

Service Agronomie Economie Environnement

Coraline Dessienne

Hélène Lagrange

Baptiste Soenen

## Comment appréhender les enjeux liés au Carbone :

**ARVALIS**  
Institut du végétal

le Label Bas Carbone, l'évaluation du stockage de carbone dans les sols et des émissions de gaz à effet de serre en Grandes Cultures



# Programme

- **Éléments de contexte**
- Les dispositifs d'incitation à la transition bas carbone pour le secteur agricole
- Zoom sur la Méthode Label Bas-Carbone Grandes cultures
  - Structuration d'un consortium Grandes Cultures
  - Contenu d'une Méthode LBC
  - Calcul des émissions de GES
  - Calcul du stockage de carbone dans les sols
  - Exemple de mise en œuvre sur SYPPRE
- Session Q&R



# Accord de Paris sur le climat



Accord ratifié par 189 pays sur 195 signataires  
(Liban et Kirghizistan ont signé 2020)



Représentant 97% des émissions globales



10 principaux pays émetteurs (70% des émissions)

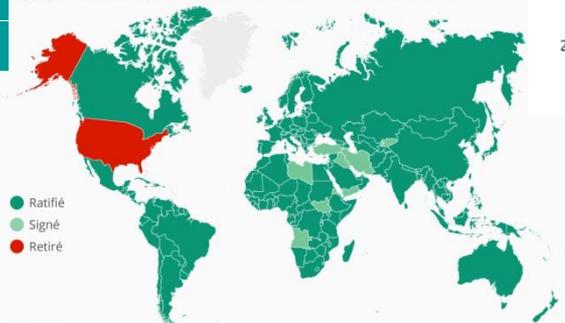
Chine 20.09%	Etats-Unis 17.89%	Russie 7.53%	Japon 3.79%
			Brésil 2.48%
			Canada 1.95%
	Union Européenne 12.08%	Inde 4.10%	Corée S.
			Méxiq



COP21- CMP11  
**PARIS 2015**  
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE

Accords de Paris : les États-Unis seuls au monde

Pays ayant ratifié ou signé les Accords de Paris en date du 4 novembre 2019

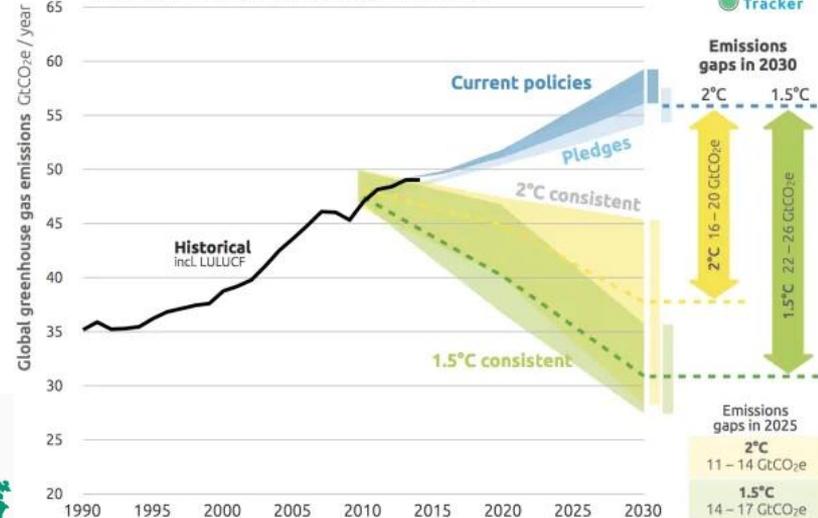


Source : UNCTC



## 2030 EMISSIONS GAPS

CAT 2017 projections and resulting emissions gaps in meeting the Paris Agreement's temperature goals





# La Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC)

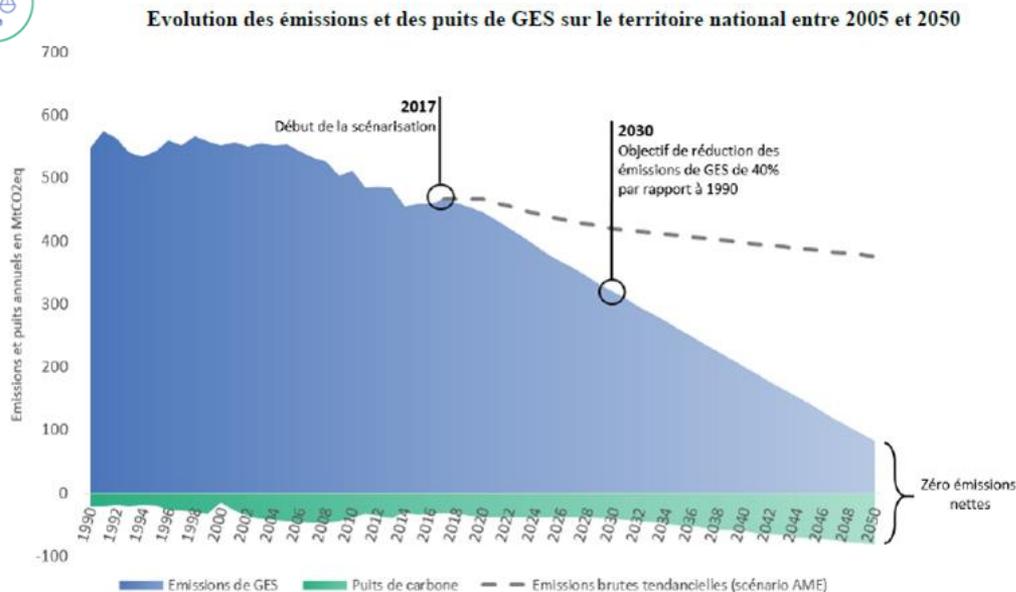


La SNBC est la feuille de route de la France pour réduire ses émissions de GES. Elle concerne tous les secteurs d'activité et doit être portée par tous : citoyens, collectivités et entreprises

- 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.

La SNBC s'appuie sur un **scénario prospectif** d'atteinte de la neutralité carbone à l'horizon 2050, **sans faire de paris technologiques**.

Celui-ci permet de définir un chemin crédible de la transition vers cet objectif, d'identifier les verrous technologiques et d'anticiper les besoins en innovation.



\*Les émissions « tendancielles » 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.



# 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*

- Des orientations pour **mettre en œuvre la transition vers une économie bas-carbone** dans tous les secteurs d'activités.



## FORÊT-BOIS ET SOLS

### OBJECTIF

2050 : maximiser les puits de carbone (séquestration dans les sols, la forêt et les produits bois)

### COMMENT ?

- Augmenter le stockage de carbone des sols agricoles via des changements de pratiques.
- Développer une gestion forestière active et durable, permettant à la fois l'adaptation de la forêt au changement climatique et la préservation des stocks de carbone dans l'écosystème forestier.
- Développer le boisement et réduire les défrichements.
- Maximiser le stockage de carbone dans les produits bois et l'utilisation de ceux-ci pour des usages à longue durée de vie comme la construction.
- Diminuer l'artificialisation des sols.



## AGRICULTURE

### OBJECTIFS de RÉDUCTION des ÉMISSIONS de GES PAR RAPPORT À 2015

2030 : -19%  
2050 : -46 %

### COMMENT ?

- Développer l'agroécologie, l'agroforesterie et l'agriculture de précision, notamment pour réduire au maximum les surplus d'engrais azotés.
- Développer la bioéconomie pour fournir énergie et matériaux moins émetteurs de GES à l'économie française.
- Faire évoluer la demande alimentaire (produits de meilleure qualité ou issus de l'agriculture biologique, prise en compte des préconisations nutritionnelles) et réduire le gaspillage alimentaire.



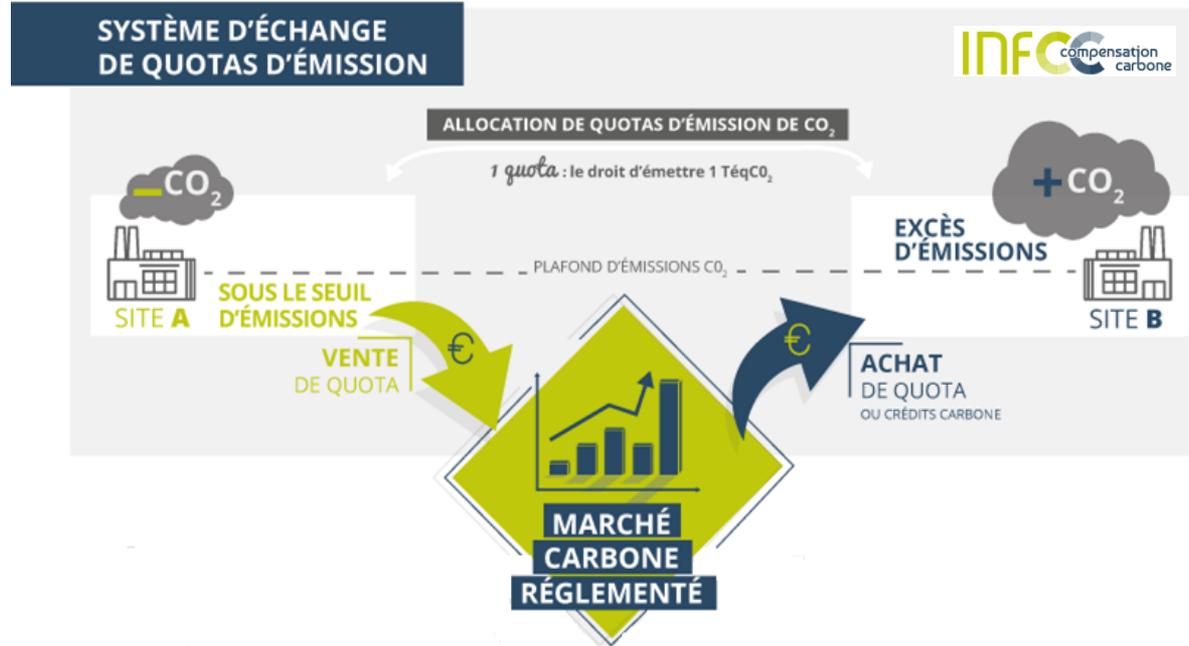
# Programme

- Éléments de contexte
- **Les dispositifs d'incitation à la transition bas carbone pour le secteur agricole**
- Zoom sur la Méthode Label Bas-Carbone Grandes cultures
  - Structuration d'un consortium Grandes Cultures
  - Contenu d'une Méthode LBC
  - Calcul des émissions de GES
  - Calcul du stockage de carbone dans les sols
  - Exemple de mise en œuvre sur SYPPRE
- Session Q&R



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

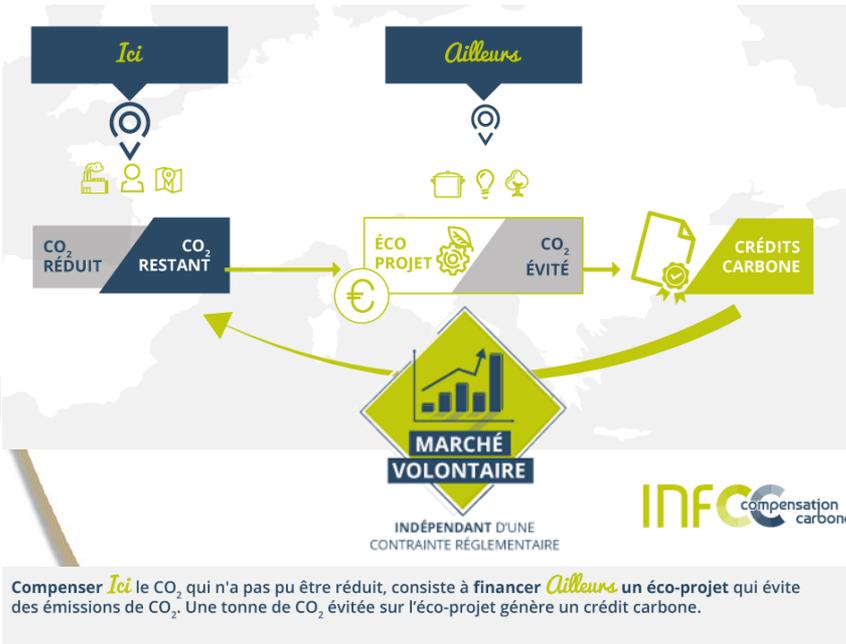
## 1. le marché réglementé, dit de commodité



➔ **Ce marché est réservé aux secteurs des EU ETS (Système Communautaire d'Échange de Quotas d'Émission), et ne concerne donc pas le secteur agricole**

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

## 2. le marché volontaire



### COMMENT UTILISER LA COMPENSATION CARBONE ?



www.info-compensation-carbone.com



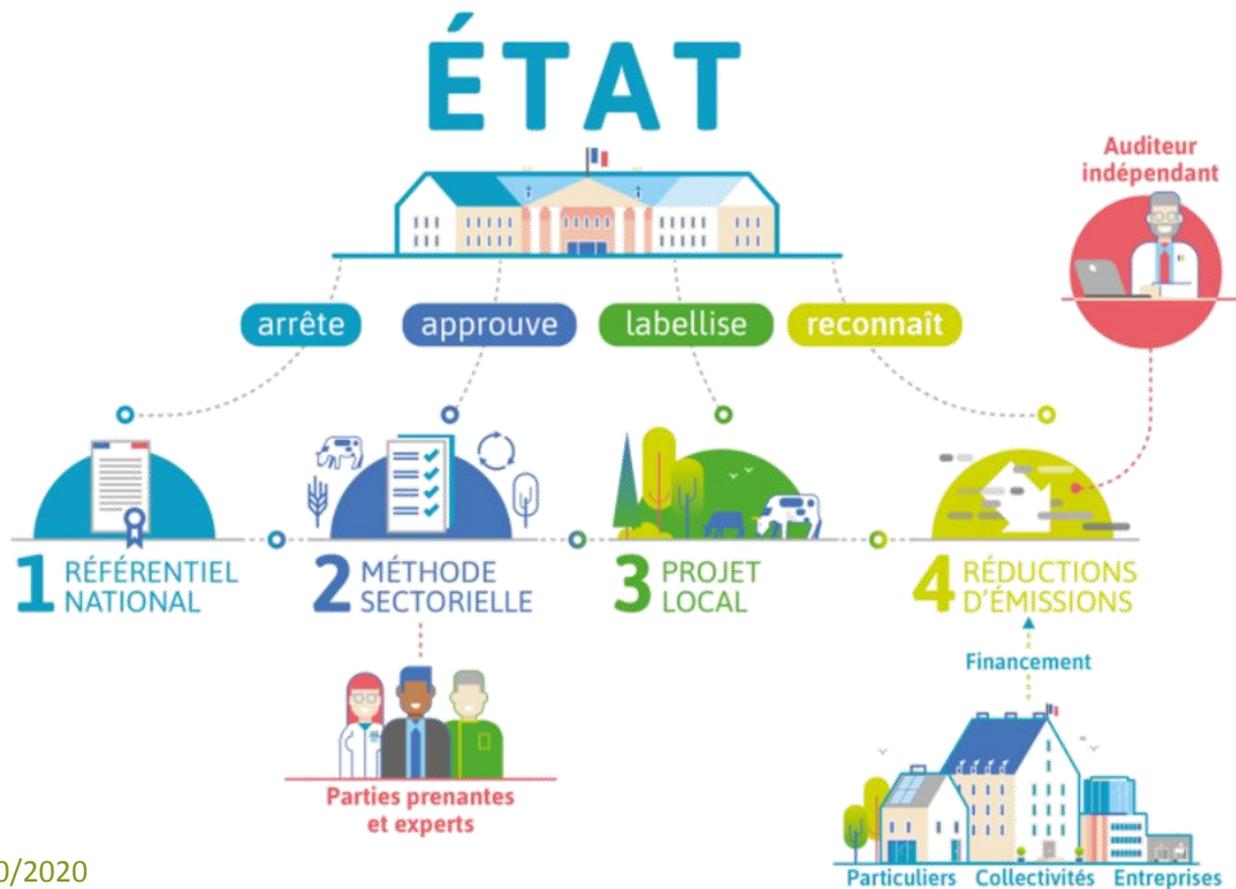
➔ Pour les secteurs non concernés par les Quotas d'émission, dont l'agriculture

NB : il existe toutefois une passerelle entre ces deux marchés : les acteurs volontaires (entreprises, collectivités, ou particuliers) peuvent acquérir et utiliser des crédits carbone réglementés. Mais l'inverse n'est pas possible.



# Le dispositif du Label Bas-Carbone

**LABEL BAS  
CARBONE**





# Programme

- Éléments de contexte
- Les dispositifs d'incitation à la transition bas carbone pour le secteur agricole
- **Zoom sur la Méthode Label Bas-Carbone Grandes cultures**
  - **Structuration d'un consortium Grandes Cultures**
  - Contenu d'une Méthode LBC
  - Calcul des émissions de GES
  - Calcul du stockage de carbone dans les sols
  - Exemple de mise en œuvre sur SYPPRE
- Session Q&R



# LABEL BAS CARBONE



## Consortium Label Bas Carbone en Grandes Cultures

Rôle : Maitrise d'ouvrage. Instance décisionnaire  
Composition : directeurs AGPB AGPM FOP CGB

### Comité de pilotage exécutif

### Comité de rédaction de la méthode (coordination ARVALIS + appui AGROSOLUTIONS)

Rôle : maîtrise d'oeuvre. Les instituts techniques membres de ce comité sont les porteurs de la méthode par délégation des AS (dépôt de la méthode, actualisation, proposition de références de base)

Bureau  
Missions : superviser la rédaction et référer au comité de pilotage  
Composition : B. Soenen / E. Lanckriet + G. Cotten / M. Jullien (liens avec le CoPil)

Membres permanents  
Missions : valider les options techniques, animer les GT techniques et rédiger la méthode  
Composition : Arvalis (H. Lagrange, F. Laurent, B. Soenen), Terres Inovia (A. Lellahi, A. Schneider), ITB (R. Duval), ARTB (J.L. Striebig), AgroSolutions (P. Dechelotte, M. Hennaff, E. Lanckriet)

Contributeurs  
Missions : contribuer au GT thématiques  
Composition : Arvalis (C. Dessienne, S. Gendre, C. Toqué, G. Vériel), Terres Inovia (N. Cerrutti, S. Dauguet, F. Flénet, V. Lecomte, C. Le Gall, AS. Perrin, C. Sausse), ITB/ARTB (P. Tauvel)

consulte et fait arbitrer

associe ...

consulte et recueille les questions et propositions

s'appuie sur ...

### comité scientifique

### comité d'experts associés

### comité des usagers

### Appui opérationnel : Agrosolutions

Rôle : participation à la logistique du comité de rédaction (organisation des réunions des divers groupes de travail, rédaction des documents techniques)

Composition :  
P. Dechelotte  
M. Henaff  
E. Lanckriet

## INRAE



Rôle : conseille le comité de rédaction sur les choix méthodologiques, donne son avis sur la conformité des choix par rapport aux exigences du Label Bas Carbone

Composition :  
ADEME : T. Eglin  
INRAE : S. Reynnders, JF. Soussana, A. Messéan  
I4CE : C. Foucherot  
DGECC : S. Kassimi, D Nikinov, J. Viau

Rôle #1 : accompagner de façon rapprochée le comité de rédaction en donnant un avis sur les choix techniques de la méthodologie et les travaux scientifiques à valoriser

Composition (structuration en 3 GT thématiques : 1. Emissions GES et Aval, 2. Stockage C dans les sols, 3. Co-bénéfices) :  
- INRAE F. Angevin, C. Bockstaller, E. Ceschia, C. Chenu, H. Clivot, F. Ferchaud, C. Henault, K. Klumpp, M. Martin, S. Recous, O. Therond, H. Van der Werf, Y. Wendtwin, A. Wilfart  
- IDELE : L. Brun-Lafleur, JB. Dollé, H. Chambaut, A. Gac  
- Agrotansfert R&T : J. Boissy, A. Duparque, J. Lamerre, JC. Mouny  
- GEMAS : S. Sagot (LDAR), M. Valé (Auréa)  
- ACTA : H. Gross, L. Soucemarianadin  
- Cristal Union : J. Coignac, W. Huet  
- Céréopa : A. Lapierre

Rôle #2 : accompagner de façon rapprochée le comité de rédaction sur les enjeux de recouvrements de périmètres,

Composition (porteurs des autres méthodes LBC) :  
Elevage (CarbonAgri) : JB. Dollé  
Haies (Carbocage) : S. Colombie  
Méthanisation (EcoAct) : S. Giorgi

Rôle : accompagner le comité de rédaction dans la prise en compte des besoins des utilisateurs de la méthode (porteurs de projets)

Composition :  
APCA, Agril, AgrodOc, Angibaud, Axereal, Barilla, Bayer, Carbone4, Ceresia, Coopérative agricole Luzerne de France, Corteva, EarthWorm, Easinov, EcoAct, GIEE Oise, GoodPlanet, GreenBack, GreenFlex, Groupe Avril, HaummingBledTech, JA, INRAE Transfert, Kedje BS (filière chanvre), Lcbio, Lesieur, LiveLiHoods, Méthaniseur de France, MyEasyFarm, Natais, PADV, PeriG, Pur Projet, Qualisol, RAGT, SEDE environnement, Scara, Sobac, Soil Capital, Soufflet, Tereos, Terrasolis, Terre et Cité, Terrena, Trame, Valorex, Véolia, Vivescia, ...



## ARVALIS Institut du végétal



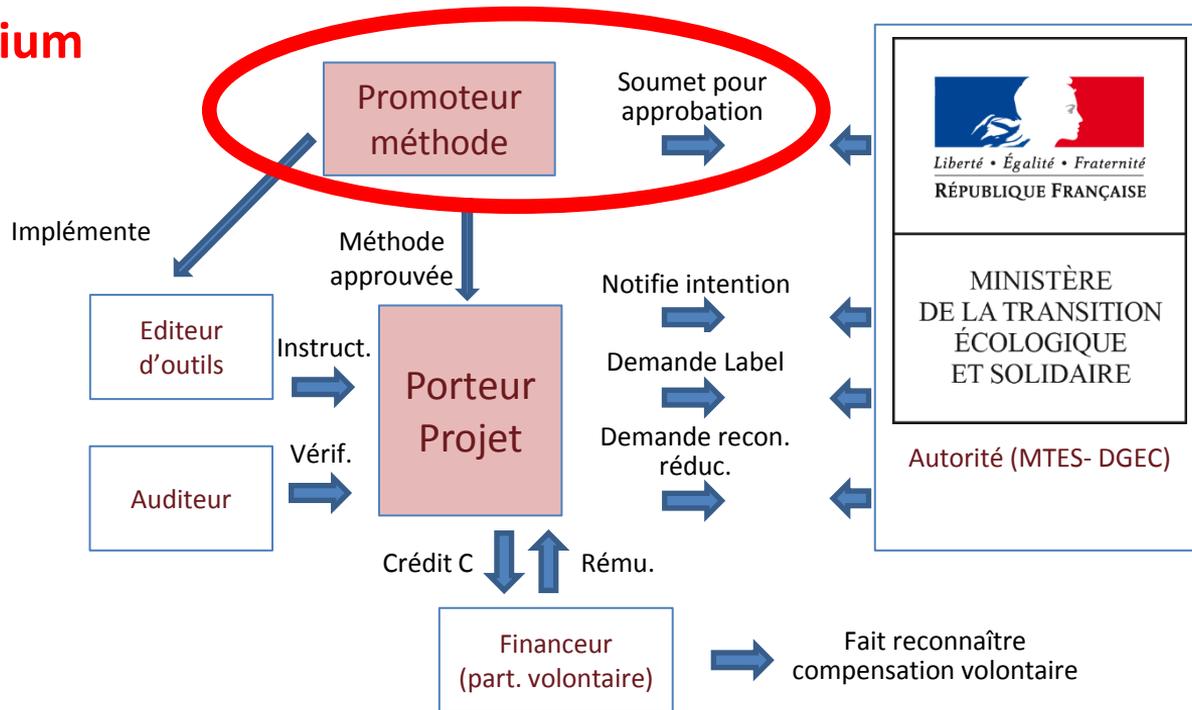


# Processus de certification des Méthodes et Projets LBC

Arrêté publié le 28/11/2018

Lancement officiel du label le 23 avril 2019 par les ministères en charge de l'agriculture et la transition

**Consortium  
LBC-GC**



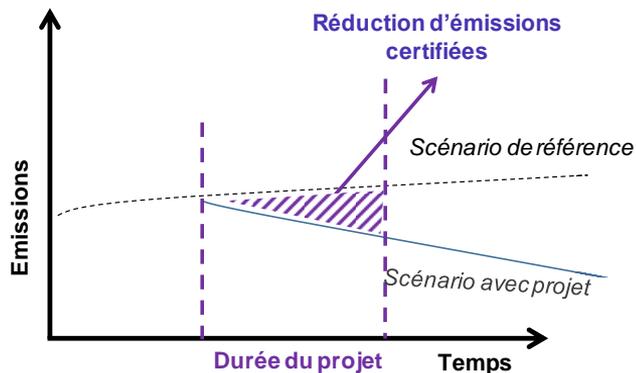


# Programme

- Quelques rappels sur les émissions de GES et le stockage du carbone dans les sols
- Eléments de contexte
- Les dispositifs d'incitation à la transition bas carbone pour le secteur agricole
- **Zoom sur la Méthode Label Bas-Carbone Grandes cultures**
  - Structuration d'un consortium Grandes Cultures
  - **Contenu d'une Méthode LBC**
  - Calcul des émissions de GES
  - Calcul du stockage de carbone dans les sols
  - Exemple de mise en œuvre sur SYPPRE
- Session Q&R



# Qu'est-ce qu'une méthode Label Bas-Carbone ?



## Scénario de référence

- Si la **référence est spécifique**, l'exploitation compare son niveau de GES émis en N+5 ans par rapport au niveau initial d'émission diagnostic en année N
- Si la **référence est générique**, l'exploitation compare son niveau de GES en N+5 à celles d'exploitations comparables dans la région.

## Le contenu d'une méthode :

- **Le périmètre** (*activités concernées, leviers couverts, sources d'émissions couvertes*)
- **Le scénario de référence** (*spécifique ou générique – quelle est la tendance observée ?*)
- **La démonstration de l'additionnalité** (*démontrer que le projet va au-delà des obligations réglementaires et légales*)
- **La méthode d'évaluation des émissions /stockage** (*quels modèles et références utilisés ? Quelles données sont nécessaires ? Quelle est l'incertitude des méthodes utilisées ?*)
- **Les co-bénéfices** (*les critères d'éligibilité des Projets, dont une grille d'évaluation des impacts et des co-bénéfices, socio-économiques et environnementaux*)
- **Le suivi de projet** (*les paramètres à suivre au cours du Projet, voire valeurs par défaut le cas échéant*)
- **La procédure de vérification** (*les modalités de vérification des réductions d'émission du Projet*)



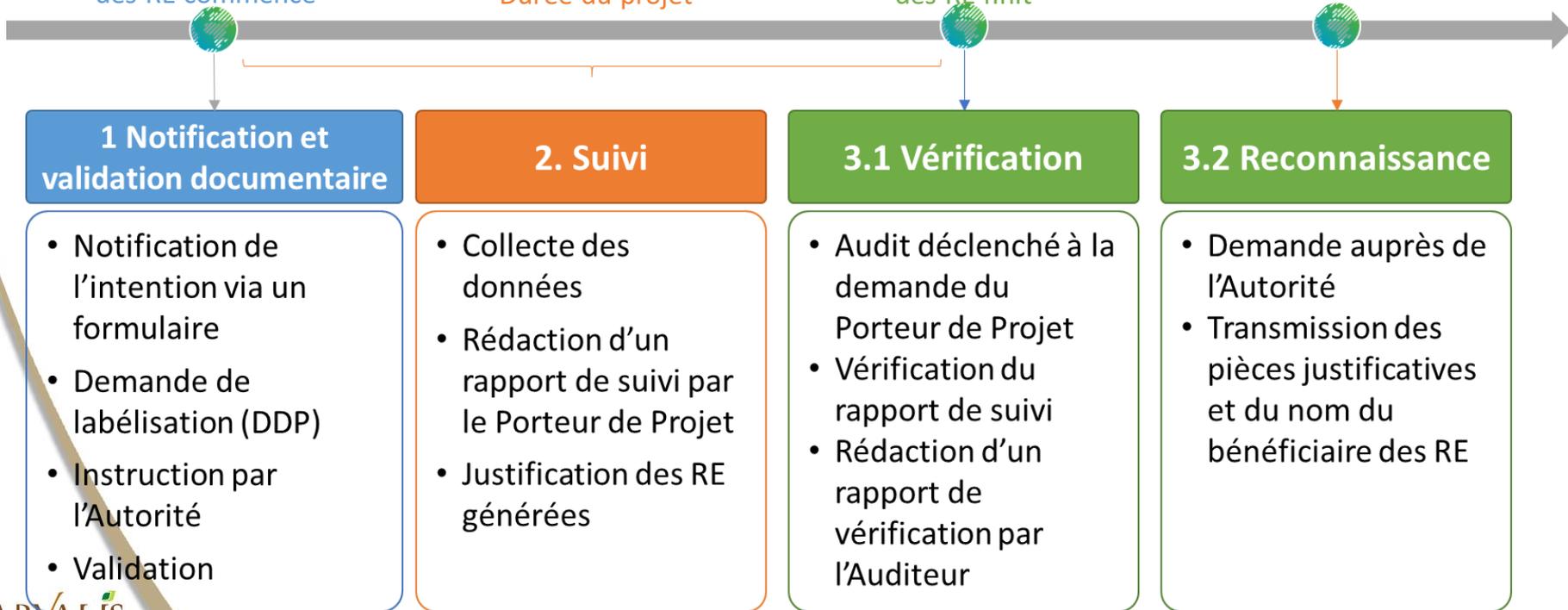
# Procédure et vie d'un projet

Date à laquelle le calcul  
des RE commence

Durée du projet

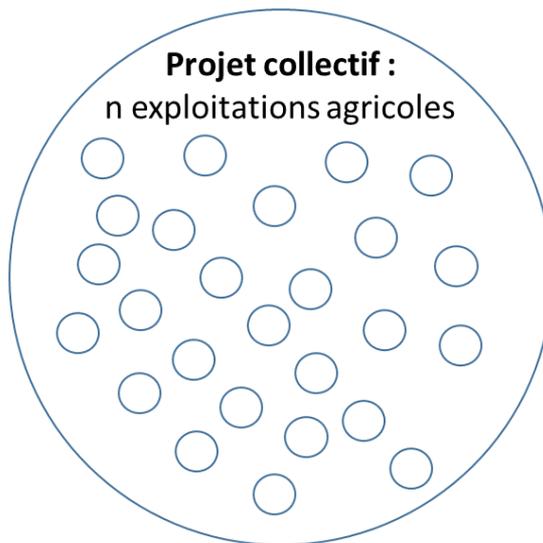
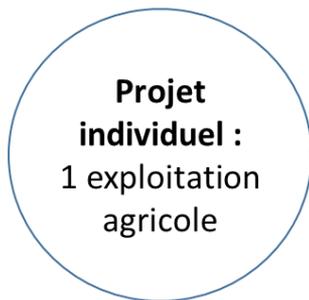
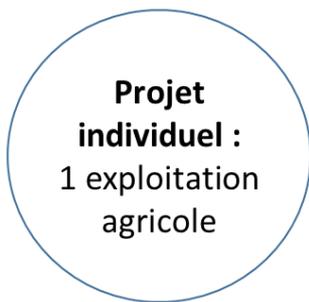
Date à laquelle le calcul  
des RE finit

Vie du projet





# Le Porteur de Projet



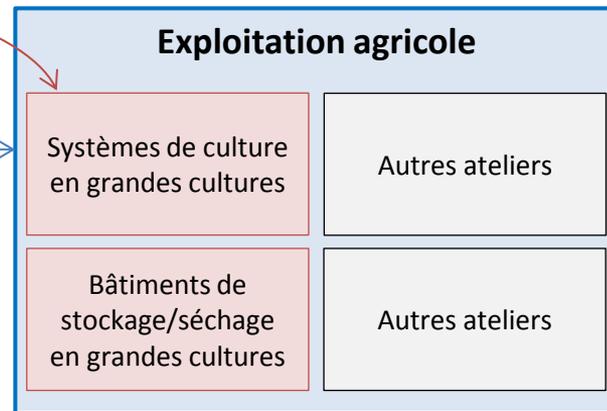


# Périmètre d'application de la Méthode LBC GC

## Principe :

1. La méthode LBC GC doit être « **autoportante** » (= doit se suffire à elle-même pour un projet strictement grandes cultures)
2. La méthode doit être **interopérable** avec les autres méthodes :
  - a. Limiter autant que possible le recouvrement avec les autres méthodes (=articulation avec méthodes Elevage, Haies, Méthanisation...)
  - b. Si recouvrements, les identifier pour ne pas comptabiliser 2 fois le C dans le cas d'un projet labélisé par plusieurs méthodes

Echelle privilégiée





# Périmètre d'application de la Méthode LBC GC

La maille de calcul (grain du scénario de référence) :

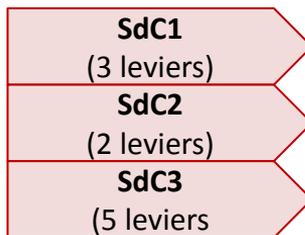
**Système de Culture (SdC) =**



## Proposition d'une offre à tiroir :

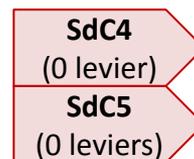
Pour le suivi des Projets, la collecte des données se fera à l'échelle de la parcelle puis ce sera agrégée à l'échelle des SdC

### Suivi complet



Evaluation émissions GES  
+ stockage C sols

### Suivi réduit

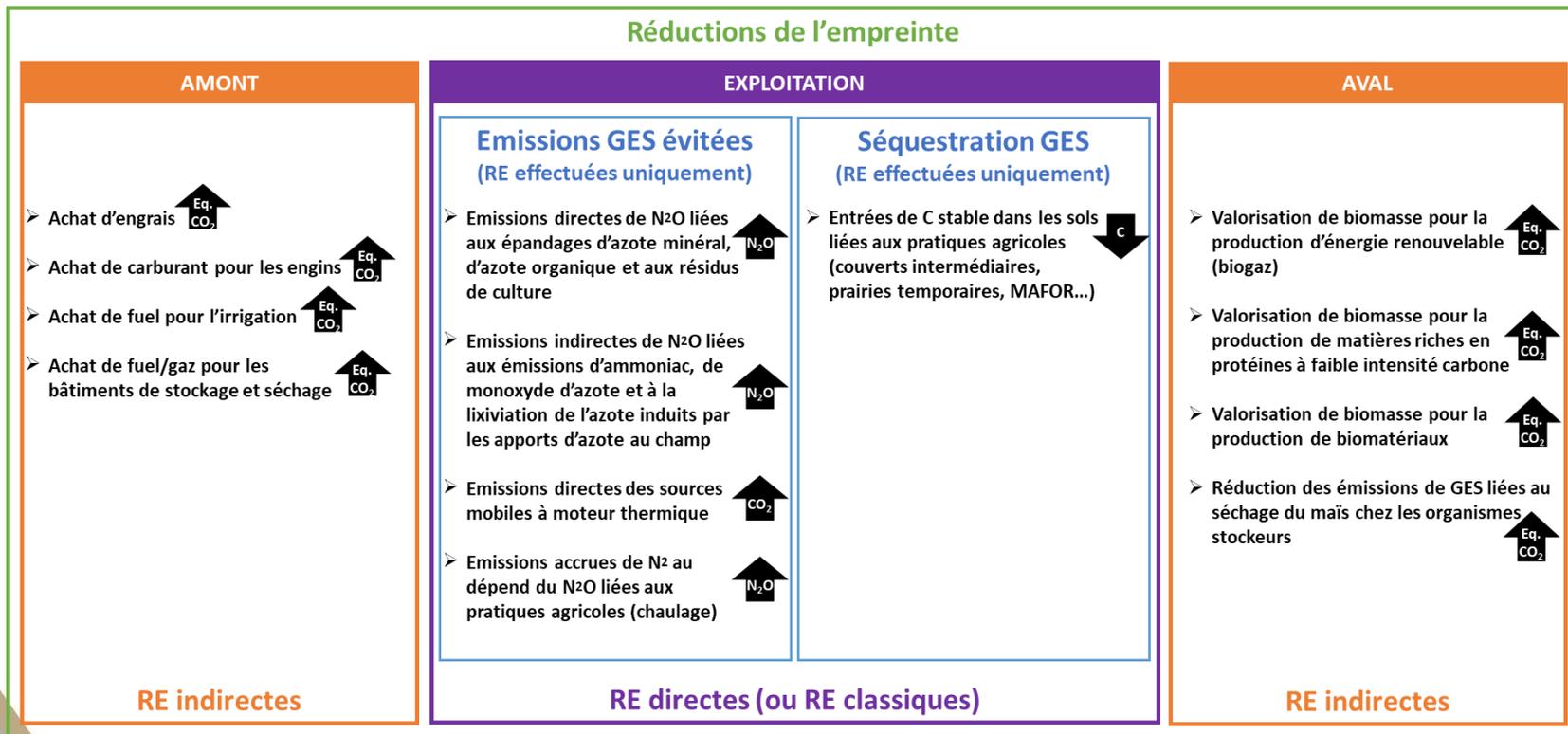


Indicateurs simples pour  
garantir l'absence de  
transfert entre SdC



# Périmètre d'application de la méthode LBC GC

## Réductions d'émissions couvertes



# Le principe de la méthode:



- ✓ Choisir le type de scénario de référence pour l'exploitation (spécifique / générique)
- ✓ Découper l'exploitation en ses SdC (*sol\*rotations\*pratiques*) et description des scénarii de référence associés
- ✓ Choisir des leviers du projet par SdC (émissions GES et/ou stockage)
  - ✓ Calculer des RE en teq CO<sub>2</sub> émis en moins sur l'exploitation

$$\text{Réduction d'Emissions} = RE_{\text{émissions}} + RE_{\text{stockage}} + RE_{\text{substitution}}$$



# Programme

- Quelques rappels sur les émissions de GES et le stockage du carbone dans les sols
- Eléments de contexte
- Les dispositifs d'incitation à la transition bas carbone pour le secteur agricole
- **Zoom sur la Méthode Label Bas-Carbone Grandes cultures**
  - Structuration d'un consortium Grandes Cultures
  - Contenu d'une Méthode LBC
  - **Calcul des émissions de GES**
  - Calcul du stockage de carbone dans les sols
  - Exemple de mise en œuvre sur SYPPRE
- Session Q&R

# Liste des leviers réduction des émissions

## ☐ Fertilisation azotée

- **Réduire la dose d'azote minérale** apportée sur les cultures
  - Ajustement du calcul de dose prévisionnelle grâce à une meilleure prise en compte des apports et des objectifs de rendements réalistes
  - Prise en compte des conditions climatiques pour le déclenchement des apports
  - Utilisation d'outils de pilotage
  - Modulation intra-parcellaire
- **Améliorer l'efficacité de l'azote apporté et valorisé** par la plante en limitant la nitrification/dénitrification, la volatilisation et la lixiviation
  - Utilisation d'inhibiteurs de nitrification
  - Chaulage des sols acides (pH<6,5)
  - Utilisation de formes d'engrais moins émettrices (réduction de l'utilisation des formes uréiques, inhibiteurs d'uréase)
  - Enfouissement des apports organiques et minéraux
- **Introduire des légumineuses fixatrices d'azote**
  - Introduction de légumineuses en culture principale/associées/intermédiaires dans la rotation

## ☐ Combustible fossile

# Liste des leviers réduction des émissions

## ❑ Fertilisation azotée

## ❑ Combustible fossile

- Réduire la **consommation de combustibles fossiles** associées aux **engins et à l'irrigation** (fioul, GNR, gaz)
  - Réduire le nombre de passage des engins agricoles sur le système de culture (simplification du travail du sol, passage au semis direct...)
  - Réduire la consommation d'énergie des engins (écoconduite, banc d'essais moteurs, motorisation électrique, autoguidage RTK)
  - Réduire la consommation d'énergie du système d'irrigation (choix de matériel moins gourmands en énergie)
- Réduire la **consommation de combustibles fossiles** associées au **séchage et au stockage**
  - Réduire la consommation d'énergie du système de séchage et/ou de stockage de l'exploitation

## Liste des leviers de substitution

### □ Substitution

- **Valoriser des biomasses produites sur l'exploitation** en méthanisation (injection directe)
  - Exporter une CIVE à destination d'une méthaniseur
  - Valoriser des résidus de cultures (pailles, feuilles de betteraves...) à destination d'un méthaniseur
- Réduction d'émissions GES liées au **séchage chez les organismes stockeurs**
- *Produire des cultures sur l'exploitation se **substituant à l'importation de tourteaux de soja***
- *Valorisation des biomasses en biomatériaux*

# Réductions d'émissions sur l'exploitation

## Empreinte amont :

Émissions liées à la fabrication, au transport (+ traitement et stockage) des engrais minéraux et organiques et combustibles fossiles → Méthode GES'TIM+ adaptée

## Emissions directes et indirectes au champ :

- Emissions directes de N<sub>2</sub>O liés à nitrification/dénitrification
  - Emissions indirectes de N<sub>2</sub>O par volatilisation de NH<sub>3</sub>, NO
  - Emissions indirectes de N<sub>2</sub>O par lixiviation de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
  - Emissions directes de CO<sub>2</sub> liés à l'apport de chaux
  - Emissions directes de CO<sub>2</sub> liés à la combustion du fuel
  - Emissions directes et indirectes liées au stockage et séchage à la ferme
- Méthode GIEC 2019 adaptée (données GES'TIM +, étude Pellerin et al., ...)
- Références GIEC, 2006 incluses dans Méthode Expert Hénault et al. 2019
- Méthode GES'TIM+

## Empreinte aval :

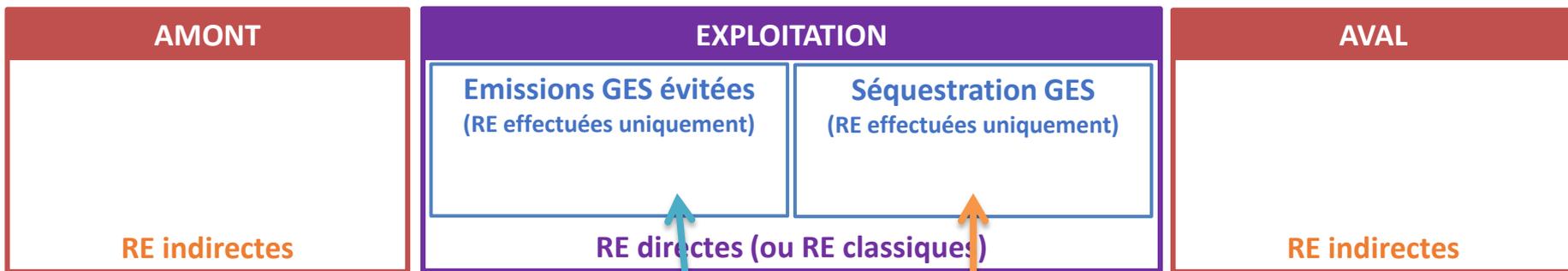
- Emissions indirectes liées au séchage par l'organisme stockeur
- Emissions indirectes liées à la valorisation énergétique de biomasses produites sur l'exploitation
- Emissions indirectes liées à la substitution de tourteaux de soja par de la biomasse protéique



# Programme

- Quelques rappels sur les émissions de GES et le stockage du carbone dans les sols
- Eléments de contexte
- Les dispositifs d'incitation à la transition bas carbone pour le secteur agricole
- **Zoom sur la Méthode Label Bas-Carbone Grandes cultures**
  - Structuration d'un consortium Grandes Cultures
  - Contenu d'une Méthode LBC
  - Calcul des émissions de GES
  - **Calcul du stockage de carbone dans les sols**
  - Exemple de mise en œuvre sur SYPPRE
- Session Q&R

# Le principe de la méthode:



$$\text{Réduction d'Emissions} = RE_{\text{émissions}} + RE_{\text{stockage}} + (RE_{\text{substitution}})$$

# Liste des leviers stockage C

- Augmenter la quantité de **biomasse restituée par les couverts végétaux**,  
-> l'intégration ou extension des couverts végétaux dans les rotations
- Augmentation des **restitutions par les résidus de cultures**  
-> restitution des résidus, augmentation de la production de biomasse par unité de surface notamment via l'implantation de cultures plus productives, le recours à l'irrigation...
- Apport de **nouvelles matières amendantes d'origine résiduaire organique** (MAFOR) sur le système de culture  
-> effluents d'élevage, composts, déchets urbains et industriels, digestats ...
- Insertion et allongement des **prairies temporaires et artificielles** (luzerne par exemple) dans les rotations

# Calcul des RE stockage

$$RE_{\text{stockage}} = \Delta_{\text{stockC}} * 3.67$$

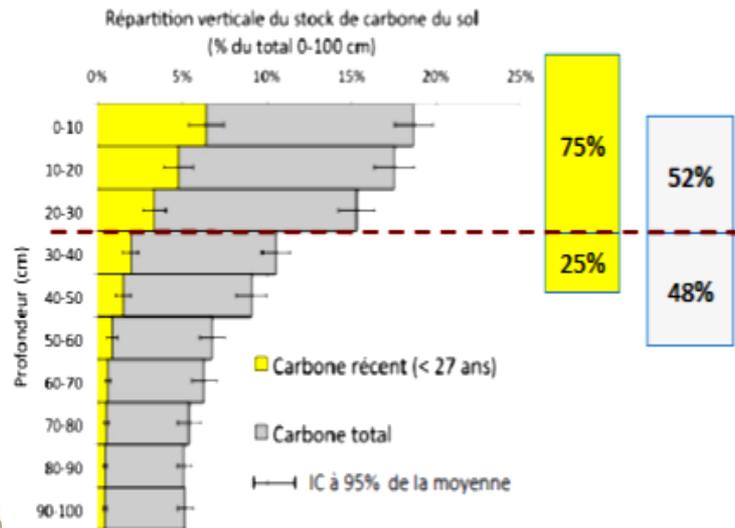
**RE<sub>stockage</sub>**, valeur des réductions d'émission de carbone permise par le stockage de carbone dans les sols ; *valeur positive ou négative, exprimée en teqCO2*

**Delta\_StockC** = *évaluation de l'évolution du stock de carbone au regard de la référence (service de maintien) et de l'état initial (stockage additionnel) (en tC)*

*facteur de conversion tC en teqCO2 ; =3.67*

# Épaisseur de sol considérée: 0-30cm

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

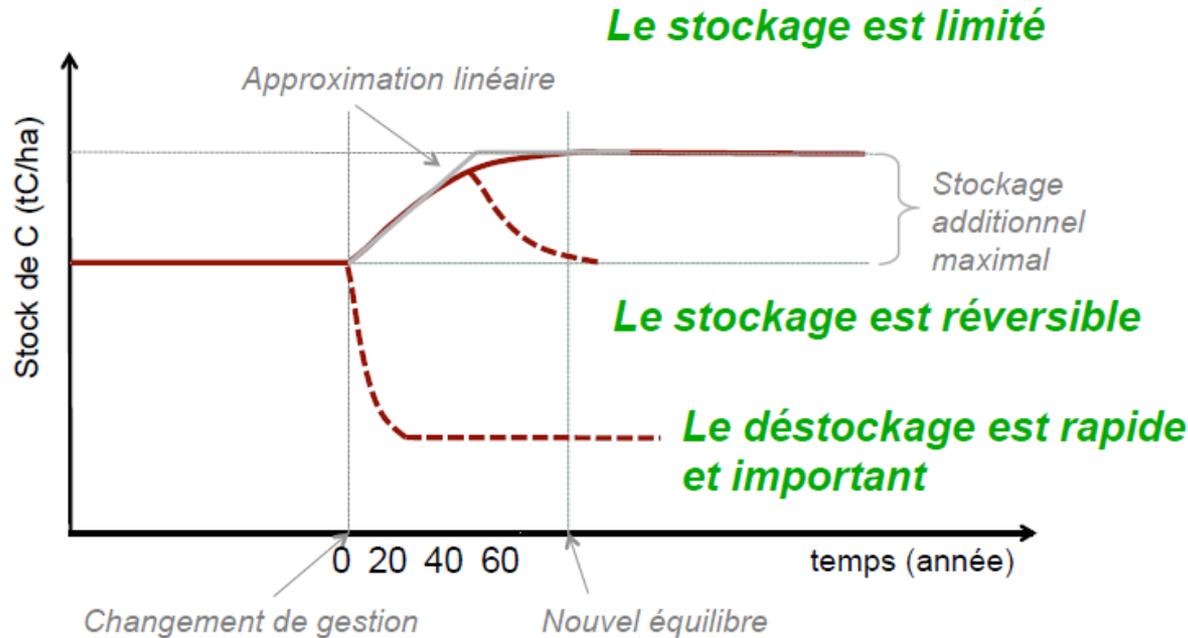


Méta-analyse de 41 essais de longue durée cultivés (durée médiane : 27 ans), Balesdent et al., 2017

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

- ✓ Calculs des inventaires nationaux (GIEC) sur 0-30cm
- ✓ 75% du carbone récent dans l'épaisseur 0-30cm
- ✓ Modèles paramétrés et validés pour 0-30cm

# Evaluer l'évolution du stock de carbone



D.Chenu, COMIFER, 7 avr 2016

**Le stockage est lent**

Stockage lent vs temps projet =5ans

**=> utilisation des modèles de simulations d'évolution de stock de carbone dans les sols et pas les analyses de sol**

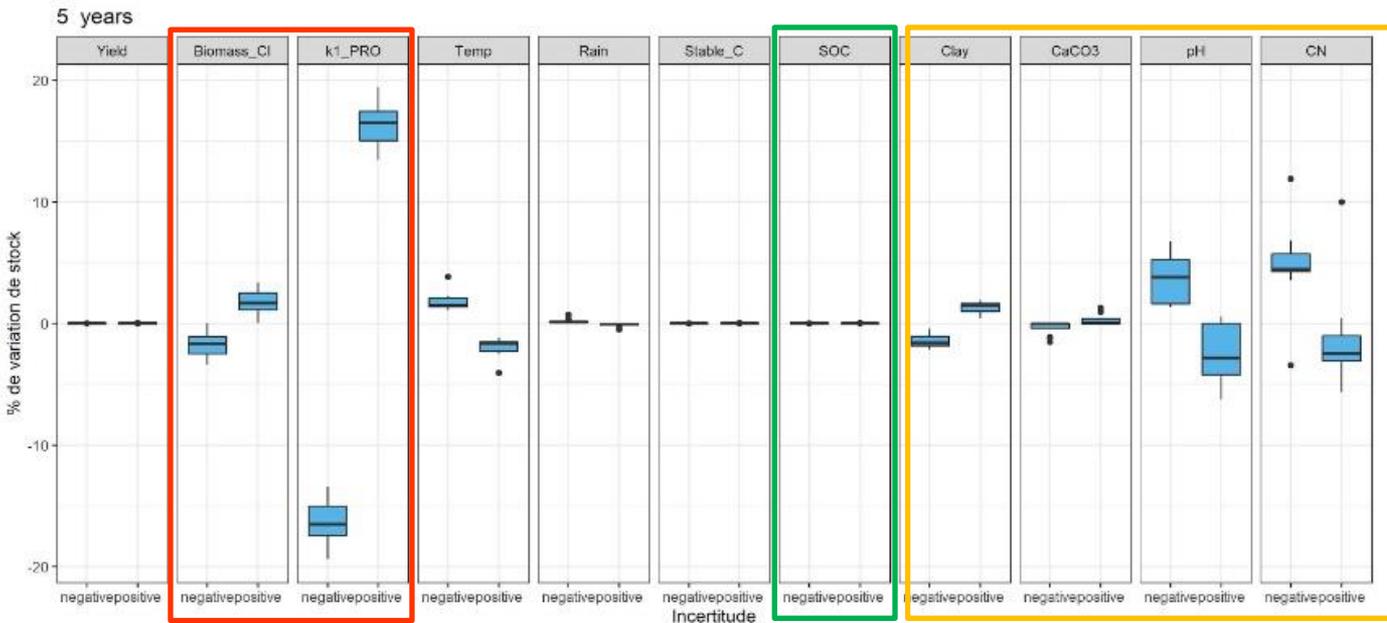
# Evaluer l'évolution du stock de carbone

## 3 modèles proposés:

	AMG Agrotransfert, Arvalis, LDAR, INRAE	STICS INRAE	AqYield_NC (MAELIA) INRAE
<b>cultures sur lequel il est valide</b>	146 cultures Cultures Principales : 60 Couverts Intermédiaires : 45 Couverts dérobés : 25	8 cultures BTH, Colza, Tournesol, Maïs Grain et fourrage, Betterave, Pois de Printemps, Pois d'Hiver, Féverole, Soja, Pomme de Terre	6 cultures BTH, Colza, Tournesol, Maïs Grain et fourrage, Pois de Printemps, Pois d'Hiver, Féverole, Soja
<b>Levier couvert</b>			
<b>Levier prairies Temp</b>	<i>Utilisable seulement pour les prairies temporaires et la luzerne &lt; 3ans</i> 	<i>Non utilisable avec la version standard (v9.1).</i> 	
<b>Levier résidus de culture</b>			
<b>Levier augmentation biomasse</b>	<i>Via rendement</i> 		
<b>PRO, MAFOR</b>		<i>Quelques produits paramétrés en standard (v9.1)</i> 	

## Influence des données d'entrée des modèles sur les résultats => sur quelles données se concentrer pour l'initialisation du projet et de la référence

Rapport d'étude *Quelles approches pour estimer et certifier la variation du stock de carbone organique du sols ?*,  
Juillet 2020, Yogo et al., INRAE, AgroTransfert.



Résultats exprimés en % de variation du stock de C initial. Analyse de sensibilité du stockage de carbone après 5 ans résultant de l'application de pratiques stockantes (C.I. et PROs, **différence entre les deux scénarios de pratiques**).

Sensible aux entrées de C

Peu sensible à la valeur C initial

Moyennement sensible aux sorties de C (minéralisation)

# Evaluer l'évolution du stock de carbone

Pour chacun des systèmes de culture:

$$\Delta_{stockC} = (S_{addionnel} + S_{maintien}) \cdot Surf_{SdC}$$

Tonnes de C  
>0 ou <0

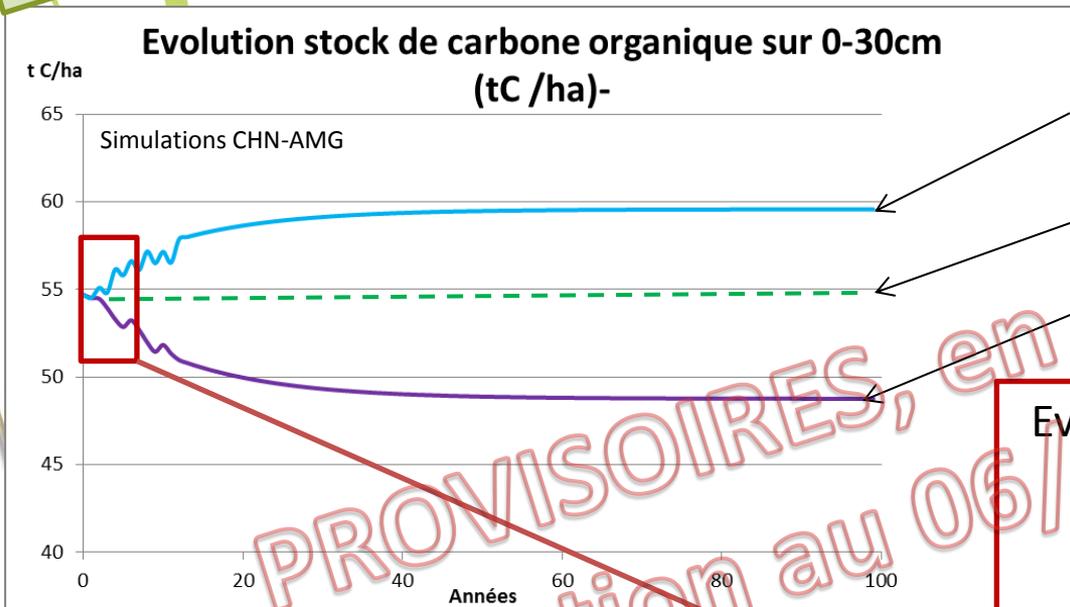
Quantité de carbone stockée en comparaison à un **état initial**

Pour identifier et comptabiliser le service de maintien d'un stock antérieur  
Comparaison à la **référence**

# Notions de maintien de stock et de stock additionnel

## Ex de référence déstockante

Stockage



Terres Rouges à Châtaigniers, %MO initial 2.5%  
Succession Colza -Blé-tournesol – Blé

Avec leviers : restitution des pailles + CIPAN  
(6tMS/ha avant tournesol)

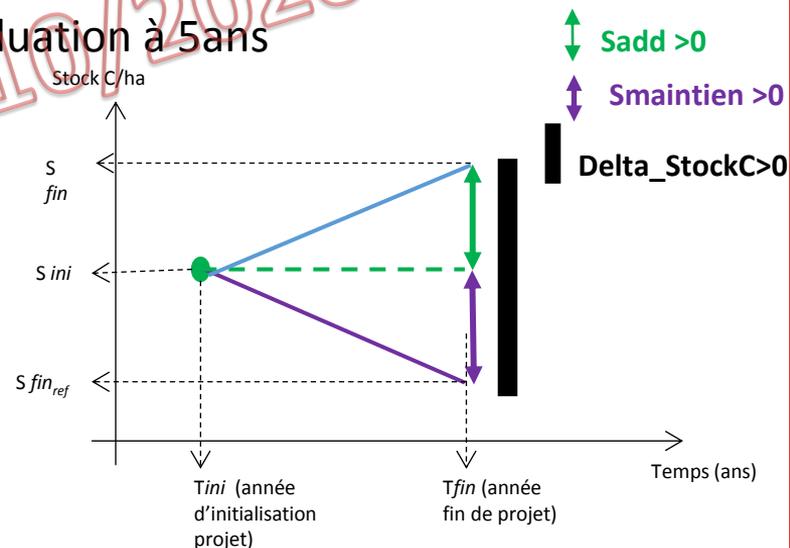
Valeur stock initial

Référence sans levier

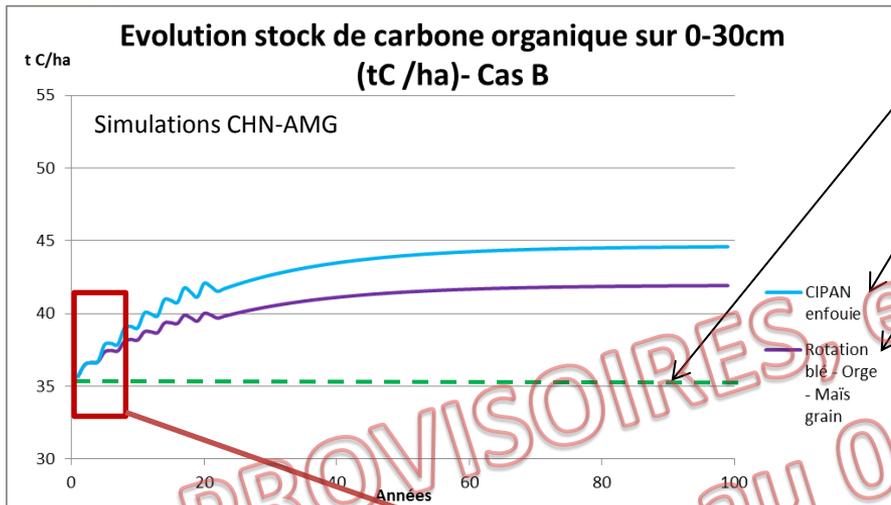
PROVISOIRES, en cours de rédaction au 06/10/2020

Pas d'évaluation de stockage anticipé, car risque de non permanence important

### Evaluation à 5ans



## Notions de maintien de stock et de stock additionnel Ex de référence stockante



Valeur stock initial

Avec levier couvert

Référence sans levier

Pas d'évaluation de stockage anticipé, car risque de non permanence important

