

1 Impact de la gestion des résidus de cultures sur la fertilité des sols et la production agricole

M.-P. Hiel¹, S. Barbieux¹, J. Pierreux², C. Roisin³, G. Colinet⁴, B. Bodson², B. Dumont²

1.1 Contexte & Objectifs

Dans le contexte d'une agriculture durable et performante, la valorisation des coproduits des cultures est une réalité courante. Quand ils sont exportés, les résidus de cultures peuvent être utilisés à différentes fins : pour le bétail, la production de bioénergie, du matériel isolant ... Dans le cas où les résidus sont attribués au bétail, ce n'est pas une réelle exportation puisque il y aura une restitution des matières organiques via l'apport de fumier par après. Cependant une réelle exportation des résidus ne peut se faire au détriment de la durabilité de l'agroécosystème. Les résidus de cultures représentent une quantité de matières organiques non négligeable qui contribuent sans nul doute au maintien de la fertilité du sol. La question de la gestion des résidus de culture doit dès lors se poser. Jusqu'à quel niveau peut-on exporter les résidus de culture sans risque pour la qualité des sols ? Quelle est la meilleure manière de gérer les résidus restant au champ ?

Afin de répondre à ces questions, l'essai SOLRESIDUS a été mis en place au sein de la ferme expérimentale de Gembloux Agro-Bio Tech (ULg).

1.2 Parcelle expérimentale

Quatre modalités contrastées résultant de deux pratiques sont suivies dans cet essai :

- Gestion des résidus : soit restitués au sol (IN) soit exportés (OUT). Dans le cadre de l'exportation les racines et les chaumes sont bien entendu laissés sur place ;
- Travail du sol : le travail du sol permet d'allouer les résidus différemment au sein du profil de sol. Avec un labour (L) ceux-ci sont distribués sur 25 cm de profondeur. Avec un travail du sol réduit / non labour (NL) ils ne sont mélangés que sur 10 cm (profondeur du travail des outils pour le déchaumage et la préparation du semis). La différence entre les deux traitements consiste juste à la réalisation du labour avant la préparation superficielle pour l'implantation des cultures. Les autres opérations (déchaumage, préparation lit de semence,..) sont identiques.

Les quatre modalités sont donc un labour avec incorporation des résidus (L-IN), un labour

1 ULg – Gx-ABT – TERRA research center – AgricultureIsLife

2 ULg – Gx-ABT – AgrobioChem – Phytotechnie tempérée

3 CRA-W – Dpt Agriculture et Milieu Naturel – Unité Fertilité des Sols et Protection des Eaux

4 ULg – Gx-ABT – BIOSE – Eau, Sol, Plantes

avec exportation des résidus (L-OUT), un travail réduit avec restitution des résidus (NL-IN) et un travail réduit avec exportation des résidus (NL-OUT). L'essai (1.7 ha) est un carré latin de 16 parcelles (15x40m) composé de quatre répétitions des quatre modalités.

L'essai a été mis en place en 2008 avec une première culture de colza. Les données n'ont pas été récoltées sur cette culture puisque c'est cette culture qui a permis le premier apport de résidus à la récolte. La succession des cultures est reprise dans le Tableau 10.1.

Tableau 10.1 : Succession des cultures sur l'essai SOLRESIDUS depuis la création de l'essai.

Année	Culture
2008-09	Colza
2009-10	Froment d'hiver
2010-11	Froment d'hiver
2011-12	Froment d'hiver
2012-13	Culture intermédiaire (moutarde)
2013	Féveroles
2013-14	Froment d'hiver
2014-15	Culture intermédiaire (avoine-pois)
2015	Maïs grain
2015-16	Froment d'hiver

Les mesures réalisées sur cet essai sont nombreuses et variées afin de caractériser tout ce qui se passe au niveau du sol mais aussi de la plante. C'est le résultat de collaborations entre diverses structures (notamment avec le CRA-W) premièrement via le projet SOLRESIDUS et ensuite par la création de la plateforme AgricultureIsLife. C'est maintenant le CARE⁵ AgricultureIsLife qui gère la parcelle et en assurera le suivi. Dans cet article, nous vous présentons l'évolution de la production agricole mise en relation avec l'évolution du carbone et des nitrates dans le sol.

1.3 Des résidus de cultures au carbone organique du sol

1.3.1 Résidus de cultures

Depuis le début de l'essai, la quantité de résidus dans les parcelles avec incorporation des résidus est deux fois plus élevée que dans les parcelles avec exportation (55,6 t/ha et 26,8 t/ha respectivement) (Figure 10.1). On ne constate pas d'effet du travail du sol sur les quantités de résidus produites.

⁵ CARE : Cellules d'Appui à la Recherche et à l'Enseignement

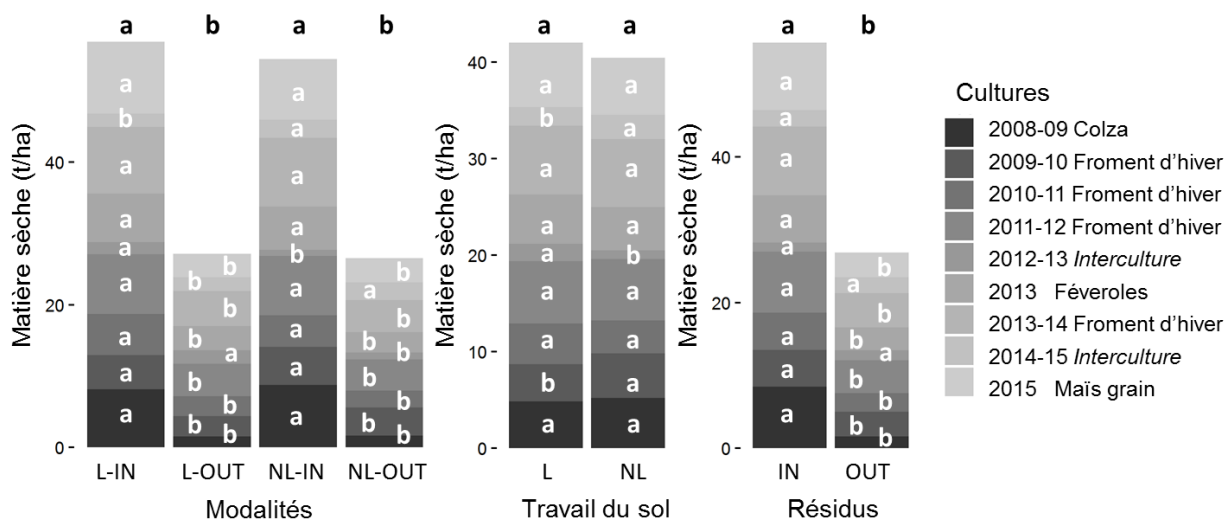


Figure 10.1 : Quantités de résidus restitués au champ (en matière sèche) depuis le début de l'essai suivant les cultures. Les lettres représentent pour chaque culture des différences significatives entre traitements.

1.3.2 Carbone organique total (COT)

La valeur initiale en carbone organique total en 2008 était de 1,17 g/100g. Dans l'ensemble, au sein de chacune des modalités appliquées depuis de la mise en place du dispositif jusqu'à aujourd'hui (printemps 2016) la teneur en carbone organique total du sol n'a pas significativement évolué. Cependant des différences émergent entre modalités au printemps 2016 avec plus de COT en NL-IN par rapport à L-OUT et NL-OUT.

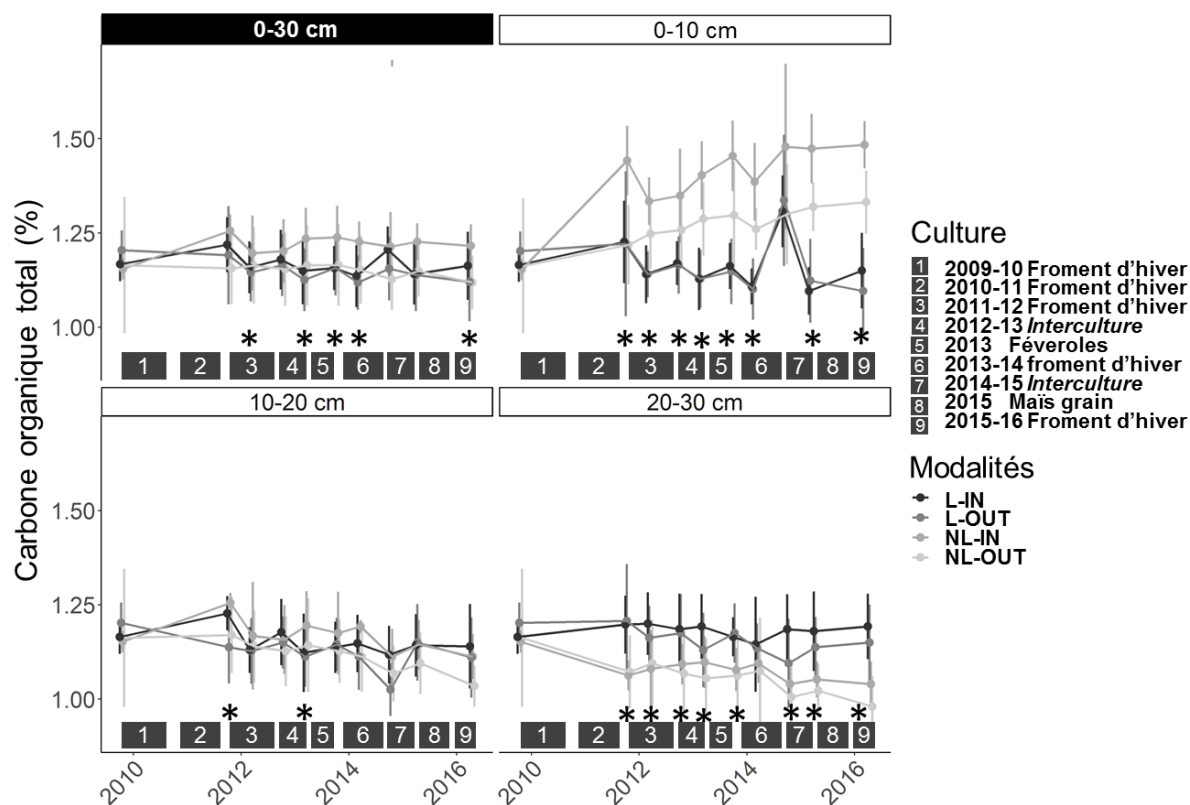


Figure 10.2 : Evolution du Carbone organique total (%) du sol sur 0-30 cm, 0-10 cm, 10-20 cm et 20-30 cm. Les rectangles numérotés en dessous de chaque figure représentent chaque période de culture. Les étoiles correspondent à des différences significatives entre traitements pour cette date de prélèvement.

Si le stock de carbone organique ne change pas sur le 0-30 cm, nous observons clairement une stratification du carbone au sein de ce profil (Figure 10.2). Dans la couche 0-10 cm, la teneur en carbone est plus élevée en travail superficiel et plus particulièrement en travail superficiel avec incorporation des résidus (NL-IN). A contrario, sur la couche 20-30 cm la teneur en COT est plus faible en travail superficiel qu'en labour. Le travail du sol réduit a donc peu à peu stratifié le carbone organique puisque les résidus de culture ne sont mélangés que sur la couche superficielle de 0 à 10 cm.

Pour les parcelles en labour, la teneur en carbone organique total est constante sur toutes les profondeurs et ce quelle que soit la quantité de résidus restituée. La vitesse de minéralisation diffère probablement entre les deux modes de travail du sol. Les parcelles en labour minéralisent plus rapidement.

1.4 Et qu'en est-il des nitrates ?

Nous avons suivi l'évolution des teneurs en nitrates dans le sol tout au long des saisons de cultures (Figure 10.3). La dynamique des nitrates répond surtout aux événements climatiques plutôt qu'au travail du sol ou à la quantité de résidus au sein du profil. Dans des conditions climatiques proches des normales saisonnières, aucun effet de la gestion des résidus n'impacte

10. Perspectives

les nitrates dans le sol. Cependant c'est une fois que les conditions climatiques s'écartent des normales saisonnières que l'on peut constater des différences.

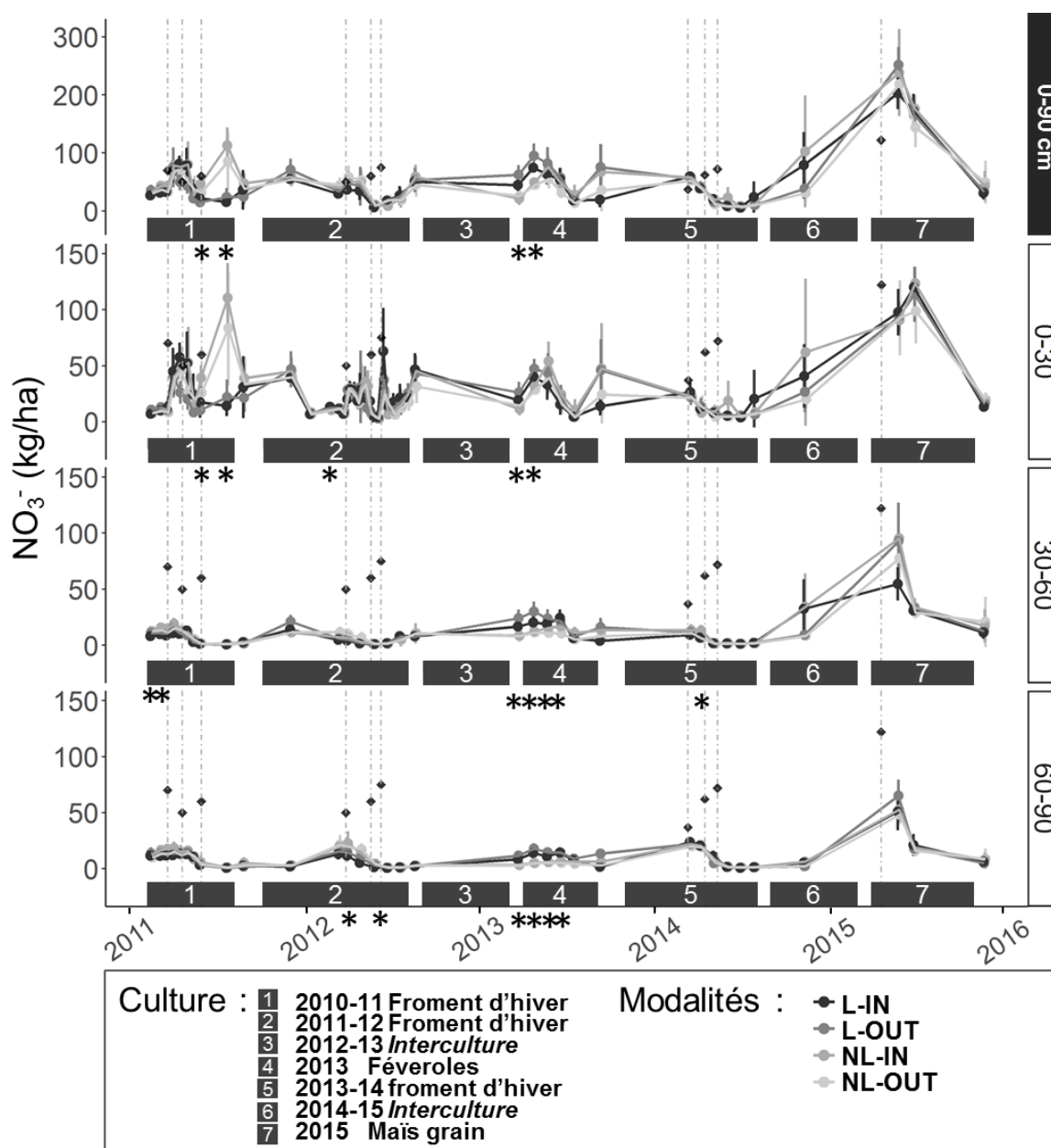


Figure 10.3 : Evolution des teneurs en nitrates dans le sol (kg/ha) sur 0-90 cm, 0-30 cm, 30-60 cm et 60-90 cm. Les lignes verticales pointillées représentent les dates de fertilisation minérale et les losanges en indiquent la dose. Les rectangles numérotés en dessous de chaque figure représentent chaque période de culture. Les étoiles correspondent à des différences significatives entre traitements pour cette date de prélèvement.

En 2011, avec une sécheresse de printemps, le froment a, dans un premier temps, moins absorbé d'azote en non-labour qu'en labour. Mais cette différence s'est ensuite estompée suite à l'absorption de l'azote par les plantes et probablement à la lixiviation. En 2013, au début de la culture de féveroles, une différence due au travail du sol est aussi constatée. Cette

différence est induite par la culture intermédiaire de moutarde. Le labour a été réalisé en novembre et il a permis d'enfouir de la matière fraîche (1,8 t/ha de matière sèche). Après l'hiver, lorsque les résidus du couvert ont été enfouis par le travail superficiel il n'en restait plus que 0,9 t/ha et sous forme plus dégradée.

Au final, la quantité de résidus de récolte restituée au sol n'a pas eu d'impact sur la distribution et la dynamique des nitrates dans le sol.

1.5 Après un départ parfois difficile, peu d'impact sur les cultures au final

1.5.1 Levée des cultures

Sur 6 années de cultures, trois années montrent des taux de levée inférieurs en travail superficiel par rapport au labour (froment 2010-11 : 11% de différence, féveroles 2013 : 20% de différence et froment 2013-14 : 10 % de différence). Les quantités de résidus enfouis ne semblent, à première vue, pas influencer le taux de levée. Par contre leur localisation semble quant à elle avoir un impact.

Le taux de germination global (prenant en compte tous les taux de germination normalisés par la densité de semis) montre aussi un effet négatif du travail superficiel sur le taux de levée (Figure 10.4) et aucun effet des résidus. Cependant, les effets observés peuvent être dus au travail du sol modifiant l'humidité et la porosité du sol mais aussi aux conséquences d'une présence et d'une proximité accrues entre les semences et les résidus. En effet les résidus peuvent nuire à une bonne levée pour trois raisons principales :

- Ils jouent le rôle d'obstacle physique et empêchent le coléoptile de rejoindre facilement la surface, la graine peut ainsi s'épuiser ;
- Ils peuvent être responsable de phytotoxicité lors de la levée et/ou pour les jeunes plantules (cas de résidus proches des graines mais aussi positionnés en dessous et qui auront les contacts avec les premières racines) ;
- Les résidus proches des graines, en augmentant la macroporosité, empêchent un bon contact sol-semence essentiel pour une bonne réhumectation de la graine.

Le taux de germination global semble être inversement corrélé à la quantité de résidus proche des semences et non à la quantité incorporée au sol. En effet, quelle que soit la quantité de résidus incorporée, en labour leur densité dans le lit de semences sera moins élevée qu'en travail superficiel. Le gradient de résidus autour des semences est le suivant : NL-IN > NL-OUT >> L-IN > L-OUT.

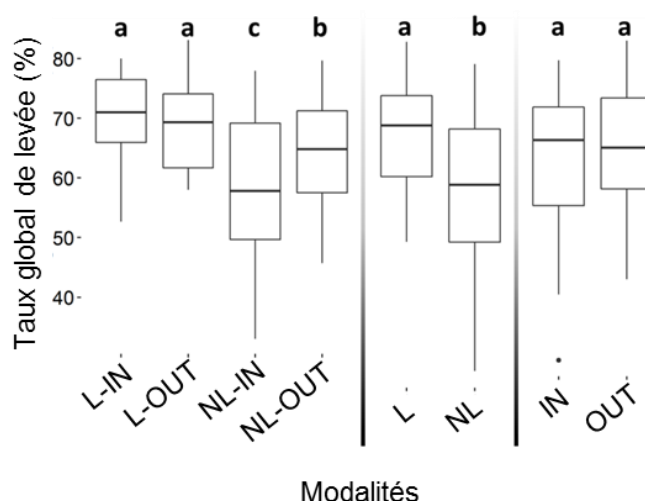


Figure 10.4 : Taux de levée global. Différentes lettres indiquent une différence statistique entre modalités.

1.5.2 Croissance des cultures

Lors de la croissance, certaines différences ont pu être observées à différentes périodes de développement et parfois de manière contradictoire. Nous remarquons un effet prépondérant du climat sur la croissance.

L'incorporation des résidus a eu des effets négatifs sur les deux premières cultures de froment (2009-10 et 2010-11). En 2009-10, avec des conditions climatiques proches des moyennes historiques, ces différences se sont estompées. En 2010-11 il n'en fut rien. Cette année fut caractérisée par une sécheresse de printemps qui a provoqué un retard de développement dans les parcelles avec résidus et en travail superficiel. La restitution a sans doute provoqué une « faim d'azote » plus importante. Les microorganismes ont consommé, pour leur propre métabolisme, l'azote dégradé provenant des résidus, privant la plante de l'azote nécessaire à son développement.

Plus tard dans la croissance c'est le travail du sol qui impacte plus la plante. En général on observe que dans les parcelles en non-labour, pour 3 cultures sur 6, le développement de la biomasse foliaire est plus faible.

1.5.3 Rendements

Les différences observées à la croissance ou à la levée ne sont pas ou peu traduites dans les rendements. A l'échelle annuelle (Figure 10.5), les rendements n'ont pas été impactés par les différents travaux du sol ou la quantité de résidus excepté pour le froment récolté en 2011. La sécheresse de printemps n'a pas permis à la plante de rattraper le déficit déjà observé à la levée contrairement à la féverole de 2013 ou au froment récolté en 2014. Pour ces deux cultures, les différences observées à la levée ne se sont pas répercutées sur le rendement en grain. En féverole, la biomasse par plante était plus élevée dans les parcelles à faible densité de plantes. Pour le froment récolté en 2014, le froment a produit plus de talles et par conséquent plus d'épis par plante dans les parcelles à densité de plantes plus faible, c'est-à-

dire en NL.

Si l'on regarde les rendements cumulés depuis le début de l'essai, nous n'observons pas d'effet de la quantité de résidus restituée (IN – OUT). Les rendements cumulés sont plus faibles en travail superficiel qu'en labour (Figure 10.5). Cependant cette différence n'est que de 3,4 %. Par modalité, le rendement cumulé le plus faible est observé en NL-IN par rapport au rendement le plus élevé (en L-OUT), soit 4,7% en moins. Cela représente 2,1 t/ha seulement.

Quant à la qualité du grain, on peut conclure que les différentes modalités de gestion de résidus de culture n'ont pas impacté la teneur en protéines ni en NPK.

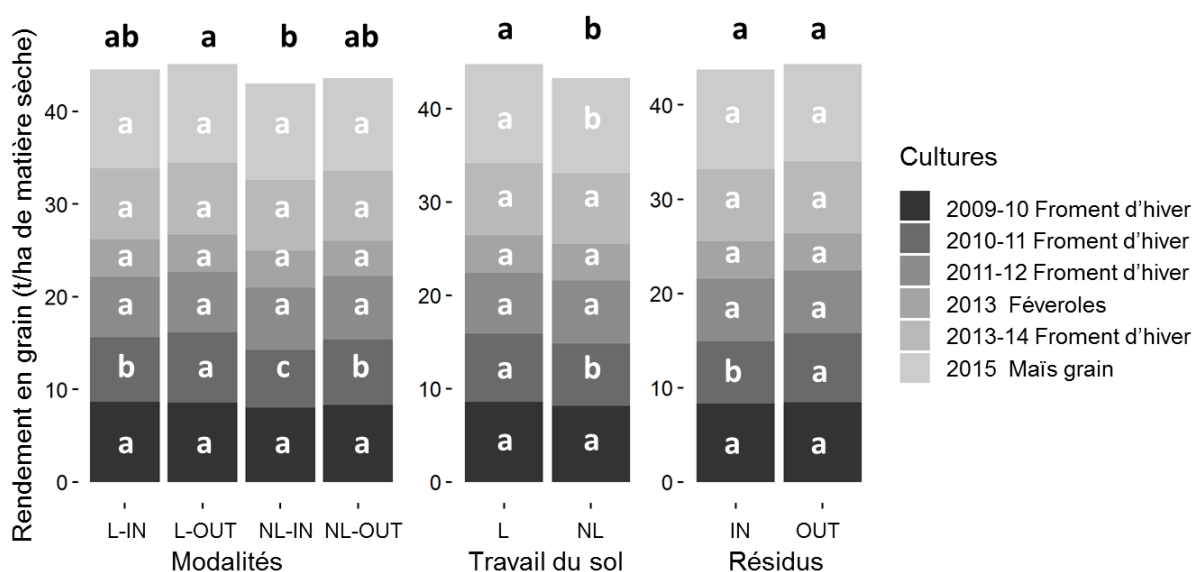


Figure 10.5 : Rendements en grain cumulés (t/ha en matière sèche). La production annuelle est représentée par une nuance de gris. Des lettres différentes dans une couleur de bloc indiquent une différence significative pour cette culture-là. Des lettres différentes au-dessus des colonnes représentent une différence significative entre traitement pour le cumul des rendements.

1.6 Conclusions

A ce stade les effets des différentes modalités de gestion des résidus sur la fertilité du sol ou sur les cultures sont assez modérés. Mais ce n'est pas pour autant que nous pouvons en conclure une absence d'effet, ceux-ci pouvant peut être s'accroître sur du plus long terme. Nous observons l'importance prépondérante du climat sur la manière dont les différentes modalités de gestion des résidus de cultures vont influencer le système eau-sol-plante.

Toutefois, nous observons des tendances sur l'évolution du carbone dans le sol avec une augmentation légère en non-labour avec restitution des résidus (NL-IN) en comparaison aux autres modalités. Le type de résidus a son importance également. Les résidus issus des couverts ont un impact plus important que les pailles sur les nitrates dans le sol par exemple.

En général, nous observons un effet plus important du mode de travail du sol que de la quantité des résidus restitués sur la répartition du carbone organique total dans le profil, sur

10. Perspectives

les levées et pendant le développement des cultures. Il faut noter également une capacité des cultures en non-labour à rattraper des retards de développement puisque finalement les rendements sont équivalents, excepté en cas de conditions climatiques limitantes en eau.

Au final avec si peu de différences au niveau de la production agricole, nous en concluons que d'autres facteurs doivent être pris en compte quant à la décision d'une stratégie de gestion des résidus appropriée à une agriculture durable. Ces facteurs sont les émissions de gaz à effet de serre, la structure du sol, la faune du sol, la consommation en carburant ...

Il est important de rappeler que cette étude reflète plus un système en transition que des pratiques à long terme. En effet, les dynamiques liées au carbone du sol notamment sont connues pour être des processus lents. Des changements plus prononcés pourraient influencer la structure et par conséquent les effets sur les levées par exemple. Dès lors, nous recommandons de poursuivre cette étude sur du plus long terme.