

Gestion la fertilité des sols pour une meilleure efficience des systèmes de culture

Activités de R&D sur la fertilité des sols
au sein d'Agro-Transfert Ressources et Territoires

Annie Duparque
a.duparque@agro-transfert-rt.org



Agro-Transfert

Ressources et Territoires

Dans son contexte ...



Le site de Recherche, Développement, Innovation en Agronomie d'Estrées-Mons



Le site de Recherche, Développement, Innovation en Agronomie d'Estrées-Mons



Les équipes RDI présentes

INRA : Recherche publique agronomique - 48 ETP

- Unité Expérimentale Grandes Cultures Innovation Environnement (UE GCIE) – 170ha
- Unité de Recherche Agroressources et Impacts environnementaux (UR AgrolImpact)
- Services Déconcentrés d'Appui à la Recherche (SDAR)

Agro-Transfert RT : Innovation et Transfert – 30 ETP

Arvalis Institut du Végétal : Recherche appliquée – 17 ETP

Terres Inovia : Recherche appliquée – 4 ETP

Chambre d'Agriculture de la Somme : développement – 5 ETP sur le site

GITEP, CETAs : développement – env 4 ETP

Le site de Recherche, Développement, Innovation en Agronomie d'Estrées-Mons

Les points forts

Agronomie

- Dynamique du carbone et de l'azote => *économie d'intrants*
- Fertilité de sols => *productivité et résilience*
- Systèmes de culture => *performance et adaptation aux contextes et marchés*
- Conduites culturales => *optimisation économique*
- Sélection variétale adaptée au territoire et débouchés => *avantage concurrentiel*

Bioéconomie : *permettre aux filières de décoller et s'insérer*

- Nouvelles cultures
- Nouvelles filières
- Articulation alimentaire / non-alimentaire

Outils, méthodologie : *rendre les innovations accessibles aux acteurs terrain*

- Modélisation
- Simulation
- Outils d'aide à la décision
- Base de données agronomiques

Agro-Transfert

Ressources et Territoires

**Une plateforme de transfert
d'innovations au service de
l'agriculture régionale**



Débuts des travaux en 1991 à l'initiative de :



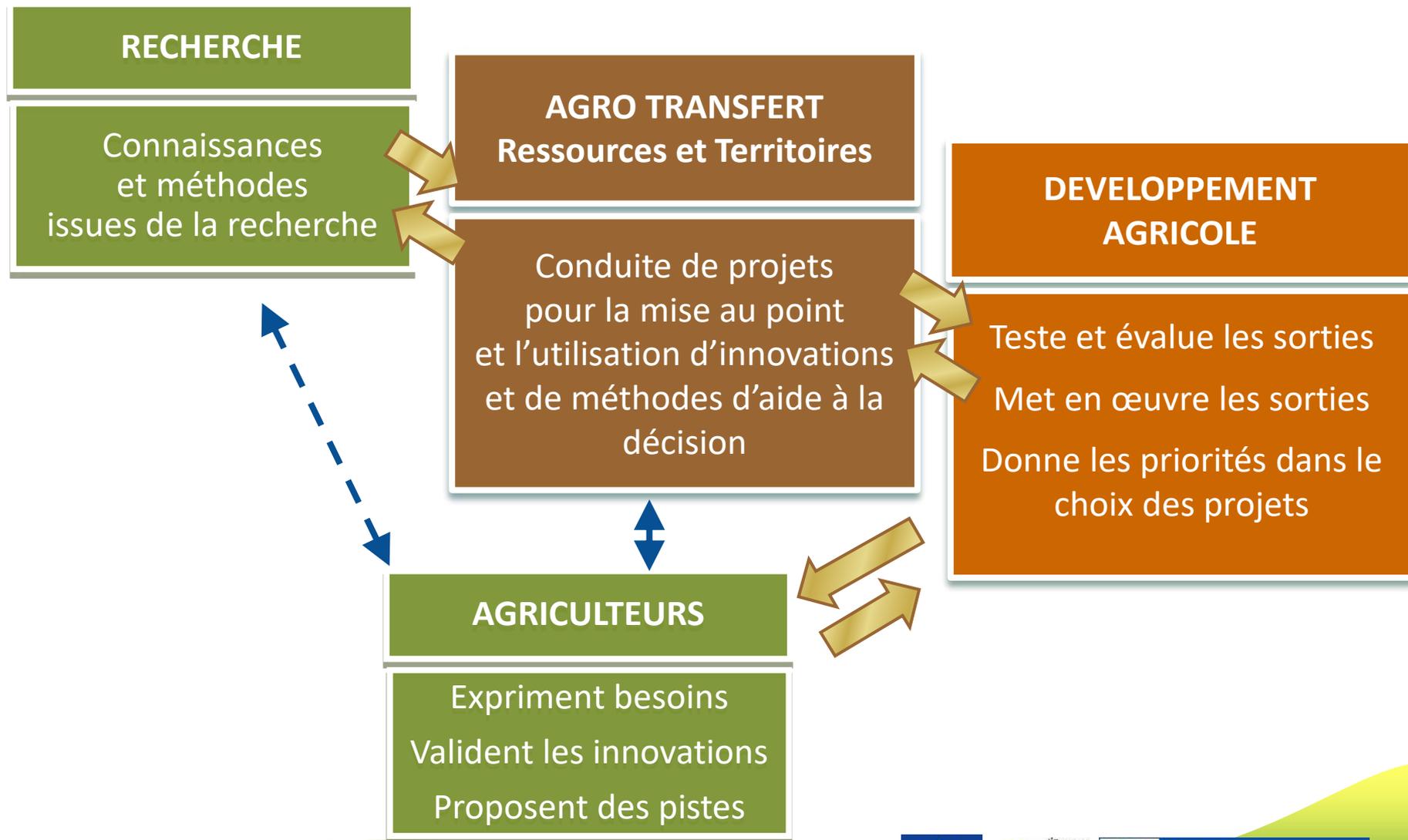
Finalité :

Mettre en synergie des moyens et des compétences de recherche et de développement (régionales) pour répondre aux problématiques agricoles stratégiques des acteurs agricoles de la région

Faire de l'innovation en circuit court

basée sur le site de l'INRA d'Estrées-Mons

Le fondement de la démarche



Les fondamentaux qui sous-tendent les projets AGT RT

Des projets finalisés (4-6 ans) et collectifs

Pour:

- **Proposer** des innovations au bénéfice et à la demande des acteurs agricoles régionaux
- **Répondre aux besoins** d'optimisation/ d'adaptation des systèmes agricoles à **moyen terme**

Les conditions à réunir sont:

- Une demande professionnelle
- Des connaissances scientifiques disponibles
- Question non traitée ailleurs
- Légitimité & plus-value d'Agro-Transfert sur la question
- Des objectifs réalistes en 4 - 6 ans
- Un partenariat solide et impliqué
- Un soutien financier et politique

Ils participent à Agro-Transfert RT et ses projets



Ils soutiennent les travaux d'Agro-Transfert RT



UNION EUROPÉENNE



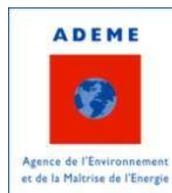
LIBERTÉ • ÉGALITÉ • FRATERNITÉ
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
DE L'AGROALIMENTAIRE
ET DE LA FORÊT



Région
Hauts-de-France



LIBERTÉ • ÉGALITÉ • FRATERNITÉ
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Opération soutenue par l'État
FONDS NATIONAL
D'AMÉNAGEMENT
ET DE DÉVELOPPEMENT
DU TERRITOIRE



Agro-Transfert

Ressources et Territoires

**Organisation
par axe stratégique**





Sol / Agrosystèmes efficaces et résilients

Favoriser l'expression des potentialités agronomiques élevées de notre région Nord-Picardie, en visant en particulier à développer leur résilience, notamment vis-à-vis du changement climatique.



Systemes de production innovants adaptés à leurs territoires

Concevoir et faciliter le déploiement de systèmes de production (y compris élevage) performants en matière de valeur ajoutée locale, répondant aux besoins des différents type d'agriculture, des marchés, du territoire, de la société = recherche du meilleur compromis

Evaluation opérationnelle des systèmes agricoles

Mettre au point, diffuser des méthodes d'évaluation opérationnelles, pour :

- faciliter l'atteinte des objectifs des axes stratégiques d'Agro-Transfert
- faciliter compréhension et priorisation des enjeux dans les plans d'action



Bioéconomie au service des territoires

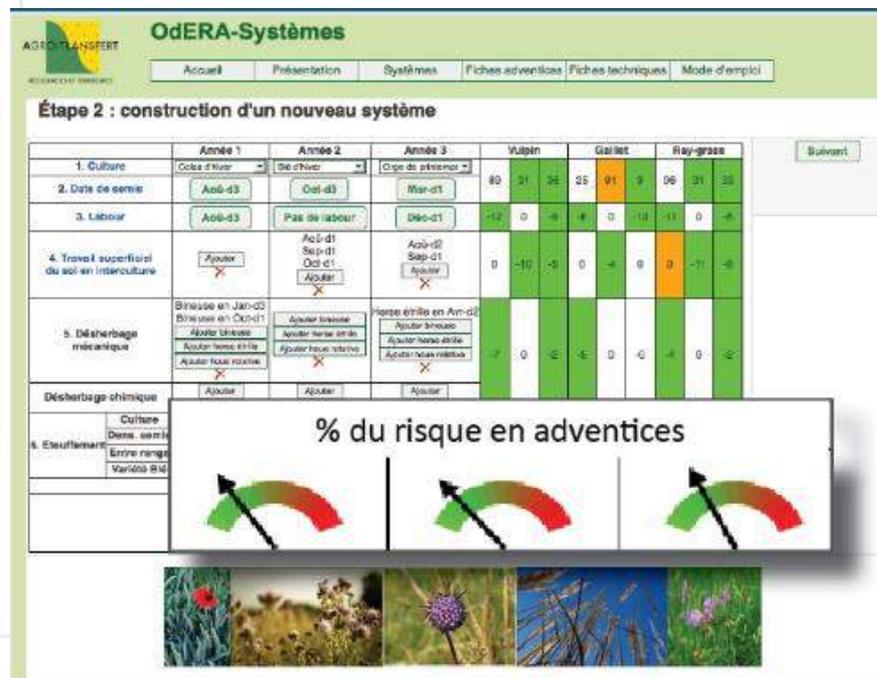
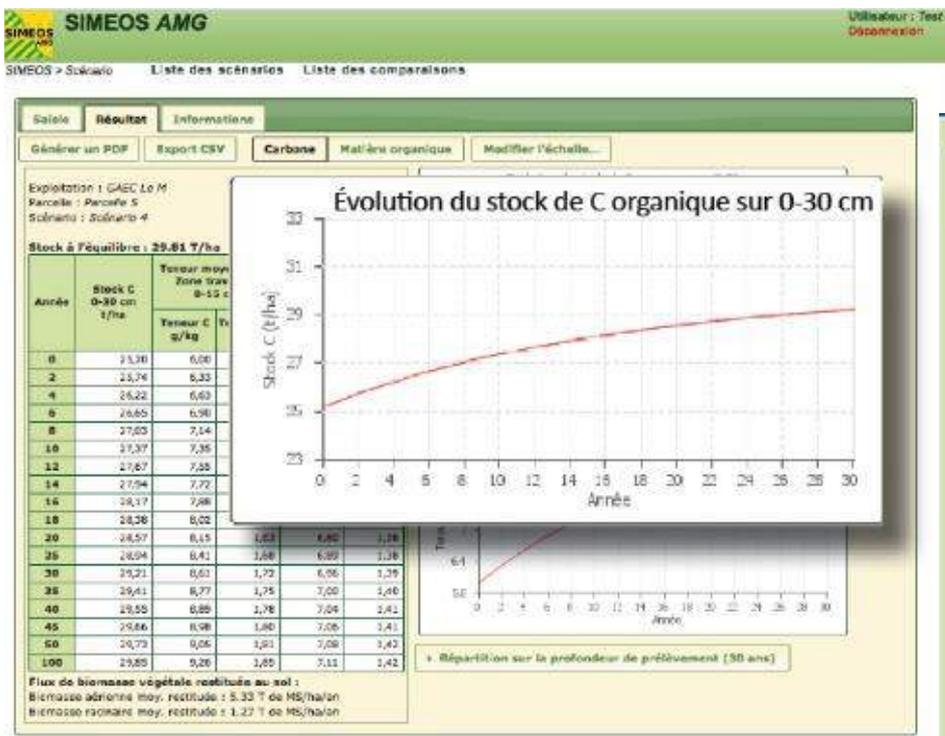
Adapter les systèmes de production et de mobilisation des agro ressources aux exigences du développement de l'économie du carbone renouvelable sur les territoires.

Les projets d'AGT-RT en 2016

- Gestion de la **fertilité des sols** (tassements, matières organiques...)
- Augmenter l'**autonomie azotée en sols de craie** (avec Champagne-Ardenne)
- Diagnostic **bilan carbone et GES des sols de territoires agricoles**
- Développer les **synergies entre élevage et cultures**
- Performance en **agriculture biologique**
- Augmenter l'**intérêt des couverts d'interculture**
- Prédiction et Simulation de la **culture de pomme de terre**
- **Evaluation multicritères** pour l'aide au conseil
- Innover dans les **plans d'actions sur les BAC** (bassins d'alimentation de captage)
- Sites démonstrateurs de la **bioéconomie sur les territoires** (avec IAR)
- Concevoir les **systèmes de culture de la bioéconomie** (avec IAR et PIVERT)
-

Les innovations d'AGT-RT

Des outils d'aide à la décision pour les conseillers et les agriculteurs



Des retours d'expérience et exemples d'innovation, des méthodes...

Une trajectoire vers la production intégrée chez...




Alexandre DEROO

Alexandre Deroo est agriculteur dans la Somme. En 2009, il s'est engagé volontairement dans un projet de transfert intitulé « production intégrée de légumes industriels de plein champ ». Coordonné par la Chambre d'agriculture de la Somme et Agro-Transfert Ressources et Territoires en partenariat avec Bonduelle, Expandis, l'Unilet, la Fredon, les Chambres d'agricultures de l'Alsne, de l'Osse et l'INRA, ce projet proposait d'étudier la faisabilité de réduire l'usage des produits phytosanitaires dans les systèmes légumiers en mobilisant les principes de la production intégrée.

Sur l'exploitation d'Alexandre Deroo, comme dans les 7 autres engagées, des expérimentations ont ainsi été réalisées en grandes parcelles et des systèmes de culture innovants ont été co-construits et testés. Au fur et à mesure du projet, chaque agriculteur s'est ou non approprié les innovations et les a déployées sur son exploitation.

Objectifs de la Production Intégrée (PI) : « réduire de façon significative le recours aux produits phytosanitaires dans la production agricole. Les pesticides y sont utilisés en dernier recours, quand les autres moyens de lutte préventifs ou curatifs ne suffisent pas. »

Caractéristiques de l'exploitation

- Exploitation individuelle
- Région agricole : Santerre
- Type de sol : limons moyens battants
- SAU : 175 ha dont 165 ha irrigables
- CUMA (4 exploitations)
- 2,5 UTH (groupement d'employeurs)
- Parcellaire : grandes parcelles regroupées
- Rotation type : pomme de terre-béte-rave-légume (pois conserve, haricots et oignons) essentiellement en non labour
- Bas volume (40t/ha) depuis 2001

Objectifs de l'exploitant

- Produire plus propre et économiquement rentable
- Dépendre le moins possible des intrants et améliorer la fertilité des sols.

Avez-vous atteint vos objectifs ?

- Les objectifs sont partiellement atteints puisque j'ai baissé les Indices de Fréquence de Traitement (IFT) sur plusieurs cultures (blé, légumes, betteraves), tout en préservant mes performances économiques. A l'avenir je souhaiterais encore progresser en réduisant les tonnellées des produits de terre.
- Cette réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires participe également à l'objectif de dépendre moins des intrants, ce que je recherche.
- Dans l'objectif d'améliorer et de préserver la fertilité des sols, je pratique le non labour et j'impose des cultures intermédiaires contenant notamment des légumineuses.



RESSOURCES ET TERRITOIRES

OPTABIOM



Concevoir et évaluer des approvisionnements en biomasse agricole sur les territoires : méthode et réseau de compétences



La mise en place d'approvisionnements en biomasse agricole dédiée à des valorisations non alimentaires, souève de nombreuses questions. Pour y répondre, les partenaires du projet OPTABIOM proposent :

- ✓ Une méthode pour concevoir et évaluer des approvisionnements en biomasse agricole, qui valorisent les territoires
- ✓ Des outils et des données adaptés aux productions de biomasse
- ✓ Des exemples d'application sur les sites suivis dans le cadre du projet
- ✓ Un réseau de compétences pour mettre en oeuvre ces résultats et accompagner les acteurs des filières de valorisation de la biomasse agricole, en Picardie et dans d'autres régions

Objectifs du document

Présenter les résultats d'OPTABIOM, pour :

- 1- Choisir les ressources en biomasse adaptées au site de valorisation, au territoire, aux exploitations agricoles
- 2- Comparer les sources de biomasse utilisables de leur production à leur mobilisation, selon un panel d'indicateurs
- 3- Evaluer la durabilité d'approvisionnements multi-ressources

Des résultats sur-mesure mobilisables par :

- ✓ des porteurs de projet qui s'interrogent sur leur approvisionnement
- ✓ des collectivités locales qui souhaitent favoriser le développement de leur territoire en valorisant la biomasse agricole

Ce document a été bâti dans le cadre de projet OPTABIOM

Démarré à l'automne 2008 pour une durée de 6 ans, le projet OPTABIOM a pour objectifs de :

- Favoriser le développement de sites de valorisation de biomasse qui répondent au cahier des charges de nouvelles filières et tiennent compte des spécificités des territoires
- mettre au point une méthode de travail destinée aux conseillers et acteurs des projets biomasse pour concevoir et mettre en place des plans d'approvisionnement en biomasse agricole durables.

Coordonné par Agro-Transfert Ressources et Territoires, avec comme partenaires :



Avec le soutien financier de :



Contact : Marie-Laure Sevrière - Chargée de mission - Agro-Transfert Ressources et Territoires - Tel. : (03) 22 85 35 20 - m.laure@agro-transfert.org

Les innovations d'AGT-RT

Des démarches nouvelles appliquées à l'agriculture

AGRO-TRANSFERT
RESSOURCES ET TERRITOIRES

ANALYSE DU CYCLE DE VIE

OPTIMISER - EVALUER - INNOVER - PROMOUVOIR

Agro-Transfert Ressources et Territoires
accompagne vos choix stratégiques pour orienter
vos innovations en faveur du développement durable

NOUVEAUX CIRCUITS DE DISTRIBUTION
DÉCHETS DE L'AGRICULTURE
ÉNERGIES RENOUVELABLES
AGROMATÉRIELS
CHIMIÉ VERTE

Avec le soutien financier de

21, chaussée Brunehaut
80200 ESTREES MONS
www.agro-transfert.org
Contact : Caroline Godard
c.godard@agro-transfert.org
03 22 95 33 25

Plus de détails sur www.agro-transfert-rt.org

The screenshot shows the website interface for Agro-Transfert Ressources et Territoires. At the top, there is a navigation menu with links for ACCUEIL, ASSOCIATION, OUTILS, SERVICES, PUBLICATIONS, and CONTACT. Below the menu, the 'ACTUALITÉS' section features several news items, including 'PORTES OUVERTES INRA - 3 ET 4 JUIN 2016' and 'ENQUÊTE SUR LES COUVERTS D'INTERCULTURE'. The 'DOMAINES D'INNOVATION' section highlights four areas: Soils et agro-systèmes, Systèmes de production innovants, Évaluation multicritère, and Bioéconomie sur les territoires. The 'PROJETS' section states that 25 projects are being led by Agro-Transfert Ressources et Territoires. The 'COMPÉTENCES' section describes the organization's role in conducting innovation projects in the agricultural domain. The 'RECHERCHE' section includes a search bar and the 'KIOSQUE' section lists various publications and resources available.

Les domaines de compétence d'AGT RT



Sols et Agro-Systèmes performants et résilients



**Systèmes de production innovants,
performants et adaptés localement**



**Evaluation opérationnelle des
systèmes agricoles**



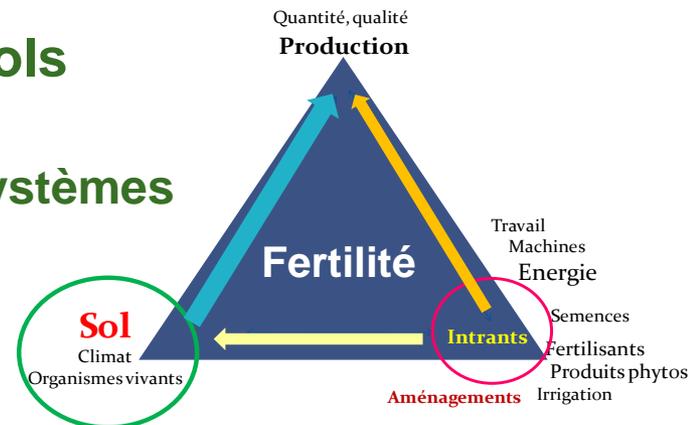
**Bioéconomie au service des
territoires**

Agrosystème : un type de sol x un climat x des pratiques culturales x un système de décision, à différentes échelles : de la parcelle au territoire agricole

La gestion de la fertilité des Sols

un **instrument déterminant de pilotage des Agrosystèmes** pour atteindre de **trois objectifs**

- **Maintenir et développer une efficacité de production élevée** en quantité et qualité
- **Gagner en autonomie**
- **Devenir plus résilients** vis-à-vis des aléas climatiques et conjoncturels



En interaction directe avec la **préservation des fonctions essentielles des sols** vis-à-vis d'**enjeux environnementaux** majeurs :

- **Gestion de l'eau en qualité et en quantité**
- **Lutte contre l'érosion**
- **Sauvegarde / développement de la biodiversité**
- **Stockage de carbone et atténuation des émissions de GES**

Sols et Agrosystèmes performants et résilients

Les finalités vis-à-vis des agriculteurs :

- Les rendre conscients de l'intérêt de gérer la fertilité de leurs sols
- Les convaincre qu'ils ont les leviers en main et les marges de manœuvre pour le faire
- Leur donner les clés et des outils + les aider à « se donner les moyens »
pour pouvoir **choisir** et **agir**

Les moyens

Sensibiliser
Donner à connaître
Former

*De quoi parle-t-on ?
Quels problèmes ?
Quelles conséquences
Que sait-on ?*

Pouvoir
Diagnostiquer
simplement

*Méthodes et outils
de terrain, faciles à
mettre en œuvre et
fiables*

Savoir comment
Régénérer
Améliorer

*l'état, les propriétés,
les fonctions
des sols*

Prévenir les
risques

*À court et à long
terme
Les gérer à
différentes échelles*

Connaissances

Outils

Références (repères) générales / locales

Le périmètre

➤ **Fertilité physique :** *lutter contre les tassements*

Eaution plus (2010-2013),

Sol D'Phy (2012-2018), Prévention Tassements (2015-2016)

Travaux sur l'outil Terranimo (2017 et s.), Suivi des conséquences à LT (2017, ...)

➤ **Fertilité biologique** *prendre en compte l'effet des VdT*

Sofia (2012-2016)

➤ **Fertilité chimique :** *des SdC innovants plus autonomes en N,*

Auto'N (2013-2019)

➤ **Etat organique :** *Gérer MO des Sols / stockage de Carbone et GES*

Gérer et conserver l'Etat Organique des sols dans les EA :

GCEOS (2004 -2011) : => SIMEOS-AMG : les versions : 2008-2010 ; 2012 ; 2018).

Amélioration modèle AMG avec la recherche :

Consortium AMG (2015 - ...), SoléBIOM (2015-2018), CSOPRA (2014-2017)

Stockage de C et GES – échelle SdC et Territoire :

ABC Terre (2013-2016), ABC'Terre-2A (2017-2020)

RDC-ADEME-NPdC (2012-2013)

Le périmètre

➤ **Fertilité physique :** *lutter contre les tassements*

Eaution plus (2010-2013),

Sol D'Phy (2012-2018), Prévention Tassements (2015-2016)

Travaux sur l'outil Terranimo (2017 et s.), Suivi des conséquences à LT (2017, ...)

Projet Sol-D'Phy

Gestion de la fertilité physique des sols

2012 - 2018



Contexte

- Des chantiers de plus en plus performants, mais aussi de plus en plus lourds : contraintes au sol élevées, souvent en conditions humides
- Recours fréquent à la prestation de service : marges de manœuvre réduites pour les conditions d'intervention



→ Risques a priori élevés de tassements, en particulier en profondeur

Résultats des observations de terrain Sol-D'Phy :

Systemes spécialisés et betteraviers (12 profils)

- Etat structural variable selon les systèmes de culture
- Tassements profonds repérés dans 1 profil sur 3



Semelle de labour



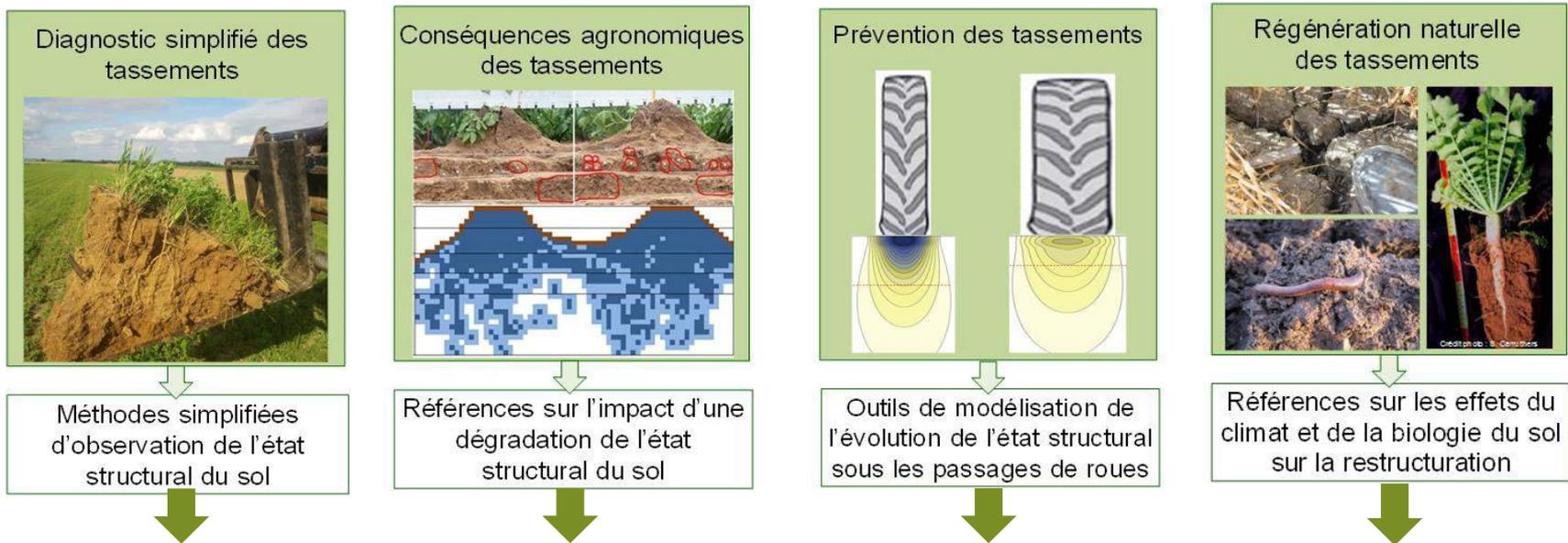
Horizon pédologique tassé



→ Aider les agriculteurs à préserver l'état structural de leur sol et développer leur fertilité biologique

1- Diagnostic régional : enquêtes avec profils de sol → identifier problématiques

2- Développement d'outils et méthodes complémentaires pour l'aide à la décision :



Permettre de limiter les risques de tassement (conditions d'intervention, organisation des chantiers) et optimiser le recours au travail du sol en favorisant la régénération naturelle

Mise au point et transfert de méthodes de diagnostic simplifié

Objectifs :

Aider les agriculteurs à mieux gérer l'état structural du sol à partir d'un diagnostic de l'état structural sur le terrain : Fournir les moyens d'un diagnostic simplifié

- Mise en œuvre des méthodes avec guide méthodique
 - Quelles informations avec chaque méthode pour leur utilisation complémentaire
- Comment combiner les méthodes pour répondre aux questions du terrain

La pénétrométrie



Le « test à la bêche »

Extraction d'un bloc à la bêche :



Le mini profil 3D

Extraction d'un bloc avec les palettes d'un télescopique :

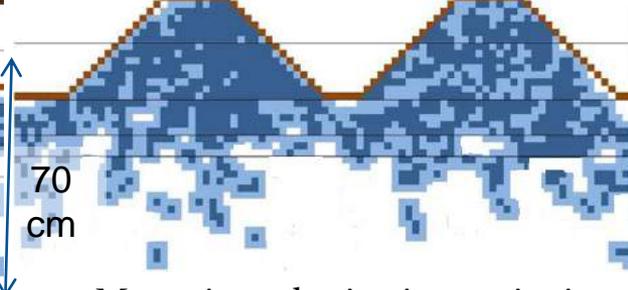
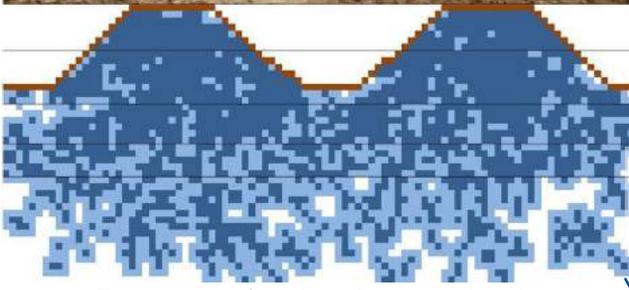
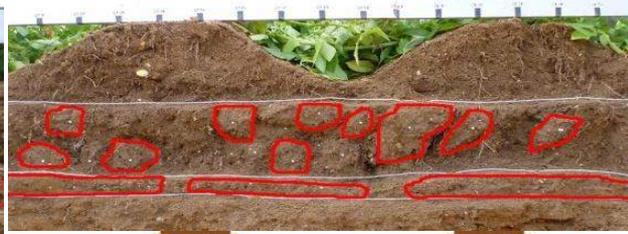


Les tassements profonds limitent l'enracinement :

état structural « favorable »



*état structural dégradé,
tassement profond*

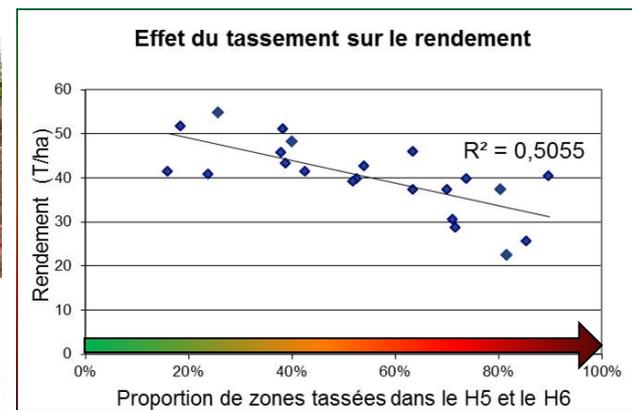


Bonne colonisation racinaire

70
cm

Mauvaise colonisation racinaire

Année 2012

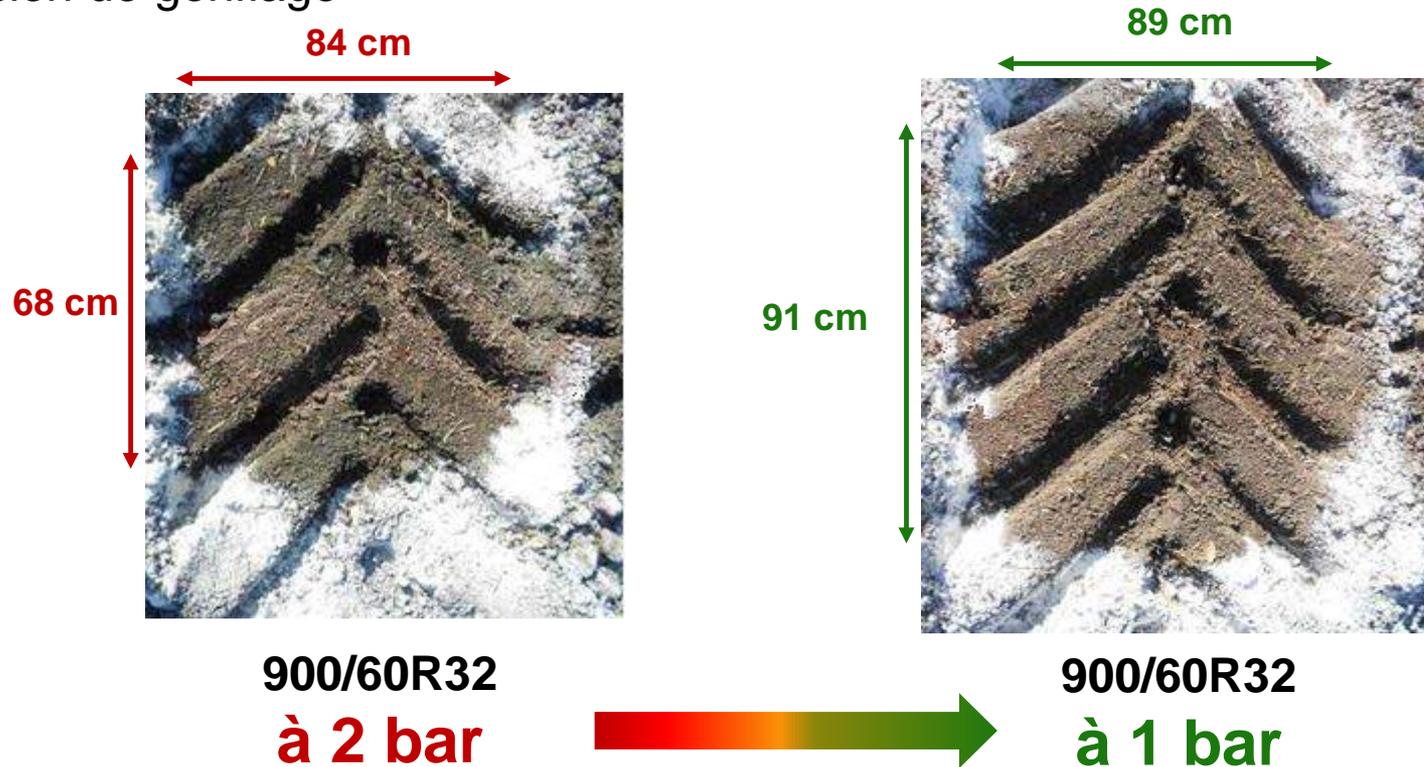


- La profondeur d'enracinement diminue sous les zones tassées
- Un impact sur le rendement, qui dépend de l'année climatique



Leviers disponibles pour limiter le tassement :

- **Conditions d'intervention** : // \ plan de charge des machines
- **Adaptation des pneumatiques** : pneu à grand volume d'air, diminution de la pression de gonflage



→ Adaptation de la pression de gonflage pour augmenter la surface de contact sol-pneu en longueur

Leviers disponibles pour limiter le tassement :

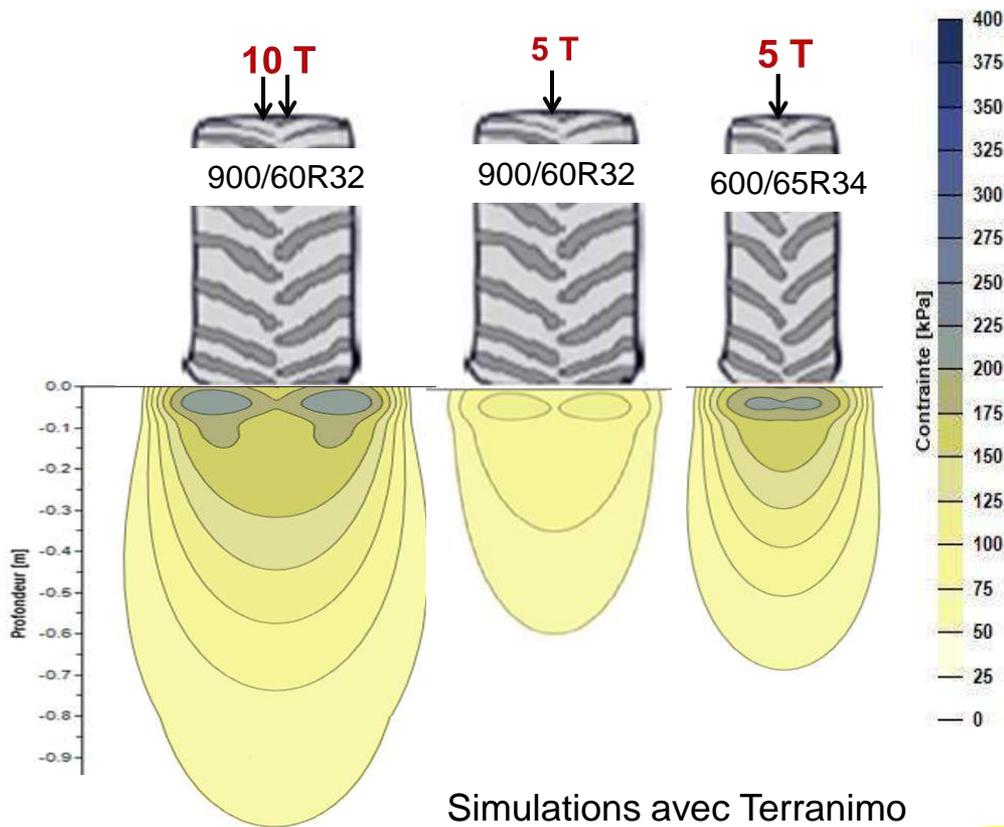
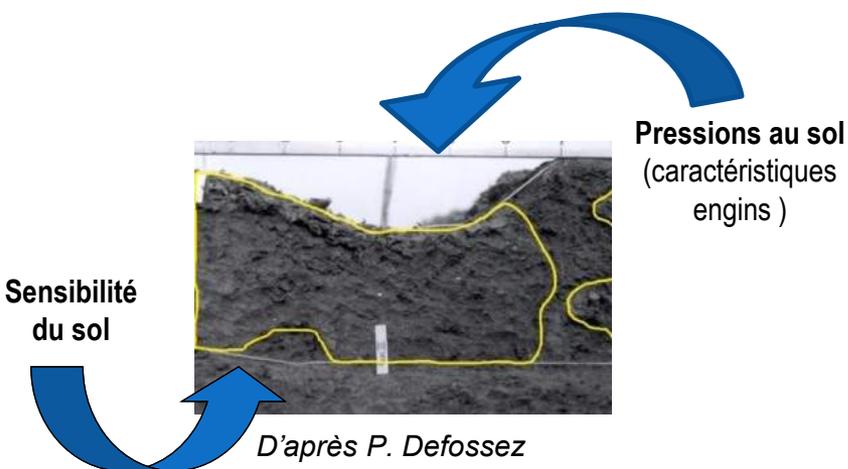
- Conditions d'intervention : /!\ plan de charge des machines
- Adaptation des pneumatiques / chenilles : surface de contact
- **Limitation du poids des machines :**
 - **Utilisation de matériel léger**
 - **Techniques innovantes pour limiter les charges inutiles au champ**

Exemple : Epandage de lisier ou boues de STEP sans tonne :



Outils pour l'aide à la décision

Prise en compte des facteurs qui déterminent les tassements :



→ Evaluation des pressions exercées au sol et de leurs propagations en profondeur

→ Adaptation de l'outil de simulation dans Sol-DPhy

Le périmètre

- **Fertilité physique** : *lutter contre les tassements*
Eaution plus (2010-2013),
Sol D'Phy (2012-2018), Prévention Tassements (2015-2016)
Travaux sur l'outil Terranimo (2017 et s.), Suivi des conséquences à LT (2017, ...)
- **Fertilité biologique** *prendre en compte l'effet des VdT*
Sofia (2012-2016)

I – Structure du sol

MÉTHODES DE DIAGNOSTICS DE LA STRUCTURE DU SOL

LE TEST BECHE



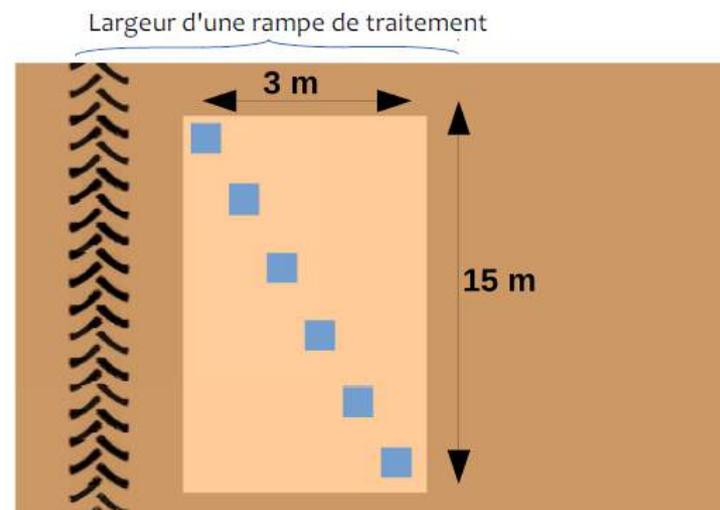
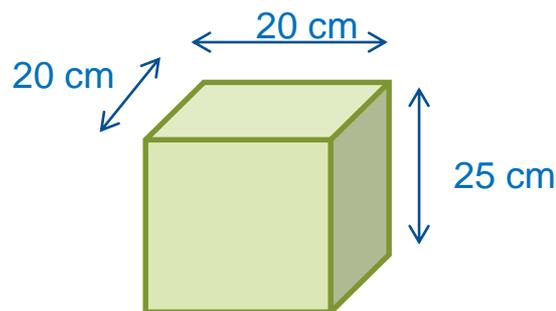
Objectifs de la méthode [2]

- Evaluer la qualité générale du sol de manière simple et rapide

[2] Boizard et al, 2005

II – Test bêche

PROTOCOLE : METHODE AGRINNOV'



- Etude morphologique
- Etudes des communautés de vers de terre

II – Test Bêche

NOTATION DE L'ÉTAT INTERNE DES MOTTES

BIOTURBATION (d'après l'ISTRO)

Etat b0

Pas de structure biologique visible



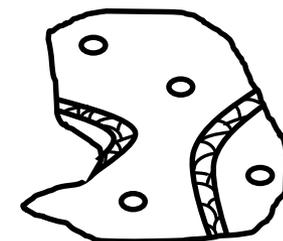
Etat b1

galeries verticales permanentes,
perforation de racines ou autre faune
du sol



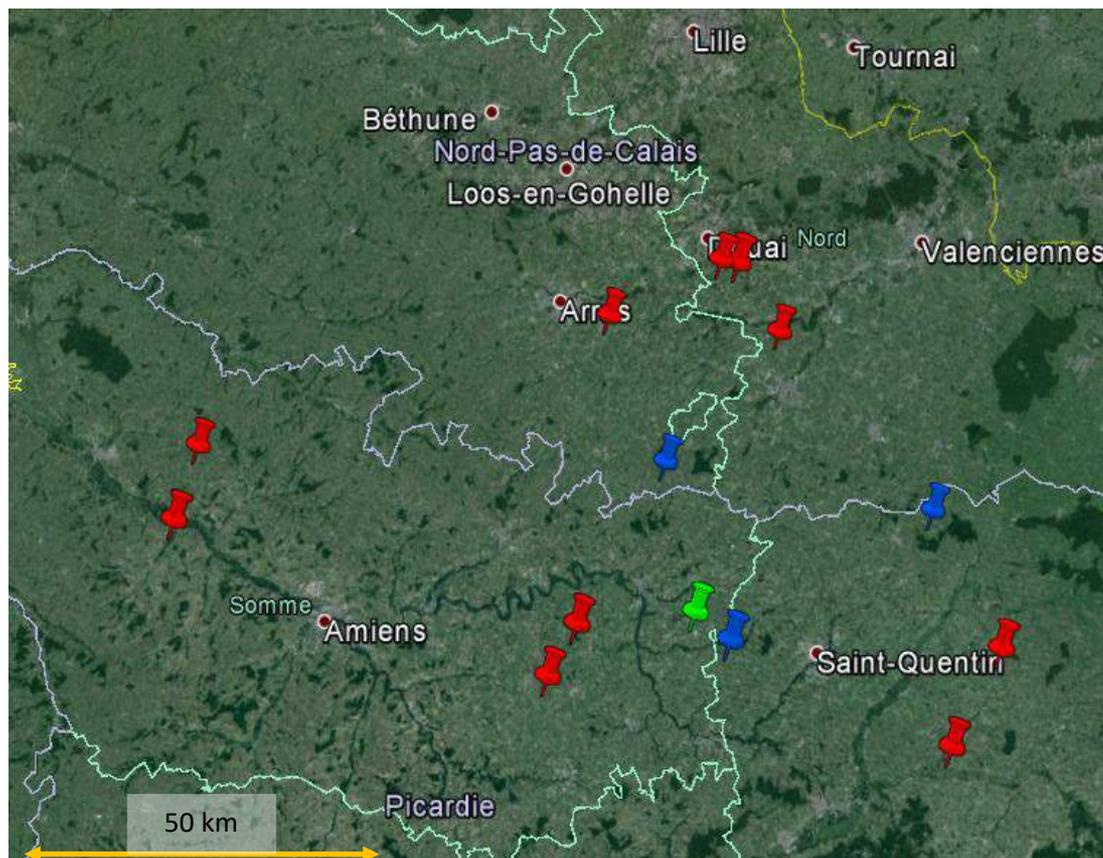
Etat b2

présence de galeries et de
déjections



I – Dispositif expérimental

LOCALISATION DES PARCELLES ÉTUDIÉES

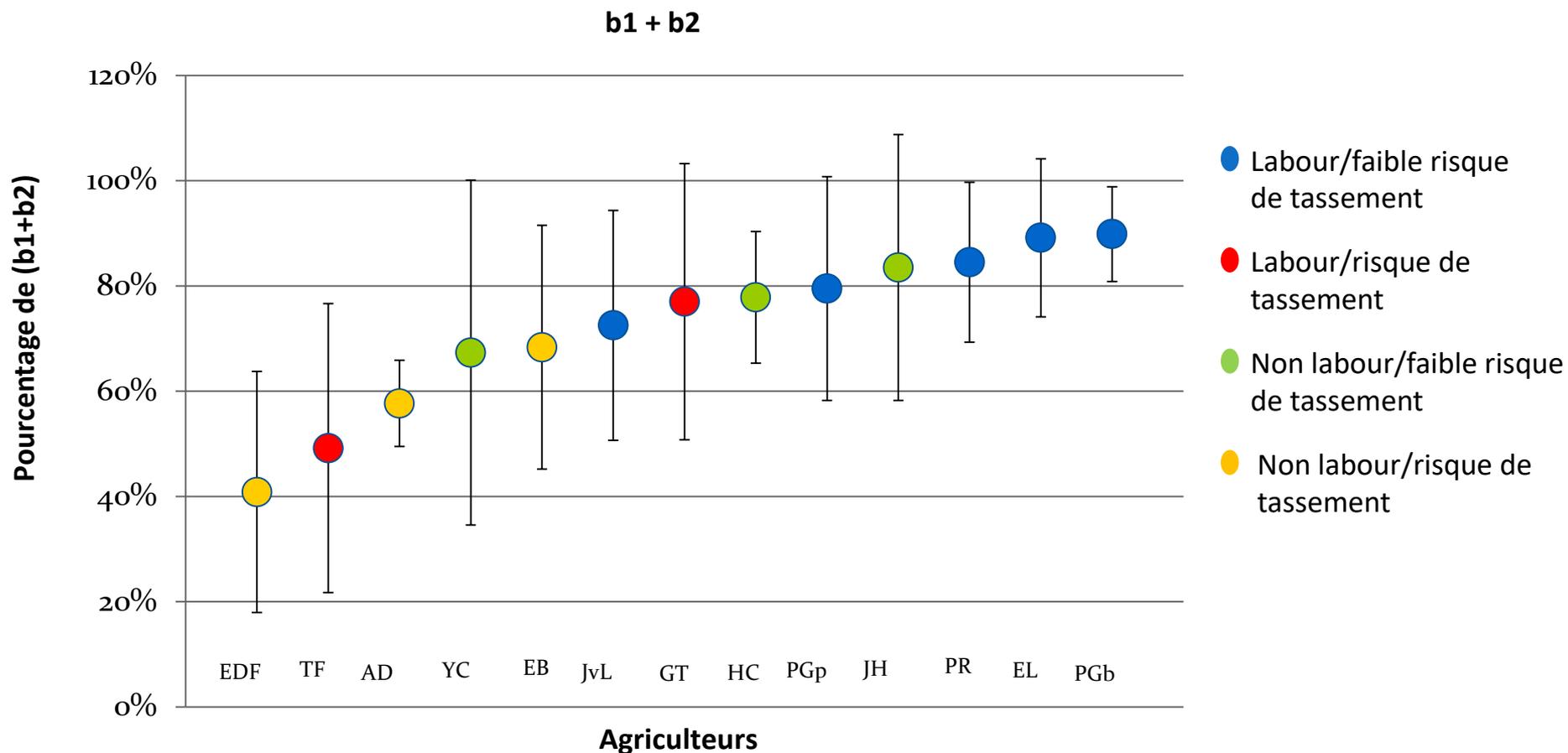


 test bêche (10 parcelles)

 profil culturel (2 parcelles)

 profil culturel + test bêche (3 parcelles)

BIOTURBATION



- Variabilité de situations
- Partition selon les modalités définies

Le périmètre

- **Fertilité physique :** *lutter contre les tassements*
Eaution plus (2010-2013),
Sol D'Phy (2012-2018), Prévention Tassements (2015-2016)
Travaux sur l'outil Terranimo (2017 et s.), Suivi des conséquences à LT (2017, ...)
- **Fertilité biologique** *prendre en compte l'effet des VdT*
Sofia (2012-2016)
- **Fertilité chimique :** *des SdC innovants plus autonomes en N,*
Auto'N (2013-2019)

Améliorer l'autonomie azotée des systèmes de production en terres de craie de Champagne – Ardenne et Picardie

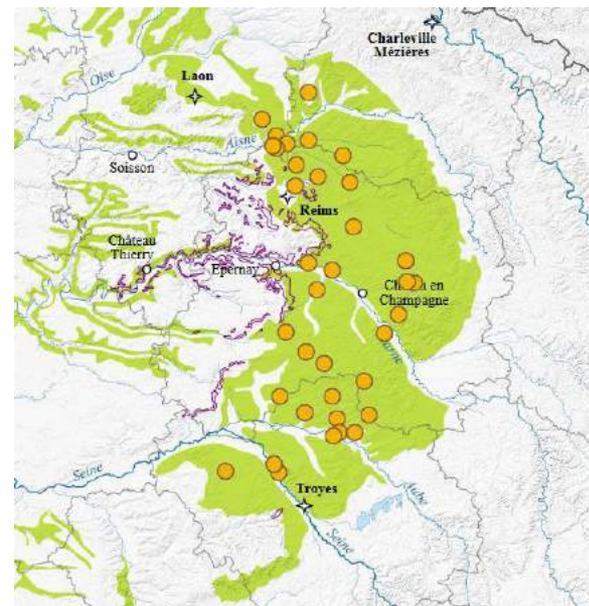
Un constat : les systèmes de culture en place sur les terres de craie dépendent largement de la fertilisation azotée minérale

Des préoccupations réglementaires, économiques et environnementales qui pèsent sur l'azote minéral

⇒ **2012** : Réflexions autour d'un projet bi-régional Auto'N entre la Chambre Régionale de Champagne-Ardenne et AGT

Enjeu : Maintenir les niveaux de production en diminuant la part d'azote minéral dans la fertilisation

Objectif : Concevoir, expérimenter puis développer de façon effective des systèmes de culture performants, plus autonomes vis-à-vis de l'azote minéral



Chargée de Projet : Claire Cros – Chambre Régionale Grand Est

Animation Scientifique : Raymond Reau, Bruno Mary et Nicolas Beaudoin INRA

Appui Agro-Transfert-Rt : Annie Duparque, Caroline Godard

Le périmètre

- **Fertilité physique :** *lutter contre les tassements*
Eauration plus (2010-2013),
Sol D'Phy (2012-2018), Prévention Tassements (2015-2016)
Travaux sur l'outil Terranimo (2017 et s.), Suivi des conséquences à LT (2017, ...)
- **Fertilité biologique** *prendre en compte l'effet des VdT*
Sofia (2012-2016)
- **Fertilité chimique :** *des SdC innovants plus autonomes en N,*
Auto'N (2013-2019)
- **Etat organique :** **Gérer MO des Sols / stockage de Carbone et GES**
Gérer et conserver l'Etat Organique des sols dans les EA :
GCEOS (2004 -2011) : => SIMEOS-AMG : les versions : 2008-2010 ; 2012 ; 2018).
Amélioration modèle AMG avec la recherche :
Consortium AMG (2015 - ...), SoléBIOM (2015-2018), CSOPRA (2014-2017)
Stockage de C et GES – échelle SdC et Territoire :
ABC Terre (2013-2016), ABC'Terre-2A (2017-2020)
RDC-ADEME-NPdC (2012-2013)

Projet GCEOS : GESTION ET CONSERVATION DE L'ETAT ORGANIQUE DES SOLS

Un projet de recherche-développement (2004-2011)

lancé à la demande des chambres d'agriculture de la région,
face aux interrogations des agriculteurs

Porté par Agro-Transfert - *Chef de projet : A. Duparque*
Chargé d'étude : V. Tomis



En partenariat avec



Animation scientifique : B. Mary, INRA Laon

• avec le soutien financier du FEDER et du Conseil Régional de Picardie

Objectifs généraux du programme

Rendre accessibles aux agriculteurs des connaissances :

sur la dynamique et les rôles des matières organiques dans les sols

Leur fournir des outils d'aide à la décision :

- pour diagnostiquer l'état organique des sols,
- pour prévoir des effets des pratiques culturales sur l'évolution de l'état organique du sol

Développer une démarche de conseil

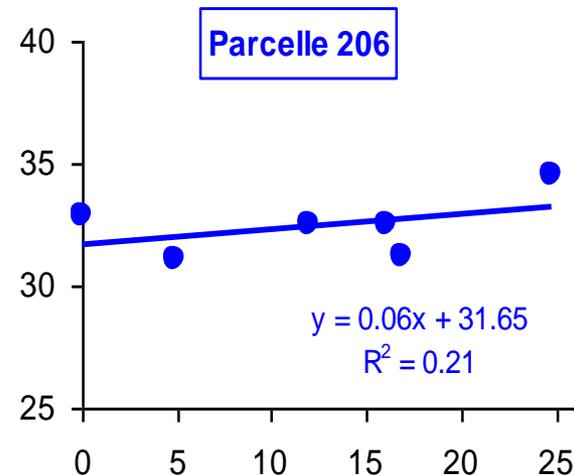
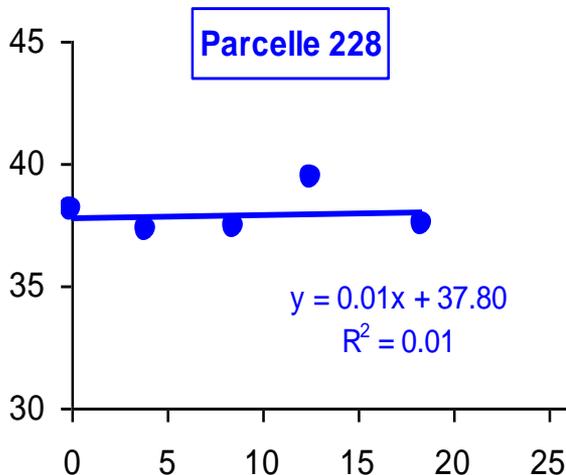
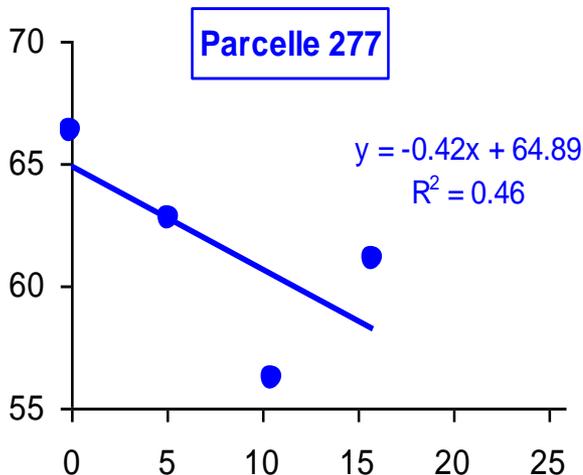
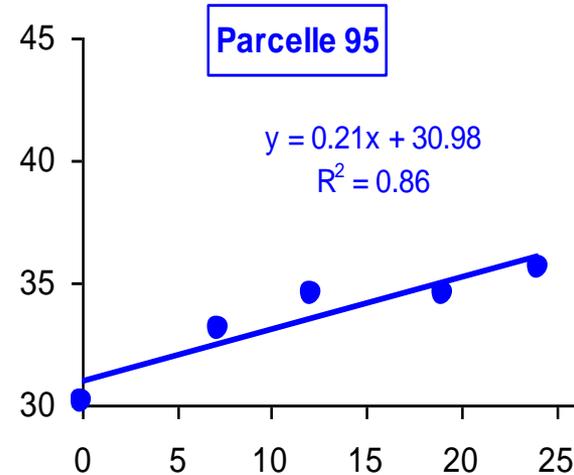
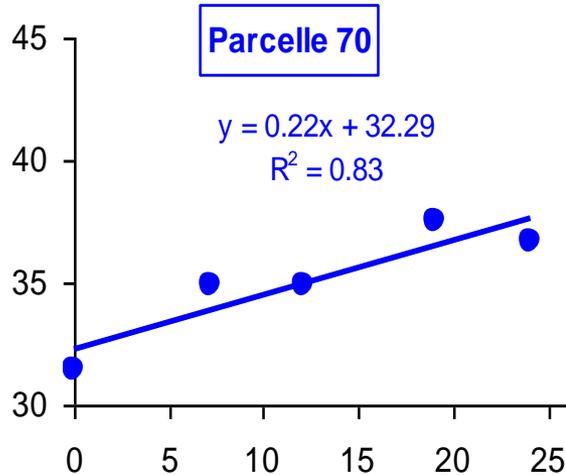
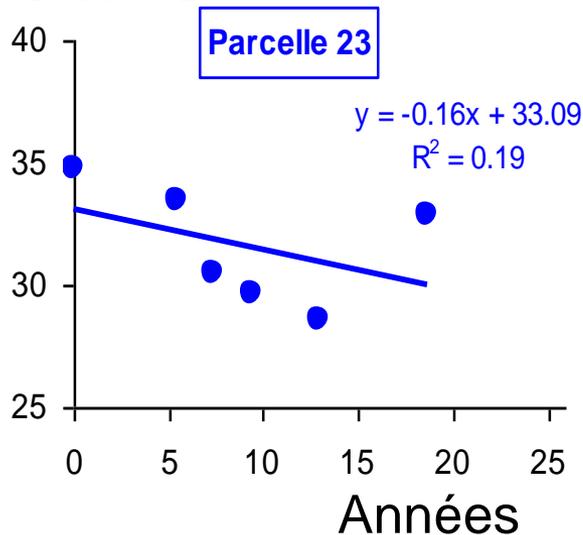
pour donner aux agriculteurs de Picardie, les moyens de gérer
les matières organiques de leurs sols

sur le long terme

à l'échelle de la parcelle et de l'exploitation

Exemples d'évolution des stocks (1970-1997)

Stock C



Wylleman et Mary, 1999

Pour un prélèvement de terre de qualité

Trois points clefs à respecter

1. Bien choisir la période de prélèvement et s'y tenir

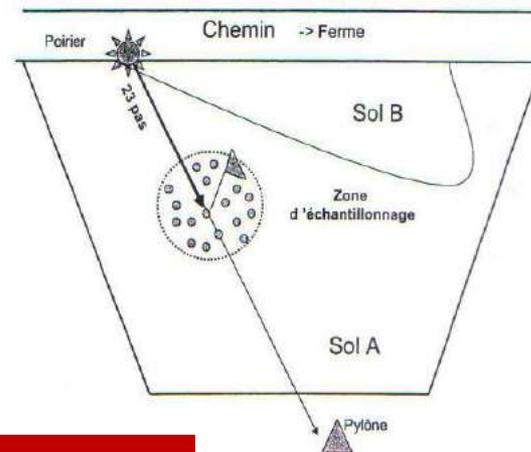
Une période privilégiée: juste après récolte et avant déchaumage

Une période possible : la sortie d'hiver

2. Sélectionner attentivement la zone d'échantillonnage

→ **Bonne représentativité de la parcelle: choix de zones homogènes et représentatives**

→ **Repérer précisément afin de revenir au même endroit (GPS)**



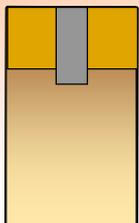
NB: En général, la variabilité intra parcellaire des teneurs en C organique du sol est plus grande que la variation de cette teneur en un point donné d'une parcelle sur une période de 3 à 5 ans !

Une méthode de prélèvement de terre adaptée

3. Respecter une profondeur de prélèvement stable dans le temps
(par exemple normalisée à 30 cm)
pour limiter les biais dans le suivi de l'évolution du stock de MOS

Système labouré

Couche labourée

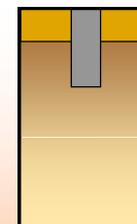


Labour 25 cm

Dans les 2 systèmes, l'estimation et le suivi de l'évolution des stocks sont plus précis en prélevant sur 30 cm à une période identique et au même endroit pour chaque analyse

Système en non labour

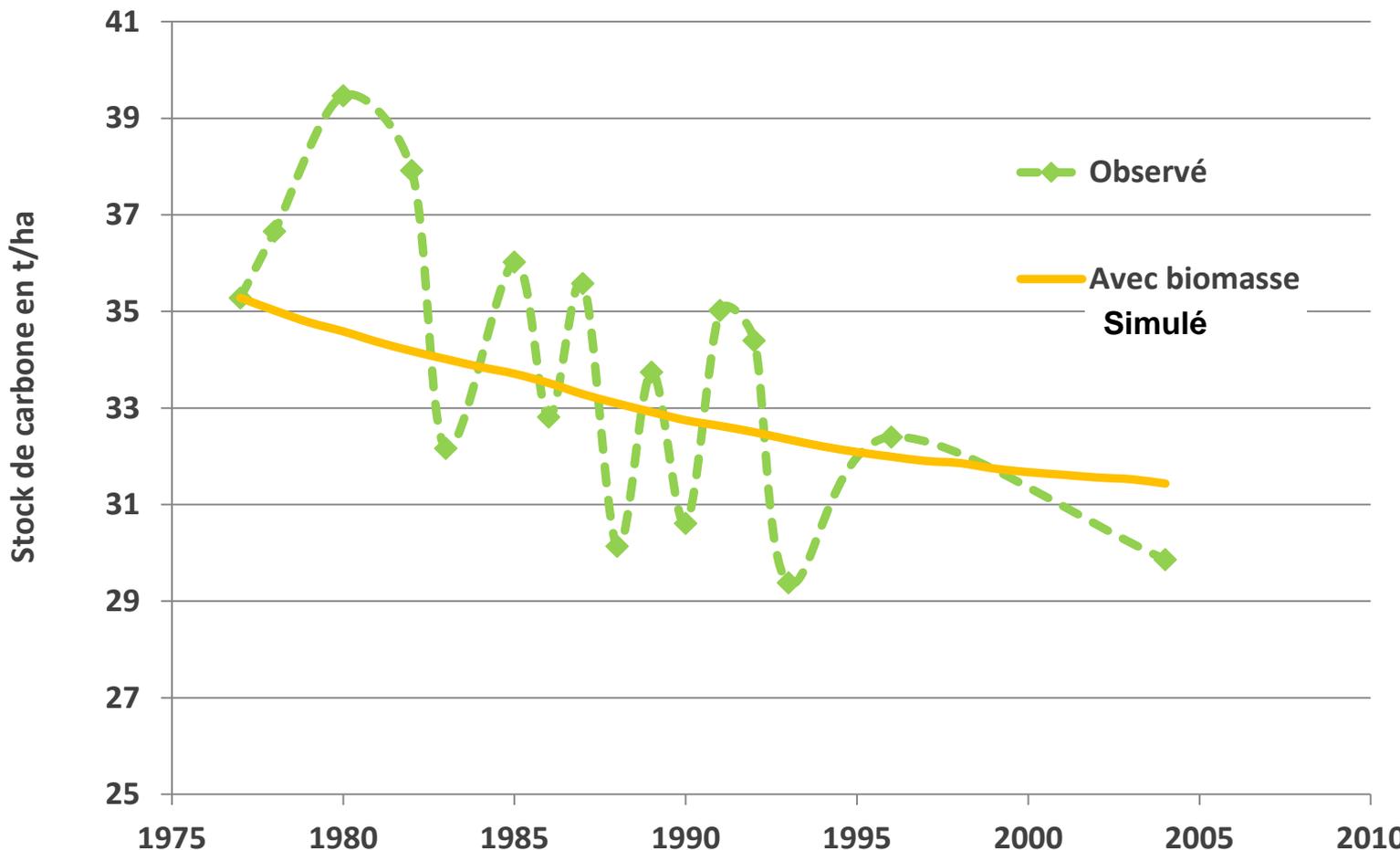
Couche Travaillée



Jamais de labour
ou dernier labour très ancien

Evolution des Stocks de C organique au cours du temps

Essai Long terme sur Vignes de Chinon (INRA Vignes et Vins, Angers)



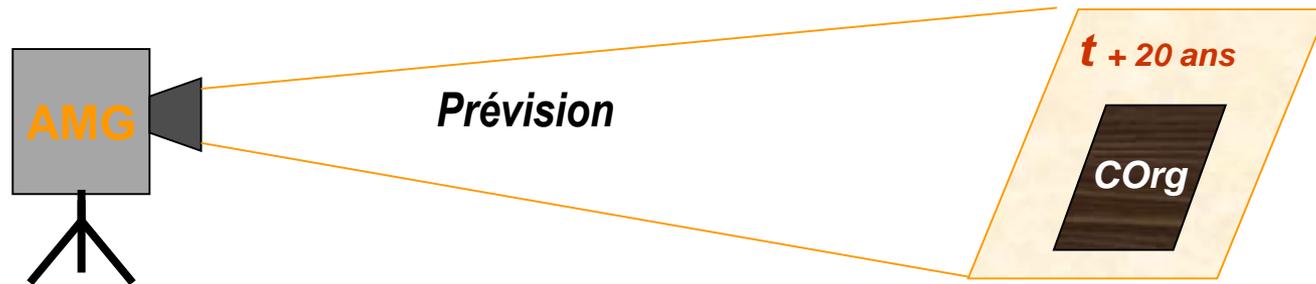
Source : Mémoire B. Caruel, Agro-Transfert-RT et ITV, 2013

Des fluctuations dans le temps liées aux incertitudes des analyses de laboratoires (différents laboratoires mobilisés au cours de la période)

Gérer l'EOS à l'aide d'un outil de simulation

Simuler l'effet des pratiques de culture sur l'évolution à long terme des stocks et des taux de C organique du sol

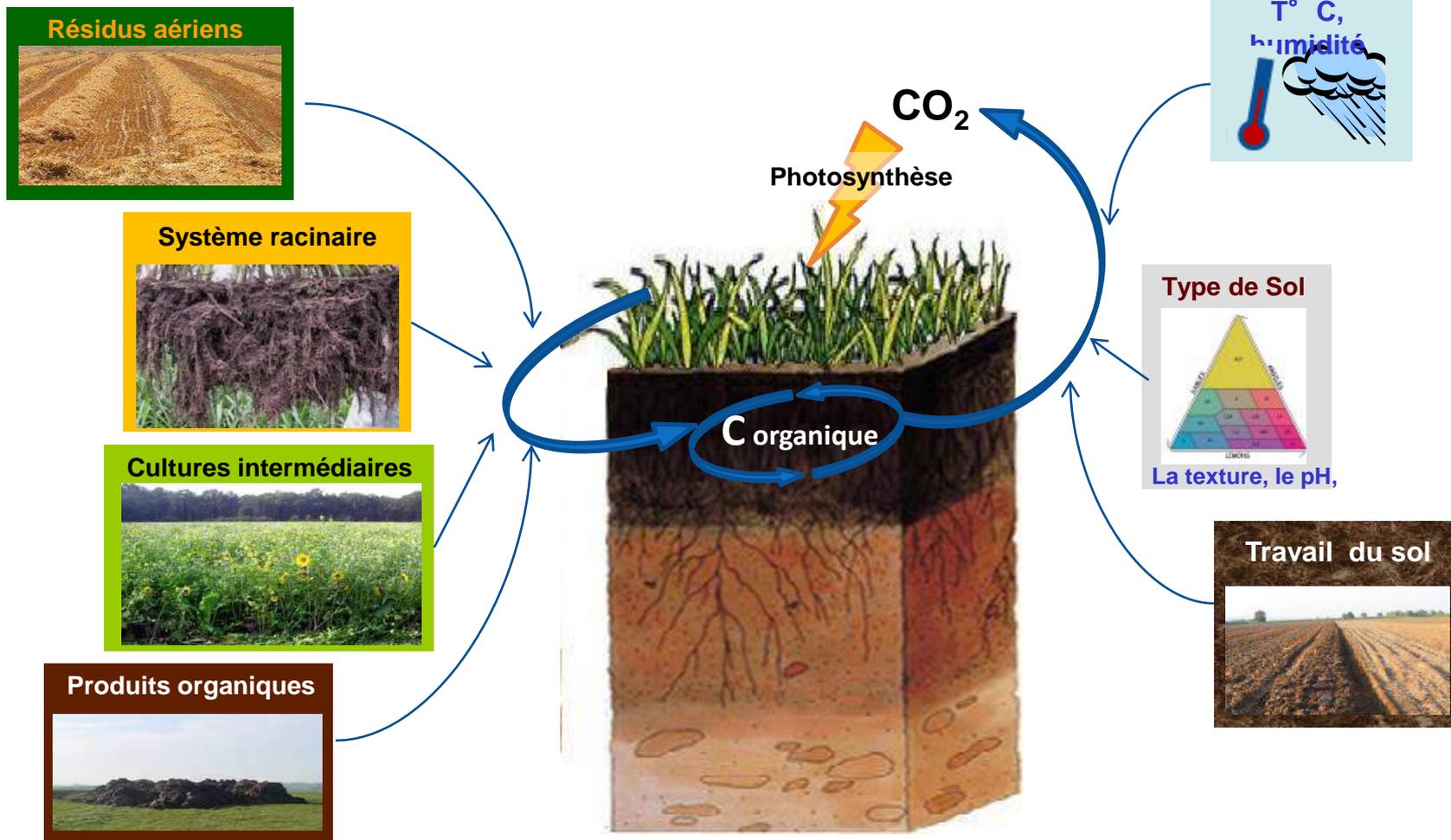
= une aide au choix des pratiques d'aujourd'hui pour préserver le sol de demain



Un outil basé sur le modèle de calcul de bilan humique AMG (Inra Laon)

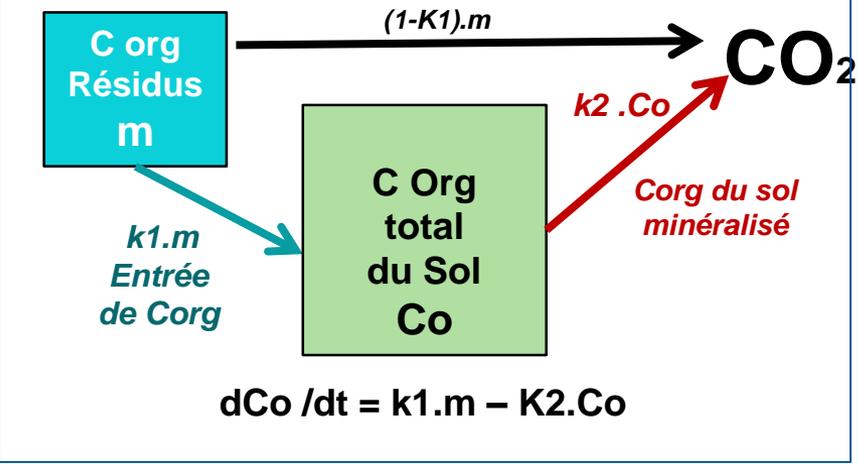
Principe d'un bilan humique

Entrées de C – Sorties de C



Compartiments et flux de C org selon deux modèles simples

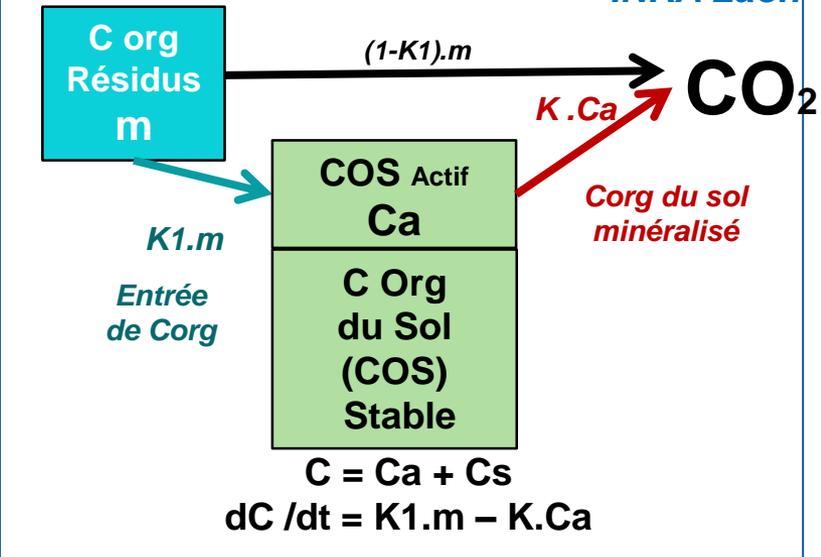
De Hénin & Dupuis (1945)...



- 2 compartiments de C Org
Corg frais des résidus
COS = Corg total du sol
- Pas de temps annuel
- 2 paramètres :
K1 = coefficient d'humification
K2 = coefficient de minéralisation annuel

...à AMG (Andriulo et al, 1999)

INRA Laon



- 3 compartiments de Corg
Corg frais des résidus
Ca = fraction active du COS
Cs = Fraction Stable du COS
- Pas de temps annuel
- 3 paramètres :
K1 = coefficient d'humification
K = coefficient de minéralisation annuelle
Cs/Co proportion initiale de COS stable

SIMEOS-AMG :

www.simeos-amg.org

Un outil de simulation et d'aide à la décision développé dans le
cadre du projet GCEOS
Mis en ligne depuis 2012

Simeos-AMG : un outil d'aide à la décision

Système Légumier en limon

Rotation culturale :

Pomme de Terre / Blé / Pois conserve / Betteraves / Blé / Carottes

Système actuel :

- Labour : 2 ans sur 3
- Prof. de labour : 28 cm
- Engrais vert : 1 an/3

Scénario A

(réduction des pertes de C)

- Suppression d'un labour (1 an sur 2)
- Réduction de la profondeur de labour à 22 cm

Scénario C

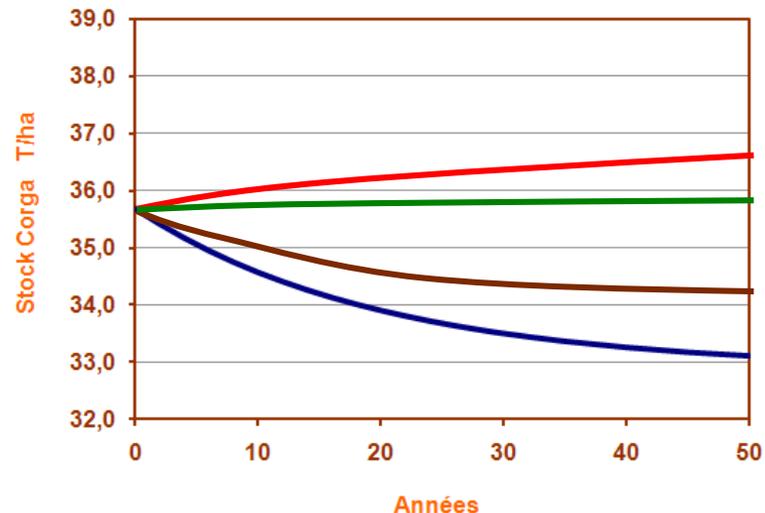
- Apport de 10 T/ha de compost de déchets verts/6ans
- Suppression d'un labour et réduction de prof. Labour à 22 cm

Scénario B

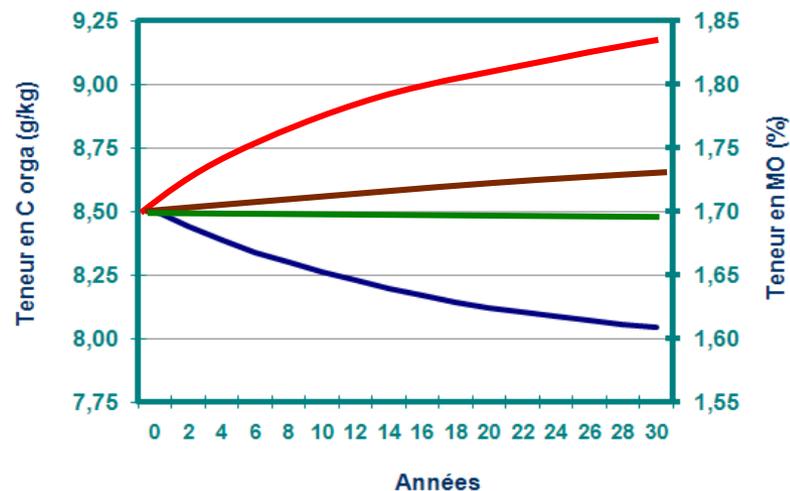
(augmentation des restitutions humiques)

- Apport de 10 T/ha de compost de déchets verts /6ans
- Engrais vert : 1 an sur 2

Evolution du Stock de C organique sur 30 cm



Evolution de la teneur en C organique sur la couche travaillée



Un outil d'aide à la décision pour le conseil ?

Quelle proportion des pailles peut-on exporter sans risque sur une parcelle ?

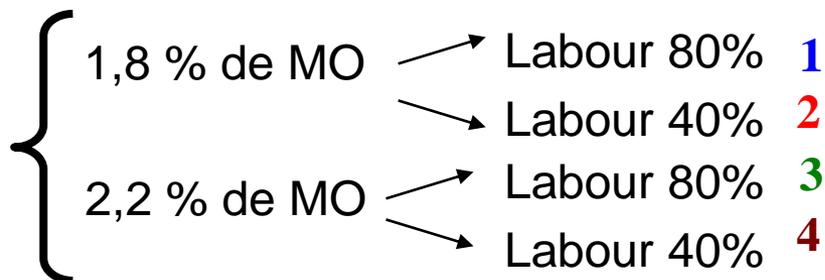
Cas-type

Système "SCOP + betteraves"
Sol : Limon moyen

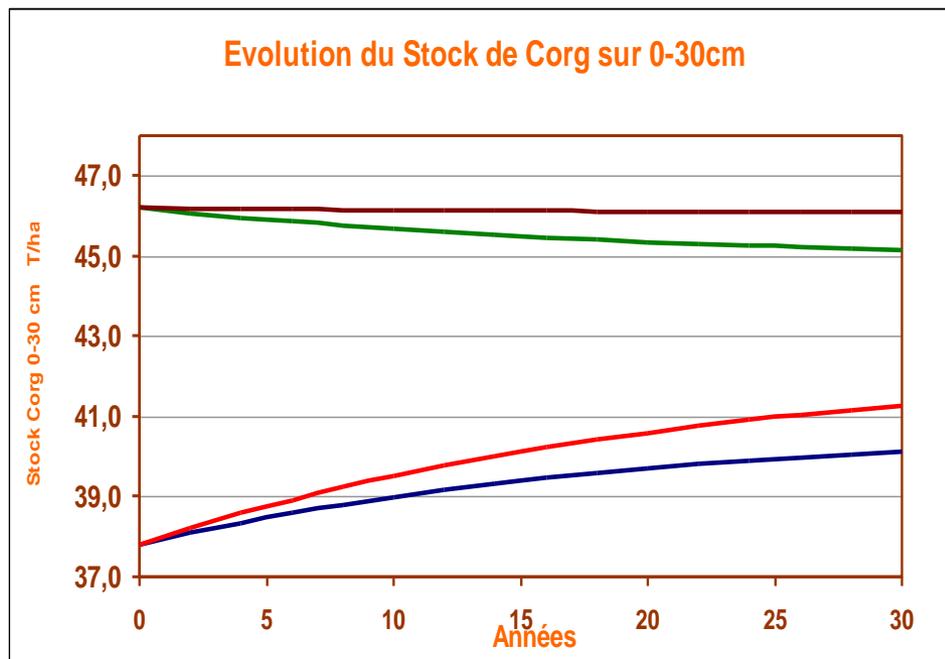
betterave – blé – orge - colza – blé.
Engrais verts : 1 année/5
Labour à 25 cm

Hypothèse teneur
en MO du sol

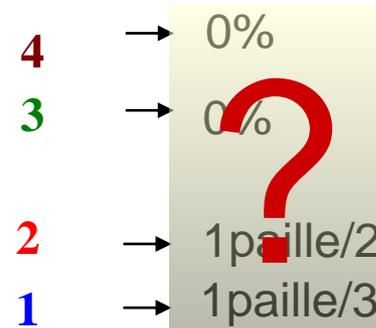
*Hypothèse
travail du sol*



Simulations
par AMG



Exportation
de paille
permise



Un outil d'aide à la décision pour le conseil ?

Quelle proportion des pailles peut-on exporter sans risque sur une parcelle ?

Démarche adoptée :

Le respect de 2 règles de décision combinées :

- Préoccupation environnementale :

Une variation limitée du stock de C organique à long terme par rapport au stock initial

- Préoccupation agronomique :

- Pas d'exportation si des problèmes de comportement physique du sol sont détectés
- Atteindre une teneur en C organique repère par cas-type avant d'exporter

Référence à une teneur en C organique repère

Principe :

Eviter la détérioration sur le long terme de l'état organique des sols et des propriétés qui s'y attachent, par grand type de situation (cas-type) croisant **système de culture et type de sol**.

Teneur repère = Médiane des teneurs en MO observées pour chaque cas-type (indicateur d'une teneur satisfaisante)

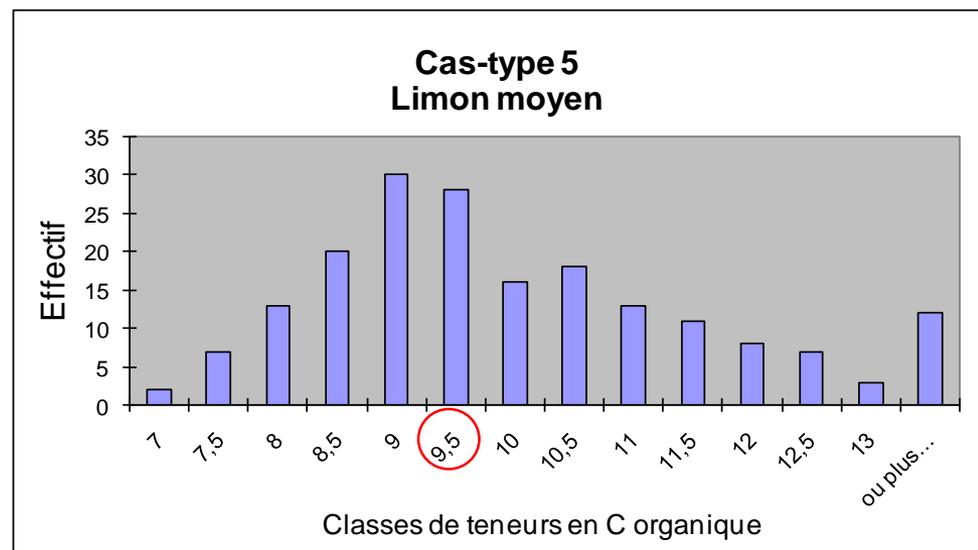
Système "SCOP + betteraves"

Sol limon moyen

Rotation : betterave – blé – orge – colza – blé

Culture intermédiaire 1 année /5

Labour 3 ans/5 à 25 cm

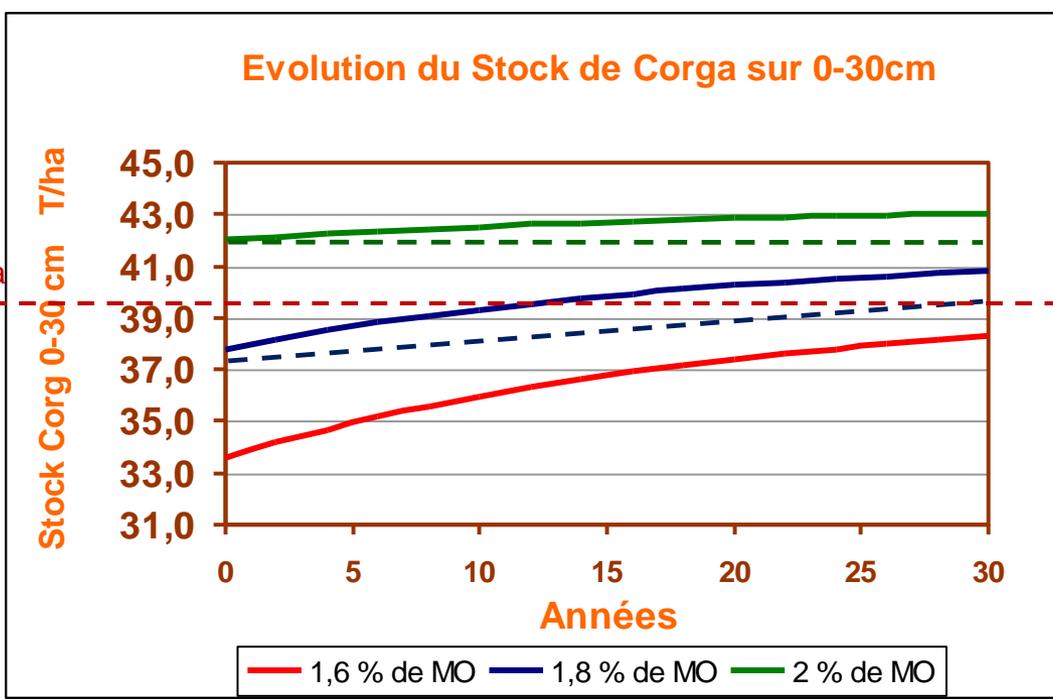


Un outil d'aide à la décision pour un conseil collectif

Quelle proportion des pailles peut-on exporter sans risque sur une parcelle ?

Système "SCOP + betteraves"
Sol limon moyen
 Rotation : betterave – blé – orge – colza – blé
 Culture intermédiaire 1 année /5
 Labour 3 ans/5 à 25 cm

Exportation de paille permise



Critère environnemental	Critère agronomique + environnemental
----------------------------	---

1 paille /3	1 paille /3
1 paille /2	1 paille /3
2 pailles /3	0 %

Un outil d'aide à la décision pour un conseil collectif

Quelle proportion des pailles peut-on exporter sans risque sur une parcelle ?

Cas-types		Teneurs en C organique actuelles du sol (en g/kg)	Teneurs en MO actuelles du sol (en ‰)	Possibilités d'exportation des pailles sans apports organiques extérieurs	Possibilités d'exportation des pailles avec apports organiques extérieurs
Système de culture	Type de sol				
Cas 1 : 0 à 25 % de céréale + pdt – légumes – betteraves 1 céréale tous les 5 – 6 ans	Sables et limons			Teneurs en MO faibles et restitutions organiques faibles => pas d'exportation	Teneurs en MO faibles et restitutions organiques faibles => pas d'exportation
Cas 2 : 25 à 40 % de céréale – colza + betteraves - pdt – légumes 1 céréale tous les 3 ans	Sables, limons et limons argileux				
Cas 3 : 40 à 60 % de céréale – colza + betteraves – pdt – protéagineux 1 céréale tous les 2 ans	Sables et limons	7 à 10	14 à 20	Pas d'exportation	1 paille/4
	Limons argileux	8,5 à 10,5	17 à 21	Pas d'exportation	1 paille/2
Cas 4 : 60 à 70 % de céréale - colza + betteraves - protéagineux	Sables	7 à 9	14 à 18	Pas d'exportation 1 paille/5 1 paille/3 1 paille/3	1 paille/3
	Limons	8,5 à 10,5	17 à 21		1 paille/2
	Limons argileux	9 à 11	18 à 22		3 pailles/4
	Cranettes	11 à 14	22 à 28		3 pailles/4
Cas 5 : 65 à 85 % de céréale – colza + betteraves - protéagineux <i>Exemple de rotation :</i> <i>betterave – blé – orge – colza - blé</i>	Sables	7 à 9	14 à 18	1 paille/4 1 paille/3 1 paille/3 1 paille/2 1 paille/2	3 pailles/4
	Limons	8,5 à 11	17 à 22		3 pailles/4
	Limons argileux	9 à 11	18 à 22		3 pailles/4
	Argiles	10 à 12,5	20 à 25		Toutes les pailles
	Cranettes	11,5 à 14	23 à 28		Toutes les pailles



Evaluations récentes du modèle AMG en grandes cultures

Evaluation sur une BdD de 23 essais de long-terme en France

Projet CasDAR « AMG » (2009-2012)

Une base de données d'essais de LT construite pour évaluer le modèle

Sélection des essais sur :

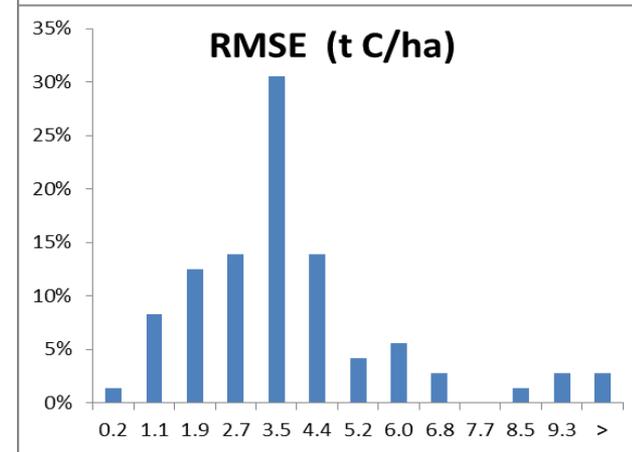
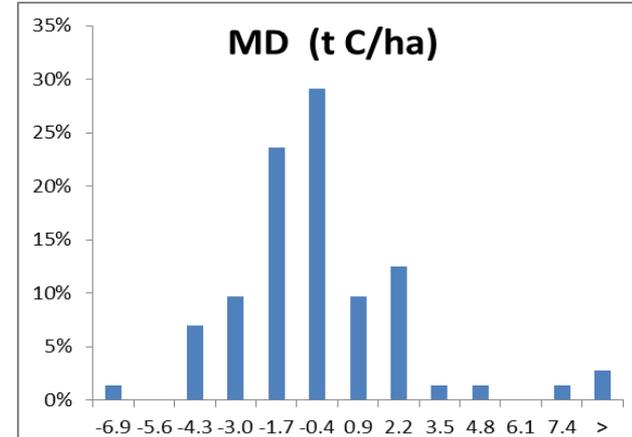
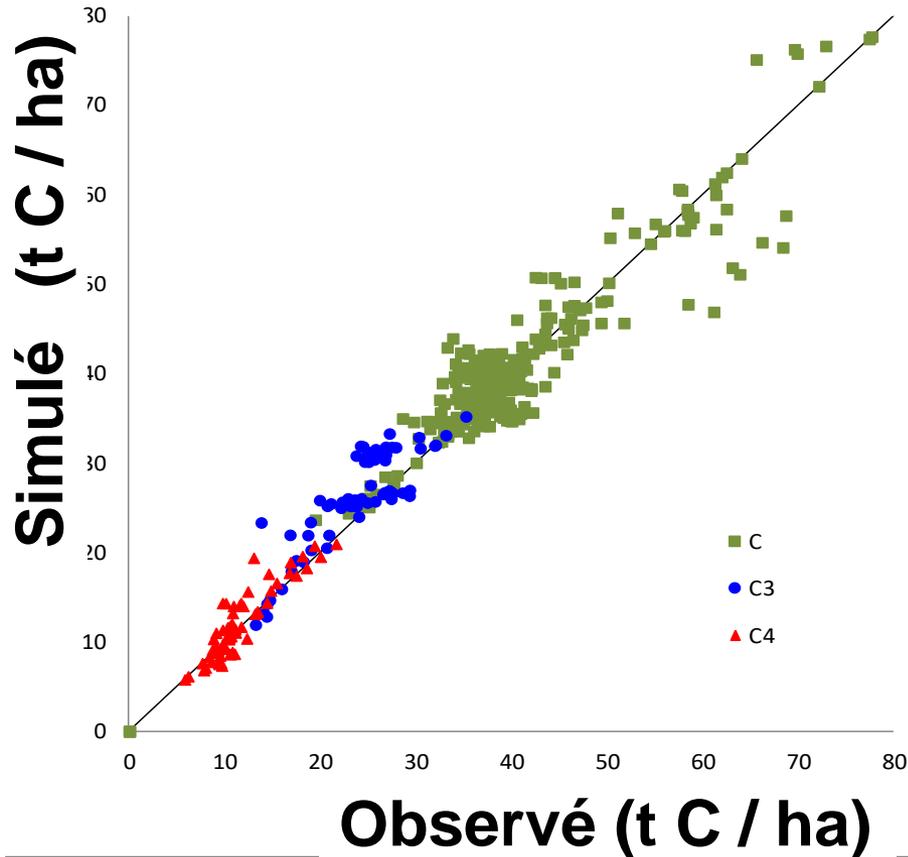
- La cohérence des cinétiques d'évolution observées du C org du sol
- Un nombre de dates de mesures du C org du sol au cours de l'essai > 3 et une durée d'essai suffisante : > 7 ans
- La disponibilité des informations sur les système de culture pratiqués (cultures, rendements, gestion des résidus, pratiques de CI, nature, doses, analyses des amendements organiques
- La qualité des informations disponibles sur le mode de prélèvement pour analyse de terre et relation avec les pratiques de travail du sol



Evaluation sur une BbD de 23 essais de long-terme en France

Projet CasDAR « AMG » (2009-2012)

Stocks de C organiques Simulés / Observés



Test comparatif de SIMEOS-AMG et de 3 autres modèles sur un essai de longue durée à Chandins

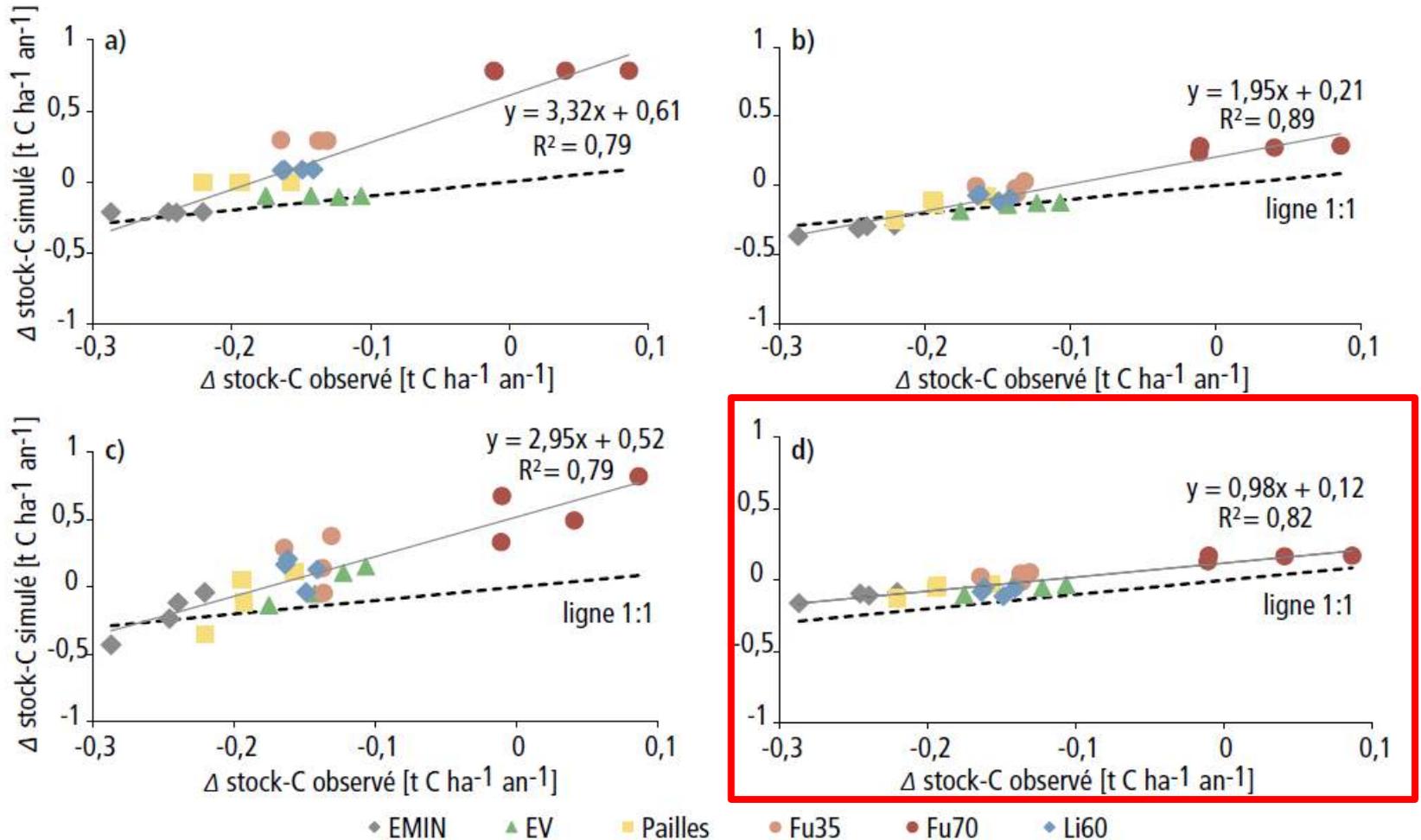


Figure 2 | Variations annuelles moyennes du stock de C sur 0–25 cm entre 1975 et 2009 observées (axe x) et simulées (axe y) par le modèle a) SALCA, b) VDLUFA, c) HUMOD et d) SIMEOS-AMG. Les quatre points pour un même procédé correspondent aux sous-procédés de fertilisation azotée.



Bilan Carbone des sols à l'échelle de territoires agricoles



Programme ADEME REACTIF- REcherche sur l'Atténuation du Changement Climatique par l'agriculture et la Forêt

ABC'TerrE

**Atténuation du Bilan gaz à effet de serre agricole
intégrant le Carbone du sol, sur un TERRITOIRE**

Porté par



En partenariat avec :



Soutenu par le RMT Sols et Territoires :

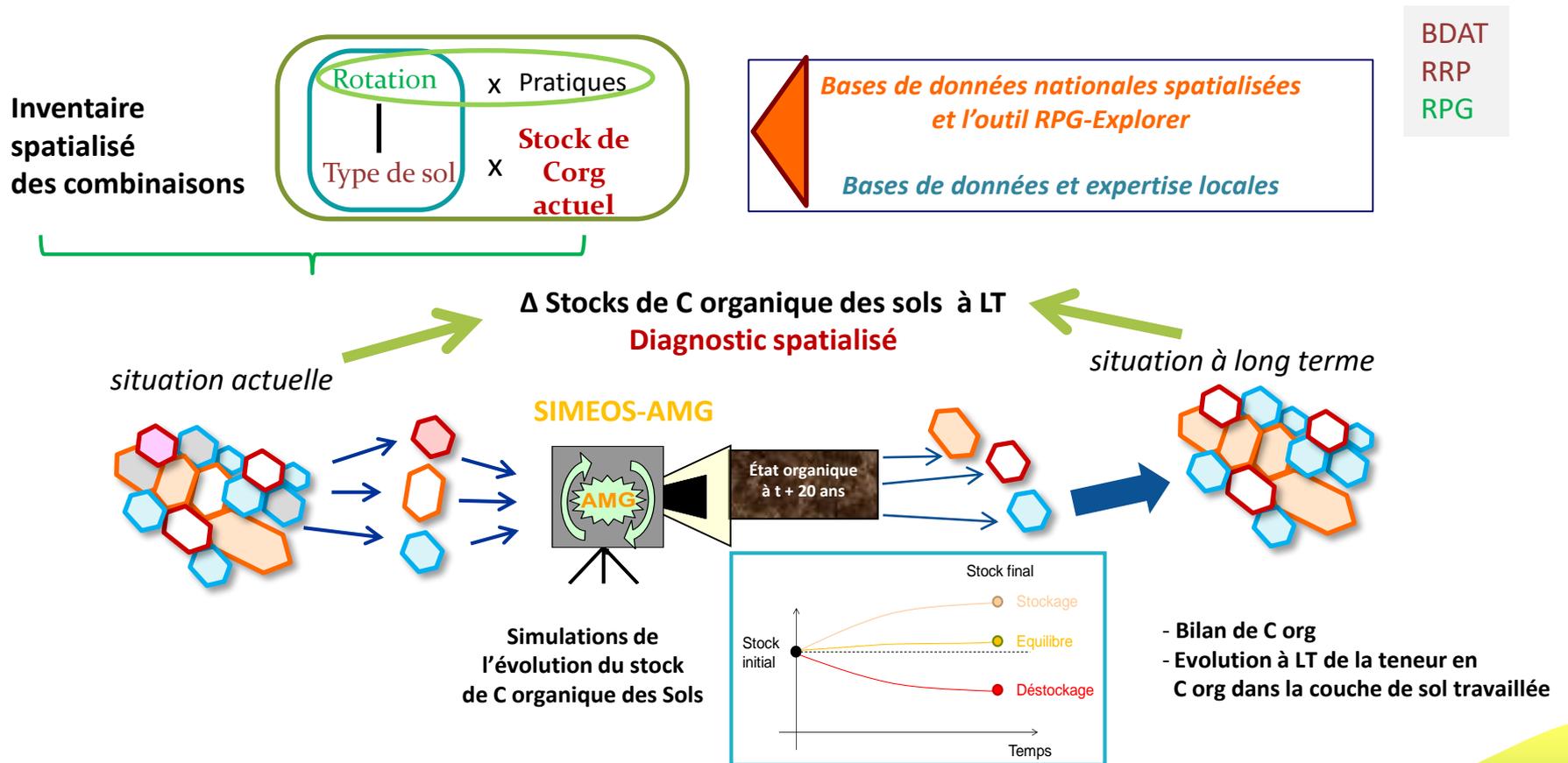


Les collaborateurs ABC'Terre :

O. Scheurer, L. Mata F. Vandewalle (Lasalle Beauvais) ; P. Van Dijk, C. Rosenfelden (ARAA) ; R. Koller, J. Sauter P. Martin, N. Piskiewicz (AgroParisTech); L. Guichard, B. Mary, N. Saby (INRA) ; S. Sagot (LDAR) ; JL Fort, M. Vigot (Chambre Régionale de Poitou-Charentes) ; A. Duparque, C. Godard, F. Vandewalle, C. Delame (Agro-Transfert-RT),
Dossier suivi par T. Eglin (ADEME)

Utilisation du modèle de bilan humique AMG via l'outil SIMEOS-AMG pour simuler l'évolution à long terme des stocks de Corg

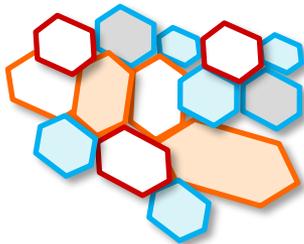
Une approche reposant à la fois sur des données sol et sur des modèles



Méthode Bilan Emissions Nettes de GES intégrant les variations de Stock de Corg des sols

Applications

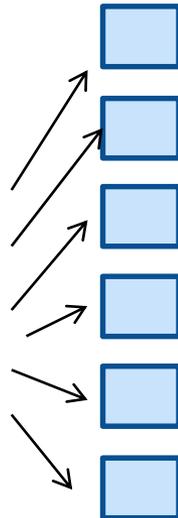
Etat initial



SdC *Sols*Corg
initiaux sur le
territoire

Stocks C org initiaux spatialisés de
sols agricoles déterminés en
Tâche 2

Sélection
d'alternatives
de SdC



Tests via AMG

Tests via Bilan
Emissions Nettes GES

AMG

Bilan
GES

Hierarchisation
des scénarios sur
Variations de
Stocks de Corg

Hierarchisation des
scénarios sur
Variations de Bilan
GES intégrant les
variations stocks de
Corg des sols

La méthode ABC'Terre

Une articulation logique en **cinq étapes essentielles** :

- **Etape « Agrosystèmes élémentaires »** : reconstitution des combinaisons « Rotations x type de sol x type d'exploitation » formalisée et automatisée à l'aide de l'outil RPG-Explorer.
- **Etape « Etat organique des sols »** : reconstitution des informations spatialisées sur l'état organique des sols,
- **Etape « Pratiques culturales »** : reconstitution des pratiques culturales appliquées au sein des agrosystèmes élémentaires définis à l'étape précédente
A l'issue de cette étape, on dispose des combinaisons « SdC reconstitués x types de sols x teneur en C org » spatialisées sur le territoire
- **Etape « Bilan C organique des sols »** : calcul du bilan de C organique du sol par Simeos-AMG, pour chacun des agrosystèmes élémentaires de territoire
- **Etape « Bilan GES »**, réalise, pour chacun des agrosystèmes élémentaires du territoire, le calcul des différents postes d'émissions directes et indirectes d'un bilan GES intégrant le carbone organique des sols, à partir des sorties des trois étapes précédentes.

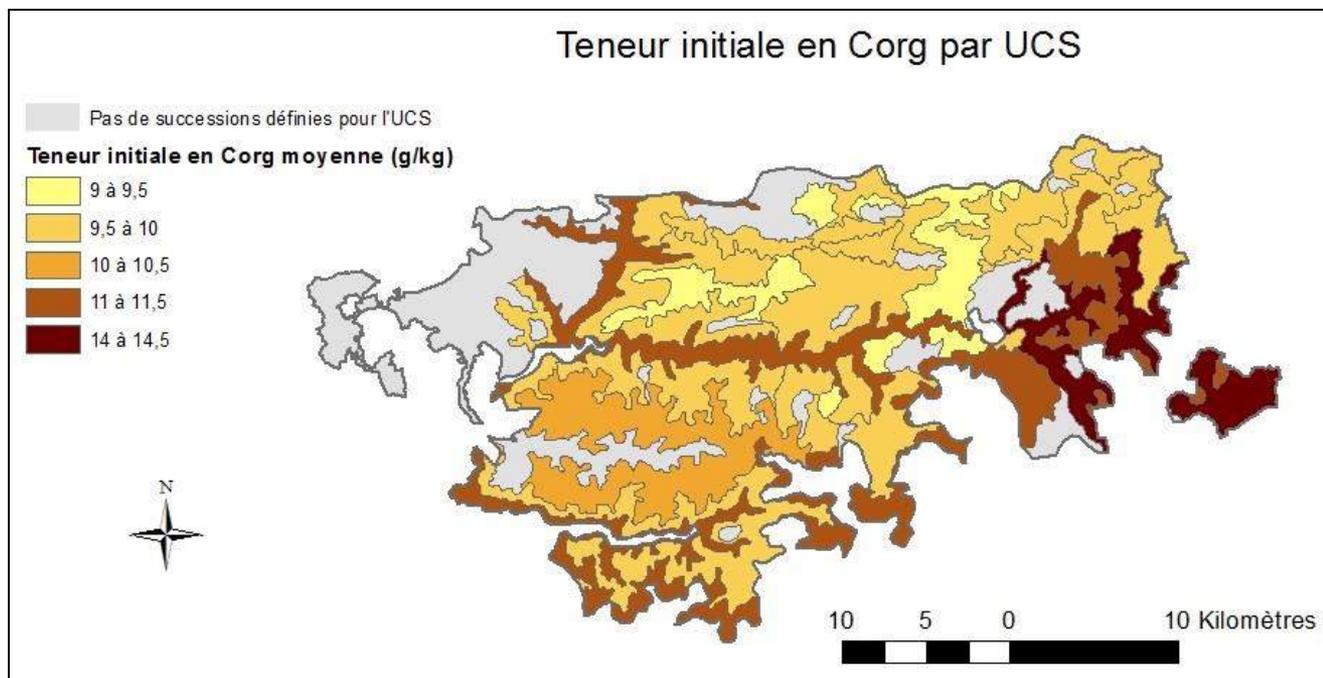
Exemple d'application sur le territoire d'une Petite Région Naturelle (Tardenois-)

Types d'exploitations :
« betteravier », « céréaliers »,
« diversifiés », « éleveurs »

Sols : limons et limons sableux
profonds et argilo-calcaires
peu profonds



Estimation des teneurs en Carbone organique actuelles par type de sol et par UCS Représentation cartographique par UCS (moyenne pondérée)

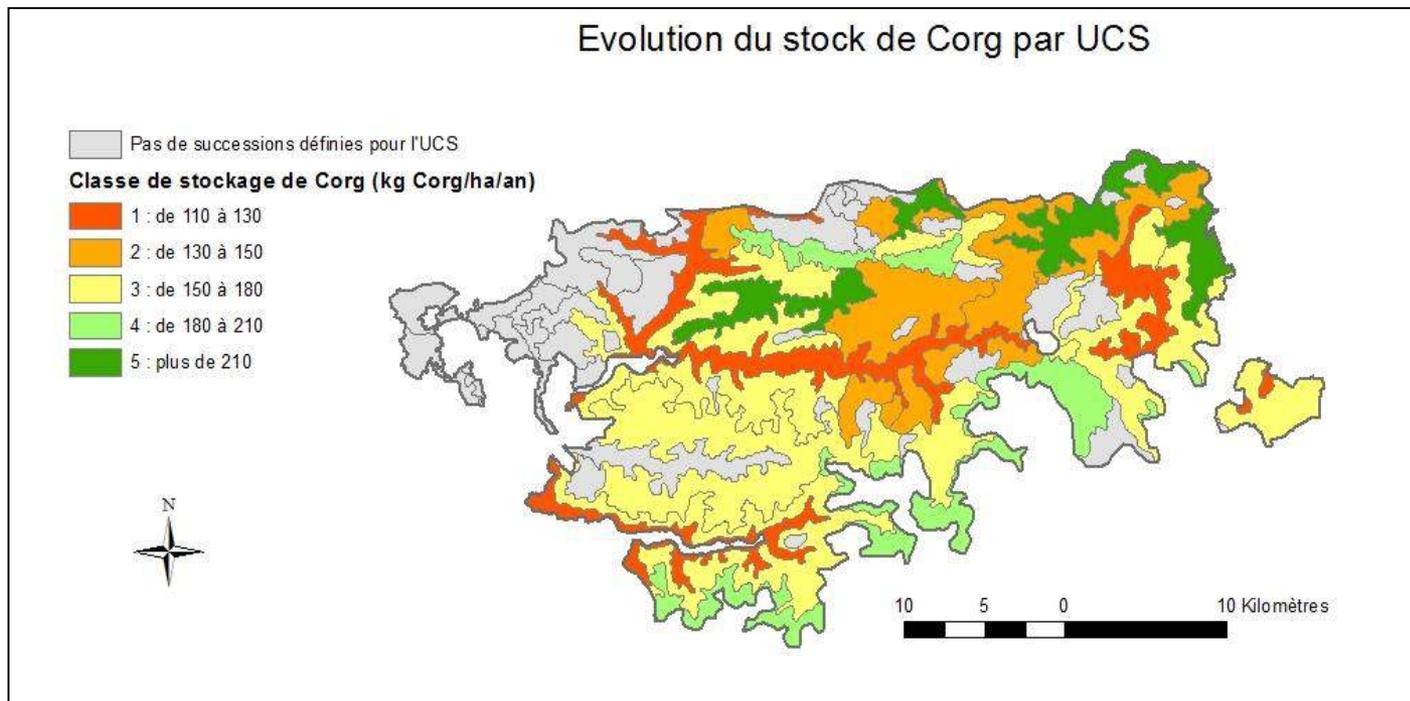


UCS : Unité Cartographique de Sol

Sources: BDDSol – Chambre d'Agriculture de l'Aisne;
RRP Aisne version intermédiaire -LaSalle Beauvais; BDAT

Diagnostic de l'évolution à long terme des stocks de C organique des sols cultivés Estimation des flux annuels moyens de Corg sur 20 ans (kg Corg/ha/an)

Représentation cartographique des résultats

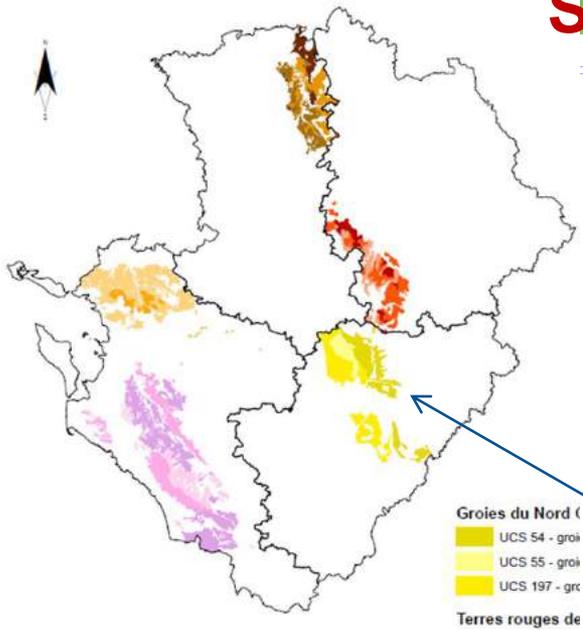


UCS : Unité Cartographique de Sol

Sources: BDDSol – Chambre d'Agriculture de l'Aisne;
RRP Aisne version intermédiaire -LaSalle Beauvais; BDAT

Stockage de carbone dans les sols

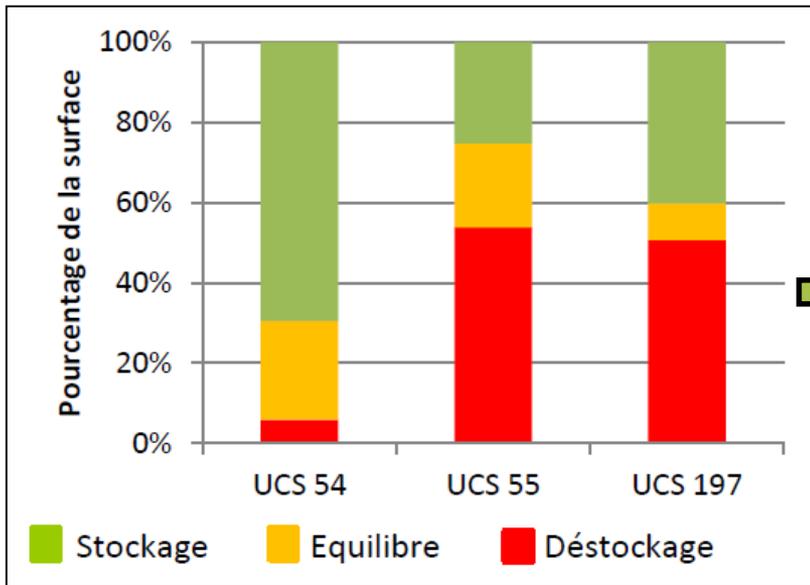
(Source : Vigot, 2012)



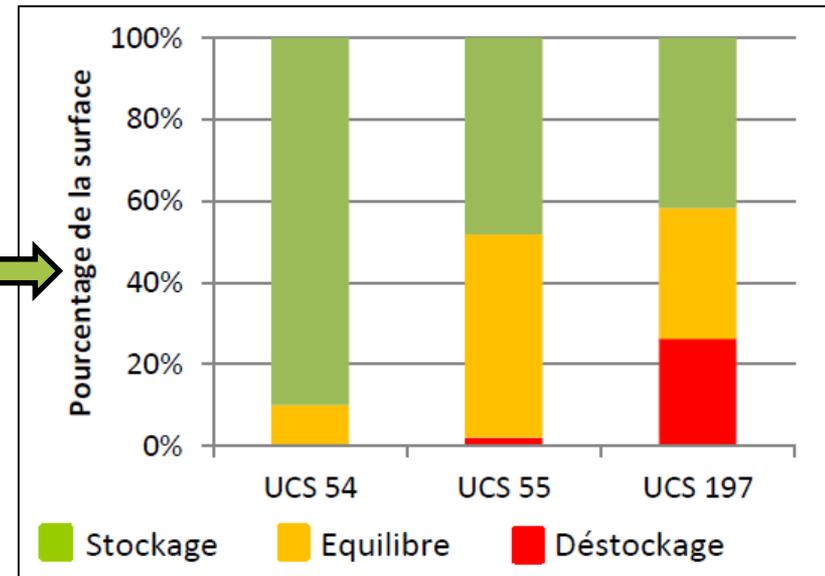
Terres de Groies
du Nord Charente

Simulations des effets des modifications de systèmes

Sans cultures intermédiaires



Avec généralisation des cultures intermédiaires



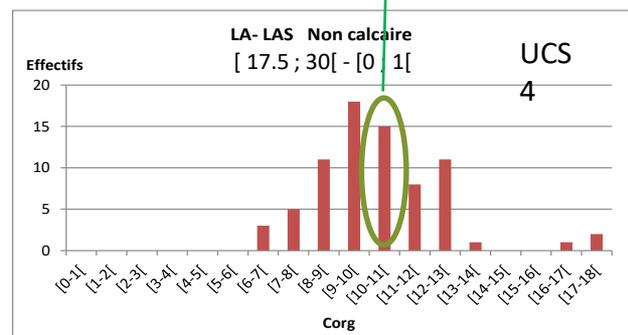
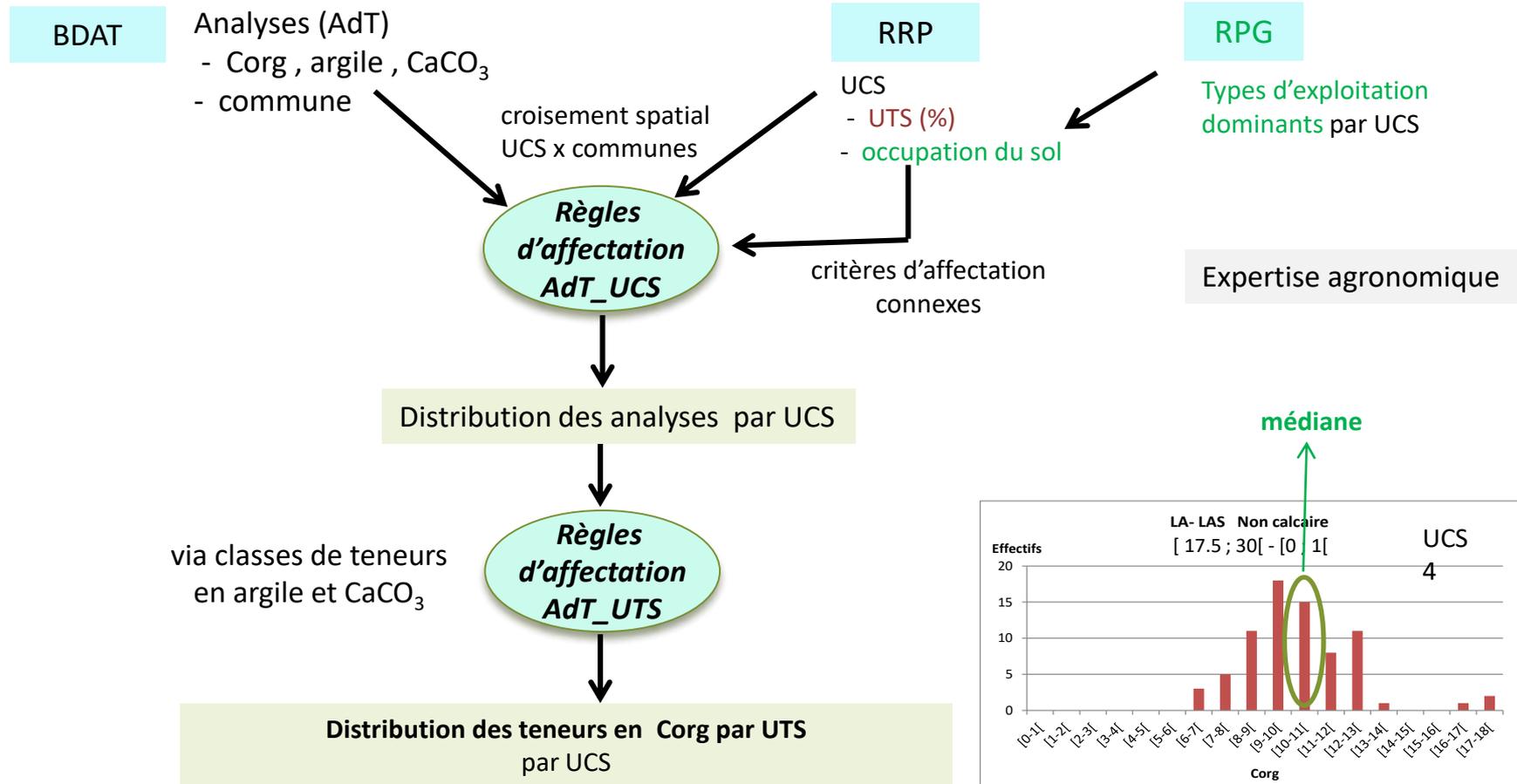
La méthode ABC'Terre

Une articulation logique en **cinq étapes essentielles** :

- **Etape « Agrosystèmes élémentaires »** : reconstitution des combinaisons « Rotations x type de sol x type d'exploitation » formalisée et automatisée à l'aide de l'outil RPG-Explorer.
- **Etape « Etat organique des sols »** : reconstitution des informations spatialisées sur l'état organique des sols,
- **Etape « Pratiques culturales »** : reconstitution des pratiques culturales appliquées au sein des agrosystèmes élémentaires définis à l'étape précédente
A l'issue de cette étape, on dispose des combinaisons « SdC reconstitués x types de sols x teneur en C org » spatialisées sur le territoire
- **Etape « Bilan C organique des sols »** : calcul du bilan de C organique du sol par Simeos-AMG, pour chacun des agrosystèmes élémentaires de territoire
- **Etape « Bilan GES »**, réalise, pour chacun des agrosystèmes élémentaires du territoire, le calcul des différents postes d'émissions directes et indirectes d'un bilan GES intégrant le carbone organique des sols, à partir des sorties des trois étapes précédentes.

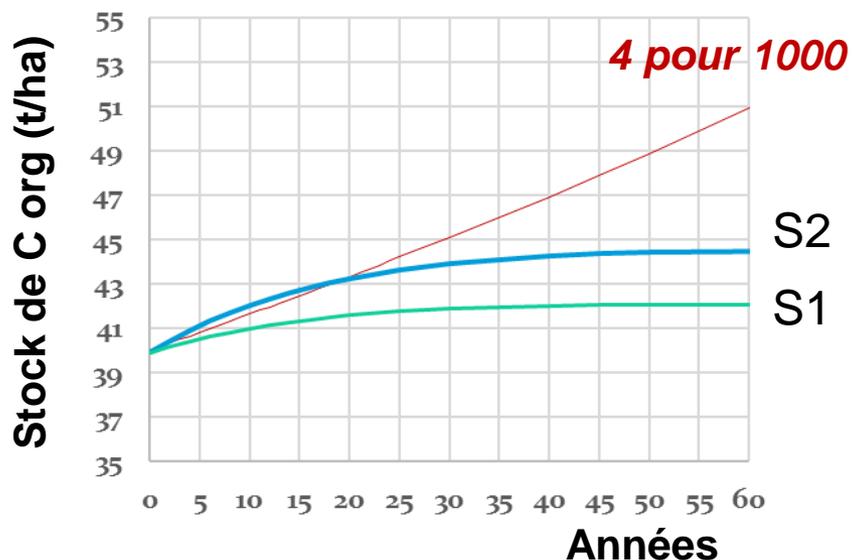
Exploitation de la BDAT couplée au RRP, avec prise en compte partielle de l'occupation du sol

Registre Parcellaire Graphique (déclarations PAC)

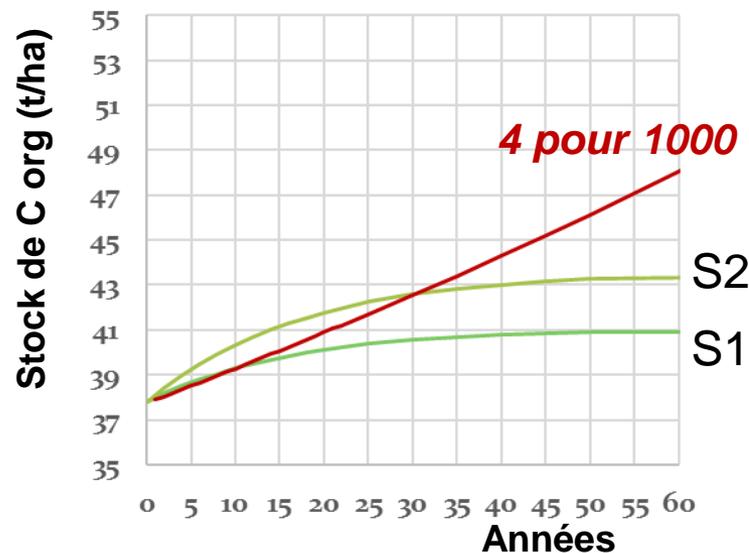


Comparaison de la dynamique d'évolution du stock de C organique à la dynamique théorique d'augmentation annuelle de 4 pour 1000

Teneur en Corg initiale : 9,5 g/kg
MO = 1,9 %



Teneur en Corg initiale : 9 g/kg
MO = 1,8 %



Système : Sol limoneux **Climat** Saint-Quentin

Rotation : Betterave-Blé-Orge printemps-Féverole-Blé

Labour = 2 ans/5

Amendement organique : 10 t compost DV 1 an/5

Culture intermédiaire : Moutarde

S1 : 2 ans/5 avec biomasse 1 à 2 t MS/ha

S2 : 3 ans/5 avec biomasse 2 à 3 t MS/ha

Merci pour votre attention