

Pour aller plus loin : le carbone dans le sol, enjeux et opportunités pour des systèmes résilients ?

ARVALIS
Institut du végétal

Hélène LAGRANGE

Forum technique des
systèmes agricoles innovants

Jouons collectif pour relever le DEPHY !

Mercredi 9
mars 2022
9h – 16h30

Lycée agricole
de Castelnaudary

Colloque DEPHY Occitanie
Grandes Cultures, Polyculture Elevage



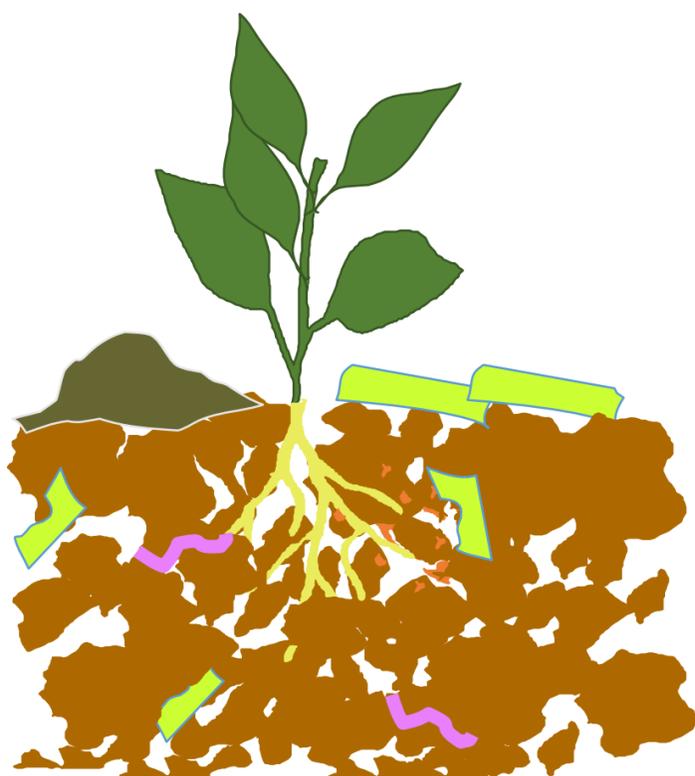
Pour aller plus loin : le carbone dans le sol, enjeux et opportunités pour des systèmes résilients ?

La matière organique et le carbone
Quoi? Où? Comment?

Le carbone pour la société
Stratégie nationale et certification, ex du Label Bas Carbone



Le carbone, les matières organiques : de quoi parle t-on ?



- Au-dessus du sol : couverts végétaux, résidus de culture
- Dans le sol
 - racines vivantes
 - faune du sol
 - résidus végétaux
 - matières organiques non identifiables à l'œil = « humus »

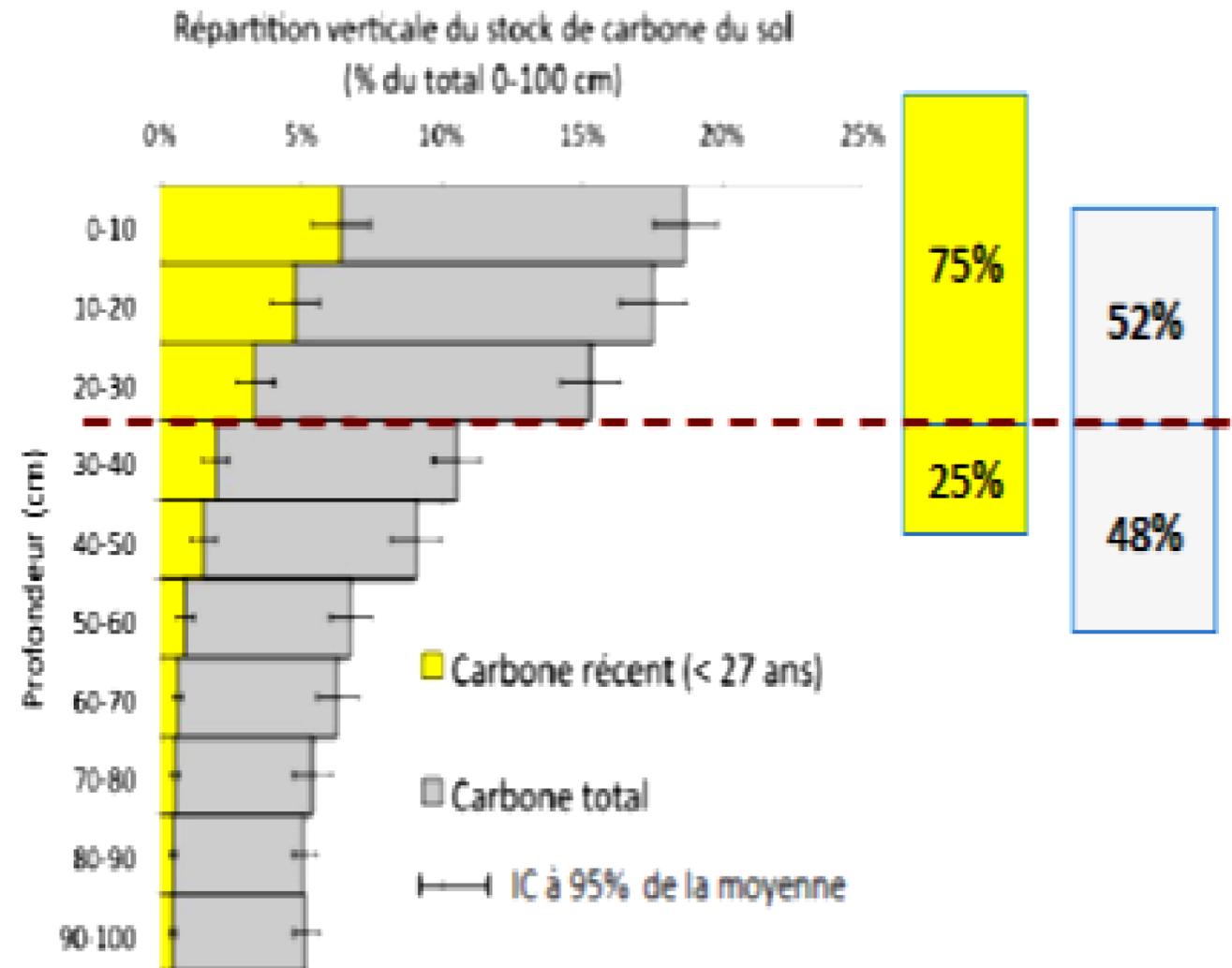
$\%MO \text{ (sol cultivé)} = 1,72 \times \% Corg$

Total	42 t/ha de C
Résidus organiques frais "libres"	0 à 4
Résidus organiques évolués (mat. orga. particulières)	2 à 4
Macro faune	0,5 à 1
Biomasse microbienne	1 à 2
"Humus"	36

d'après B. Mary, INRAE

Le carbone, les matières organiques : où?

Répartition verticale du stock de carbone du sol en % du total sur 0-100 cm



Méta-analyse de 41 essais de longue durée cultivés (durée médiane : 27 ans), Balesdent et al., 2017

Matière organique active principalement dans la couche la plus active biologiquement : 0-30 cm.

Mais une part non négligeable du carbone est au dessous de 30 cm.

Le carbone, les matières organiques : où?

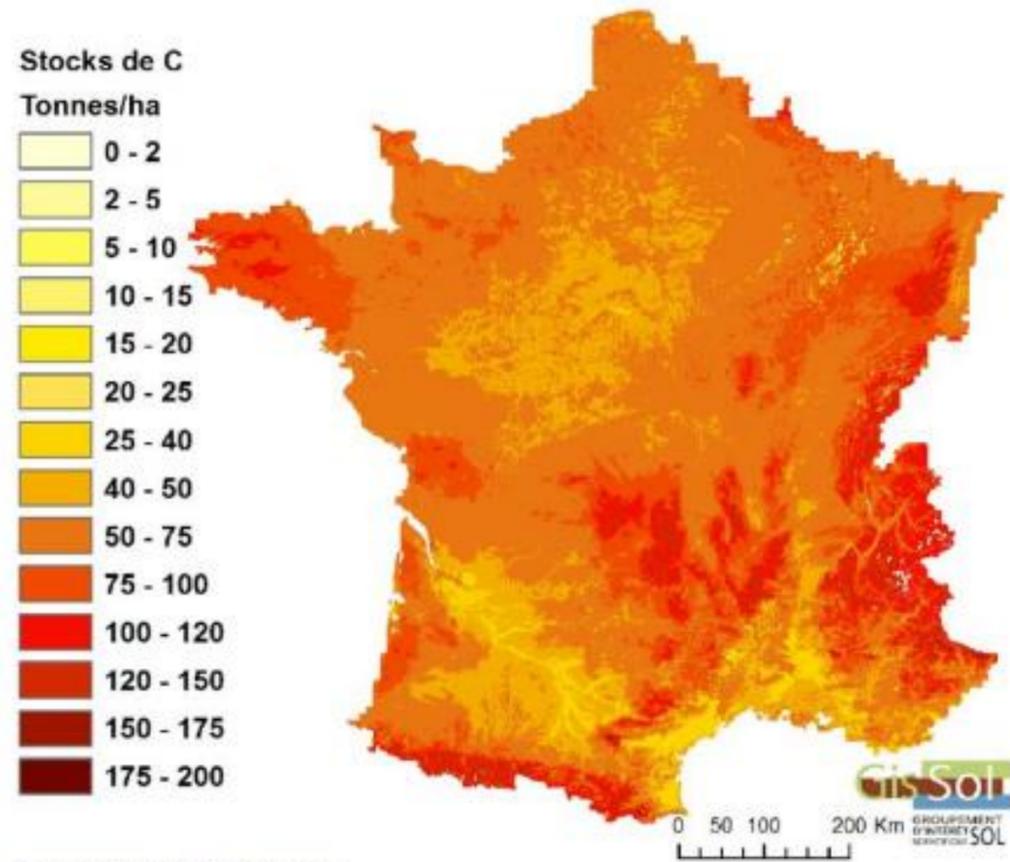
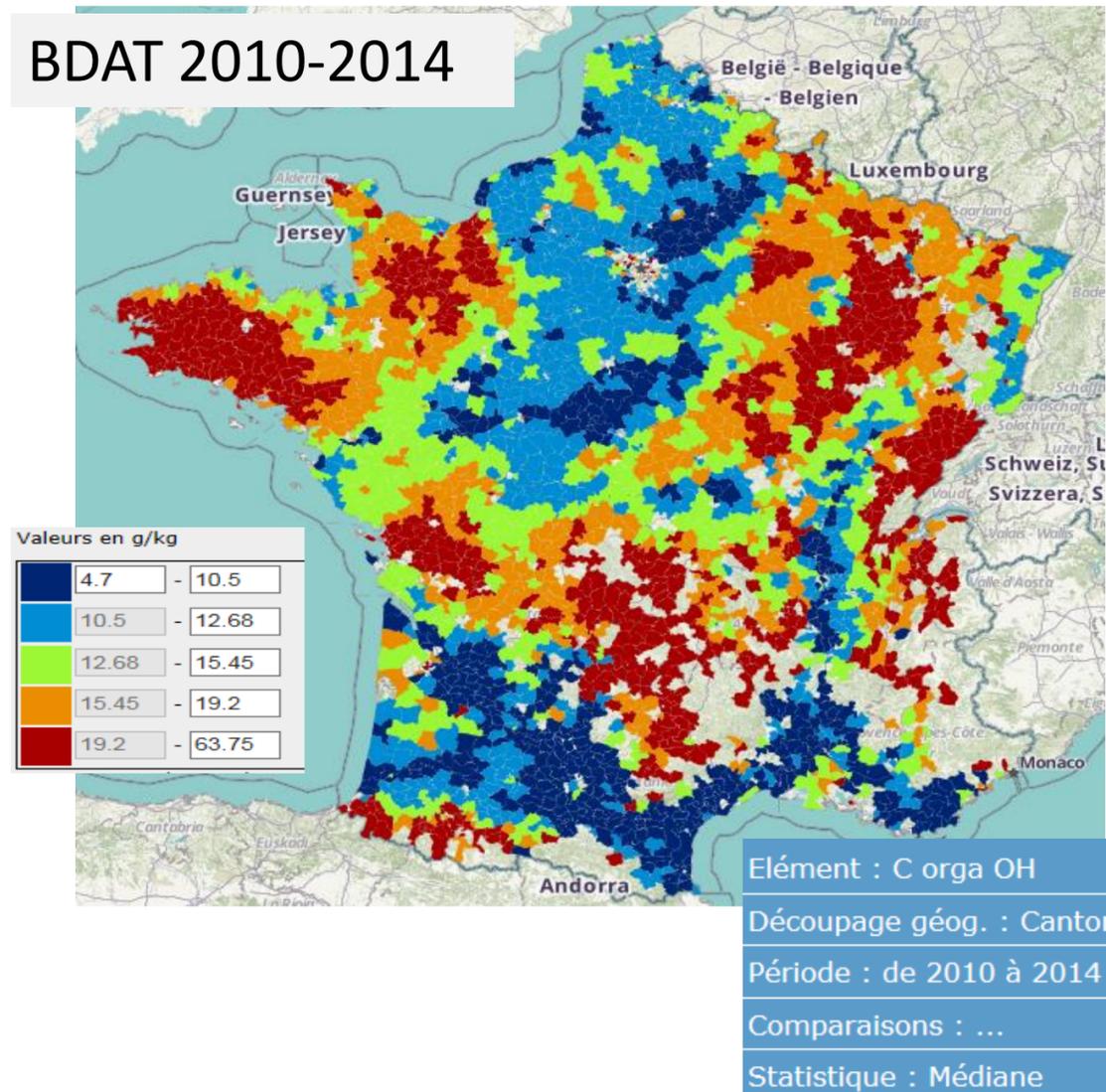


Figure 1-3. Carte des stocks de C organique des sols français (en tC/ha) sur les 30 premiers centimètres de sol (données GIS Sol)



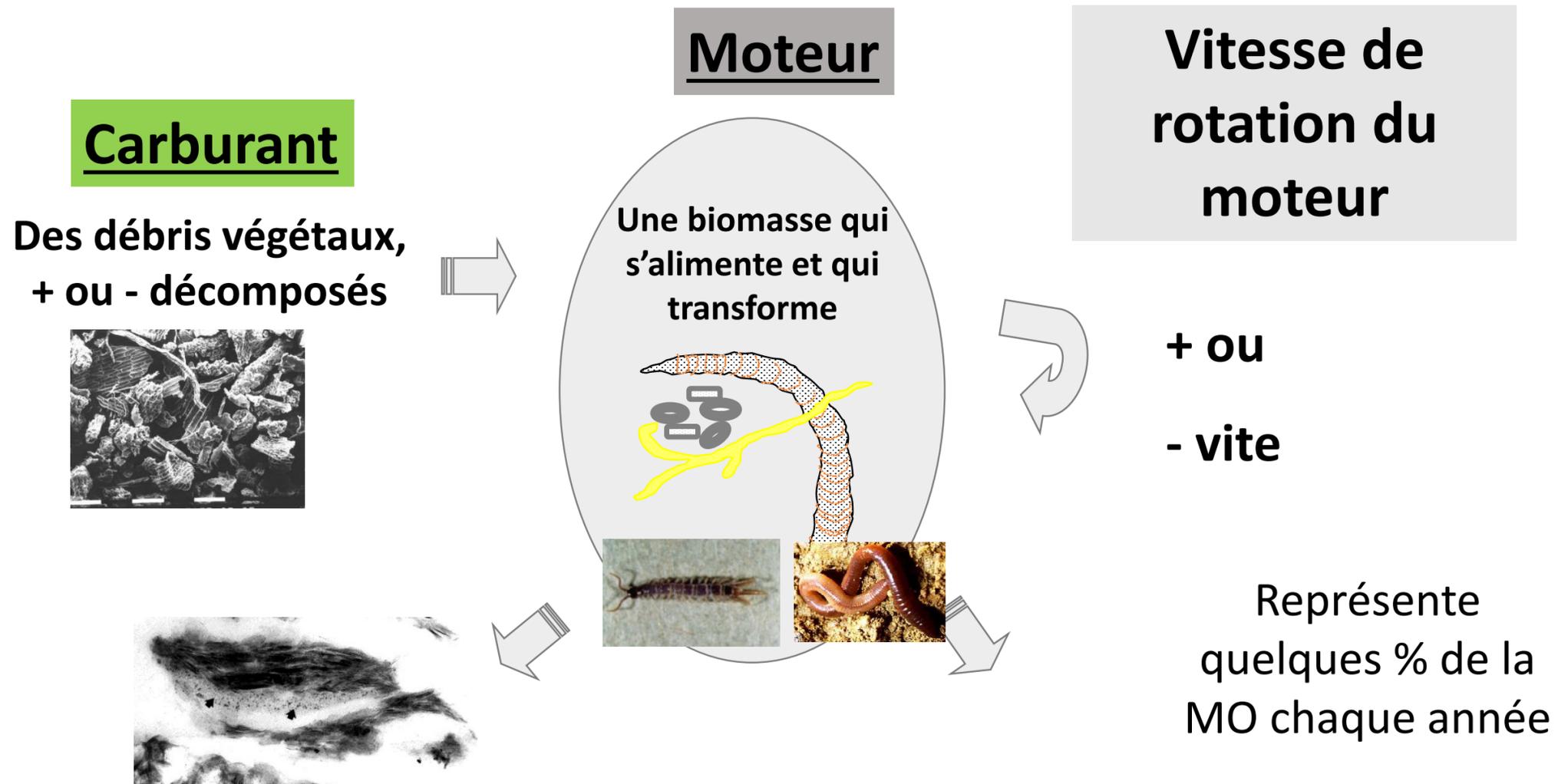
Stocks plus élevés: montagnes (climat défavorable à la minéralisation) ou en mode d'occupation principal prairie (Bretagne, Massif Central)

Stocks plus faibles: sols limoneux, plaines de cultures intensives

Dépend de l'occupation des sols actuelle et ancienne, des types de sol et du climat

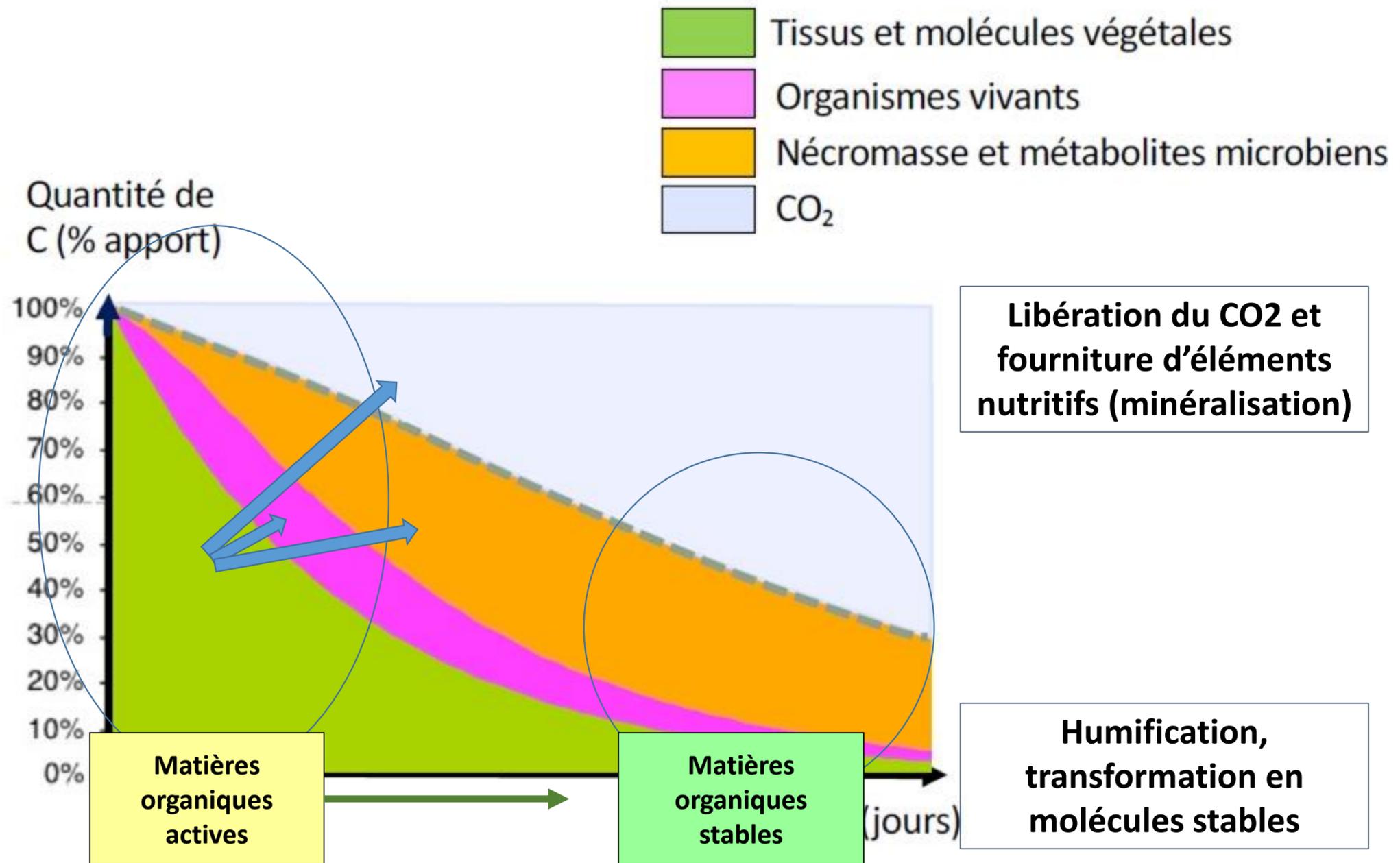
Le stock médian sur 0-30cm en grandes cultures: 47.9 tC/ha soit environ 2.2% de MO

Le carbone, les matières organiques : comment?



Photos : C. Chenu, INRAE, M-A Félix, CNRS, ARVALIS

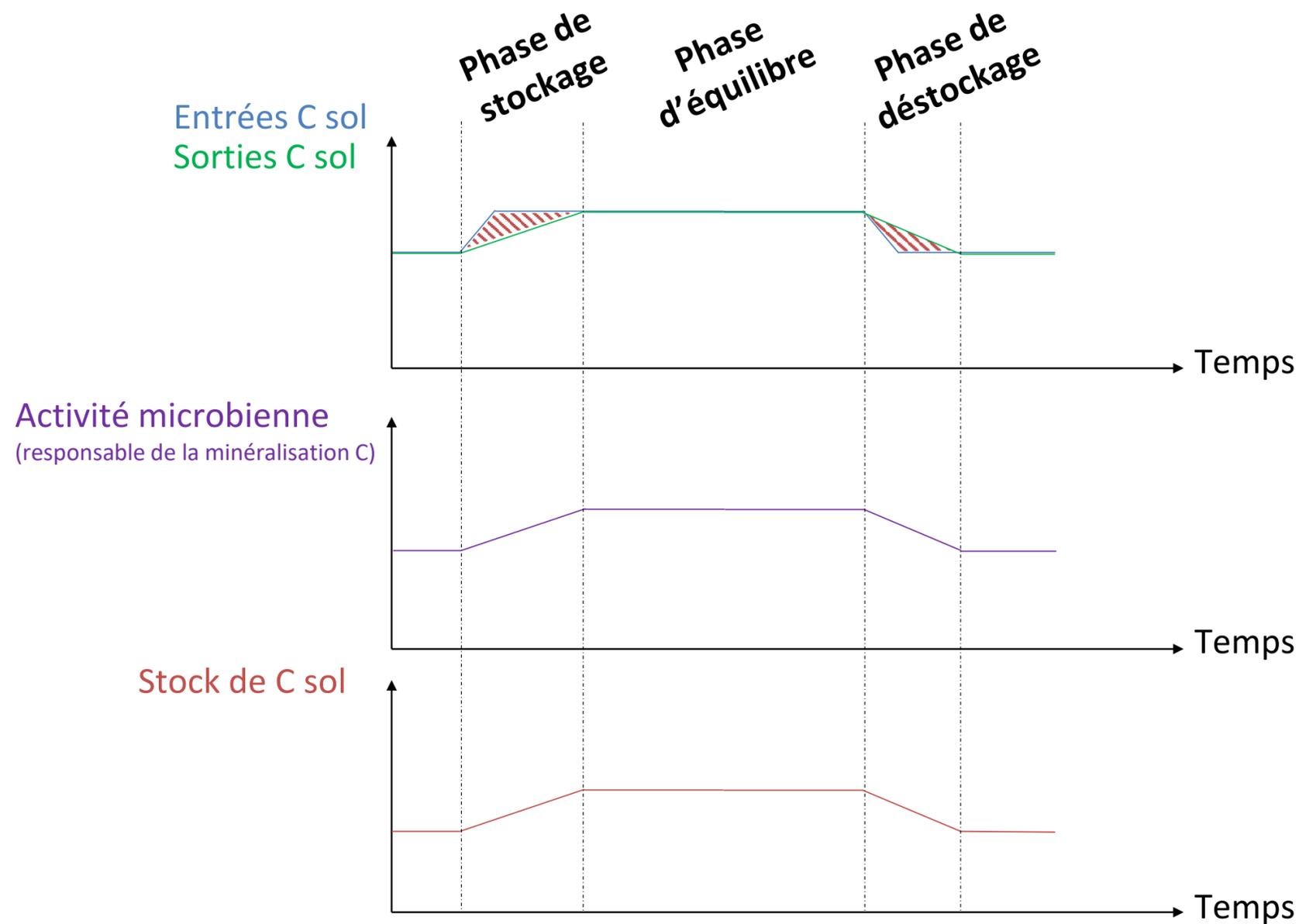
Le carbone, les matières organiques : comment?



d'après C.Chenu, INRAE

Le carbone, les matières organiques : comment?

Le bilan Carbone du sol, un outil incontournable pour évaluer le stockage/déstockage de Carbone



Le stockage est lent

Le stockage est limité

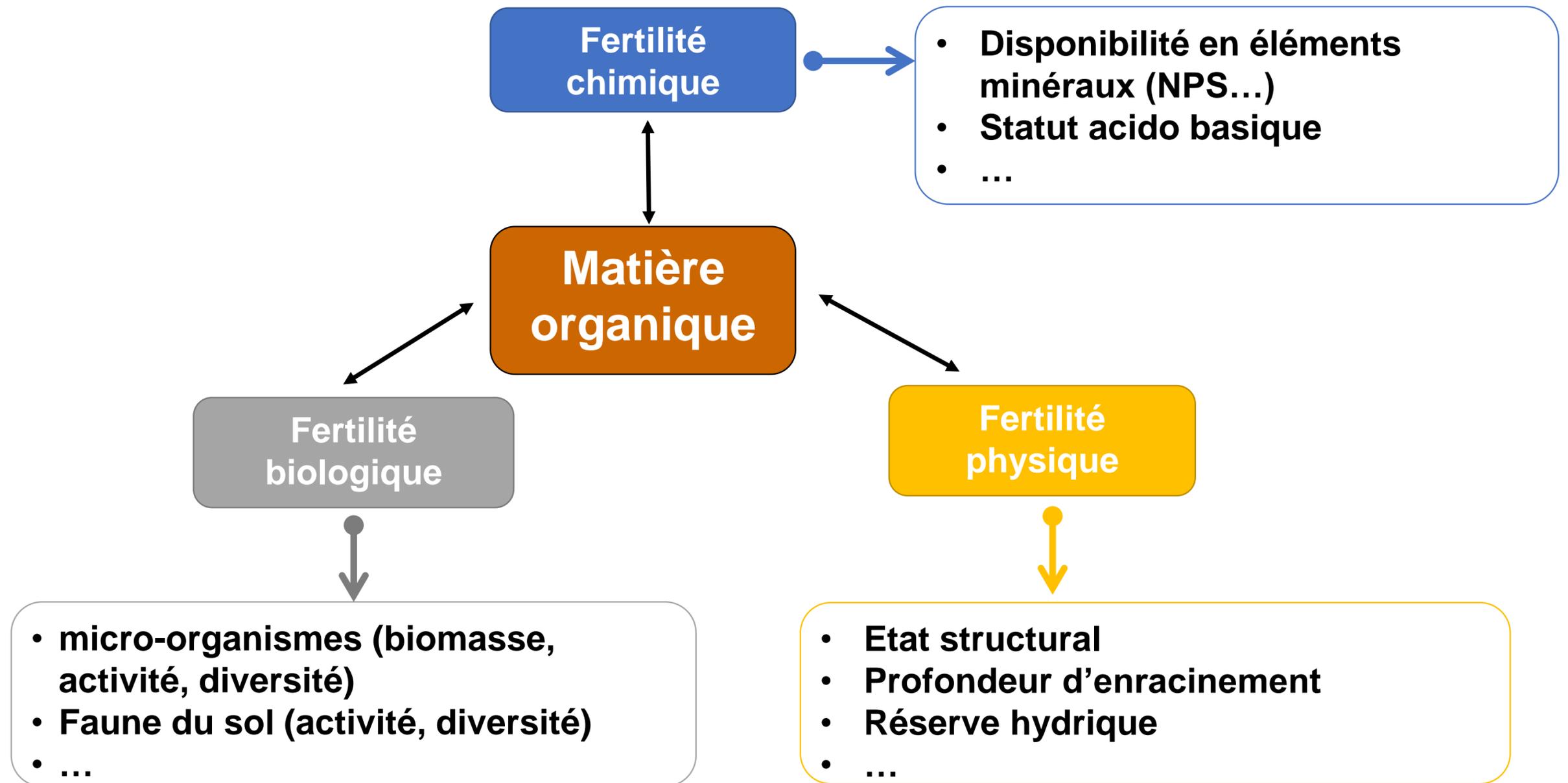
Le stockage est réversible

Le déstockage est rapide



Le carbone, les matières organiques : pourquoi?

La Matière Organique, au carrefour des 3 fertilités



Le carbone, les matières organiques : pourquoi?

Augmentation de la biodisponibilité des nutriments

Effets de restitutions organiques conduisant à une augmentation de teneur de + 0.5 % MO sur 0-25 cm

Minéralisation de l'azote

+ 50 kg N /ha/an
(Clivot, 2017)

Minéralisation du soufre

+ 12.5 kg SO₃ /ha/an
(Niknahad, 2008)

Disponibilité du phosphore

+ ~20 %
(Triboï et Studer, 1988)

Contribution à la CEC

+ 0.7 à 0.9 cmol⁺.kg⁻¹

Enjeux ?

Economie d'engrais ou gain de rendement

où ?

Tous types de sols

Tous types de sols

Tous types de sols (sol calcaires ?)

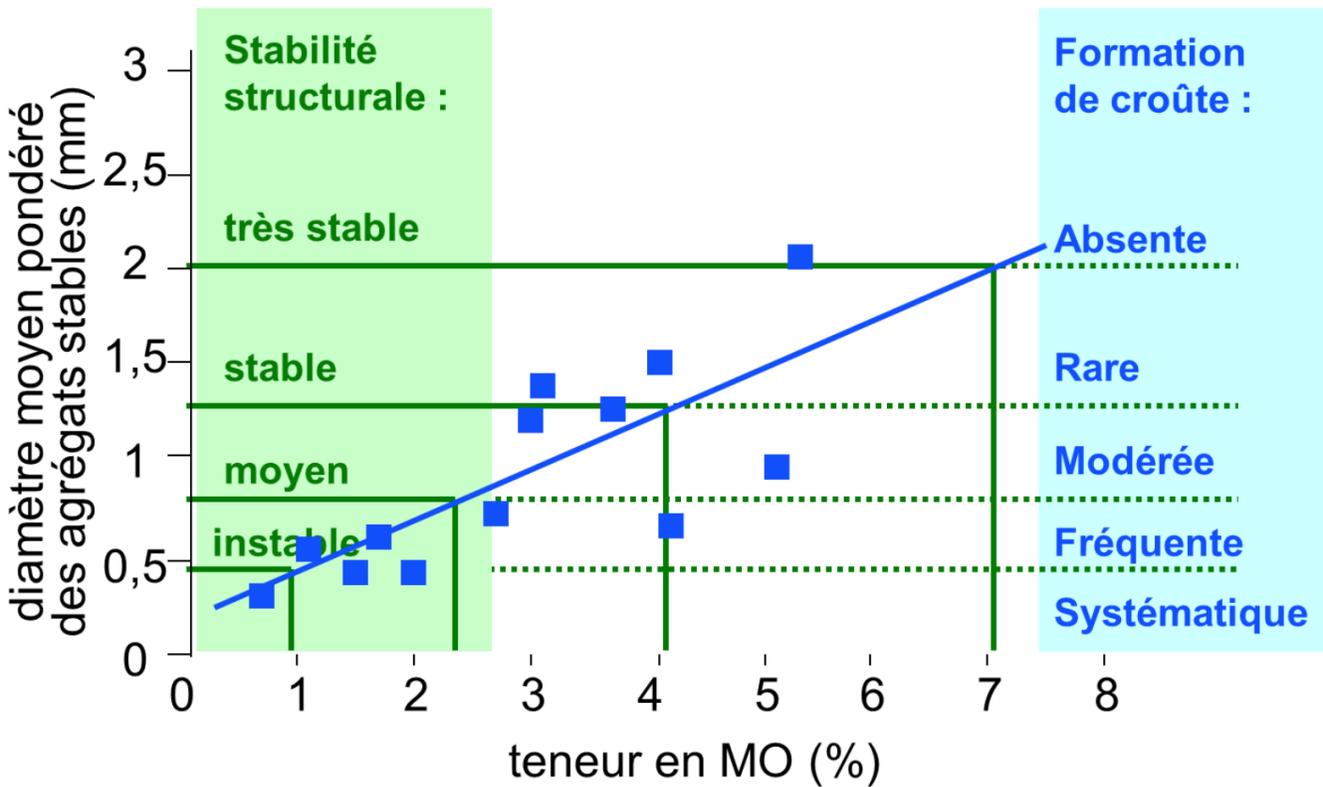
Sols à faible CEC (< 5 cmol⁺.kg⁻¹)

Le carbone, les matières organiques : pourquoi?

Amélioration des propriétés physiques des sols: stabilité structurale

Sol brun limoneux du sud-ouest, grandes cultures, 16 % d'argile

Source : C. Chenu (données Le Bissonais et Arrouays, 1997 et Chenu et al, 2000).



Amélioration de la structure du sol d'une jachère nue suite à des apports répétés de fumier depuis 1928

INRAE

Dispositif des 42 parcelles à l'INRAE de Versailles

Photos C.Chenu



Témoin

CECe = 8,7 cmolc kg⁻¹

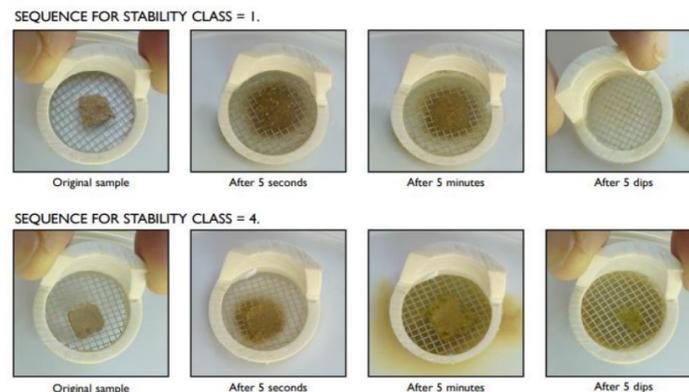
MO = 0,86 % pH eau = 5,6



100 t fumier ha⁻¹an⁻¹

CECe = 18 cmolc kg⁻¹

MO = 5,3 % pH eau = 7,8



Slake test, stabilité structurale



Beerkan test, infiltration

Le carbone, les matières organiques : Comment?

Les leviers pour améliorer la
teneur en matière organique



Le carbone, les matières organiques : Comment?

Leviers	Enjeux sur: MO			Remarques
	Fertilité physique	Fertilité chimique	Fertilité biologique	
Rotation	+ à +++ (si prairie)			Faible marge de manœuvre
	+	+	?	
Gestion des pailles	++			Faible marge de manœuvre, lié à la rotation et au rendement
	++	- (N) ++ (PK)	+++	
Apports de PRO	++			Dose limitée par équilibre ferti, prix...
	+++	- à +++ (N) ++ à +++ (PK)	+++	
Couverts végétaux	++			Levier à utiliser au maximum
	++	- à ++ (N) ++ (PK)	+++	
Limitation du travail du sol	0 à ++			Concentration de la MO en surface sans augmentations des stocks
	0 à ++	0	++?	



Le carbone, les matières organiques : dans le contexte politique?

Le potentiel des leviers agronomiques étudiés dans le cadre du 4p1000 en France



L'initiative 4p1000 (calcul à l'échelle mondiale) c'est

Accroître le stock de l'horizon de surface de 4 ‰ par an, associé à un arrêt de la déforestation, compenserait les émissions nettes de CO₂ d'origine anthropique

Efficacité de 7 leviers (stockage*assiette) :

Cultures intermédiaires (35%) > agroforesterie (19%) > prairies temporaires (15%) > simplification travail du sol > nouvelles ressources organiques > haies

Les Grandes Cultures représentent 86% des possibilités de stockage additionnel de C (si mise en place des leviers).

Soit un stockage additionnel dans les systèmes GC de +5.2‰.

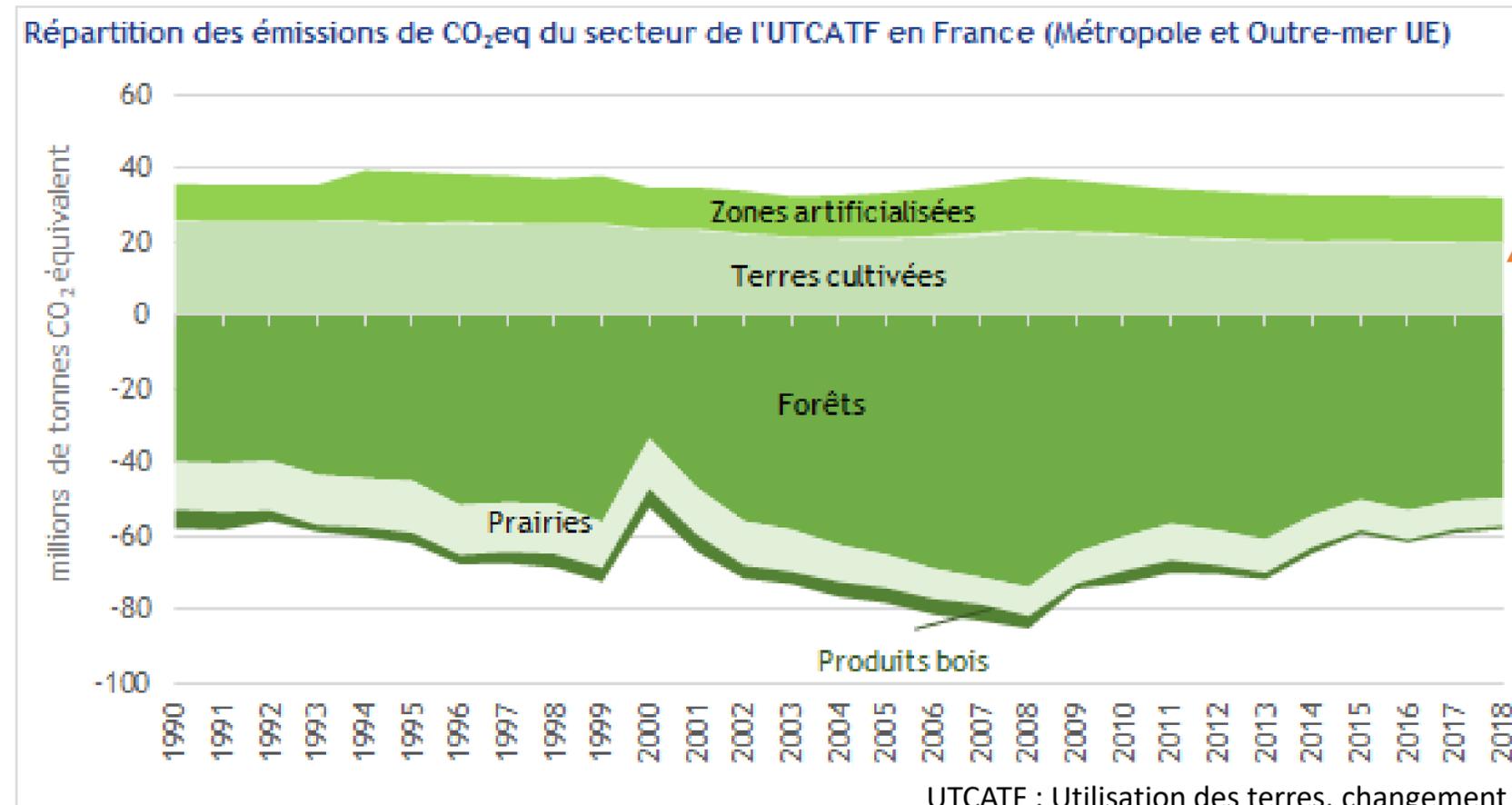
Pour GC et PP, il **pourrait compenser 6.8% des émissions françaises ou 41% des émissions agricoles.**

Si ¼ des prairies sont retournées on annule le gain



Le carbone, les matières organiques : dans le contexte politique?

Mais aujourd'hui les sols agricoles français sont émetteurs de C

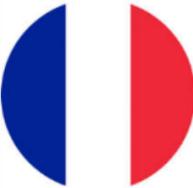


En France, l'évolution tendancielle en terres arables est de **-170 kg C/ha/an**.
Surtout du à un historique de retournement de prairies

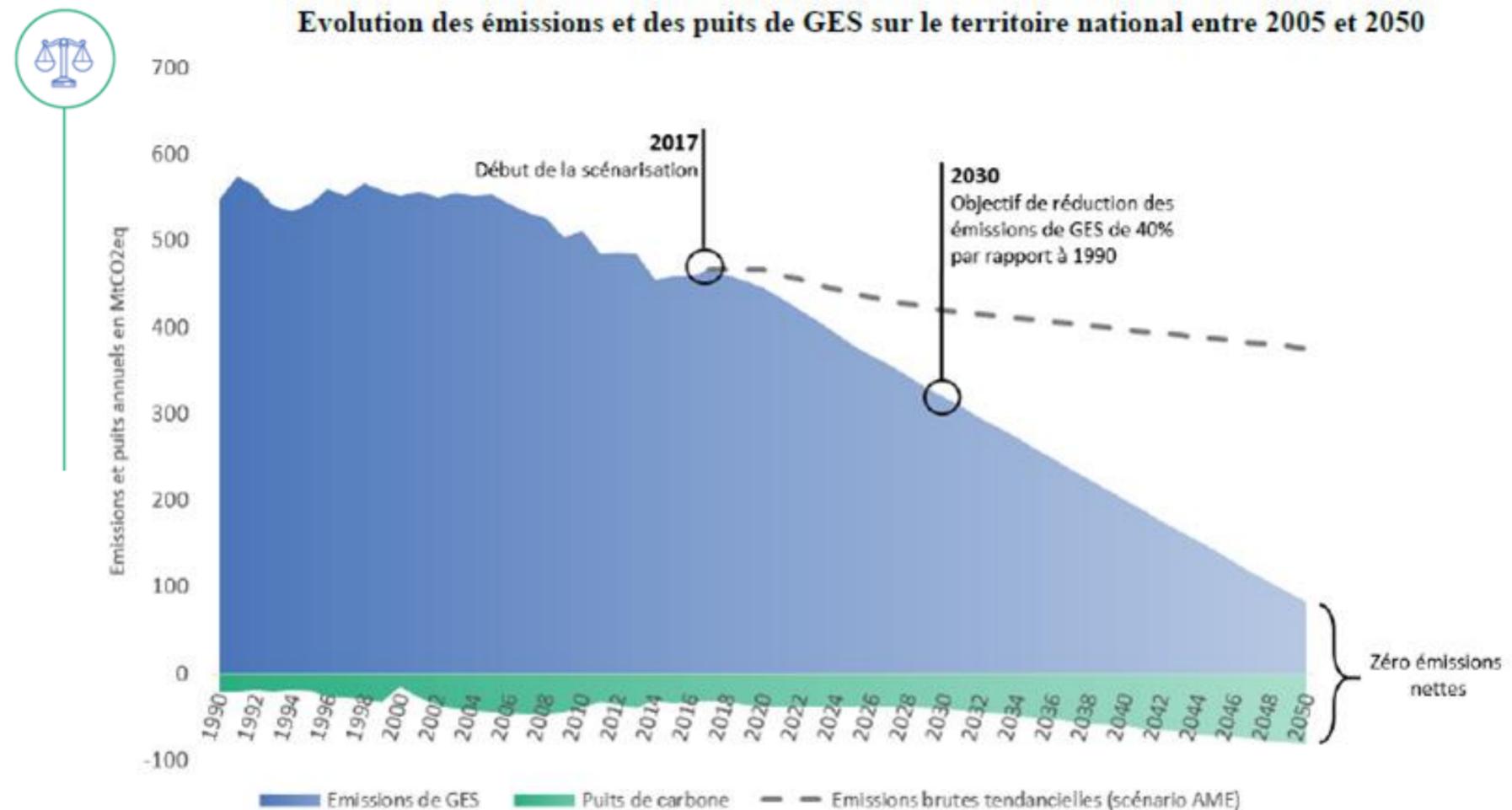
- Pour un pays industriel comme la France, le stockage additionnel de carbone dans les sols ne peut être qu'un complément à la réduction des émissions pour atteindre la neutralité carbone
- Mais, compte tenu de la difficulté qu'il y aura à atteindre l'objectif, aucun levier ne doit être négligé

Le carbone, les matières organiques : dans le contexte politique?

La Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC)



La SNBC est la feuille de route de la France pour réduire ses émissions de GES. Elle concerne tous les secteurs d'activité et doit être portée par tous : citoyens, collectivités et entreprises

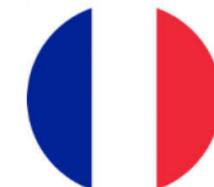


*Les émissions « tendancielle » sont calculées à l'aide d'un scénario dit « Avec Mesures Existantes » qui prend en compte les politiques déjà mises en places ou actées en 2017.

Deux ambitions pour atteindre les engagements pris par la France dans le cadre de l'Accord de Paris :

- atteindre la **neutralité carbone** dès 2050,
- **réduire l'empreinte carbone** des Français.

Le carbone, les matières organiques : dans le contexte politique?



La Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC)

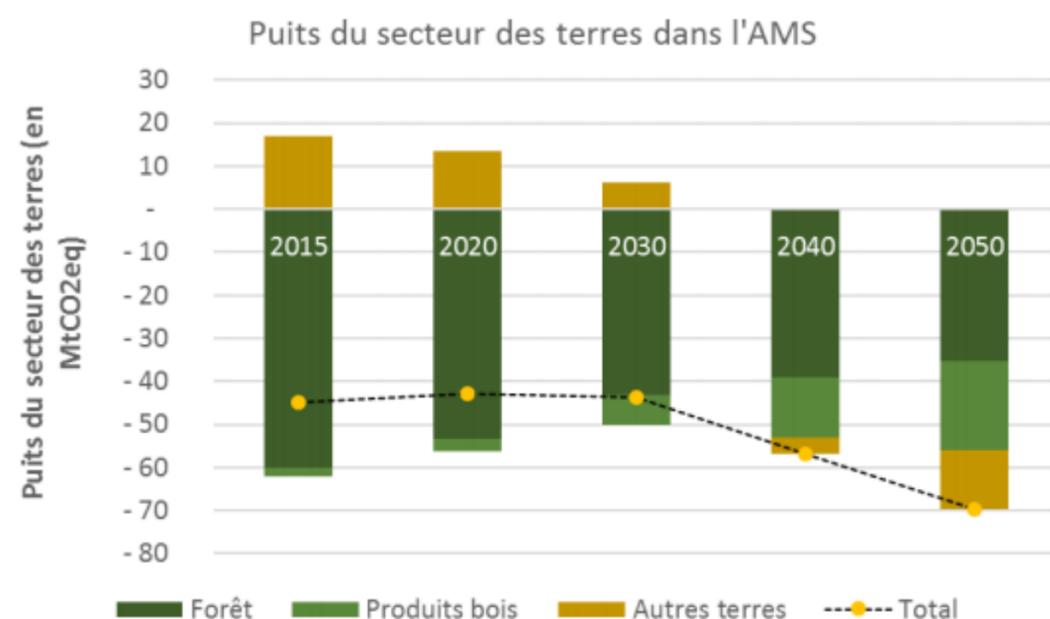
Des budgets carbone, plafonds d'émissions à ne pas dépasser par périodes de 5 ans jusqu'en 2033.

Objectifs pour l'agriculture:

2050: Devenir un puits de C

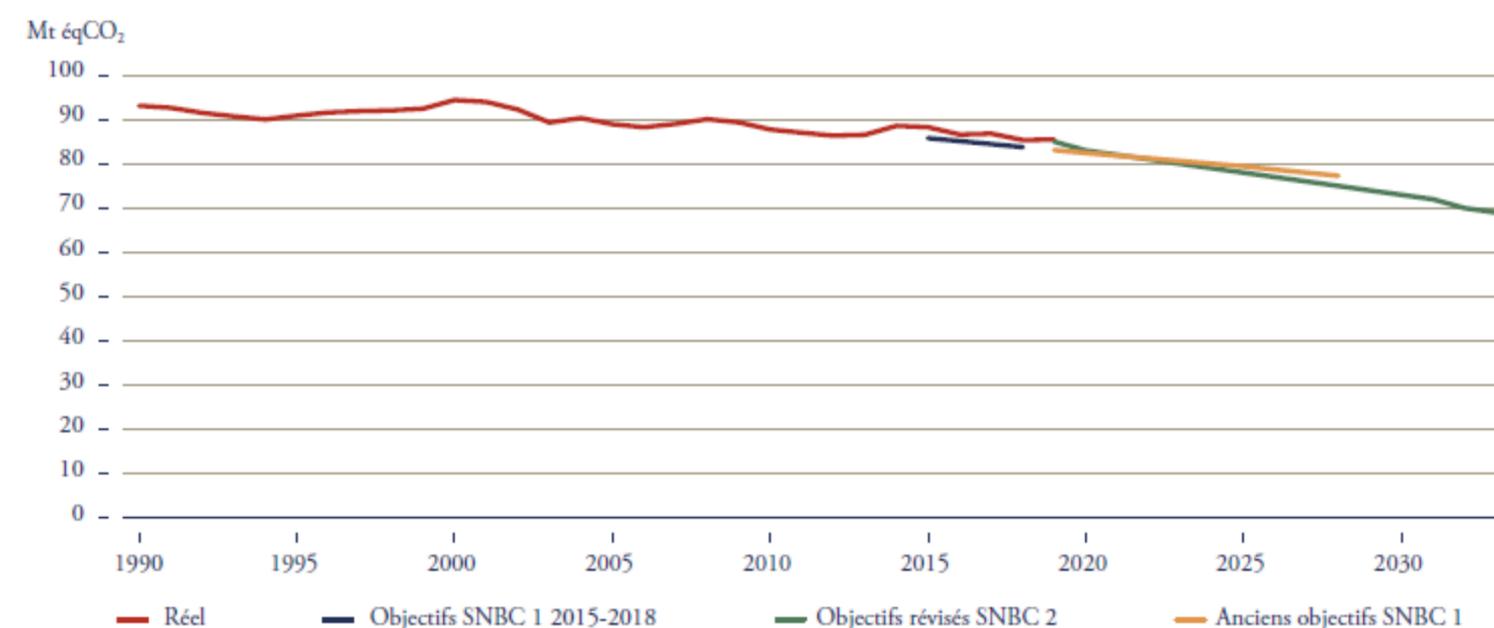
2030: -19% GES

2050: -46% GES



AMS : scénario prospectif « Avec Mesures Supplémentaires »

Figure 13 - Évolution des émissions de GES du secteur de l'agriculture en France



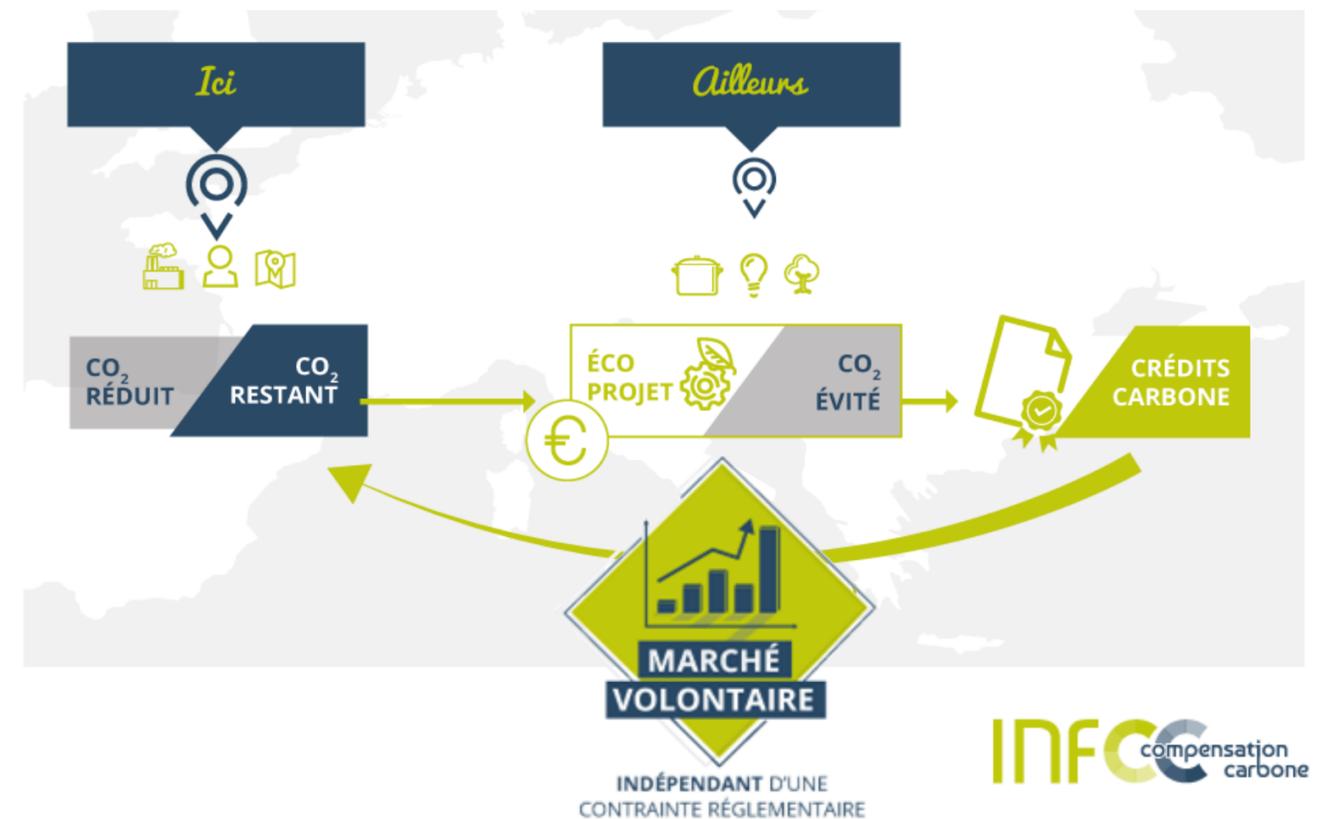
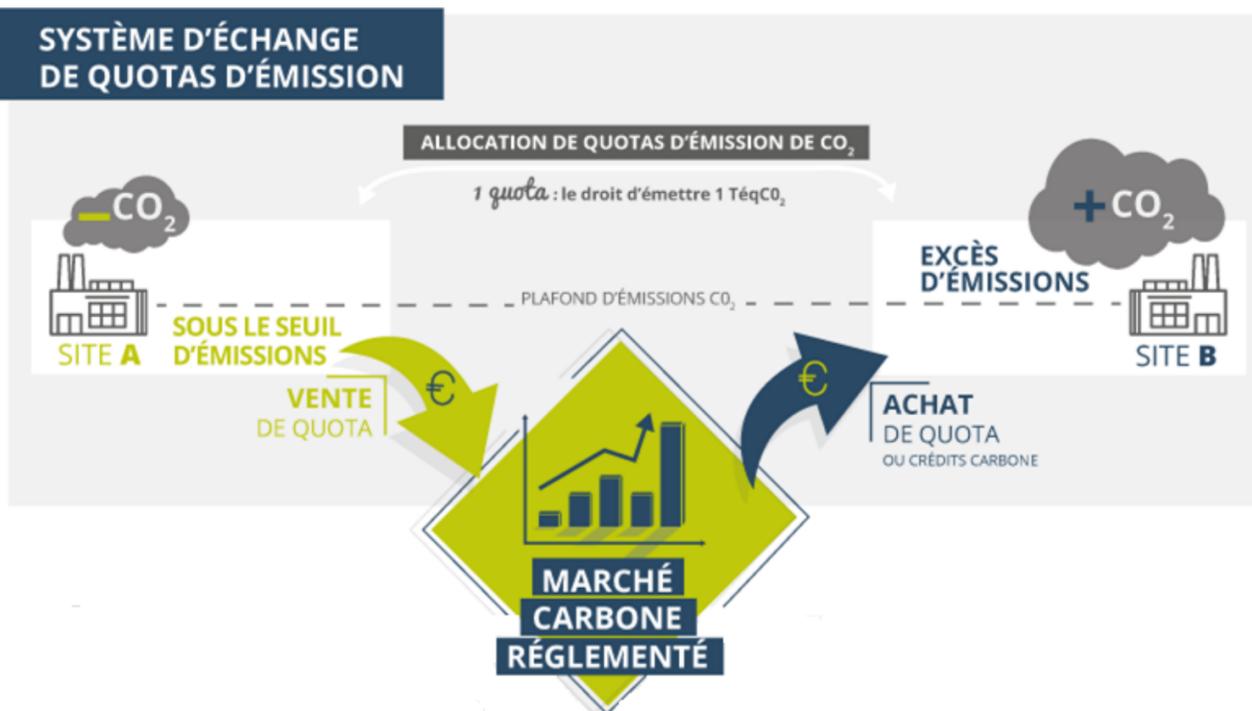
Source : Citepa, avril 2020 – format SECTEN

Le carbone, les matières organiques : dans le contexte politique?

Les deux marchés du carbone (à ne pas confondre) :

Le marché réglementé

Le marché volontaire



→ Ce marché est réservé aux secteurs des EU ETS (Système Communautaire d'Echange de Quotas d'Emission), et ne concerne donc pas le secteur agricole

production d'électricité, acier, papier, raffinage, verre, engrais

Compenser *Ici* le CO₂ qui n'a pas pu être réduit, consiste à financer *Ailleurs* un éco-projet qui évite des émissions de CO₂. Une tonne de CO₂ évitée sur l'éco-projet génère un crédit carbone.

→ Le marché carbone de la **compensation volontaire** est ouvert : n'importe qui peut proposer des crédits de CO₂

LABEL BAS CARBONE est un des dispositifs du marché volontaire

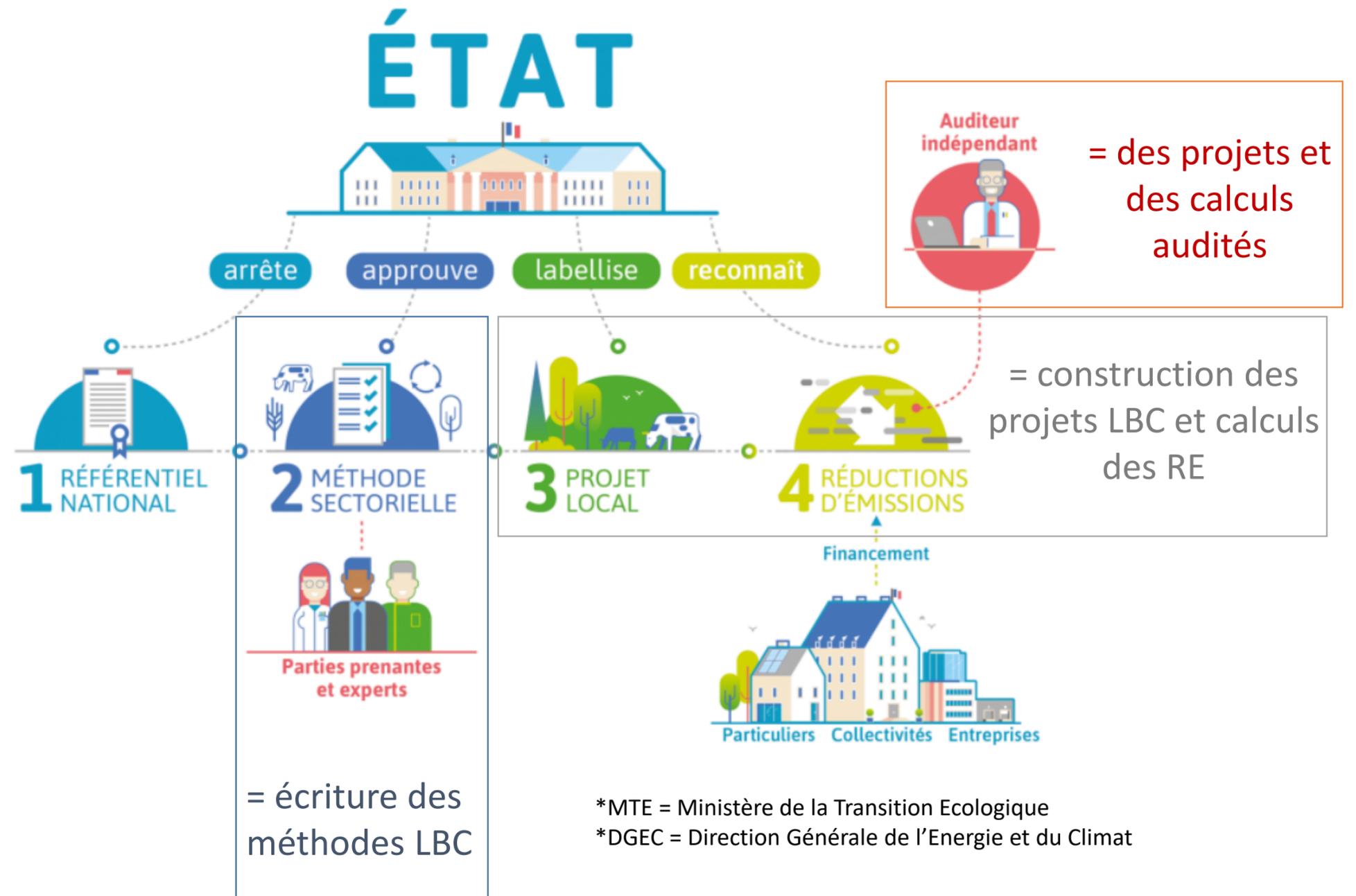


Le carbone, les matières organiques : la certification

Le Label Bas Carbone, un exemple de certification du carbone sur le marché volontaire

LABEL BAS CARBONE

Un cadre de certification donné par l'Etat, sous l'autorité du MTE-DGEC*



Le carbone, les matières organiques : la certification

Les méthodes Label Bas-Carbone disponibles



Les méthodes approuvées (octobre 2021)

Forêt	Agriculture	Bâtiment	Transport
<ul style="list-style-type: none">- Boisement- Reconstitution de forêts dégradées- Balivage	<ul style="list-style-type: none">- CarbonAgri (IDELE) - élevage bovin et grandes cultures- Haies (CA PdL)- Plantation de vergers (Compagnie des amandes)- SOBAC'ECO TMM (SOBAC) – réduction des intrants- Ecométhane (Bleu Blanc Cœur) – émission de méthane d'origine digestive, bovins laits- Grandes Cultures (consortium Arvalis, TI, ITB, ARTB et Agrosolutions)	Rénovation	Télétravail en tiers lieux

En cours de rédaction :

Haies V2 (intégration agroforesterie)

Légumineuses

Méthanisation

CarbonAgri V2 (ovins, caprins et intégration partielle de la méthode GC)

Porcs

Viticulture

Plantes à parfum

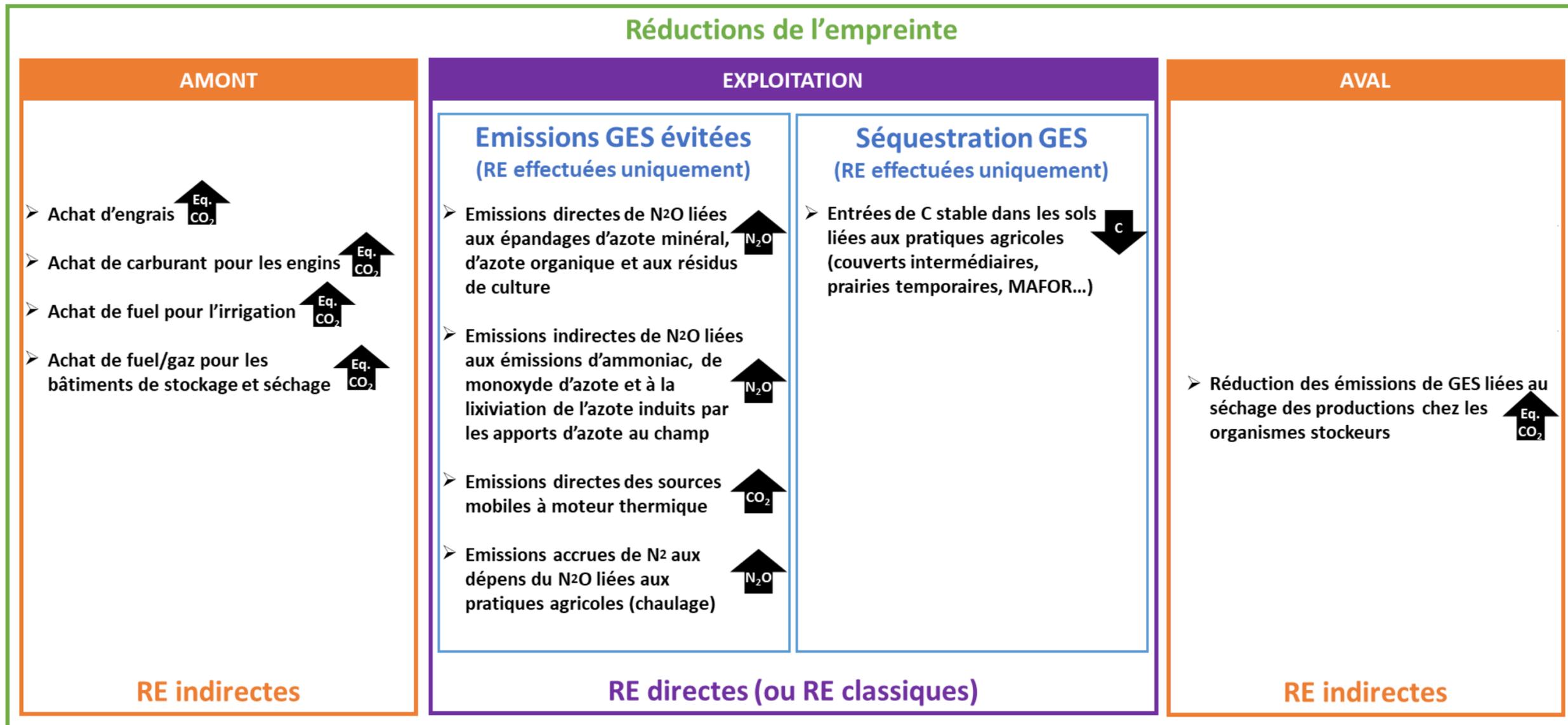
Microméthanisation

Le carbone, les matières organiques : la certification

La méthode Grandes Cultures

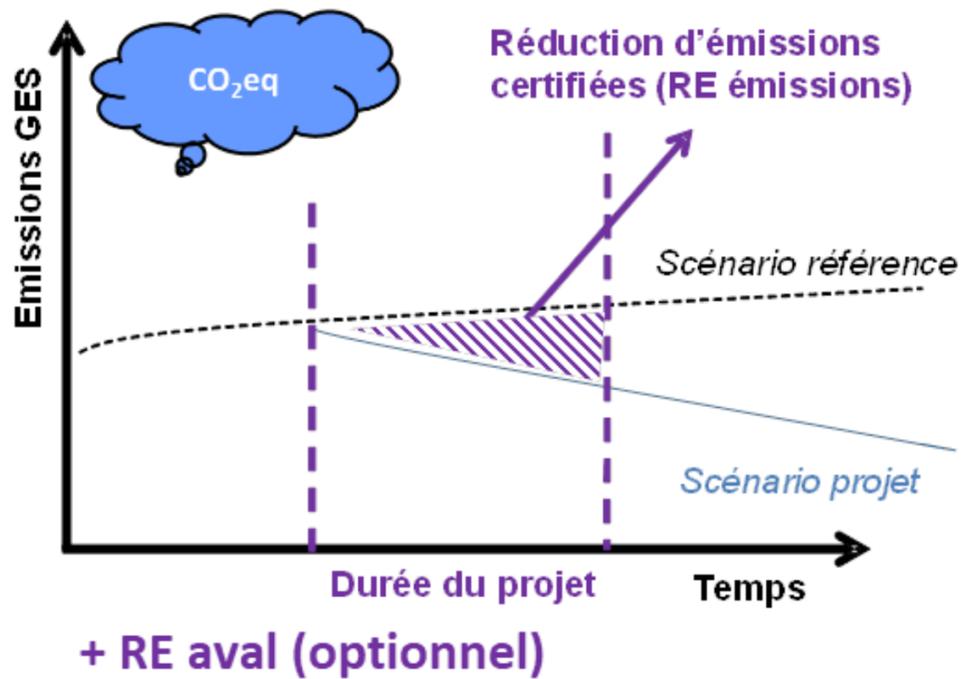
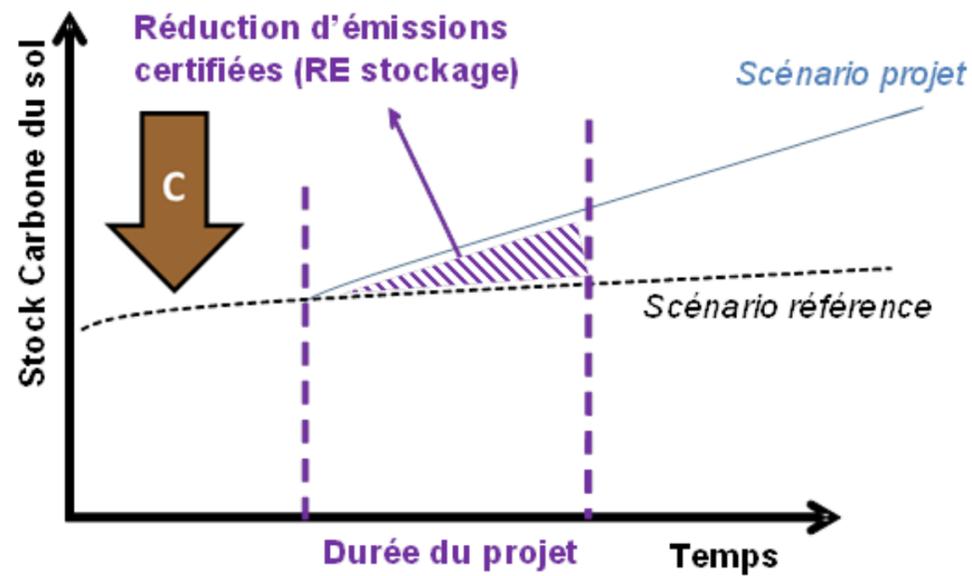


Réductions de l'empreinte



Le carbone, les matières organiques : la certification

La méthode Grandes Cultures, le principe



- Construction d'un projet
- Comparaison des EMISSIONS et du STOCKAGE entre le projet et « la référence »
- Calculs des émissions évitées et du stockage en plus
- Obtention de « crédits carbone »

Le carbone, les matières organiques : la certification

La méthode Grandes Cultures, avec aussi des co-bénéfices

► Grille d'évaluation des impacts et co- bénéfices associés aux projets

- ✓ Indiquer la manière de **prévenir d'éventuels impacts négatifs significatifs** des points de vue environnementaux et socio-économiques: *indicateurs pour démontrer qu'ils sont maîtrisés.*
- ✓ Apporter également des **précisions sur les éventuels impacts positifs** des projets sur d'autres enjeux que les RE et qui peuvent être environnementaux (biodiversité, eau ...), sociaux ou économiques (création d'emploi, dynamisme territorial ...) : *indicateurs pour démontrer ces impacts positifs.*

- ✓ **Une liste minimale obligatoire** d'impacts à suivre pour éviter les risques de transfert de pollution (« effets de bord »)
 - en lien direct avec les leviers proposés pour GC : flux azotés, eau, énergie et sols
 - en lien avec l'usage des produits phytosanitaires
- ✓ **Une liste longue mobilisable sur la base du volontariat** d'impacts et de co-bénéfices (liste propre à chaque projet):
 - suivre des enjeux d'importance selon territoire ou/et acteurs impliqués (vendeurs ou acheteurs)
 - valoriser des co-bénéfices pour un meilleur prix de vente du projet



Merci pour votre attention



Hélène LAGRANGE, Arvalis Institut du végétal
h.lagrange@arvalis.fr