

TRAVAIL DU SOL ET COUVERTS

UN NOUVEL ÉCLAIRAGE

sur le stockage du carbone



La répartition de la matière organique varie selon le travail du sol.

© M. Maquet - ARVALIS-Institut du végétal

La réduction de l'intensité du travail du sol et l'insertion de couverts intermédiaires sont souvent citées pour leur impact sur la dynamique de la matière organique du sol. Des essais de longue durée apportent des précisions sur ces thématiques cruciales dans l'évaluation des pratiques culturales.

En savoir plus

Les résultats sont issus d'articles scientifiques dont les références sont précisées sur www.perspectives-agricoles.fr. Retrouvez une synthèse générale de l'effet du travail du sol sur les dynamiques du carbone et de l'azote dans l'ouvrage « Faut-il travailler le sol ? » disponible sur www.editions-arvalis.fr.

La répartition et la dynamique de la matière organique du sol sont considérées depuis longtemps comme fortement influencées par les opérations de travail du sol. Des nouvelles données, principalement issues d'essais de longue durée conduits par ARVALIS-Institut du végétal et analysées en partenariat avec l'INRA (encadrés), tempèrent l'importance du phénomène concernant le stockage de la matière organique (1). D'autres facteurs clés émergent comme les

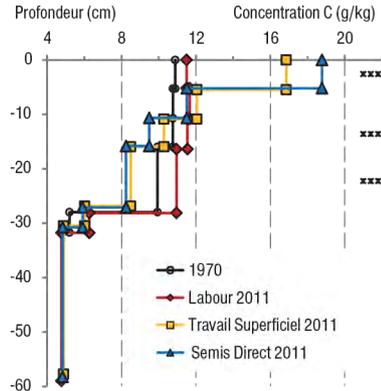
conditions climatiques et l'introduction des couverts intermédiaires.

Gradient de matière organique

L'allègement de l'intensité du travail du sol en supprimant le retournement crée un gradient de teneur en matière organique selon la profondeur. Ainsi, la suppression du labour entraîne, en quelques années, une concentration de la matière organique en surface et une diminution en profondeur (figure 1). Elle influe sur toutes les propriétés liées

« Une conduite en labour peut dans certaines conditions engendrer un stockage de carbone dans le sol. »

TRAVAIL DU SOL SIMPLIFIÉ : la matière organique se concentre en surface



*** = différences statistiquement significatives pour la couche correspondante.

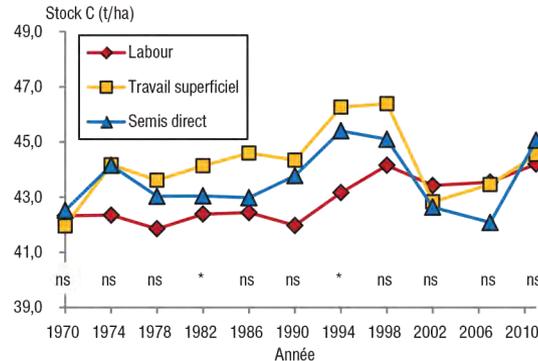
Figure 1 : Effet du mode de travail sur la répartition des teneurs en carbone du sol selon la profondeur.

Essai A « travail du sol » de Boigneville (91) : rotation maïs-blé avec restitution des résidus et sans couvert intermédiaire. Mesures réalisées au début de l'essai en 1970 puis en 2011. Données reprises de Dimassi et al. 2014.

à la matière organique de la couche de surface (activités biologiques, stabilité structurale...). Sur la base de nombreux essais s'étant contentés de mesurer les teneurs dans la couche de surface,

ce phénomène bien connu a longtemps supporté l'affirmation que la suppression du labour augmentait le stockage de la matière organique dans le sol. Néanmoins, pour étudier correctement cette question, il est nécessaire de mesurer, sur une longue période, l'évolution des teneurs sur

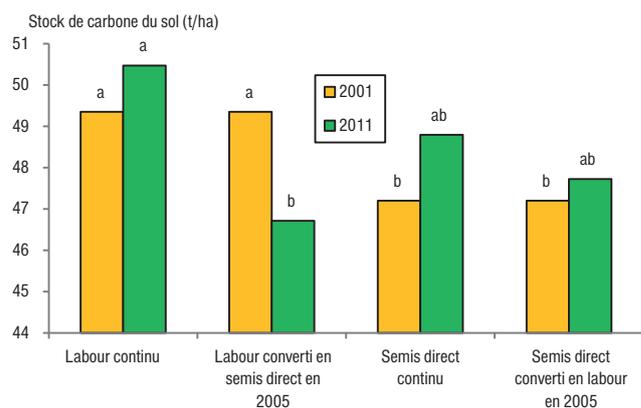
STOCKAGE DE CARBONE : un effet réversible



*: modalités statistiquement différentes au seuil de 5%.
ns: modalités non statistiquement différentes.

Figure 2 : Effet du mode de travail du sol sur le stock de carbone du sol calculé à masse de terre équivalente correspondant à la profondeur de l'ancien labour (de 27 à 28 cm selon les modalités). Essai « travail du sol » de Boigneville (91). Les résultats étant similaires, c'est la moyenne des 6 dispositifs qui est représentée sur la figure. Données reprises de Dimassi et al. 2014.

ALTERNANCE DES PRATIQUES : faible impact du retour au labour



Des lettres différentes indiquent des modalités statistiquement différentes à une date de mesure donnée (analyse de variance).

Figure 3 : Effet du mode de travail du sol, continu ou en alternance, sur le stock de carbone du sol calculé à masse de terre équivalente correspondant à la profondeur de l'ancien labour (de 27 à 29 cm selon les modalités). Essai E de Boigneville (91). Données reprises de Dimassi et al. 2013.

45
ans, c'est la durée du plus ancien essai longue durée de Boigneville

une profondeur suffisante et de les convertir en stocks, grâce à la mesure conjointe de la densité apparente du sol (qui peut varier selon le mode de travail du sol). S'intéresser à l'évolution du stock de carbone est important car elle reflète également le bilan Gaz à Effet de Serre de la parcelle. Les suivis sur 41 ans réalisés sur l'essai « travail du sol » apportent trois informations importantes. Premièrement, une conduite en labour peut dans certaines conditions engendrer un stockage de carbone dans le sol. Deuxièmement, un allègement du travail du sol peut entraîner un stockage supplémentaire de carbone dans le sol par rapport

au labour. Troisièmement, cet accroissement n'est pas constant au cours du temps et est réversible. Ainsi, après une forte différenciation des stocks en défaveur du labour au milieu des années 90, les mesures réalisées en 2011 indiquent qu'il n'y a plus aucune différence significative entre les différentes conduites de travail du sol (figure 2).

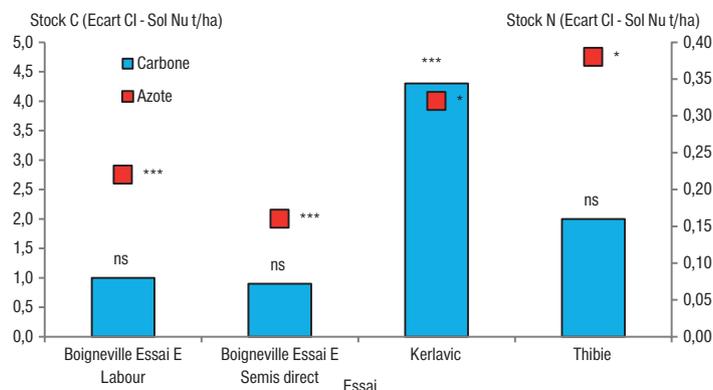
Le sol stocke le carbone les années sèches

Le premier facteur de variation du stock de carbone dans le sol est le niveau de restitution des résidus végétaux. Cependant, dans l'essai « travail du sol » de Boigneville, la production des cultures, donc les restitutions, sont équivalentes entre les modalités. Une étude agro-climatique a mis en évidence une relation négative entre la vitesse de stockage annuelle en non-labour et le niveau de précipitation et d'irrigation (pratique introduite au début de la phase de « déstockage »). Ainsi, les périodes sèches correspondent à des phases de stockage, alors que les années humides à des phases de déstockage. Cette relation est attribuée à l'impact positif de l'humidité de l'horizon de surface sur la dégradation des matières organiques fraîches. Ce phénomène est beaucoup moins perceptible sur la modalité labour, probablement car les résidus répartis sur toute la profondeur de labour sont moins exposés à des variations d'humidité. Cette explication climatique permet aussi de comprendre pourquoi certains essais situés dans des pays plus secs que la France (Europe du Sud par exemple) affichent un impact positif plus important du non-labour sur le stockage de carbone.

Pas de baisse de stock au retour du labour

Plusieurs travaux scientifiques ont démontré que l'arrêt du labour conférerait une protection physique à la matière organique pouvant expliquer, en partie, un stockage de carbone plus important. Il en a souvent été déduit que la conversion en labour

COUVERT INTERMÉDIAIRE : un levier essentiel sur le stock de carbone



* : différence statistique significative au seuil de 10 %. *** : différence statistiquement significative au seuil de 1%. ns : différence non significative.

Figure 4 : Effet de l'introduction de couvert intermédiaire sur les stocks de carbone et d'azote organique du sol. Essai « E » de Boigneville (ARVALIS-91/16 ans), de Kerlavec (CRAB-29/13 ans) et de Thibie (AREP-51/17 ans). Calculs réalisés à masse de terre équivalente correspondant à la profondeur de l'ancien labour (de 23 à 30 cm selon les essais). Données reprises de Constantin et al. 2010.

L'implantation de couverts intermédiaires est un des principaux leviers pour augmenter le stockage de carbone dans le sol.



Deux thèses en partenariat

La production des conclusions inédites et cruciales fournies dans cet article est issue d'un partenariat de plusieurs années entre ARVALIS et l'unité Agro-Impact de l'INRA de Laon. Il a notamment pris la forme de deux thèses encadrées par l'INRA, suivies et cofinancées par ARVALIS. La première, de 2007 à 2010, avait pour titre « Quantification et modélisation du bilan d'azote à long terme : impact des cultures intermédiaires, du semis direct et de la fertilisation réduite » menée par Julie Constantin, thèse AgroParisTech, cofinancée par AESN et la Région Picardie. La seconde, de 2010 à 2013, s'intitulait « Impact du travail du sol sur les bilans de carbone à long terme : analyse d'essais de longue durée et modélisation » par Bassem Dimassi, 2014, thèse AgroParisTech, avec le cofinancement de l'ANRT (CIFFRE).

d'une parcelle en semis direct depuis de nombreuses années engendrerait une chute des stocks en raison de la perte de cette protection. Afin de tester cette hypothèse, l'essai « E » de Boigneville (*encadré*) a été redécoupé en 2005 : une moitié de la modalité en labour depuis 1992, a été convertie en semis direct, et vice-versa pour une moitié de la modalité « historique » semis-direct.

Un bilan analytique réalisé en 2011 fournit les enseignements suivants. Logiquement, la conversion engendre la création d'un gradient de teneurs en matière organique selon la profondeur quand on passe de labour en semis direct, et une homogénéisation du profil quand on passe de semis direct en labour. Le passage du labour au semis direct engendre une diminution du stock de carbone sans que le phénomène sous-jacent soit clairement identifié. L'inverse (semis direct en labour) n'entraîne pas de modification significative du stock (*figure 3*). Mis en regard d'autres résultats scientifiques disponibles, il apparaît en fait que le recours au labour dans des parcelles en semis direct n'a la plupart du temps aucune conséquence sur le stock de matière organique, et quand une baisse survient, elle est généralement très modérée.

Une influence majeure des couverts

L'étude de l'essai E de Boigneville, combinée à celle de deux autres dispositifs de longue durée (Kerlavic - CRAB 29, Thibie - AREP 51), montre qu'inclure un couvert intermédiaire dans la rotation fait progresser significativement le stock de carbone et/ou d'azote du sol (*figure 4*). Le facteur déterminant est bien ici la restitution de matière

Un dispositif expérimental original

Les essais de longue durée sur la station de Boigneville, en sol limono-argileux, font l'objet de mesures régulières de teneurs et de stocks de matière organique, à la différence de nombreux essais conduits ailleurs dans le monde qui se limitent à comparer les pratiques sur une seule date de mesure.

L'essai « travail du sol » a démarré en 1970 sur une rotation maïs-blé, résidus enfouis. Tout en maintenant les modalités initiales sur une partie du dispositif (sous le code essai A), l'essai a été redécoupé pour introduire au fil des années l'exportation des résidus de culture, l'introduction d'un couvert intermédiaire avant maïs et le passage à une rotation incluant notamment de la betterave sucrière. Cela a généré six dispositifs expérimentaux de plus ou moins longue durée. Plus récemment, l'essai « E » a démarré en 1992 pour évaluer les impacts croisés de l'intensité du travail du sol et de l'implantation de couverts intermédiaires sur les transferts d'azote par lixiviation et sur les propriétés du sol. Dans chacun de ces essais, le labour a été comparé à un itinéraire en semis direct. Dans l'essai « travail du sol », une 3^e modalité en travail du sol superficiel est présente.

Le stockage de carbone en semis direct est sensible aux conditions climatiques : il tend à décroître les années humides.





Depuis 1992, l'essai « E » de Boigneville intègre une comparaison de l'alternance entre semis direct et labour.

© N. Cornec - ARVALIS-Institut du végétal

organique via les résidus des couverts.

L'essai E a également permis de différencier l'effet du couvert intermédiaire de celui de l'intensité du travail du sol sur le stockage de la matière organique. Il s'avère que l'effet « couvert intermédiaire » est largement prépondérant car les différences de stocks entre les modalités labour et semis direct ne sont pas significatives, quelle que soit la gestion de l'interculture.

Les résultats inédits issus de ces essais de longue durée, combinés à d'autres études scientifiques récentes, confirment que, dans les conditions de culture de l'Europe du Nord, la simplification du travail du sol induit une stratification de la matière organique selon la profondeur du sol. Ce phénomène est le support de plusieurs propriétés agronomiques intéressantes attribuables au non-labour. Il n'engendre néanmoins au mieux qu'un faible stockage supplémentaire de carbone, cette dynamique étant réversible selon les facteurs climatiques. Ainsi, quel que soit le mode de travail du sol, le principal levier pour faire progresser les stocks reste l'augmentation des restitutions au sol, via la production des cultures principales et/ou l'introduction de plantes de services comme les couverts intermédiaires.

[1] La mesure de teneur (ou concentration) en « matière organique » en laboratoire est en fait une mesure du carbone total converti en matière organique par un facteur multiplicatif (1,72 dans la plupart des cas). Indissociable du carbone, la teneur (et donc le stock) d'azote organique est aussi mesurable.

Jean-Pierre Cohan - jp.cohan@arvalisinstitutduvegetal.fr

Jérôme Labreuche

ARVALIS - Institut du végétal

Bruno Mary - bruno.mary@laon.inra.fr

Nicolas Beaudoin - Bassem Dimassi - Julie Constantin