéralisation, base de la fertilisation en AB

La temporalité des apports par minéralisation : un enjeu de taille!

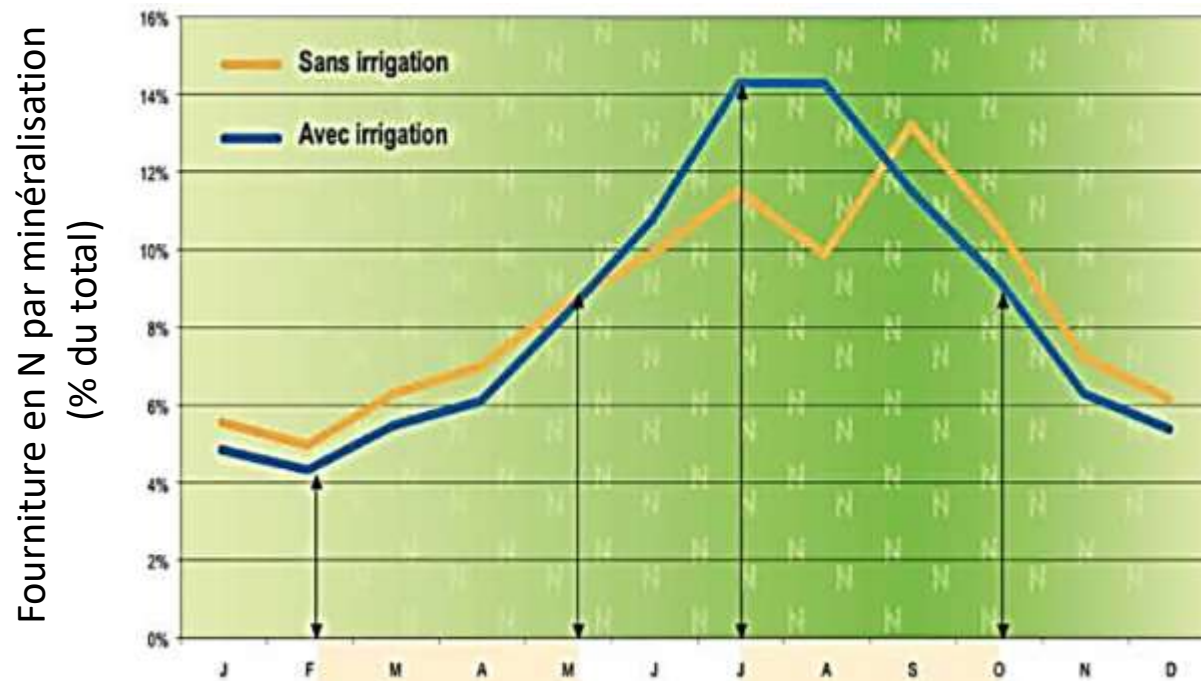


L'essentiel des besoins d'une céréale d'hiver a lieu du tallage à la floraison...



# La minéralisation, base de la fertilisation en AB

La temporalité des apports par minéralisation : un enjeu de taille!

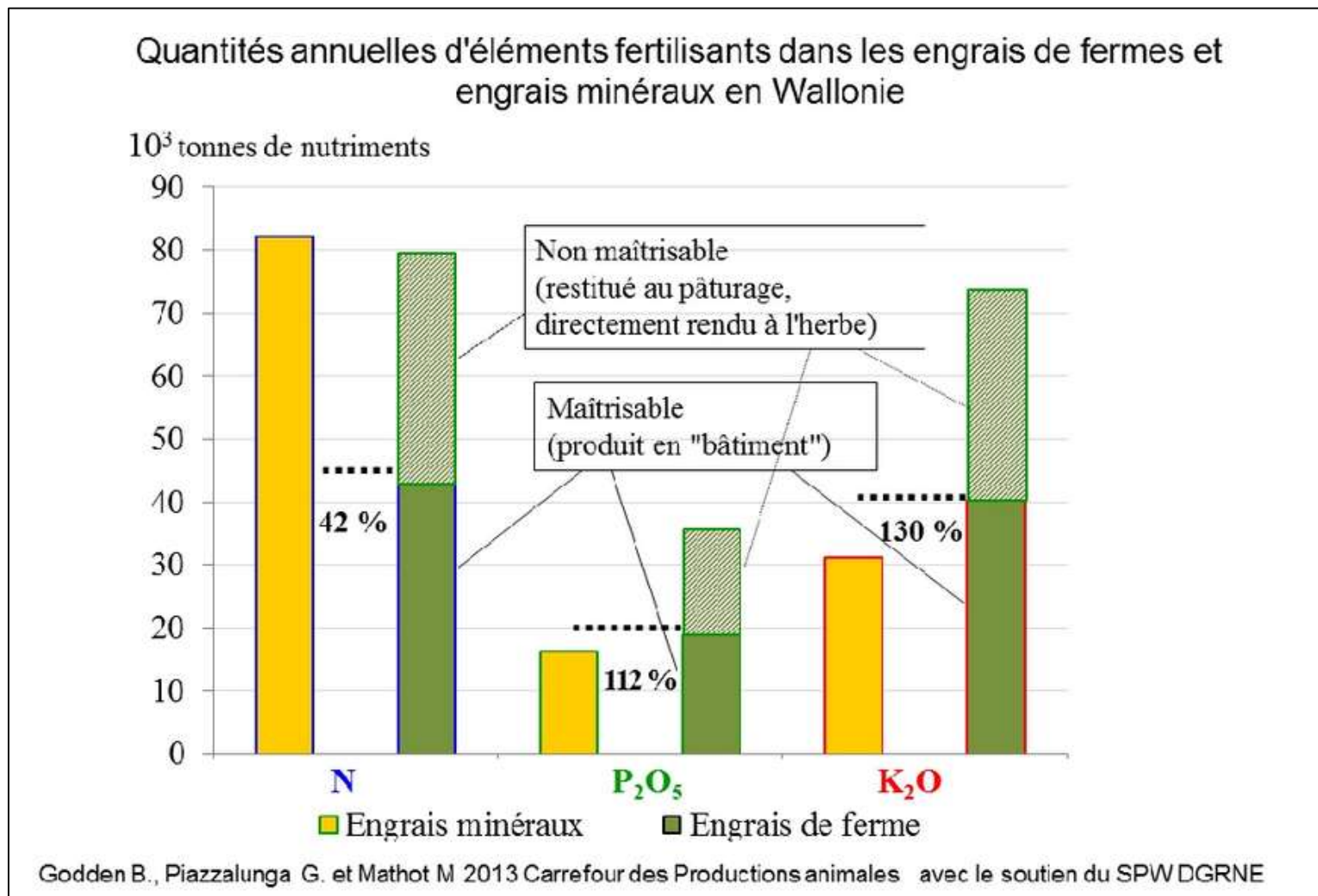


Dombret (2022) IB 62; source non citée

- La vitesse de minéralisation augmente de manière exponentielle avec la **T° du sol**
- Plus de 50 % de l'offre en N du sol par minéralisation arrive après juillet!
- Importance de couvrir le sol pendant l'arrière-saison!

# La minéralisation, base de la fertilisation en AB

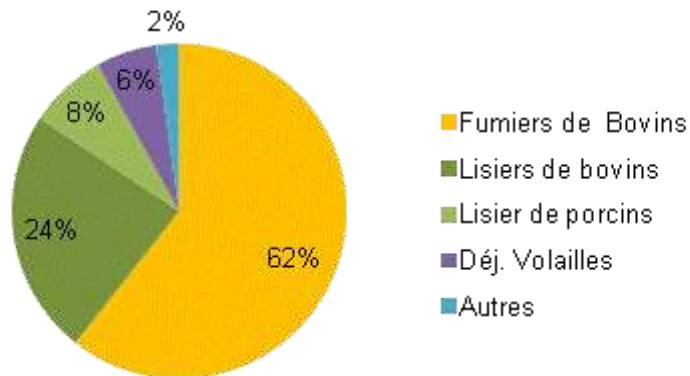
Les engrais de ferme, un large réservoir de fertilité à l'échelle régionale



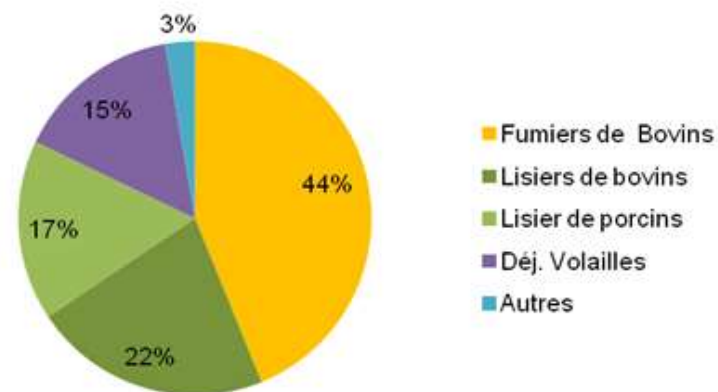
# La minéralisation, base de la fertilisation en AB

Les engrais de ferme, un large réservoir de fertilité à l'échelle régionale

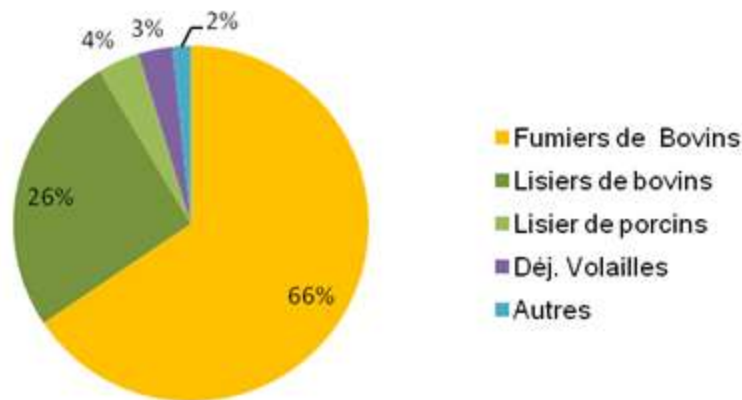
Répartition de l'azote des engrais de ferme produits en Wallonie



Répartition du phosphore des engrais de ferme produits en Wallonie



Répartition du potassium des engrais de ferme produits en Wallonie



Godden (2021)  
Source non citée

# La minéralisation, base de la fertilisation en AB

Base de données « engrais de ferme » de REQUASUD

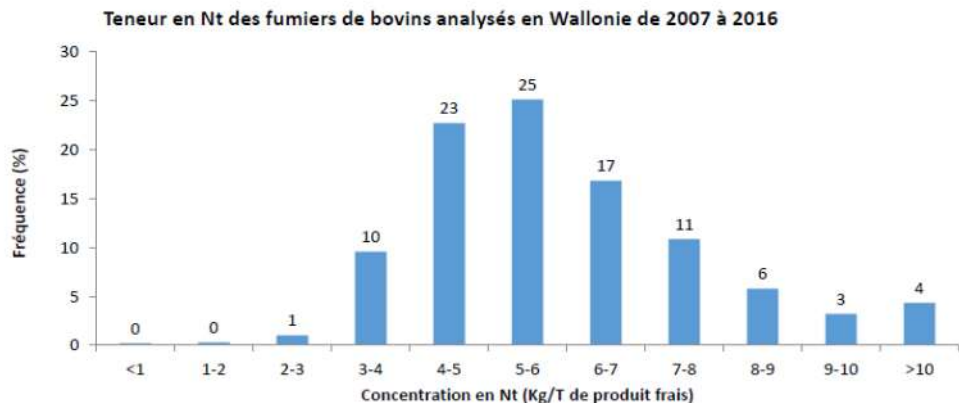
Type de produit	Nombre d'échantillons	MS (%)	Nt (% de MF)	NH <sub>4</sub> (% de MF)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg /T de MF)	K <sub>2</sub> O (kg /T de MF)
<b>Bovins</b>						
Fumier composté	120	24.5	0.59	0.03	4.2	9.0
Fumier indéterminé	834	22.8	0.60	0.05	3.6	8.6
Fumier mou	50	18.7	0.53	0.08	2.6	6.9
Fumier sec	315	24.1	0.63	0.05	3.9	9.5
Lisier complet	646	7.3	0.35	0.16	1.4	3.8
Lisier phase liquide	9	5.3	0.36	0.13	1.3	3.9
Lisier phase solide	25	32.9	0.70	0.04	2.5	5.0
Purin	13	2.0	0.18	0.10	0.3	2.5
<b>Porcins</b>						
Fumier indéterminé	47	33.7	1.03	0.24	5.5	9.6
Fumier mou	9	25.7	0.78	0.10	5.1	6.8
Lisier complet	458	7.4	0.61	0.36	3.1	4.5
<b>Equin</b>						
Fumier composté	7	28.3	0.43	0.00	2.7	5.7
Fumier indéterminé	78	33.0	0.60	0.04	3.9	10.2
<b>Volailles</b>						
Fientes humides	21	34.4	1.65	0.47	13	17
fientes pré-séchées	17	53.8	2.29	0.51	17.6	16.2
Fientes séchées	12	62.0	2.62	0.46	21.8	19.4
Fumier de volaille	222	47.7	2.28	0.36	14.1	16.5
<b>Digestats de biométhanisation</b>						
Biodigestas entiers	49	7.6	0.49	0.25	2.3	4.3
Biodigestas phase liquide	10	4.7	0.44	0.22	1.5	2.8
Biodigestas phase solide	23	24.5	0.55	0.11	4.7	5.0
Biodigestas phase solide séchée	6	89.4	2.05	0.00	31.9	34.0

D'après T. Cugnon,  
BDD REQUASUD

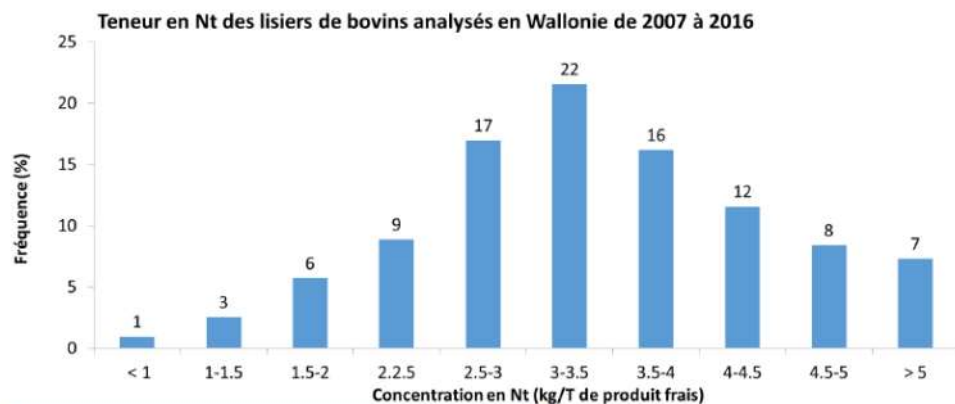
[https://www.requaconsult.requasud.be/requaconsult\\_eff](https://www.requaconsult.requasud.be/requaconsult_eff)

# La minéralisation, base de la fertilisation en AB

## Base de données « engrais de ferme » de REQUASUD



- Incertitude sur la qualité de l'engrais de ferme et ses contenus en nutriments (ratio paille/déjections, cheptel, conditions de stockage, ...)



- Importance des analyses REQUASUD afin d'affiner les prévisions

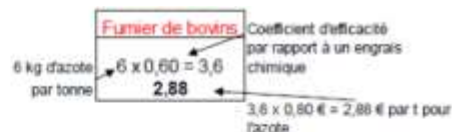
Auteur :  
Cugnon Thibaut  
UCL- Centre de Michamps  
[Thibaut.cugnon@uclouvain.be](mailto:Thibaut.cugnon@uclouvain.be)  
Tel : 0032 (0) 61 21 08 24



D'après T. Cugnon,  
BDD REQUASUD

# La minéralisation, base de la fertilisation en AB

## Calcul de la valeur commerciale des engrais de ferme



### Valeurs des engrais de ferme en Grande Culture (betteraves, maïs,...) - Janvier 2021

Par comparaison aux engrais minéraux, TVA incluse, en vrac, départ négocié

Éléments	Fumier de bovins	Fumier de bovins composté	Lisier de bovins	Digestat de bio-méthanisation	Lisier de porcs	Fumier de poules	Valeur Vrac en ferme € / unité (*)
MS	23%	25%	7,2%	6,8%	7,3%	50%	
% carbone	9%	9%	3%	3%	3%	22%	
% mat. org.	15,7%	15,6%	5,3%	4,6%	5,7%	38%	
N total	$6 \times 0,60 = 3,6$ 2,88	$5,9 \times 0,75 = 4,45$ 3,34	$3,5 \times 0,70 = 2,45$ 1,96	$4,9 \times 0,70 = 3,43$ 2,74	$6,1 \times 0,70 = 4,27$ 3,42	$23,9 \times 0,75 = 17,9$ 14,32	Nitrate d'ammoniaque (*) 0,80
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,6 2,09	4,1 2,38	1,4 0,81	0,9 0,52	3,1 1,80	14,5 8,41	Phosphate soluble TSP (**) 0,58
K <sub>2</sub> O	8,5 3,57	8,7 3,67	3,9 1,64	4,1 1,72	4,5 1,89	16,9 7,10	0,42
MgO	2 1,20	2,1 1,26	0,9 0,56	0,7 0,42	1,8 1,08	6,5 3,90	0,60
CaO	6,1 0,61	8,7 0,87	1,9 0,19	2,6 0,26	3,2 0,32	20,7 2,07	0,10
Na <sub>2</sub> O	1,2 0,36	0,8 0,25	0,7 0,21	1,7 0,51	1,6 0,48	2,9 0,87	0,30
<b>Valeur totale / t produit frais</b>	<b>10,71</b>	<b>11,77</b>	<b>5,38</b>	<b>6,18</b>	<b>8,98</b>	<b>36,67</b>	

Remarque: possibilité d'utiliser:

(\*) Urée : 0,64€ / unité

Solution azotée : 0,62 € / unité

(\*\*) Phosphate naturel : 1,70 € / unité

Requisud Licence n° A01/2021

# La minéralisation, base de la fertilisation en AB

## Valeur fertilisante des engrais organiques du commerce

Engrais Org. C.	N Total (%)	N -NH <sub>4</sub> (%)	Matière Sèche (%)	N-NH <sub>4</sub> / N tot (%)	Carbone (%)	C/N
ORGAMINE 7 2016	6,58	2,59	93,05	<b>39,30%</b>	28,8	4,37
Terragral 2016	9,54	0,04	95,52	0,40%	44,1	4,62
BIOMIX1 2016	9,71	ND	93,72	0	46,4	4,78
BIOMIX 1 2017	9,6	0,1	96,1	1%	46,72	4,86
DCM 11	10,8	0,25	93,8	2%	48,34	4,47
DCM EcoMix4	6,8	0,22	93,3	3%	31,51	4,61
ORGAMINE 7 2017	6,9	3,46	95,4	<b>50%</b>	29,86	4,31
ORGAMINE 10	8,9	0,31	93,2	3%	40,72	4,6
ORGASOL	7,5	0,04	95,3	0,50%	36,48	4,89
OPF	10,6	5,14	98,6	<b>48%</b>	34,34	3,24
TERRAGRAL 2017	9,7	0,1	95,8	1%	43,93	4,54
FUMIER essai Rhines 2017	0,98	0,373	35,35	38%	26,77	<b>27,32</b>
DIGESTAT	7,25	0,23	6,92	3%	25,21	3,48
ORGAMINE 7 2018	6,65	3,40	95,00	<b>51%</b>	20,60	3,10

- A base de **sous-produits végétaux ou animaux**, algues, poudres de roches
- **C/N faible (< 5)**
- Teneur en **NH<sub>4</sub><sup>+</sup>** variable
- Action relativement rapide
- **60 à 80 % du Ntot minéralisé entre début avril et mi-juillet**

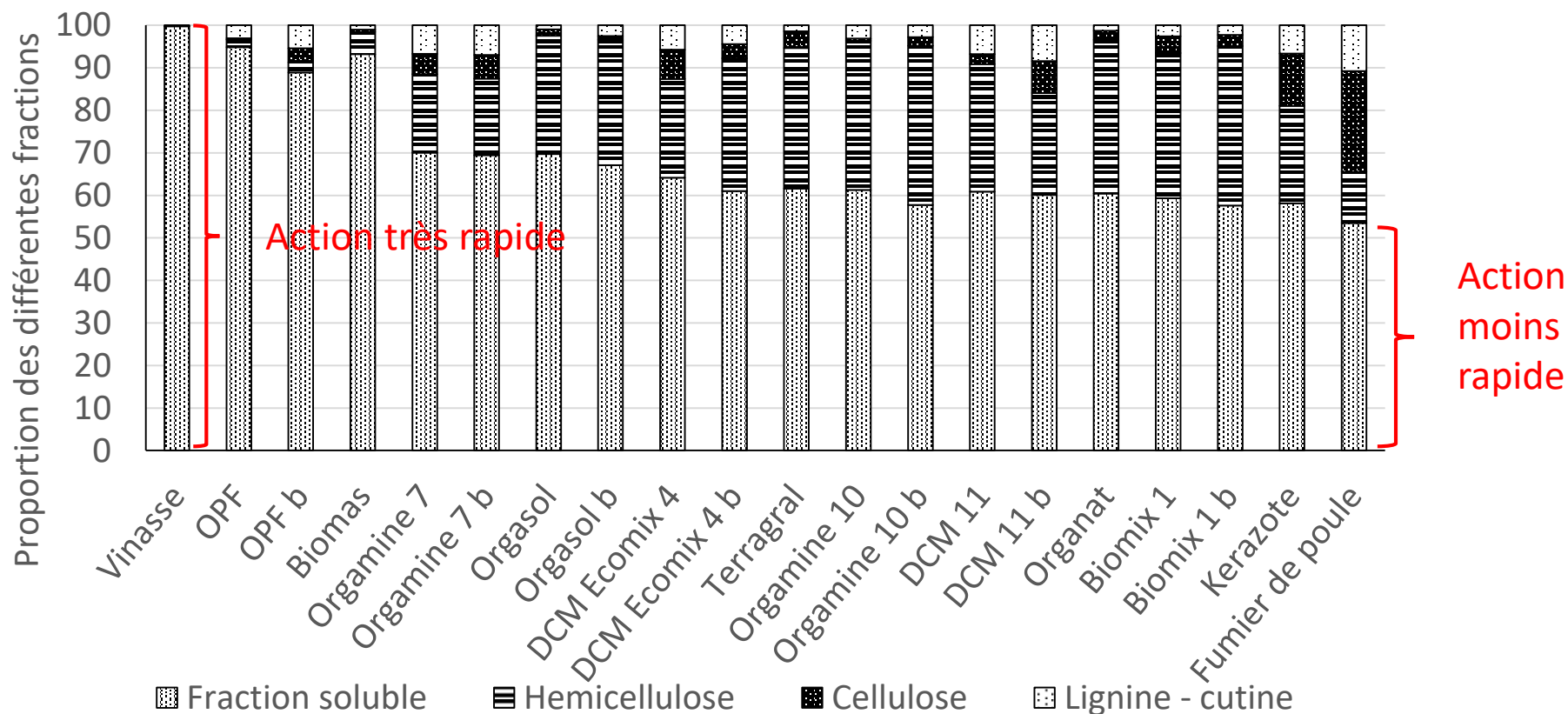
D'après Godden, 2021

# La minéralisation, base de la fertilisation en AB

La réactivité des engrais organiques dépend de la composition

Abras et al. (2020),  
Livre Blanc

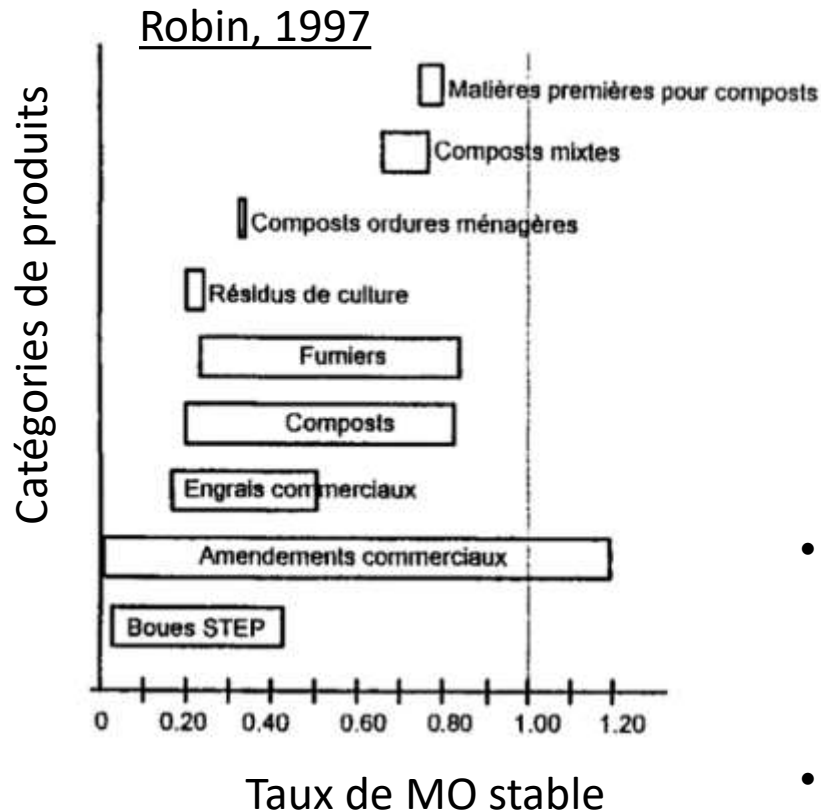
Analyses biochimiques d'engrais organiques du commerce





# La minéralisation, base de la fertilisation en AB

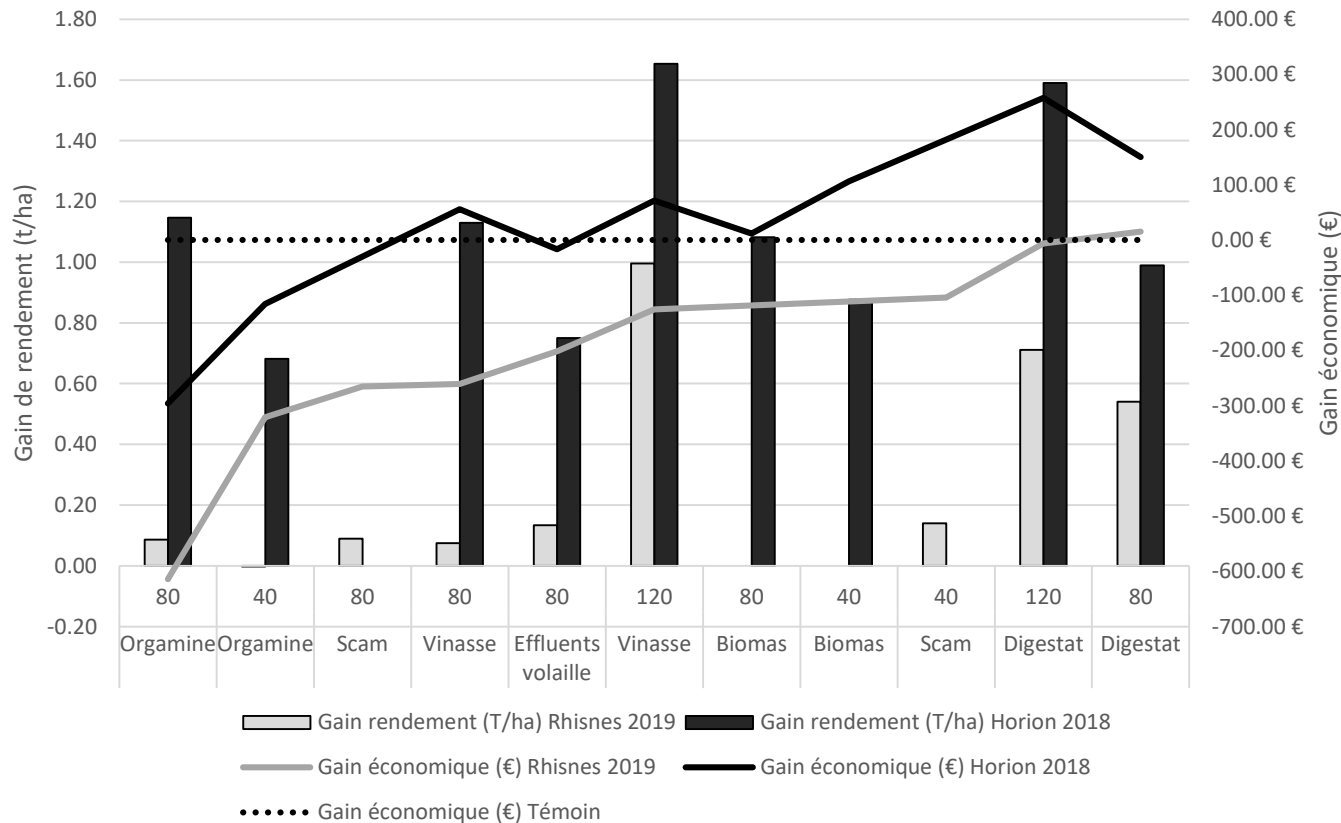
## La réactivité des engrais de ferme



- Efficacité de restitution variable, environ 30 % restitué dans l'année pour un fumier bovin frais et 70 % pour des fientes
- Coefficients d'efficacité de minéralisation immédiats (CEMI) ou prolongés (CEMP) renseignés par Protect'Eau)

# La minéralisation, base de la fertilisation en AB

## Les engrais organiques du commerce: rentabilité économique



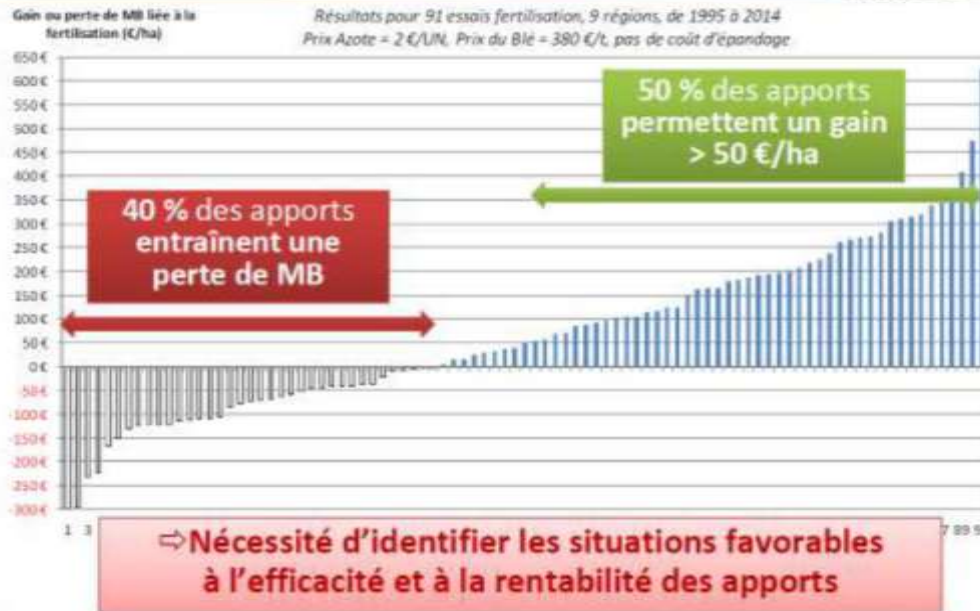
→ Application d'engrais bouchons **rentable uniquement pour la parcelle au précédent « pauvre »**

- Gain de rendement et gain économique liés à l'application de différents engrais sur les sites de Rhines 2019 (précédent pauvre) et d'Horion en 2018 (précédent riche). Abras et al. (2020), Livre Blanc

# La minéralisation, base de la fertilisation en AB

Les engrais organiques du commerce: rentabilité économique

## Résultats d'essais : Effet des apports sur la marge brute



- Glachant & Aubert (2015)
- Pour 91 essais céréales dans 9 régions de France entre 1995 et 2014
- 40 % de situations avec une perte de marge brute et 50 % de situations avec un gain > 50 euros/ha

Glachant & Aubert(2015)

# La minéralisation, base de la fertilisation en AB

La fertilisation organique, une pratique entachée d'incertitudes



- Incertitude quant à la **valeur fertilisante** des engrais de ferme
  - Incertitude quant à la **vitesse de minéralisation** (dépend de la composition de l'engrais et de la météo)
  - Incertitude quant à la **rentabilité économique** des engrais du commerce
- **Dates, conditions de stockage et conditions d'application!**
  - Gestion de l'interculture, **couverture du sol** post-récolte pour limiter les pertes de fertilité et les pollutions
  - Gestion de la **rotation** culturale pour favoriser les retours de MO

# L'impact des pratiques agricoles

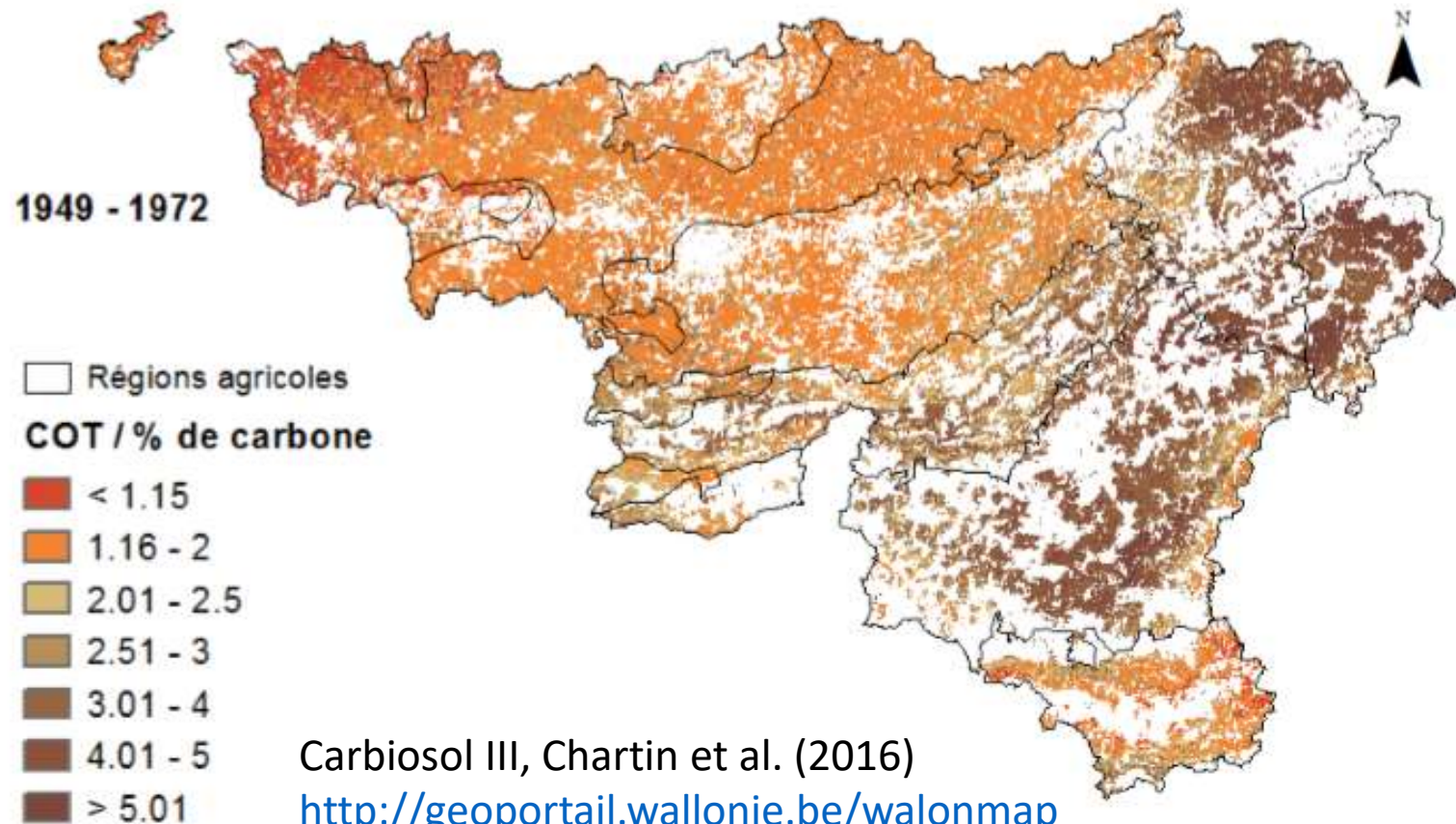
Quels effets des pratiques sur les MO du sol?



Photo C. Roisin

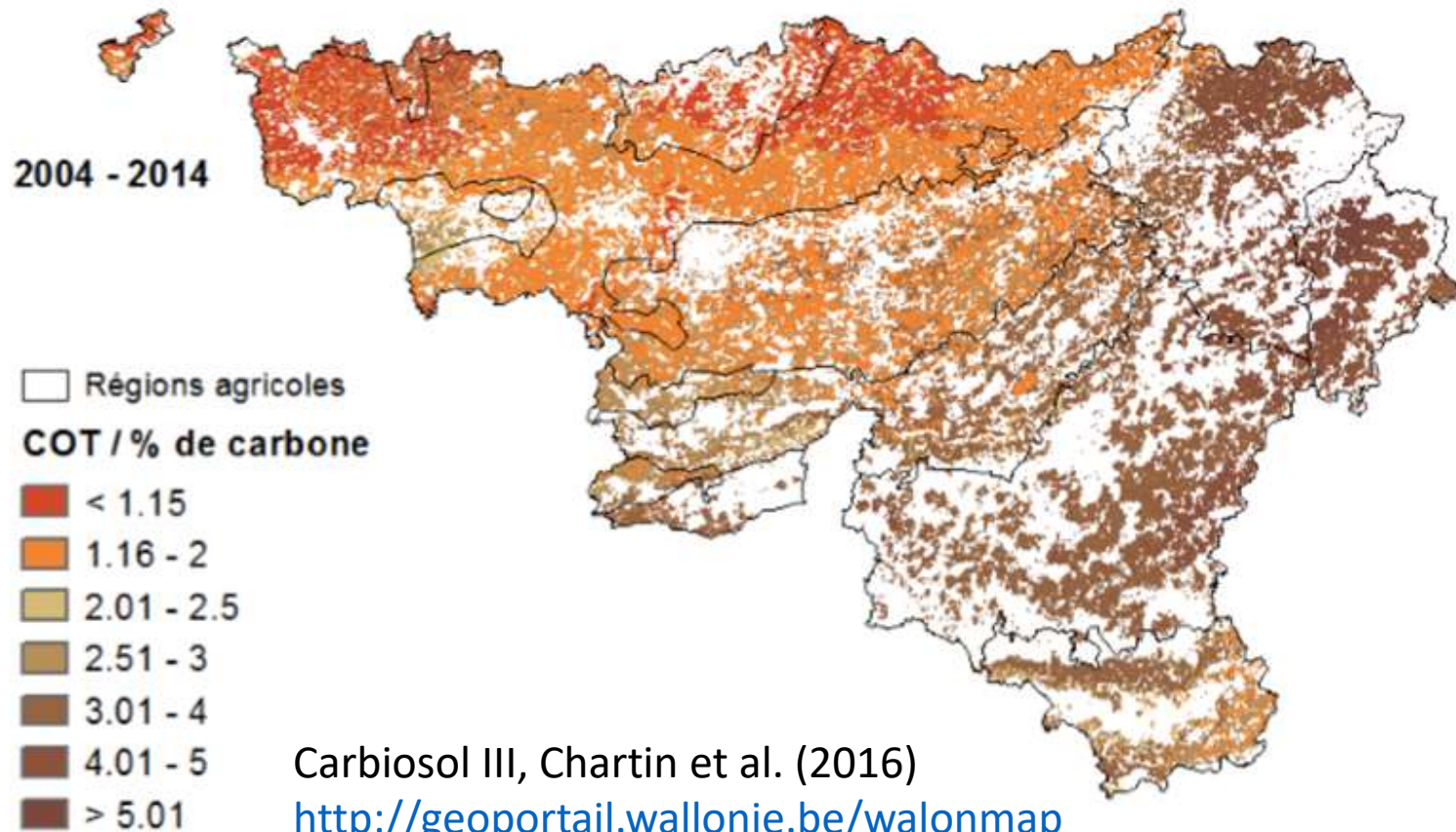
# L'impact des pratiques agricoles

## L'effet de l'occupation du sol



# L'impact des pratiques agricoles

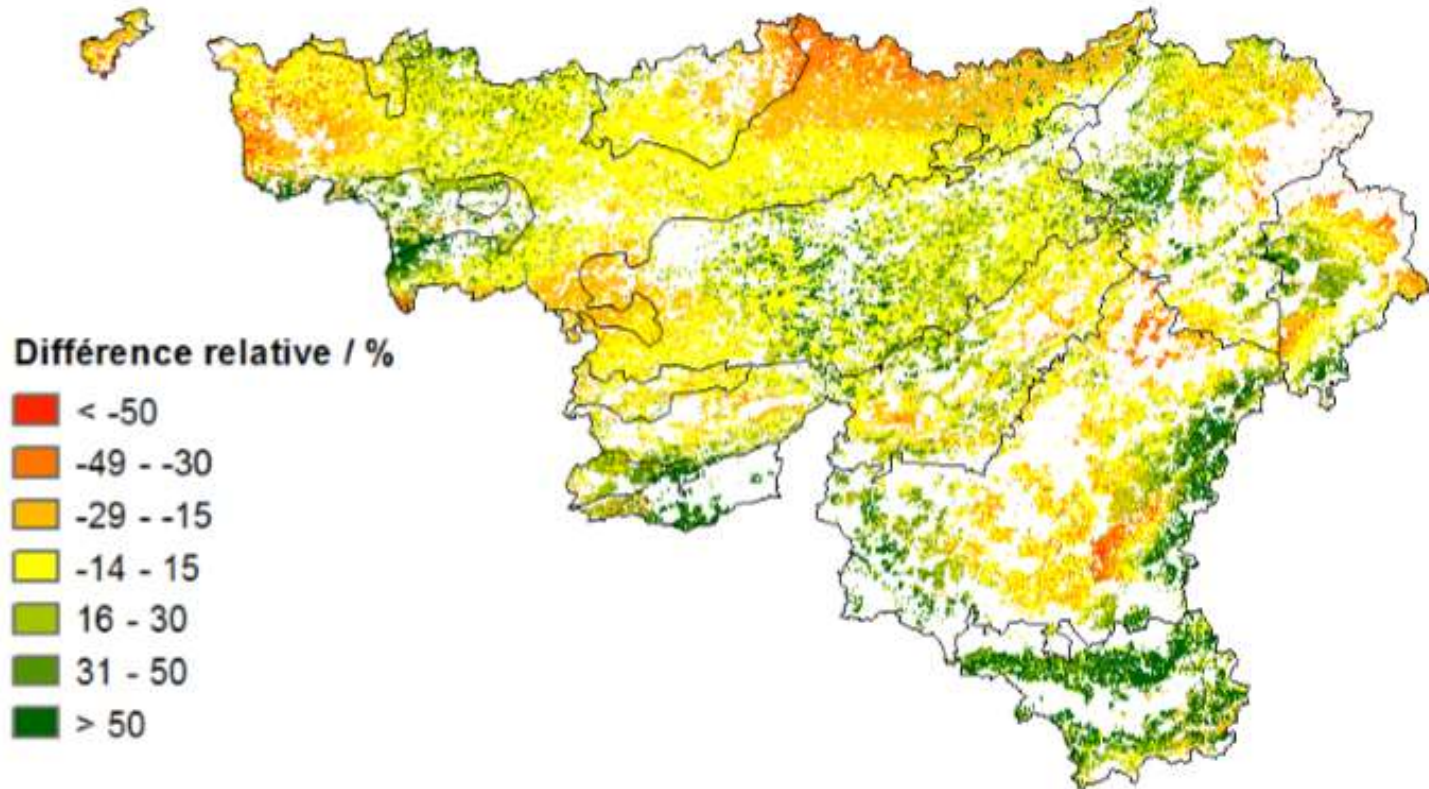
## L'effet de l'occupation du sol



# L'impact des pratiques agricoles

## L'effet de l'occupation du sol

Changement de COT entre 1960 et 2005



Sources : UCL - ELI - TECLIM ; PCNSW ; REQUASUD (licence A09/2016)



# L'impact des pratiques agricoles

## L'effet de l'occupation du sol

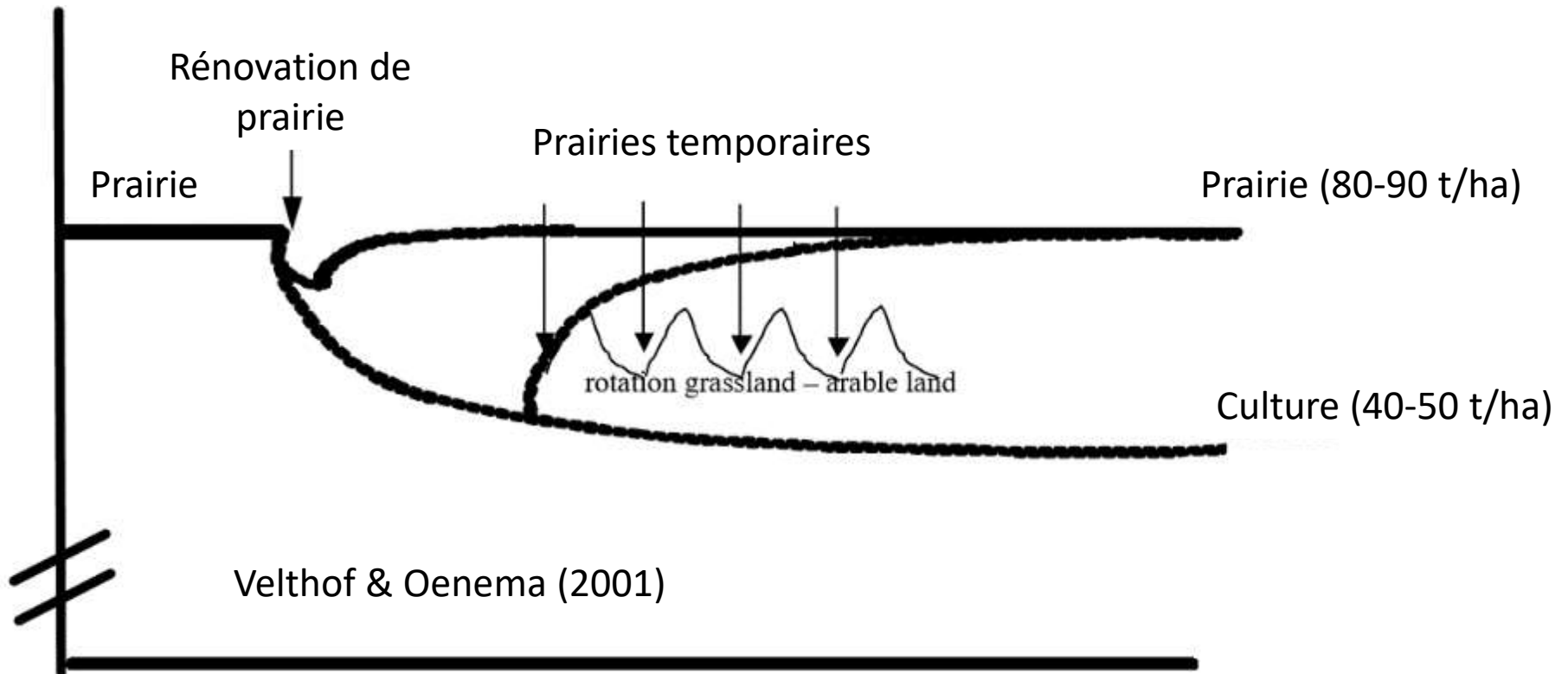
### Principaux changements entre 1960 et 2005:

- Globalement, **-8 % en culture, perte de 0,2 t/ha/an**
- Terres de culture de la région limoneuse - 14 t/ha!
- 22 % des terres de culture < 1.15 % COT contre 9 % en 1960!
  - Augmentation des profondeurs de labour
  - Changement de spéculation des fermes (moins d'élevage, moins de prairies temporaires et plus de cultures de printemps)
- Globalement, **+ 10 % en prairie, gain de 0,2 t/ha/an**
- Conversion culture → prairie + 12t/ha

D'après Goidts et al. (2009), Meersmans et al., (2009, 2011), van Wesemael et al., 2010

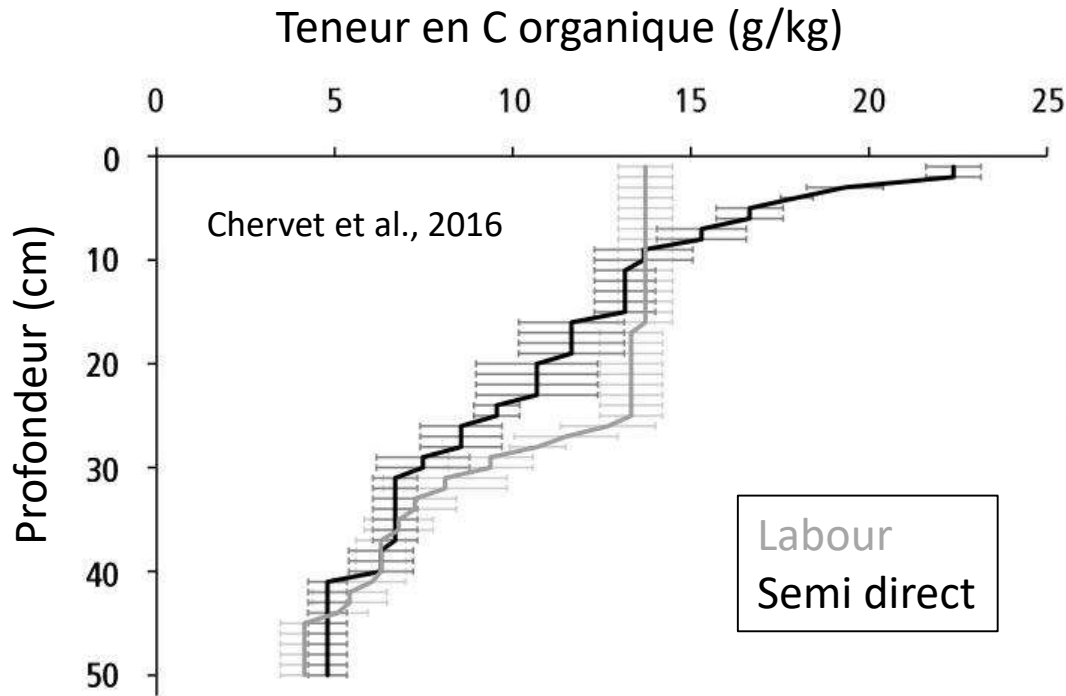
# L'impact des pratiques agricoles

La prairie temporaire, levier idéal pour maintenir de bons taux de MO dans les terres en rotation



# L'impact des pratiques agricoles

## L'effet du travail du sol

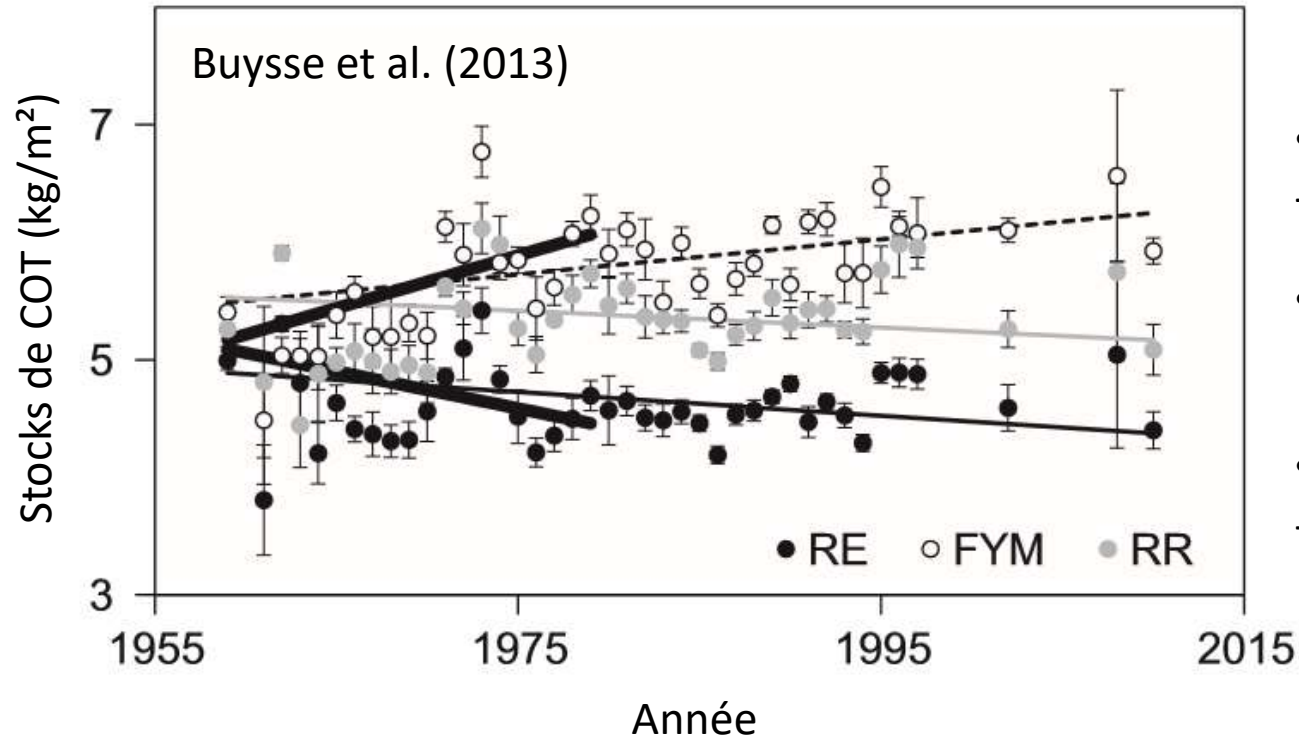


- **Essai long terme (20 ans)  
Oberacker, Berne, Suisse**
- Redistribution du COT et des nutriments dans le profil
- Accumulation de MO en surface → protection contre la battance et l'érosion

- Le TCS n'induit pas d'augmentation de stocks de COT
- Mais! Certaines pratiques inféodées à l'agriculture de conservation (diversification culturale, couverture permanente du sol) bénéfiques pour le stockage de C (Virto et al. 2012)

# L'impact des pratiques agricoles

## L'effet des restitutions : fumier, engrais verts

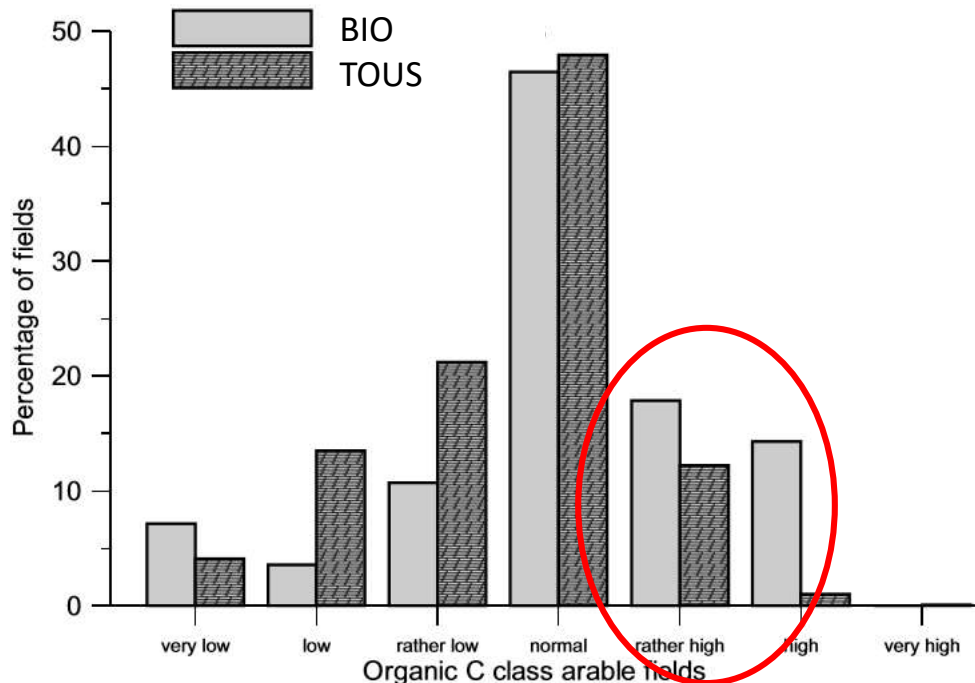


- **Fumier**  
+ 0,1 t/ha/an
- **Toutes restitutions**  
maintien des stocks
- **Export des résidus**  
- 0,07 t/ha/an

**Pour augmenter les stocks de MO dans les sols, ils faut augmenter les entrées!**

# L'impact des pratiques agricoles

## L'agriculture biologique



De Neve et al. (2006)

- Globalement, les parcelles en AB sont plus riches en MO (+20 %) → **restitutions**, apports de **MO exogènes**, **diversification** culturale
- En Flandres, plus de parcelles en AB avec des taux de COT élevés
- Etude équivalente en Wallonie: 60 à 65 % des parcelles en AB possèdent des teneurs en COT > médiane régionale
- Mais! En Hesbaye, majorité de parcelles mal fournies en COT! → **Fermes sans élevage**, **rotation grandes cultures**

# Matière organique et stabilité structurale

La plupart des sols de la région limoneuse ont une pauvre stabilité structurale, en raison de leur faible teneur en MO



→ Faible résistance à la compaction

→ Faible résistance à la battance et à l'érosion hydrique



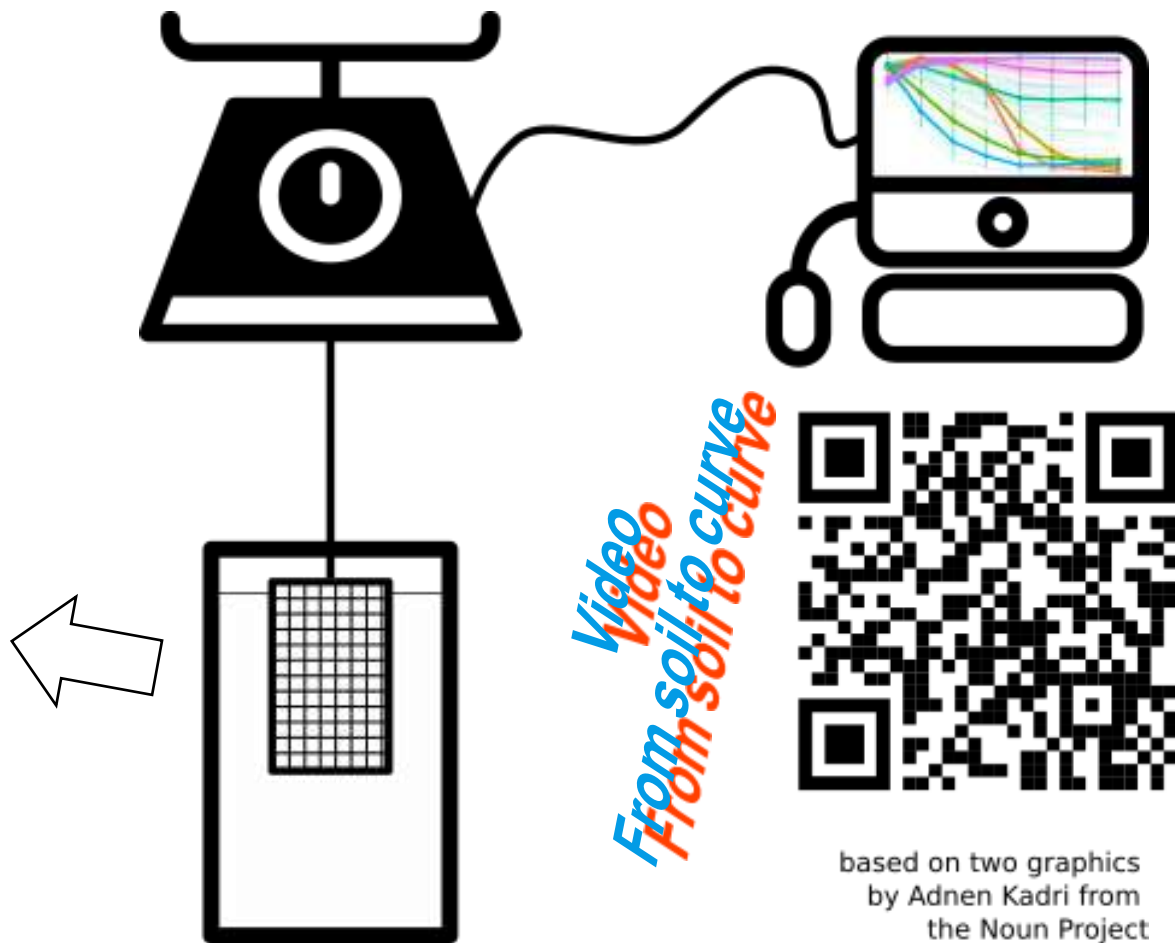
Rhisnes, 3rd of June 2021  
Photo : F. Vanwindekens

# Matière organique et stabilité structurale

## Le QuantiSlake Test pour mesurer la stabilité structurale



Picture – F. Vanwindekens, 2021 - CC-BY



*Video  
From soil to curve*

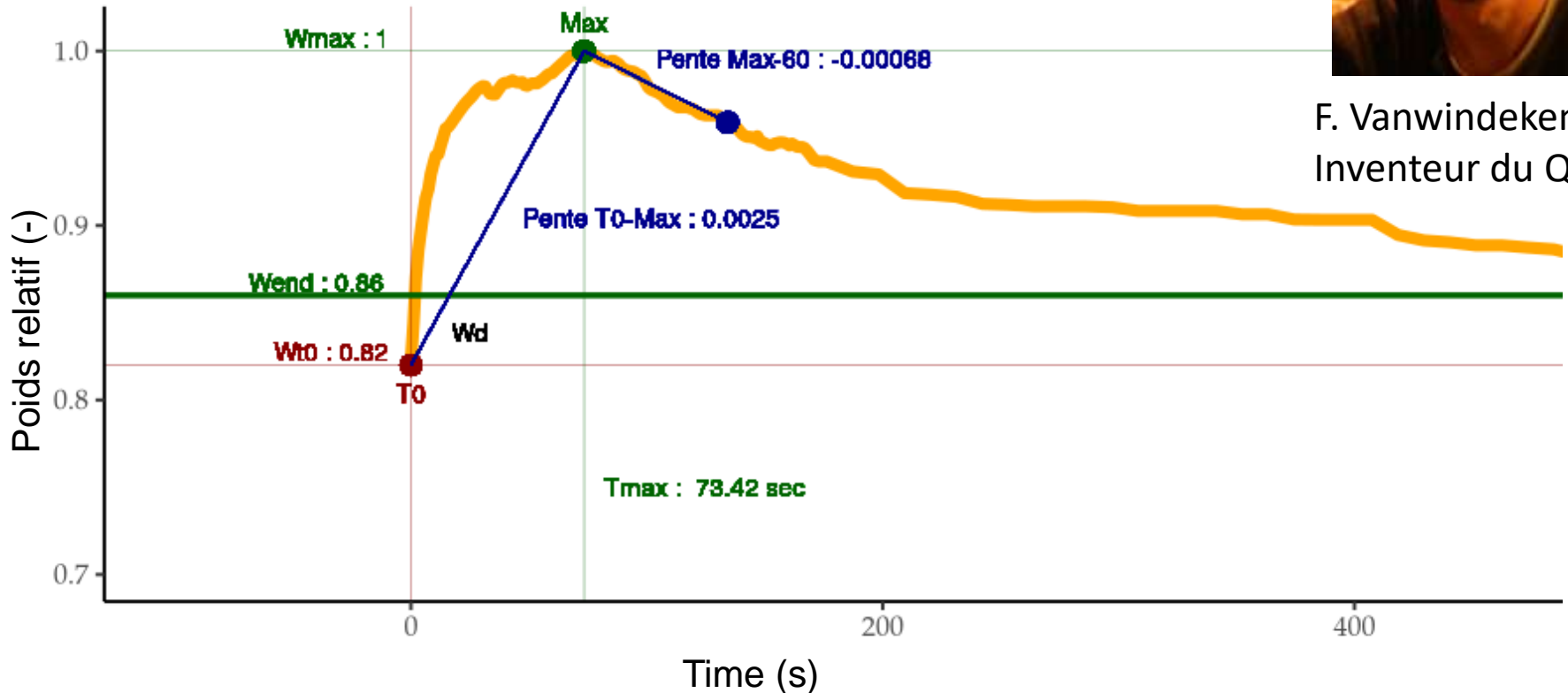
based on two graphics  
by Adnen Kadri from  
the Noun Project

# Le QuantiSlake test

Calcul des indicateurs à partir des courbes



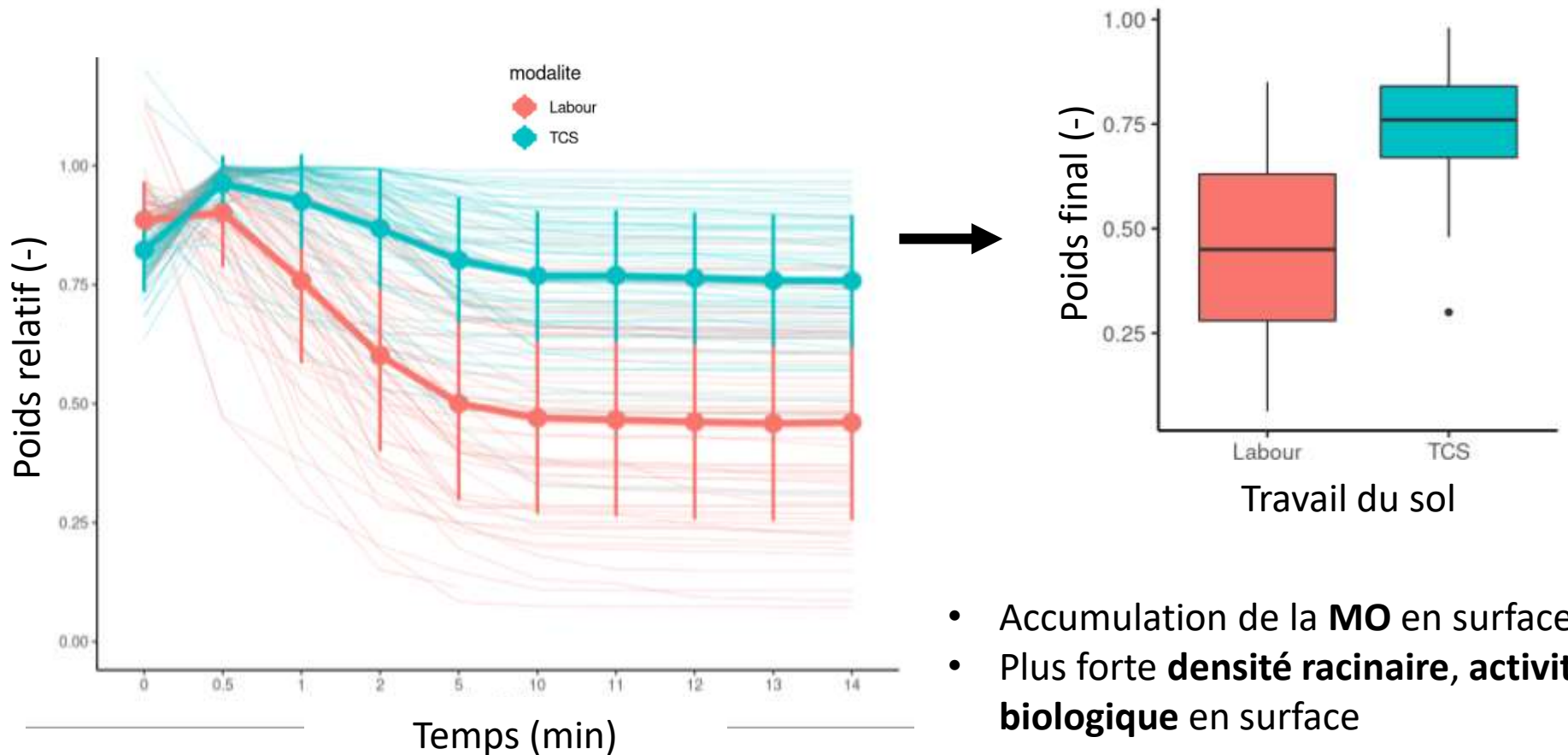
F. Vanwindekens,  
Inventeur du QST





# Matière organique et stabilité structurale

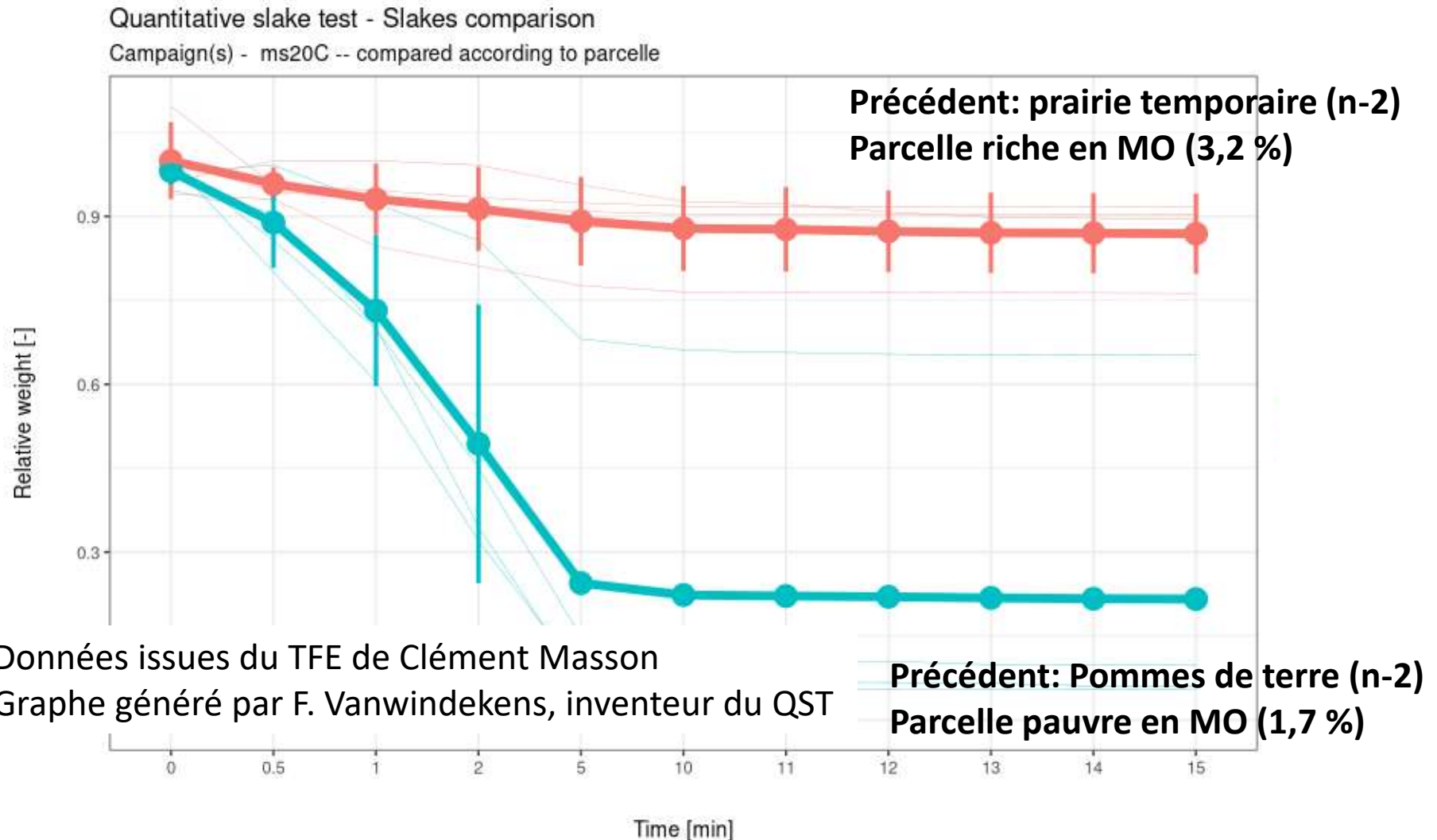
Le QuantiSlake Test répond très bien aux pratiques de non-labour!



- Accumulation de la **MO** en surface
- Plus forte **densité racinaire, activité biologique** en surface

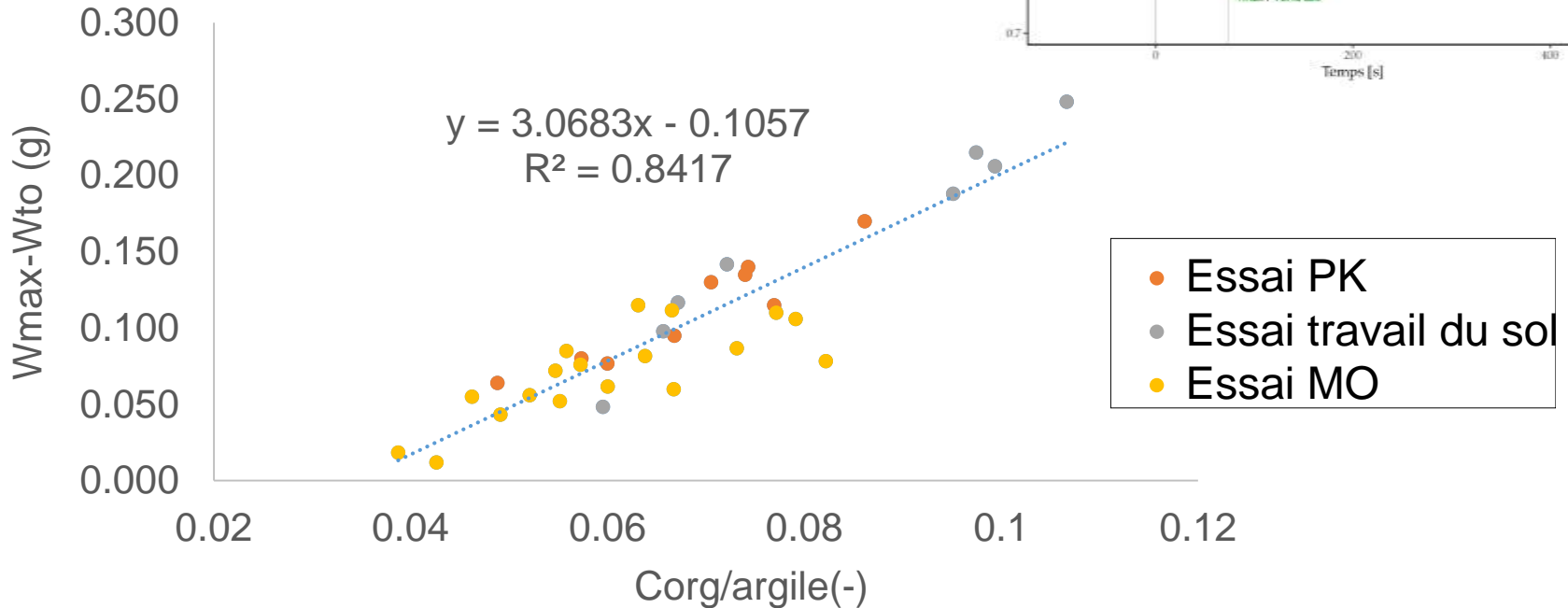
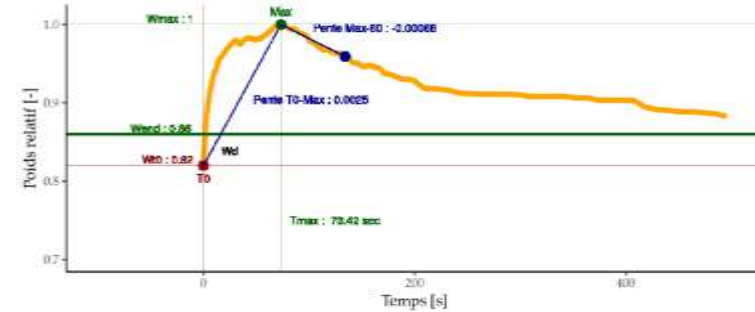
# Matière organique et stabilité structurale

L'action déstructurante du labour est moins problématique dans les sols bien pourvus en MO!



# Matière organique et stabilité structurale

Les indicateurs des courbes QST sont très corrélés au rapport Corg/argile

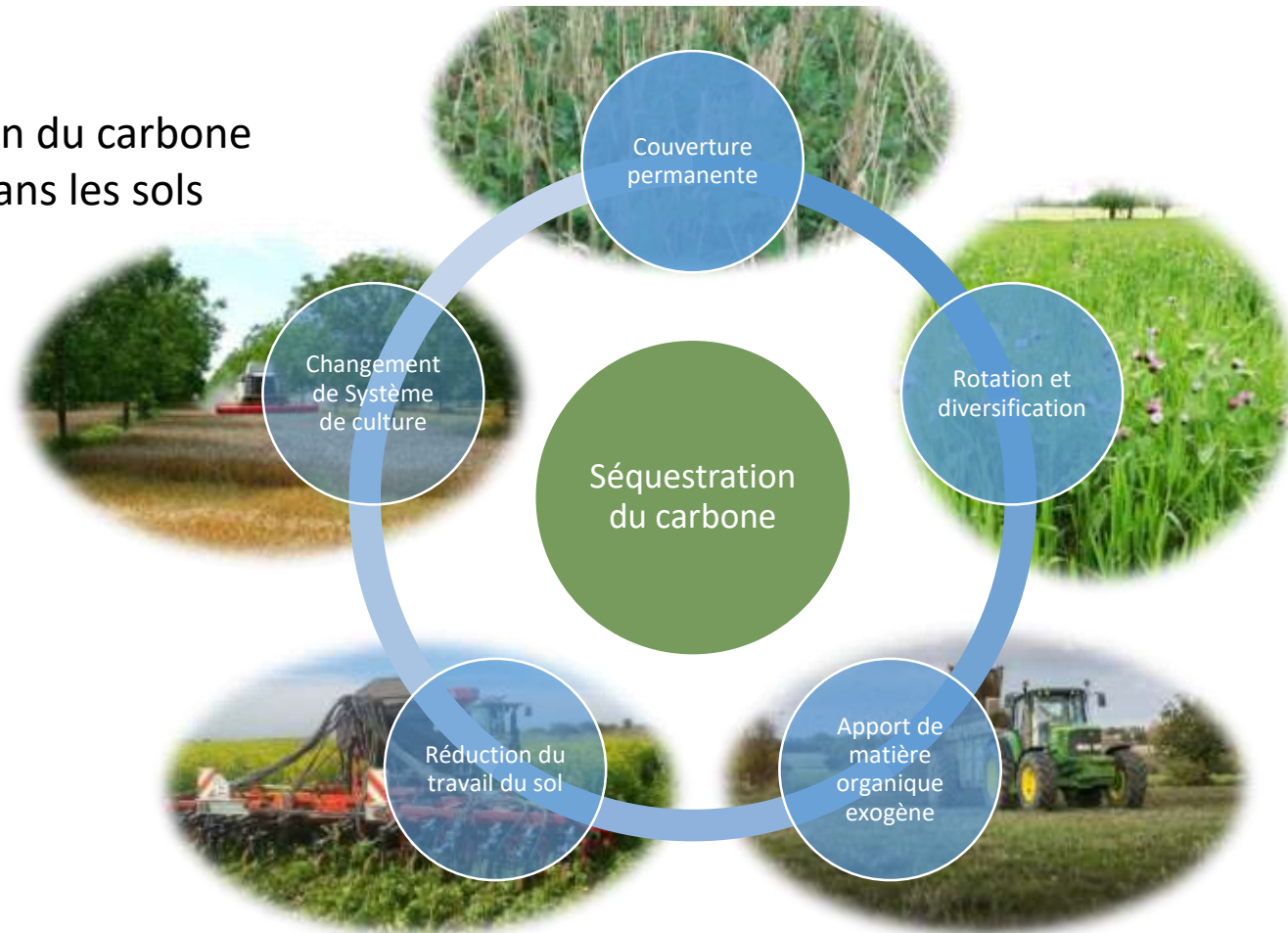


- Le gain de masse en début de courbe ( $W_{max}-W_{t0}$ ) est fortement corrélé au rapport Corg/argile → bon indicateur de la stabilité structurale des sols en conditions de terrain

# Vers des systèmes de rémunération du stockage de C

Des pratiques agricoles « bas carbone » pour répondre à l'enjeu climatique

Potentiel de séquestration du carbone organique dans les sols



# Vers des systèmes de rémunération du stockage de C

## Enjeux politiques actuels

Au niveau européen : Green Deal, Farm to Fork, PAC



Réduire  
l'**empreinte**  
environnementale  
et climatique

Mener à la  
**transition** vers  
une agriculture  
**durable**

Exploiter de  
nouvelles  
**opportunités**

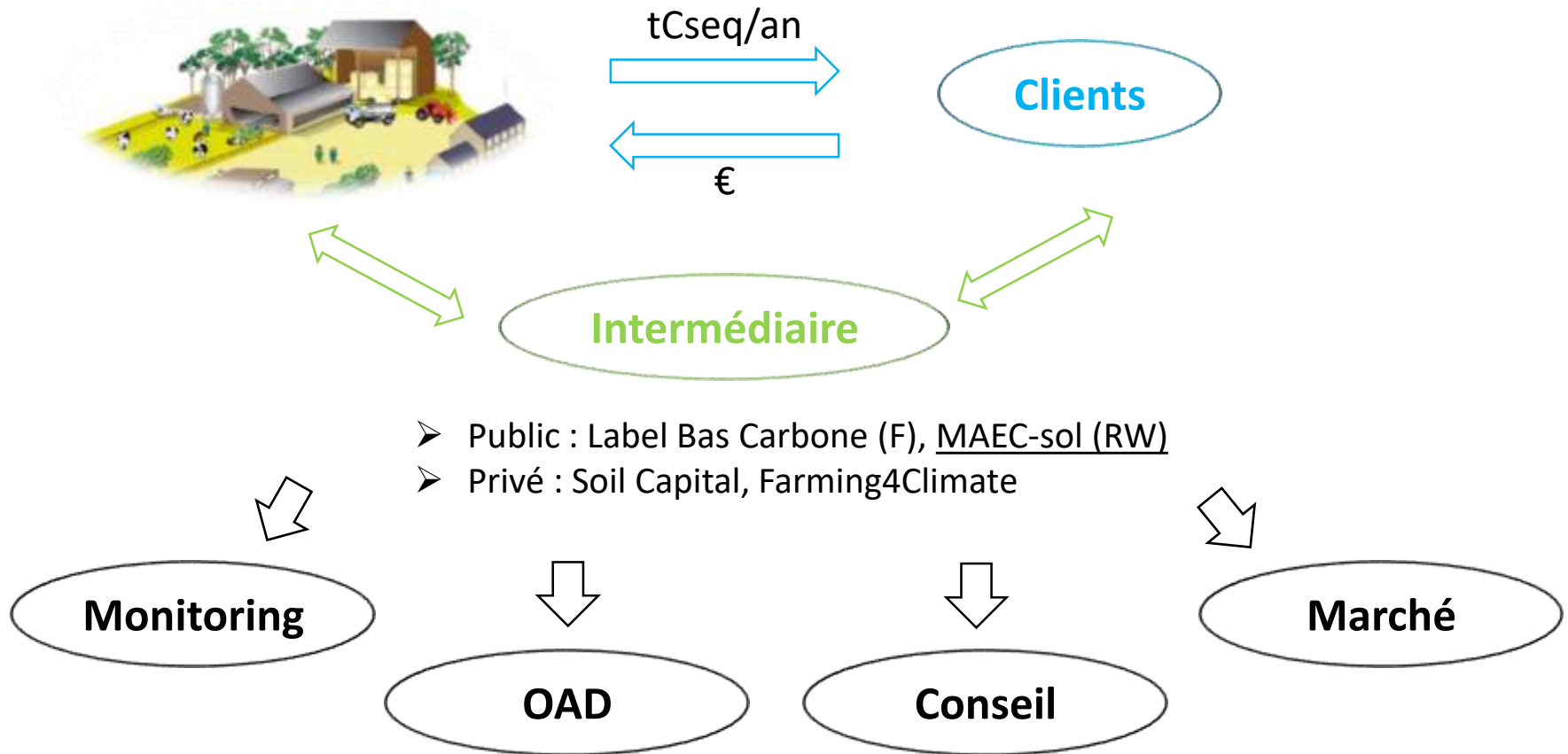
Créer une  
agriculture  
**robuste** et  
**résiliente**



# Vers des systèmes de rémunération du stockage de C

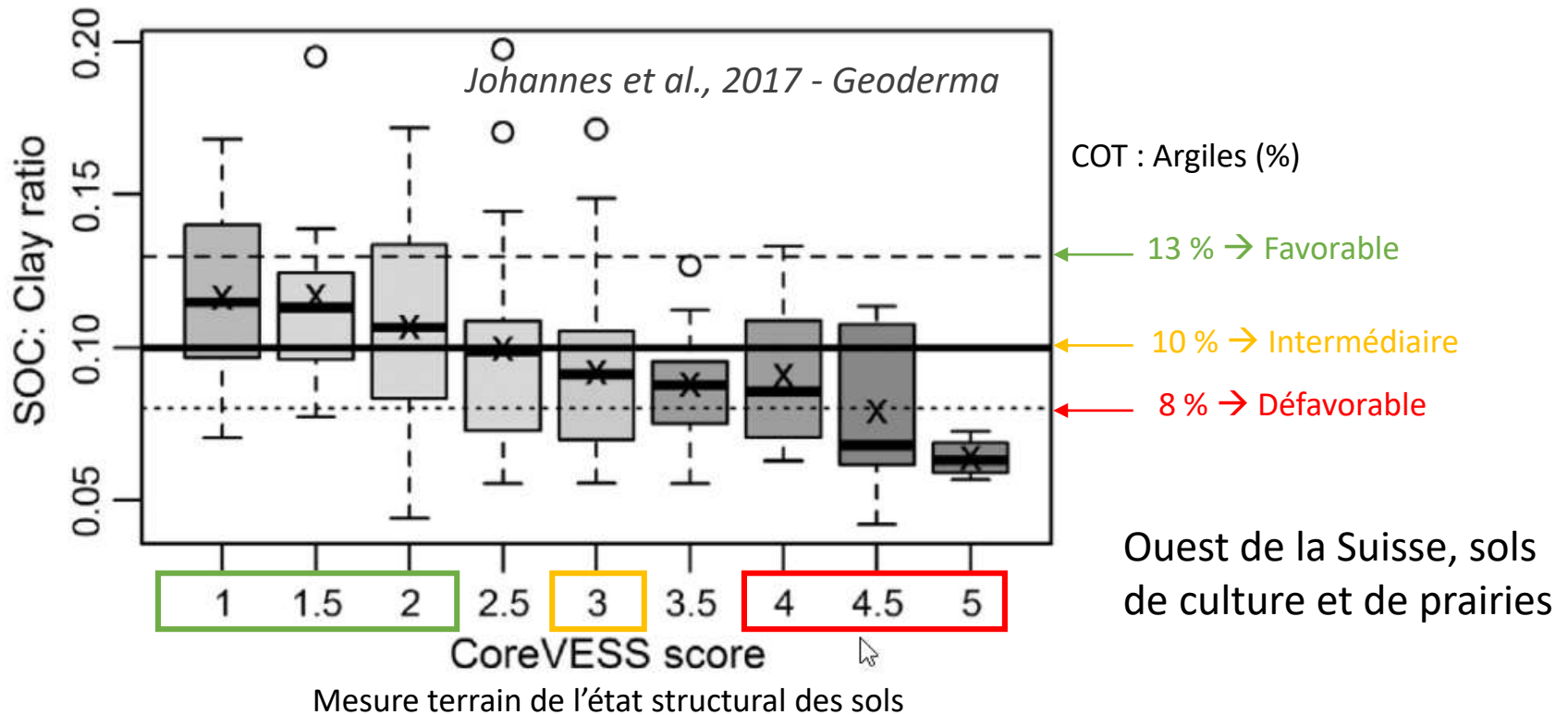
Quelques exemples de systèmes de rémunération qui existent déjà...

La séquestration du carbone pourrait être rémunérée



# Vers des systèmes de rémunération du stockage de C

Le rapport COT:argile, pierre angulaire du projet de MAEC-sol

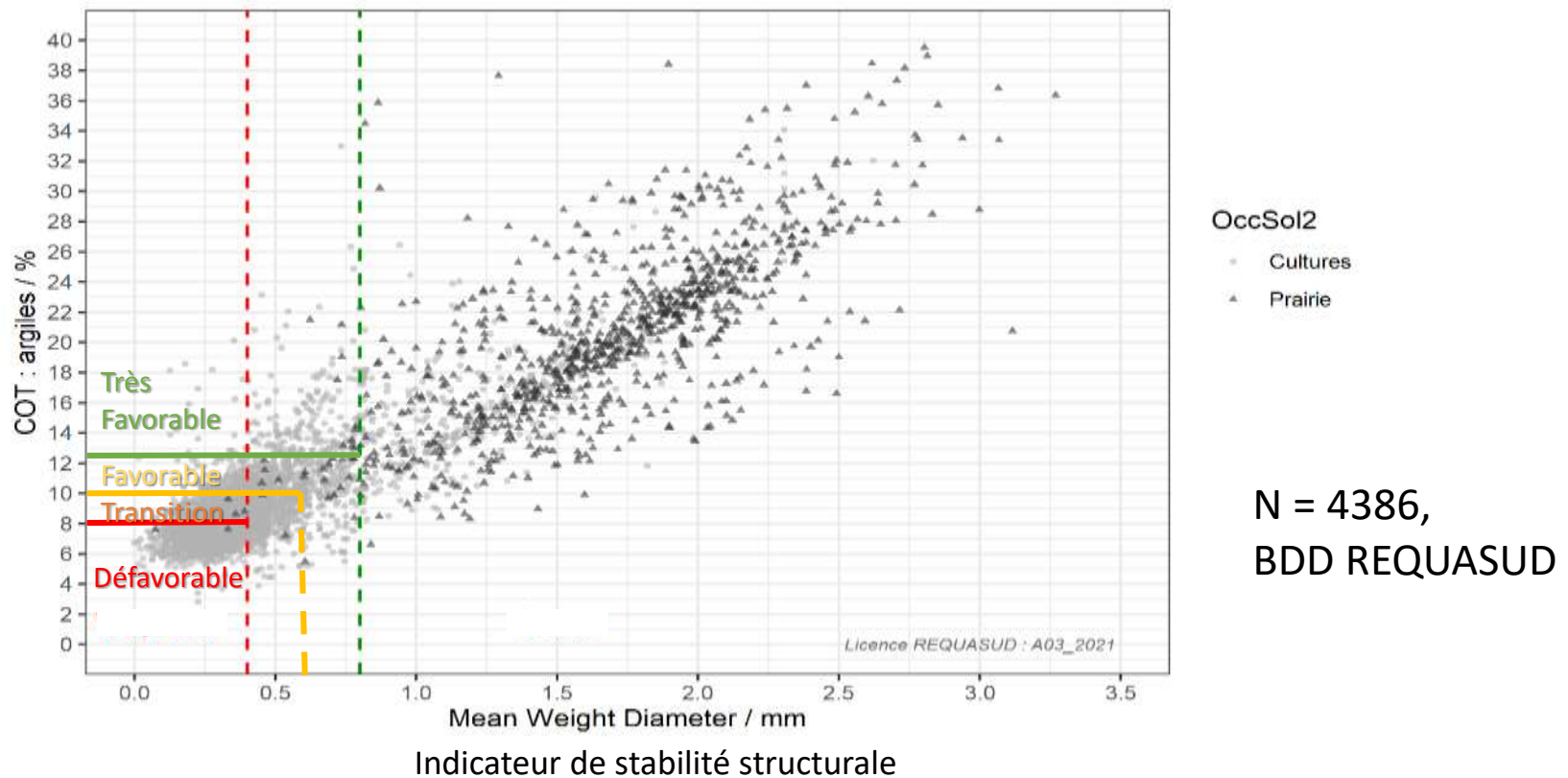


- Normalisation du contenu en COT par la teneur en argile → **Statut organique**
- Lien fort entre COT:Argile et la stabilité structurale → **potentiel de stabilité**

# Vers des systèmes de rémunération du stockage de C

## Le rapport COT:argile, pierre angulaire du projet de MAEC-sol

Chartin & van Wesemael, communication 2021 ; Données Requasud (2021) ;  
Ephesia Consult 2020 ; Fonction pédotransfert Shi et al., 2020

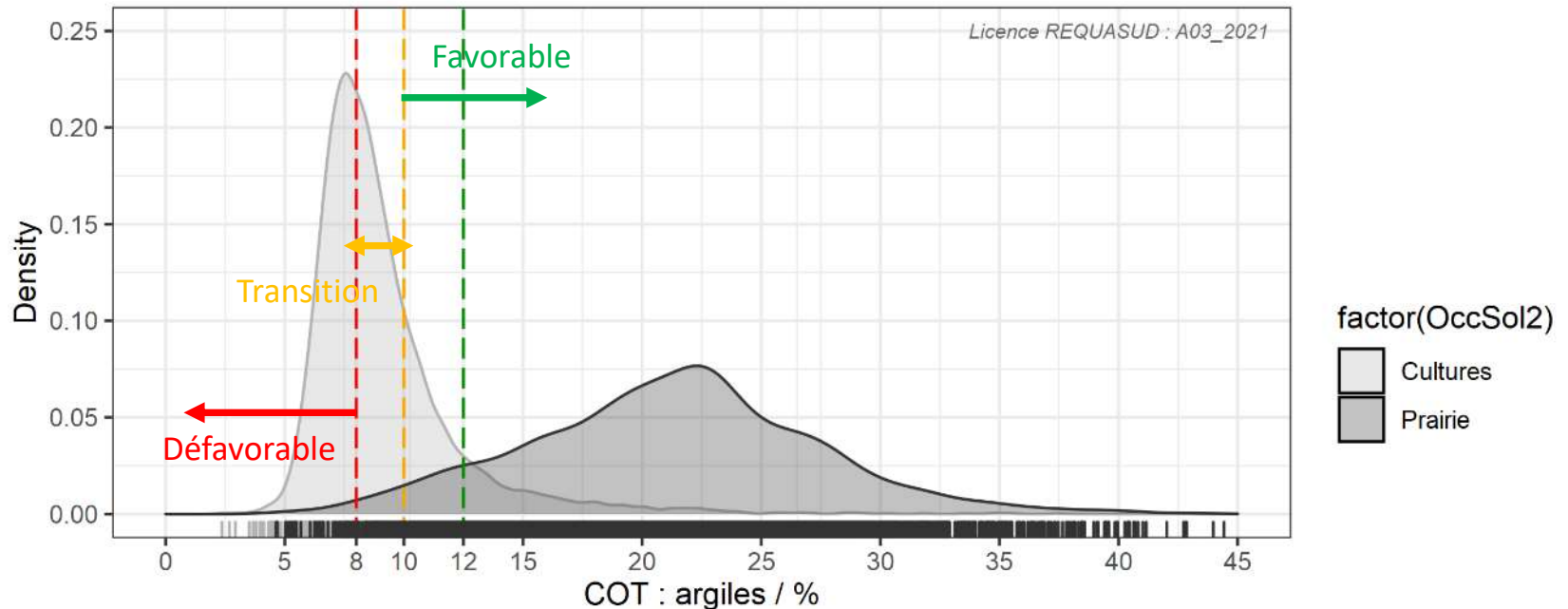




# Vers des systèmes de rémunération du stockage de C

## Le rapport COT:argile, pierre angulaire du projet de MAEC-sol

N ~ 10,000 (5000 en cultures en rotation et 5000 en prairies permanentes)



Chartin & van Wesemael, communication 2021 ; Données Requasud (2021) ; Ephesia Consult 2020 ; Fonction pédotransfert Shi et al., 2020

# Vers des systèmes de rémunération du stockage de C

## Le biochar, biomasse « inerte »



- Les **aires de faulde**, témoins d'une activité charbonnière abandonnée depuis deux siècles, illustrent la résistance des charbons végétaux à la dégradation
- Le biochar est entré dans la liste des matières fertilisantes du **Règlement UE 2019/1009** qui sera d'application à partir de juillet 2022
- Projet d'**AGW fertilisant**



# Conclusions

- L'agriculture peut contribuer à atténuer les émissions de GES par la mise en place de pratiques favorables au stockage de MO dans les sols agricoles
- Néanmoins, il faut garder en tête que le potentiel de stockage est relativement faible par rapport aux émissions du secteur agricole, et que le stockage est réversible en cas d'arrêt des pratiques. La préservation des stocks existants doit ainsi être une priorité
- Au-delà de l'objectif climatique, la MO du sol exerce de nombreuses fonctions essentielles à la fertilité. Le maintien ou la restauration de bons niveaux de MO dans les sols agricoles est le meilleur moyen de gérer durablement la fertilité des sols (lutte contre les problèmes de tassement, battance et érosion hydrique, augmentation de la résilience du système face aux épisodes orageux et à la sécheresse)
- Alors que de nombreuses initiatives privées voient le jour, il y a une intention du service public de proposer un système de rémunération du C du sol qui devrait voir le jour avec la nouvelle version de la PAC

# Merci de votre attention!

