

10. Environnement et gaz à effet de serre

C. Moureaux¹, M. Aubinet² et B. Bodson¹

1	Contexte général.....	2
1.1	Agriculture, gaz à effet de serre et changement climatique.....	2
1.2	Les recherches menées à Gembloux Agro-Bio Tech (ULg).....	3
1.3	Description de l'observatoire terrestre de Lonzée et objectifs de l'article	3
2	Comparaison des deux rotations.....	4
2.1	Comparaison des pratiques culturales.....	4
2.2	Comparaison des bilans carbonés des 2 rotations.....	5
2.2.1	Flux de respiration et de photosynthèse	5
2.2.2	Impacts des labours, de l'apport de fumier et de la CIPAN sur les flux de photosynthèse et de respiration	6
2.2.3	Comparaison des bilans carbonés	7
3	Conclusions et perspectives	9

¹ Gx-ABT – Dpt des Sciences agronomiques – Unité de Phytotechnie des Régions Tempérées

² Gx-ABT – Dpt des Sciences et Technologies de l'Environnement– Unité de Physique des Biosystèmes

1 Contexte général

1.1 Agriculture, gaz à effet de serre et changement climatique

Il est maintenant admis que le climat de la planète change et que les activités humaines en sont majoritairement responsables via l'émission de gaz à effet de serre (IPCC, 2007³). Les 3 principaux gaz à effet de serre sont, par ordre d'importance d'impact sur le climat : le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O).

Dans nos régions, les effets des changements climatiques sont et seront une augmentation des températures, plus particulièrement l'hiver. Le régime des pluviométries sera également modifié : les précipitations seront plus importantes l'hiver et diminueront en été ce qui contribuera à des épisodes de sécheresse plus longs. Par ailleurs, l'occurrence d'évènements extrêmes tels que vagues de chaleur, sécheresse, tempêtes ou inondations augmentera.

L'agriculture, en tant que tributaire des aléas météorologiques est déjà et sera encore dans le futur bouleversée par les changements climatiques. Par ailleurs, elle est elle-même émettrice de gaz à effet de serre. Au niveau mondial, elle contribue à 13,5 % des émissions de GES (IPCC, 2007³). Contrairement aux autres activités humaines, elle émet peu de CO₂ mais beaucoup de N₂O et de CH₄. La principale source anthropique de N₂O est les sols agricoles (cultures et prairies) fertilisés (Figure 10.1). Les sources anthropiques principales de CH₄ proviennent de la fermentation entérique des ruminants et de la gestion des effluents d'élevage. A l'échelle mondiale, les cultures de riz sont également une source importante de CH₄ mais pas à l'échelle européenne.

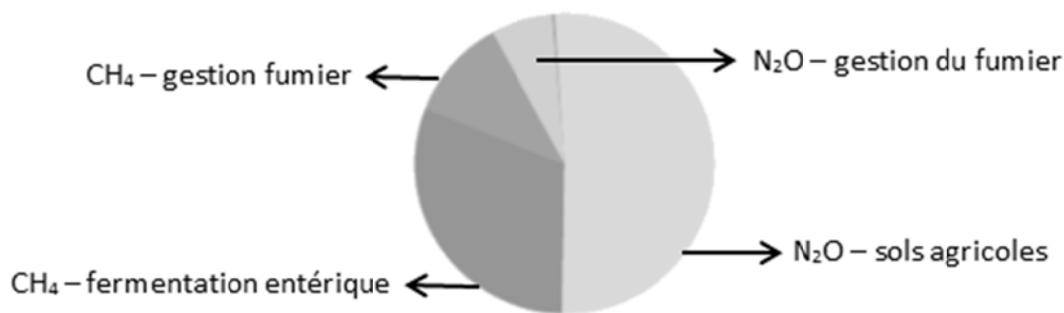


Figure 10.1 – Répartition des émissions de N₂O et CH₄ par l'agriculture en Europe (EU-27) (Communautés européennes, 2008)⁴.

Les défis à venir pour l'agriculture sont grands et multiples. Elle va devoir s'adapter aux changements climatiques afin de continuer à fournir à une population mondiale en croissance une alimentation de qualité. En même temps, les émissions de GES provenant des activités agricoles doivent être réduites pour participer à la réduction globale indispensable pour limiter

³ Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html

⁴ L'agriculture européenne – relever le défi du changement climatique http://ec.europa.eu/agriculture/publi/fact/climate_change/leaflet_fr.pdf

les impacts des changements climatiques. Par ailleurs, vu l'épuisement annoncé des énergies fossiles et les impacts de leur utilisation sur l'environnement, on demande aussi à l'agriculture de fournir des carburants. L'agriculture doit donc s'adapter...

1.2 Les recherches menées à Gembloux Agro-Bio Tech (ULg)

Dans ce contexte de changements climatiques, diverses recherches sont menées à la Faculté de Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège). Parmi celles-ci, trois observatoires terrestres sont implantés sur 3 écosystèmes représentatifs de la Wallonie : une parcelle de grande culture en Hesbaye (Lonzée, depuis 2004), une prairie pâturée par du bovin BBB allaitant dans le Condroz (Dorinne, depuis 2010) et une forêt mixte en Ardennes (Vielsalm, depuis 1996). Sur ces observatoires terrestres, fonctionnent en continu des systèmes permettant de mesurer les échanges de GES entre ces écosystèmes et l'atmosphère ainsi que des stations météorologiques complètes permettant de connaître les conditions météorologiques dans lesquelles se déroulent ces échanges et ainsi de connaître leurs dépendances climatiques. En plus, un suivi de l'écosystème est réalisé durant les saisons de végétation. Les échanges de CO₂ sont mesurés sur les 3 sites, ceux de CH₄ sont également mesurés sur le site de prairie à Dorinne. Les échanges de N₂O sont mesurés sur le site de prairie et le seront dès 2013 sur le site de culture à Lonzée.

De plus, les sites de Lonzée et de Vielsalm ont été retenus pour intégrer l'infrastructure européenne ICOS. Cette infrastructure regroupe des observatoires terrestres, marins et atmosphériques répartis sur tout le territoire européen afin de suivre à long terme les échanges de CO₂. Ce projet, financé par la Région Wallonne a démarré en janvier 2013 pour une période de 8 ans.

D'autres projets sont menés à Gembloux Agro-Bio Tech en lien avec la thématique Agriculture et GES dont notamment l'impact du type de travail du sol, de la restitution ou non des résidus de culture et de la gestion des périodes d'interculture afin d'optimiser les pratiques culturales dans le contexte des changements climatiques tout en veillant à une production agricole rentable et de qualité.

1.3 Description de l'observatoire terrestre de Lonzée et objectifs de l'article

Les résultats présentés dans cet article proviennent de huit ans (2004 – 2012) de mesures sur l'observatoire terrestre (OT) de Lonzée.

Cet OT est un champ consacré aux grandes cultures dont la gestion est laissée à l'agriculteur. Il y mène une rotation quadriennale classique : betteraves, froment d'hiver, pommes de terre (pour plants) et froment d'hiver. Les deux rotations sont comparées ci-après en termes d'une part de gestion des pratiques culturales et d'autre part en termes de flux et bilan de CO₂.

Sur cet OT, les échanges de CO₂ sont mesurés en permanence via la technique de covariance de turbulence. Cette technique permet de mesurer, chaque demi-heure, l'échange net de CO₂ de l'ensemble de l'écosystème. Cet échange net représente la différence entre le CO₂ que les plantes absorbent par photosynthèse (assimilation nette) et le CO₂ que le sol et les plantes

émettent via les processus de respiration. Par modélisation, les 2 composantes de ce flux net peuvent être calculées.

En plus de ces mesures automatiques, des mesures de biomasse et de carbone présents dans la végétation sont réalisées tout au long des saisons de végétation. Les quantités de biomasse et de carbone exportées lors des récoltes ou importées (par exemple lors de l'application de fumier) sont également mesurées. De plus, le suivi des surfaces de végétation est réalisé ainsi que des observations régulières pour déterminer les stades de végétation de la culture et détecter l'apparition d'éventuelles maladies.

L'objectif de cet article est de présenter le bilan carboné des deux rotations et d'étudier l'impact des différentes pratiques culturales sur les flux et sur le bilan de CO₂ à l'échelle de la parcelle.

2 Comparaison des deux rotations

2.1 Comparaison des pratiques culturales

La Figure 10.2 schématise les cultures et les interventions principales durant les 2 rotations (d'avril 2004 à mars 2008 et d'avril 2008 à mars 2012). Les rendements y sont également précisés. Les cultures implantées durant les deux rotations sont identiques et les dates de semis et récolte sont proches. Les différences à noter sont :

- Une récolte de la culture de betteraves plus tardive en 2008 qu'en 2004 (début novembre au lieu de fin septembre).
- Des semis de froment d'hiver à la mi-octobre 2004, 2006 et 2010 et plus tardif (mi-novembre) en 2008.

A la fin de chacune des rotations, des écumes de sucreries ont été apportées à la parcelle (10 t/ha à la mi-septembre 2007 et 15 t/ha fin août 2011).

Durant la première rotation, seuls deux labours ont été effectués (labours d'hiver avant la pomme de terre en novembre 2005 et avant la betterave en janvier 2008) alors que trois labours ont été réalisés durant la deuxième rotation (au semis du blé d'hiver en novembre 2008, après la moutarde en décembre 2009 et un labour d'hiver en fin de seconde rotation après le froment en octobre 2011).

De plus, la seconde rotation se distingue de la première par l'apport de fumier de bovin et l'implantation d'une culture intercalaire piège à nitrates. Le fumier a été apporté à la suite de la culture de froment d'hiver de 2009 (fin août 2009). Cet apport a été rapidement suivi d'un déchaumage et du semis de la culture de moutarde (1 septembre 2009). Cette culture a été broyée début décembre puis enfouie par un labour une dizaine de jours plus tard.

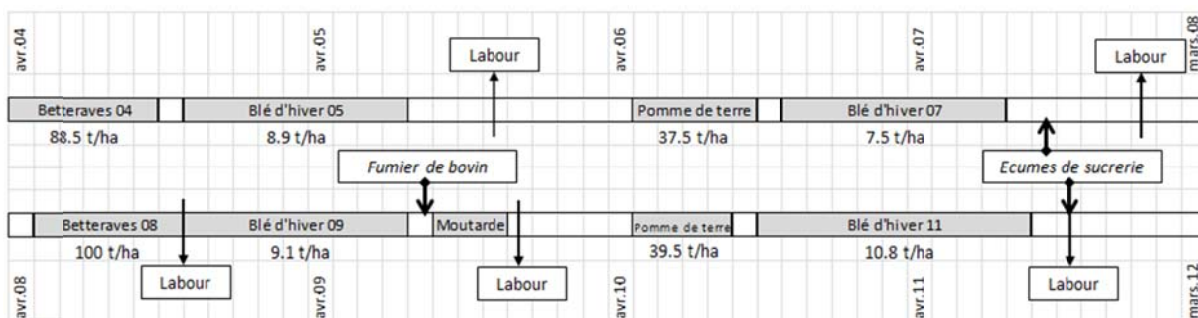


Figure 10.2 – Comparaison des itinéraires techniques des 2 rotations et indication du rendement des différentes cultures.

2.2 Comparaison des bilans carbonés des 2 rotations

2.2.1 Flux de respiration et de photosynthèse

La Figure 10.3 présente, pour les huit ans de mesure, les flux de respiration (valeurs positives) et les flux de photosynthèse (valeurs négatives) de l'écosystème. Les bandes grisées représentent les périodes entre semis et récolte des différentes cultures. Les différents labours (L), apport de fumier de bovin (Fu) et d'écumes de sucrerie (ES) sont indiquées par des flèches.

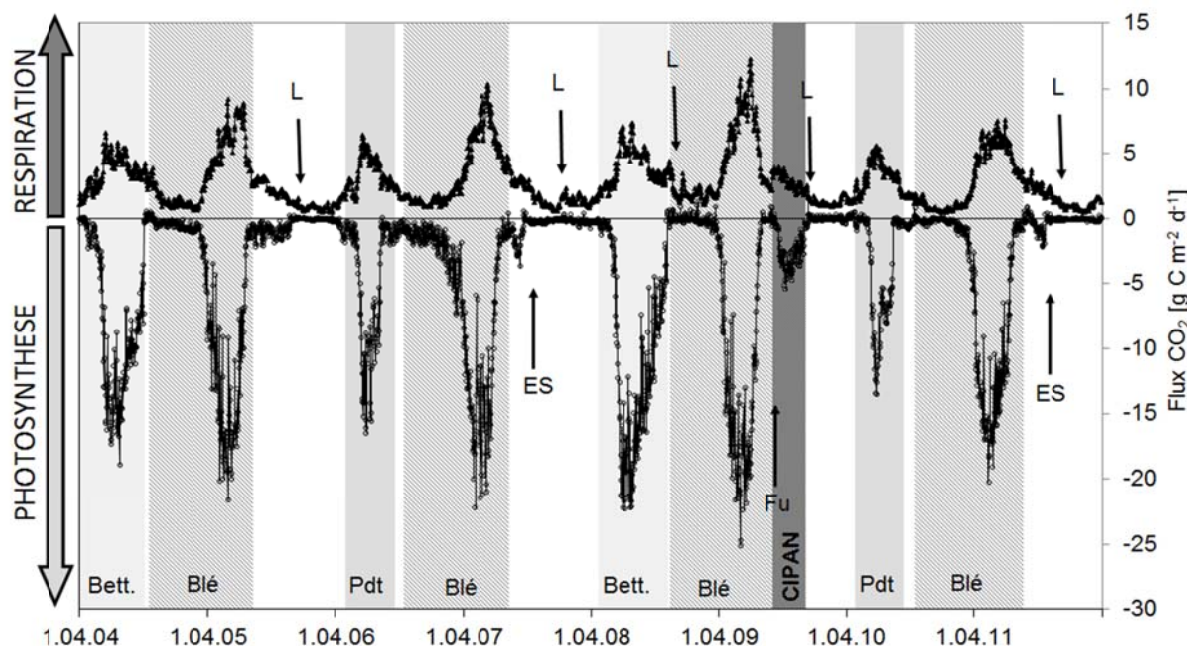


Figure 10.3 – Evolutions journalières des flux de respiration et de photosynthèse.

Il apparaît tout d'abord une alternance de périodes de flux importants durant les périodes où la végétation est développée et de flux plus faibles durant les intercultures. Les flux de photosynthèses les plus importants sont observés durant les cultures de betteraves et de froment d'hiver. Les quantités journalières de flux de CO₂ assimilées durant les cultures de pommes de terre sont beaucoup plus faibles et, de plus, leur saison de végétation est beaucoup

plus courte. Les flux de respiration les plus importants sont observés sur les cultures de froment d'hiver. Pour toutes les cultures, les flux de respiration et de photosynthèse sont synchronisés traduisant une augmentation de l'activité de la culture menant à une augmentation de la respiration des plantes durant les périodes d'importants flux de photosynthèse.

Durant les intercultures, les flux sont essentiellement des émissions de CO₂ dus à la respiration des microorganismes du sol qui dégradent la matière organique du sol. Même si les flux moyens de respiration durant les intercultures sont de l'ordre de la moitié des flux moyens de respiration durant les périodes de végétations, ils ne sont pas négligeables, comme le montre la Figure 10.4. De plus, durant près de 40 % du temps, la parcelle est en interculture et donc l'impact des intercultures sur le bilan carboné est non négligeable et leur gestion mérite de plus amples études.

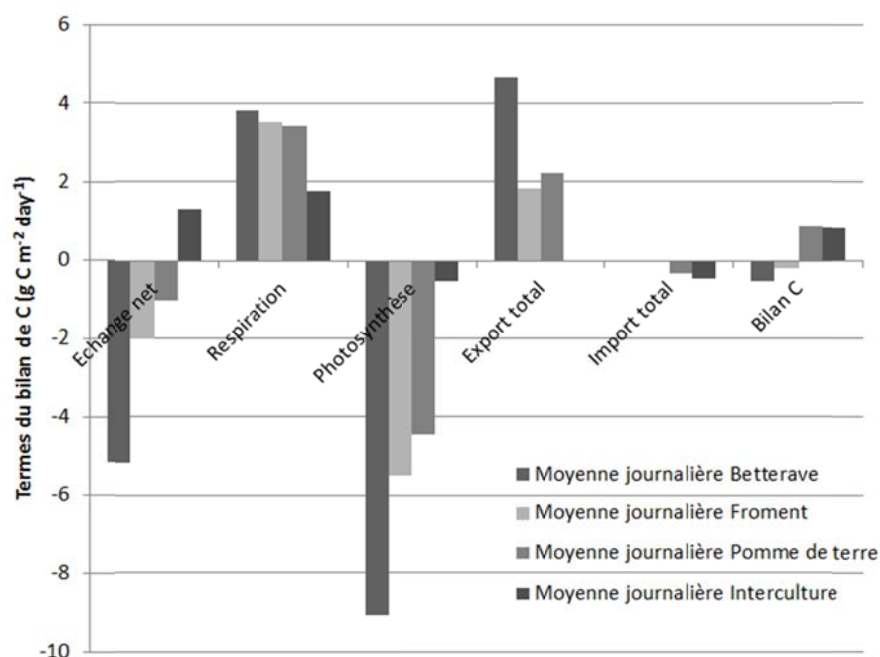


Figure 10.4 – Termes du bilan carbonés présentés par type de culture et moyenné par jour sur les deux rotations.

2.2.2 Impacts des labours, de l'apport de fumier et de la CIPAN sur les flux de photosynthèse et de respiration

Pour les 5 labours effectués durant la rotation, aucune forte émission de CO₂ n'a été observée dans la parcelle. Afin d'étudier les impacts des labours sur les flux de respiration, la dépendance des flux de respiration à la température est éliminée via une simple modélisation. En effet, les flux de respiration sont très dépendants de la température et il est important de ne pas confondre les impacts climatiques et les impacts résultant d'interventions culturales.

Le premier labour (novembre 2005) a été réalisé sur les repousses. Ses effets les plus importants ont été d'une part un arrêt immédiat de la photosynthèse des repousses et de leur respiration. Durant les jours suivants, l'impact sur la respiration est faible.

Au deuxième et cinquième labour, l'impact sur les flux passe plutôt inaperçu.

Le troisième labour se fait au semis de la culture de blé (novembre 2009), moins de 10 jours après la récolte des betteraves. En fin de culture de la betterave, les flux de respiration augmentent alors que ceux de photosynthèse diminuent, traduisant un ralentissement de l'activité de la betterave en fin de saison. Après la récolte, les flux de respiration continuent à augmenter, conséquences des feuilles et collets laissés en surface et qui commencent à se décomposer, alors que les flux de photosynthèse sont interrompus. A partir du labour et donc de l'enfouissement des feuilles et collets de betteraves, une diminution de la respiration s'entame.

Après la culture de froment d'hiver en 2009, du fumier de bovin est épandu sur la parcelle et cet apport est suivi d'un déchaumage et du semis de la moutarde. Dès l'application du fumier, une augmentation des respirations indépendantes de la température est observée. Ensuite, la respiration est constante jusqu'au labour. Ce maintien de la respiration est un effet combiné de la décomposition du fumier et de l'augmentation de la respiration due à la présence des moutardes. Le labour a comme conséquence de déclencher une lente diminution de la respiration jusque mi-février.

L'impact sur le bilan carboné de l'introduction de la CIPAN est difficile à estimer en raison du fait qu'elle a été combinée à un apport de fumier. Durant la présence de la moutarde, il a été observé un flux net positif, c'est-à-dire une prédominance des flux de respiration par rapport au flux de photosynthèse. Mais les impacts de la restitution de matière organique doivent s'évaluer sur le plus long terme, tant en terme de flux de CO₂ que de taux de carbone dans les sols.

2.2.3 Comparaison des bilans carbonés

La Figure 10.5 présente les différents termes du bilan carboné pour les 2 rotations. Les échanges nets mesurés par le système de covariance de turbulence sont quasiment identiques durant les 2 rotations, même si une plus grande respiration et une plus grande photosynthèse ont été observées durant la seconde rotation.

Par contre, au niveau des exportations, une plus grande quantité de C a été exportée durant la seconde rotation. Cela provient d'une part d'excellents rendements en betteraves en 2008 combiné à une saison de végétation plus longue menant à une exportation de C de plus de 20 % supérieure en 2008 qu'en 2004 et, d'autre part, de plus faibles rendements de l'année de froment d'hiver 2007, durant la première rotation. Les exportations des 3 autres années de blé sont en effet similaires.

Vu l'apport du fumier durant la seconde rotation, on voit que les importations sont supérieures durant la seconde rotation.

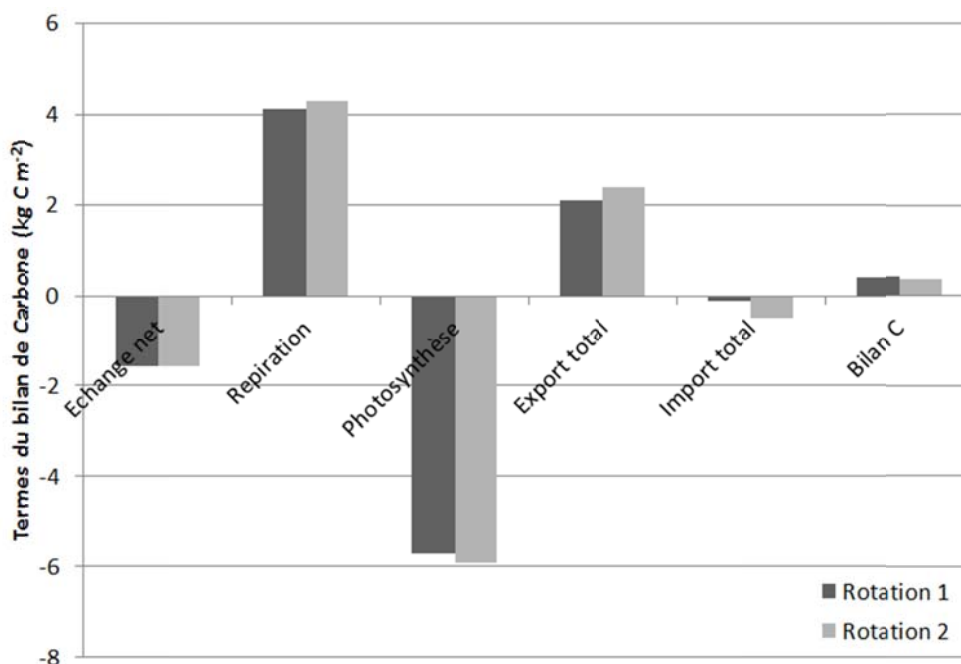


Figure 10.5 – Comparaison des différents termes du bilan de C pour les 2 rotations.

En final, il apparaît que malgré les importations de fumier et l'introduction d'une CIPAN en seconde rotation, les bilans carbonés des rotations sont très semblables. Durant les deux rotations, l'écosystème se comporte comme une légère source de C, suggérant que les contenus en C du sol de la parcelle sont en légère diminution. Il est cependant essentiel de remarquer qu'au vu des incertitudes sur les différents termes du bilan, ce résultat n'est pas significativement différent de zéro.

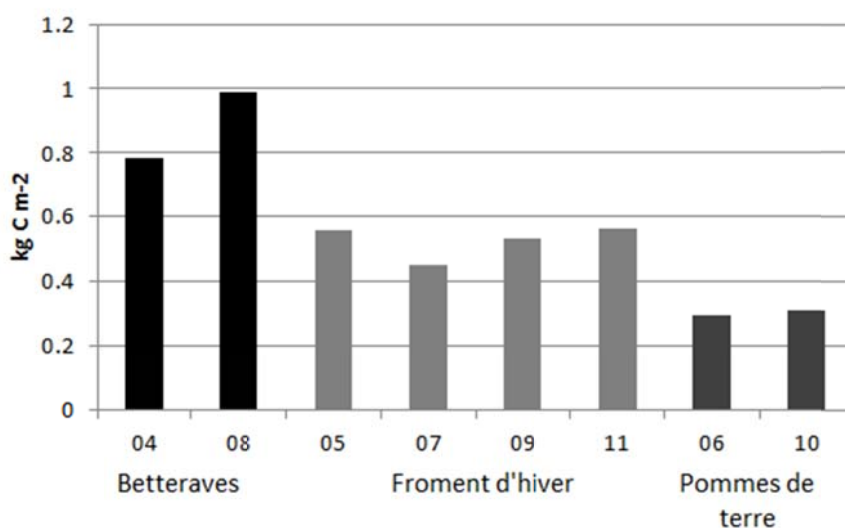


Figure 10.6 – Quantités de carbone exportées par culture (kg C m⁻²).

3 Conclusions et perspectives

Durant les deux rotations, l'écosystème ne s'avère ni émetteur ni fixateur de CO₂. La très faible différence en termes de bilan carboné entre les deux rotations est étonnante au vu des différences de gestion, et en particulier la présence en seconde rotation d'un apport de fumier de bovins et d'une culture intercalaire piège à nitrates qui, en étant réincorporée dans le sol lors du labour, accroît ainsi les restitutions au sol. Ces pratiques sont contrebalancées par l'importante quantité de C exportée dans les racines de la culture de betteraves en 2008 et, dans une moindre mesure, les faibles rendements de notre parcelle lors de la culture de froment en 2007. Pour rappel, cette année s'était caractérisée par un hiver exceptionnellement doux mais un début d'été très humide et couvert ayant favorisé l'apparition de fusariose. Bien que correctement protégée par des fongicides, les rendements en grains et en paille de notre parcelle ont été inférieurs en 2007 par rapport aux autres années.

L'Observatoire Terrestre de Lonzée est en train d'intégrer le réseau européen d'infrastructure ICOS. Grâce à cela, les mesures vont être poursuivies dans les prochaines années et l'observation du comportement d'un écosystème typique de la région limoneuse et exploité en tant que parcelle de production va continuer. Les effets du climat et des pratiques culturales continueront à être étudiés afin de mieux comprendre les dépendances de nos cultures aux aléas climatiques et ainsi aux changements du climat à venir.

Par ailleurs, l'installation d'un système de mesure par covariance de turbulence des flux de N₂O va être réalisée cette année sur la parcelle. Ainsi, les émissions de N₂O vont pouvoir également être quantifiées et les effets de la fertilisation ou de l'utilisation de CIPAN mieux connus. Cela constituera un atout fort pour les recherches futures sur l'OT de Lonzée car peu d'OT à travers l'Europe sont actuellement équipés de tels appareils. De plus, bien que le N₂O soit le gaz à effet de serre le plus important émis par les cultures, il subsiste de grandes incertitudes sur les quantités produites par les sols agricoles ainsi que sur les dépendances climatiques de ses émissions et les impacts de la fertilisation.

Par ailleurs, afin de mieux quantifier et comprendre les impacts des différents modes de travail du sol, de la restitution des résidus et de la gestion des cultures intercalaires, des parcelles d'essais sont menées à plus petites échelles et les impacts de ces pratiques sont étudiés en termes non seulement d'émissions de gaz à effet de serre mais également en termes de rendements, d'impact sur la qualité des sols, sur le développement d'adventices ou de maladies.

