MOOC

SOL et CLIMAT

Enjeux, processus et stratégies pour protéger et augmenter les stocks de carbone des sols

cnrs · l'institut Agro agriculture • alimentation • environnement · SupAgro · ADEME · AgroParisTech · cea · cirad · IRD Institut de Recherche pour le Développement · FONDATION AVRIL Au cœur des ruralités · université PARIS-SACLAY · UVSQ université PARIS-SACLAY · agreenium l'institut agronomique, vétérinaire & forestier de France · INRAE · Food and Agriculture Organization of the United Nations

CHAPITRE 5 : STRATÉGIES AGRONOMIQUES ET FORESTIÈRES

MOOC SOL et CLIMAT

Enjeux, processus et stratégies pour protéger et augmenter les stocks de carbone des sols

Julien DEMENOIS (CIRAD)

Jean ROGER-ESTRADE (AgroParisTech)

INTRODUCTION

PRATIQUES STOCKANTES RETENUES PAR LES AUTEURS DE L'ÉTUDE INRA (2019) DANS LES SYSTEMES DE GRANDE CULTURE

Le stockage additionnel réalisable sur les surfaces en grande culture représente 86 % du stockage additionnel total estimé par l'étude

En grande culture, si toutes ces pratiques stockantes étaient adoptées, le taux de croissance annuel de la teneur en C des sols de grande culture en France métropolitaine serait de +5,2 ‰

	Stockage additionnel Horizon 0-30 cm (kgC/ha/an)	Stockage additionnel dans l'horizon 0-30 cm France entière (MtC/an)
Insertion et allongement de la durée des cultures intermédiaires	**+126**	**+2,019**
Adoption du semis direct strict	**+60**	**+0,677**
Utilisation de ressources organiques nouvelles	**+61**	**+0,257**
Extension de la place des prairies temporaires dans les successions	**+114**	**+0,756**
Développement de l'agroforesterie intraparcellaire	**+207**	**+1,102**
Extension des haies	**+17**	**+0,150**

Source : Stocker du carbone dans les sols français : quel potentiel au regard de l'objectif 4p1000 ? Etude Inra, pilotée par S. Pellerin et L. Bamière. Juillet 2019.

TROIS EXEMPLES DE PRATIQUES STOCKANTES

Adoption du semis direct strict

Pas travail du sol autre que celui des pièces travaillantes du semoir sur la ligne de semis.

Insertion et l'allongement de la durée des Cultures Intermédiaires (CI)

Installation d'une plante de couverture non récoltée pendant les intercultures longues (à l'exclusion des CI à vocation énergétiques et des cultures relais).

Agriculture de Conservation

Trois piliers : perturbation minimale du sol, couverture du sol et diversification des rotations

Culture de soja implantée
en semis direct derrière un maïs

ADOPTION DU SEMIS DIRECT STRICT

SEMIS DIRECT ET STOCKAGE ADDITIONNEL DE CARBONE

Un effet qui concerne la couche supérieure du sol

L'étude Inra de 2019 estime à 60 kg C/ha /an la quantité supplémentaire stockée dans l'horizon 0-30 cm;

Applicable sur 11 millions d'hectares, cela représente un stockage additionnel de 0.68 MtC/an, soit 12 % du potentiel de stockage dans les sols agricoles et forestiers français.

Plusieurs mécanismes impliqués

Localisation des MO, diminution des pertes par transfert (érosion), conditions de minéralisation, impact sur la production primaire

LES INTÉRÊTS DU SEMIS DIRECT

Diminution des temps de travaux et diminution de l'énergie fossile consommée

Diminution du risque de formation d'une semelle de labour

Augmentation de la résistance mécanique de l'ancienne couche labourée (amélioration de la portance)

Augmentation du taux de couverture du sol (fonction de la quantité de résidus) avec deux conséquences : diminution de l'érosion (hydrique et éolienne) et baisse du flux d'évaporation

Augmentation de la biodiversité et de l'activité biologique du sol et possibilité d'entretenir une couverture vivante permanente.

Parcelle en semis direct strict

LES INCONVÉNIENTS DU SEMIS DIRECT

Gestion des adventices

Difficulté accrue pour maîtriser les conditions de germination levée des cultures

Risque de pression accrue de maladies et ravageurs, lorsque ceux ci sont inféodés à la présence de résidus en surface

Difficulté de mise en oeuvre dans les sols hydromorphes

Culture de légumineuse implantée en semis direct
Derrière une céréale : l'encombrement de
la surface du sol gène la levée.

PRINCIPALES MOTIVATIONS POUR ADOPTER LE SEMIS DIRECT

Premier type de motivation : le gain de temps

Réduction de la main d'oeuvre sur les exploitations, nécessité de dégager du temps pour cause de diversification, volonté (ou nécessité) de passer moins de temps sur l'exploitation…

Deuxième type : la baisse des charges

Recherche d'une économie sur les charges de mécanisation et opérationnelles.

Les raisons d'ordre agronomique

Inutilité du labour dans certains sols trop caillouteux, trop superficiels

Les raisons environnementales ou liées à la protection/réhabilitation de la qualité des sols

On recherche à travers l'adoption du Semis Direct une augmentation de l'activité biologique, l'accroissement de la teneur en matières organiques, l'économie d'énergie fossile

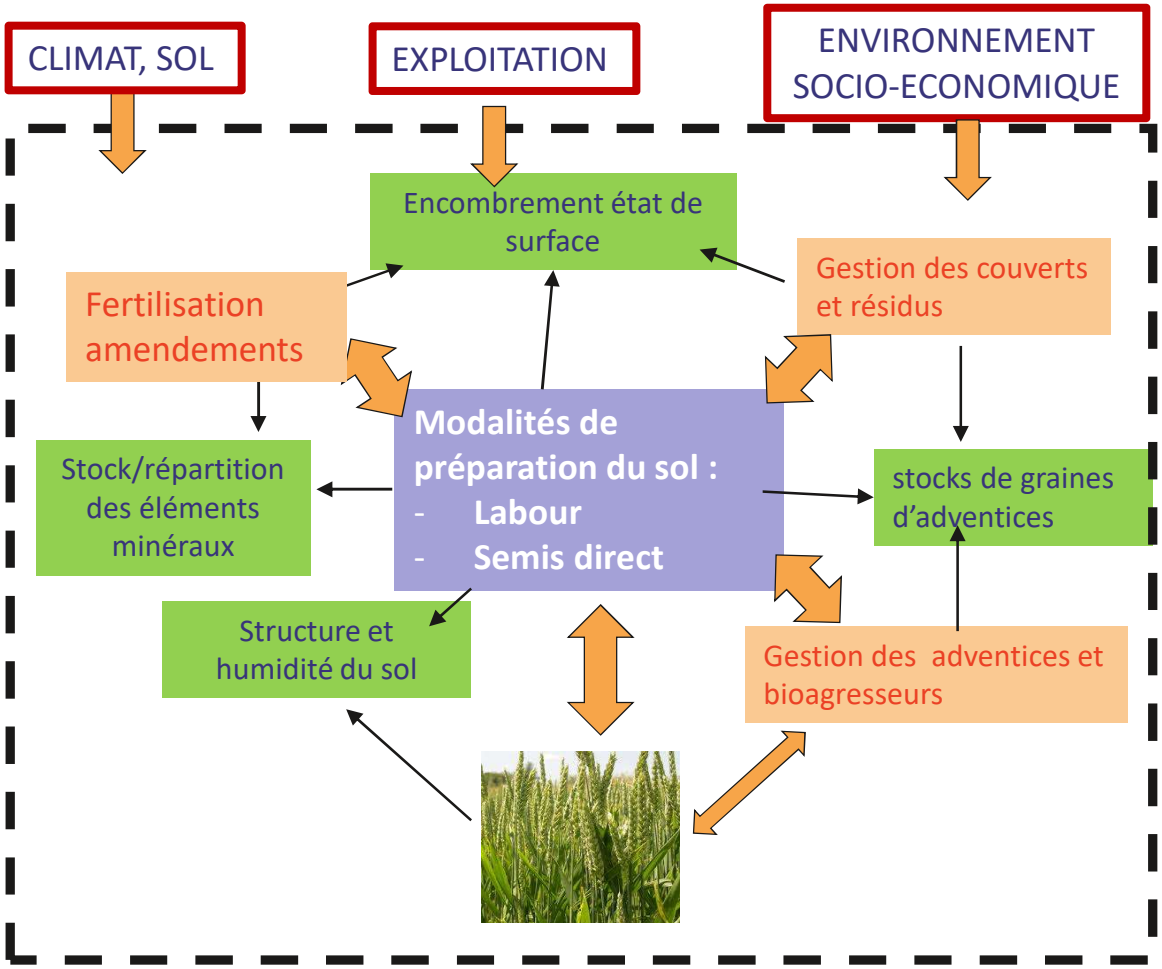
Parcelle de maïs implantée en semis direct sur un couvert de graminée

PROBLEMES POSÉS PAR L'ADOPTION DU SEMIS DIRECT

Passer du labour au semis direct strict oblige à revoir en profondeur l'ensemble de l'itinéraire technique

L'arrêt du labour et l'adoption du semis direct doivent être raisonnés en interaction avec les autres chantiers à mener pour implanter une culture : fertilisation, gestion des résidus de culture, gestion des bioagresseurs et des adventices….

Ces changements du système de culture dépendent aussi de contraintes extérieures à la parcelle cultivée (exigences des filières, caractéristiques de l'exploitation (main d'oeuvre, équipement,…) et des types de sol, du climat...)



LES FREINS AU CHANGEMENT

Des freins d'ordre psychologiques ou culturels

Le poids des traditions pèse parfois fortement ; le changement est également porteur de risque…

Des besoins d'apprentissage

Le changement de système nécessite un apprentissage, qui n'est pas toujours facile à mettre en œuvre : il y a un manque de connaissances et de personnes ressources

→

Rôle des communautés de pratiques

Importance des réseaux sociaux

L'INSERTION ET/OU L'ALLONGEMENT DE LA DURÉE DES CULTURES INTERMÉDIAIRES

CULTURES INTERMÉDAIRES ET STOCKAGE DU CARBONE

Intérêt des CI pour le stockage additionnel de carbone dans les sols agricoles

- Accroissent la quantité de biomasse stockée dans le sol (fonction de la fréquence et de la durée).
- Rapport entre biomasse racinaire et biomasse aérienne plus élevé que pour la culture principale.
- Proportion de carbone qui se stabilise dans le sol comparable à celle des résidus de la culture principale.

Risque : consommation d'eau accrue

Un exemple de mélange utilisé dans une culture intermédiaire :
Moutarde blanche + Phacélie + Nyger + Vesce Commune + Lentille noirâtre

DES COUVERTS FOURNISSANT PLUSIEURS SERVICES ECOSYSTEMIQUES

Autres services rendus à l'agriculteur(trice)

- Contrôle de la lixiviation du nitrate (CIPAN)
- Protection du sol contre l'érosion
- Action des racines sur la structure du sol
- Effet sur l'activité biologique et la biodiversité
- Fixation de l'azote atmosphérique si légumineuse
- Contrôle des adventices

Autres effets contribuant à l'atténuation du CC

- Diminution de l'albedo : réduction de la fraction de rayonnement solaire réfléchie.
- Diminution du rayonnement thermique émis par la surface du sol.
- Moins de passages en interculture : diminution de la consommation d'énergie fossile et des risques de tassement.

Fleurs de phacélie

EFFETS SUR LE STOCKAGE ADDITIONNEL DE CARBONE DANS LE SOL

La plupart des études confirment un effet positif sur le stockage.

Un stockage très variable, qui est lié à la quantité de biomasse enfouie, qui dépend :

- du choix des espèces semées
- de la durée de la culture
- des conditions de sol et de climat

Sur l'horizon 0-30 cm, valeur de stockage additionnel retenue par l'étude Inra (2019) en climat tempéré : 126 kg C/ha/an

Résultats portant sur 87 essais en climat tempéré		
% du nombre d'études montrant	**Moins de stockage avec CI**	**8**
	Aucun effet	**2**
	Plus de stockage avec CI	**90**
Quantité annuelle de biomasse enfouie	**Valeur min**	**0,2 t MS/ha**
	Valeur max	**14 t MS /ha**
Stockage annuel de carbone évalué sur les 57 essais > 5ans	**Valeur moyenne**	**313 kg C/ha/an**

Résultats de l'analyse de la bibliographie menée dans l'étude Inra 2019 sur le stockage du carbone au regard de l'objectif du 4p1000

ASPECTS AGRONOMIQUE DE L'INSERTION (OU DE L'EXTENSION DE LA DURÉE) DES CULTURES INTERMÉDIAIRES

Un très grand nombre d'espèces disponibles, que l'on peut mélanger

Eléments à prendre en compte pour le choix de l'espèce ou du mélange d'espèces

- Contraintes locales liées à la longueur de l'interculture, à la succession, au type de sol et de climat, à la période de semis,…
- Objectifs visés (quel(s) service(s) attendre de la Culture Intermédiaire ?)
- Choix techniques et économiques : disponibilité et coût des semences, matériel disponible, temps disponible

Principales espèces utilisées en climat tempéré			
Légumineuses	Graminées (poacées)	Crucifères (Brassicacées)	Autres
Féverole Fenugrec Gesse Lentille noirâtre Lotier corniculé Lupin jaune Luzerne Mélilot Minette Pois protéagineux Pois fourrager Sainfoin Trèfle blanc Trèfle Alexandrie Trèfle incarnat Trèfle violet Vesce commune Vesce velue	Avoine de printemps Avoine d'hiver Moha Millet fourrager Ray-grass d'Italie Seigle Sorgho fourrager Orge d'hiver	Cameline Colza fourrager d'hiver Moutarde blanche Moutarde brune Navette fourragère Radis fourrager	Nyger Tournesol Sarrasin Phacélie Lin

L’AGRICULTURE DE CONSERVATION

L'AGRICULTURE DE CONSERVATION : UN CADRE LARGE DE CONCEPTION DE SYSTÈMES DE CULTURE, BASÉ SUR TROIS PRINCIPES

1) Perturbation minimale du sol (« conservation tillage ») :

- ✓ absence de retournement
- ✓ suppression ou (forte) réduction du travail du sol

2) Couverture permanente du sol (au moins 30 %)

- ✓ Morte (résidus de culture)
- ✓ Vivante
  - Semis d'un couvert en interculture
  - Maintien d'un couvert vivant permanent

http://www.agricool.net/forum/index.php?s=79198bf517d56bf9ec69576ec9df3c49&showtopic=11000

Exemple de succession de cultures diversifiée

3) Diversification des cultures (au moins 3 cultures différentes dans la rotation)

- ✓ Rotations suffisamment variées, incluant si possible des légumineuses
- ✓ Favoriser les cultures associées, l'utilisation de plantes de service, l'agroforesterie…

UN MODELE D'AGRICULTURE EN EXPANSION

Les surfaces en Agriculture de Conservation sont en augmentation

L'Agriculture de Conservation est pratiquée sous tous les climats, des plus secs aux plus humides, des plus chauds aux plus froids et dans tous les types de sol, des plus sableux aux plus argileux.

En 2016 : 180 millions d'ha sont cultivés selon les principes de l'agriculture de conservation

12,5 % des surfaces agricoles totales.

Région	Surfaces cultivées en AC (Mha)	Pourcentage du total des surfaces cultivées de la région	Pourcentage du total des surfaces cultivées en AC dans le Monde
Amérique du Sud	**69.90**	**63.2**	**38.7**
Am. du Nord	**63.13**	**28.1**	**35.0**
Australie et NZ	**22.67**	**45.5**	**12.6**
Asie	**13.93**	**4.1**	**7.7**
Russie et Ukraine	**5.70**	**3.6**	**3.2**
Europe	**3.56**	**5.0**	**2.0**
Afrique	**1.51**	**1.1**	**0.8**
Monde	**180.44**	**12.5**	**100**

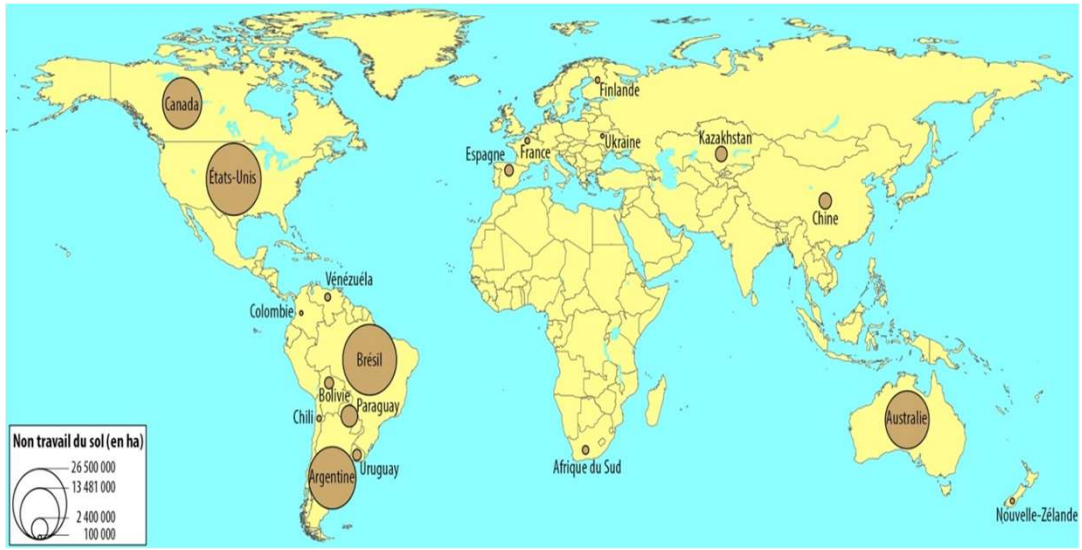
Répartition des surfaces cultivées en AC dans le Monde en 2016 (Kassam et al., 2018)

UN MODELE D'AGRICULTURE EN EXPANSION

Une pratique inégalement répartie

L'agriculture de conservation est pratiquée dans 78 pays,

Majoritairement en Amérique du Sud et du Nord (>75 % des surfaces en AC), en Australie et Nouvelle Zélande (12,6 % des surfaces).



Surfaces en semis direct dans les principaux pays le pratiquant (source des données : Derpsch *et al.*, 2010)

STOCKAGE DE CARBONE EN AGRICULTURE DE CONSERVATION

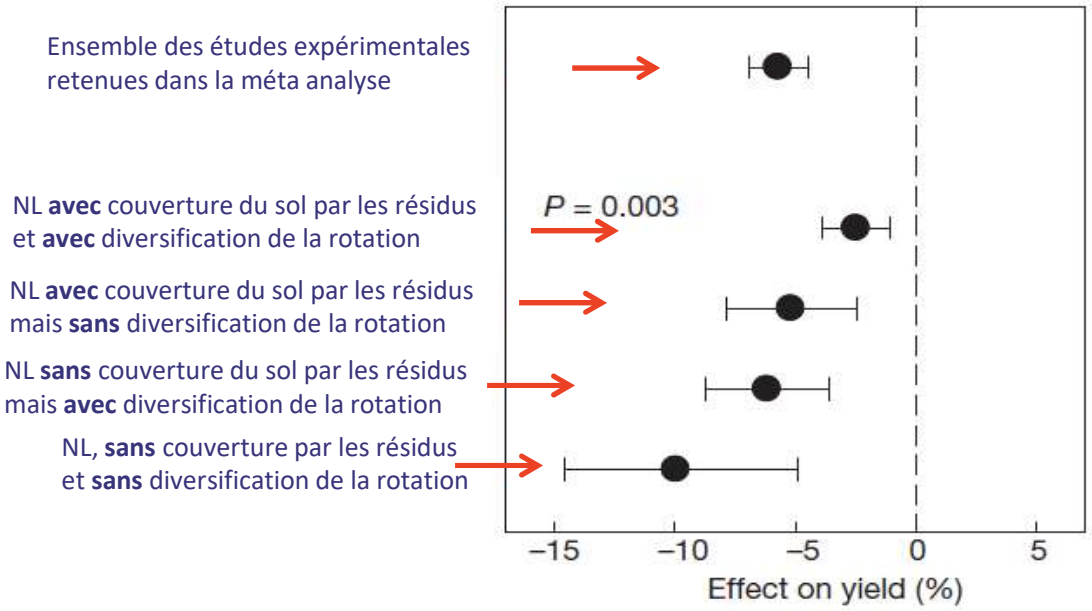
En Afrique sub-saharienne, l'application des trois principes de l'Agriculture de Conservation permet un stockage additionnel de C dans le sol > 4 ‰ / an

- Méta analyse de Corbeels et al., 2019

- Les effets sur le stockage sont plus faibles lorsque seule la perturbation minimale du sol est appliquée ou lorsqu'elle est combinée au maintien des résidus de cultures sans diversification de la rotation

PRODUCTIVITÉ EN AGRICULTURE DE CONSERVATION : IMPORTANCE DE LA COMBINAISON DES 3 PRINCIPES

Méta analyse portant sur 5.646 études comparant l'effet sur le rendement des pratiques relevant de l'AC



L'écart de rendement le plus faible est obtenu lorsque les trois principes sont appliqués

Le temps d'adaptation du système, les difficultés techniques à surmonter (e.g. maîtrise des adventices), l'apprentissage nécessaire expliquent en partie cet écart.

Effet sur le rendement (%) de l'adoption de Pratiques relevant de l'AC.
Méta-analyse de

Pittelkow et al., 2014 - Nature