

9. Les grandes cultures et le CO₂

B. Bodson¹, F. Vancutsem¹, D. Dufranne², C. Moureaux² et M. Aubinet²

1	Les flux de CO ₂ dans une culture	2
2	Les mesures de flux	3
3	Les résultats	4
4	Les enseignements et perspectives	6

¹ F.U.S.A.Gx – Unité de Phytotechnie des Régions Tempérées

² F.U.S.A.Gx – Unité de Physique des bio-systèmes

Nos grandes cultures agricoles absorbent autant de CO₂ que nos forêts, mais la gestion raisonnée des flux de carbone dans les terres sous cultures sera primordiale.

1 Les flux de CO₂ dans une culture

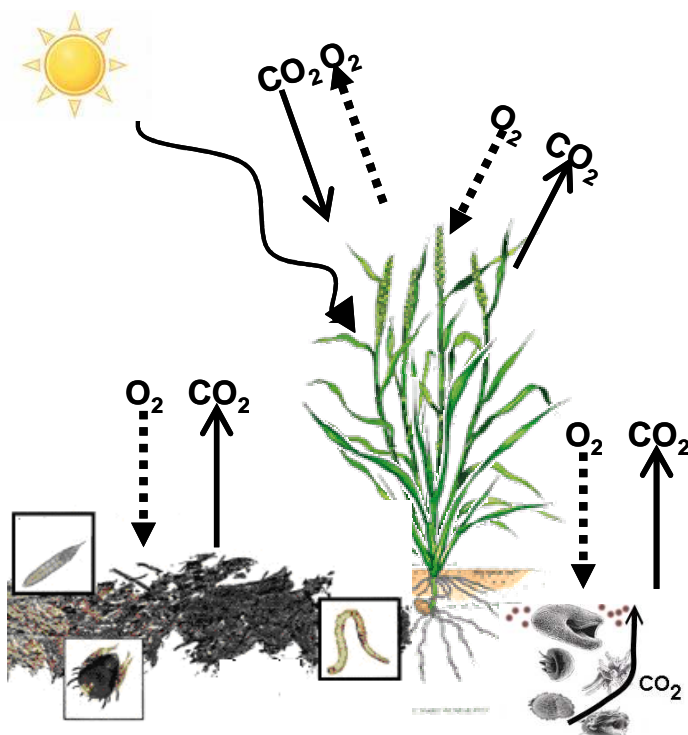


Figure 9.1 – Echange gazeux au sein d'une culture de froment.

Comme la plupart des écosystèmes terrestres, les grandes cultures échangent en permanence du CO₂ avec l'atmosphère.

Grâce au processus de photosynthèse présent dans tous les organes verts de la plante, durant la journée, les plantes prélèvent du CO₂ dans l'atmosphère, incorpore le carbone (C) dans leurs cellules et rejettent l'oxygène (O₂) dans l'atmosphère.

En même temps, de jour comme de nuit, la plante toute entière (feuilles, tiges, racines) comme tout être vivant respire et émet du CO₂, cette respiration est appelée autotrophe.

Seule une partie de la matière photosynthétisée durant le cycle de production de la culture est exportée au moment de la récolte. Certains organes de la culture (feuilles, racines) cessent de photosynthétiser avant la fin du cycle et meurent, leur dégradation est aussi une source de CO₂.

Le sol émet dans l'atmosphère du CO₂ qui provient de l'activité microbienne (respiration hétérotrophe). Les flux sont influencés par la présence de microorganismes, par les conditions microclimatiques du sol (température, humidité), par les quantités, qualités et rythmes d'apport de matières organiques dans le sol et bien sûr par les perturbations dues au travail du sol.

2 Les mesures de flux

Depuis 2004, des chercheurs de la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux mesurent en permanence les flux de dioxyde de carbone (CO₂) échangés par une parcelle agricole de la Ferme de l'abbaye d'Argenton à Lonzée (Gembloux).

Au cœur de ce champ de 12 hectares, un appareillage sophistiqué permettant d'obtenir des données micrométéorologiques, physiologiques, microbiologiques et phytotechniques a été installé. L'objectif de ces recherches est d'étudier précisément l'impact des surfaces consacrées à ces grandes cultures dans le bilan de CO₂ atmosphérique.

- Mesures à l'échelle de la parcelle :

La méthode utilisée pour mesurer les flux de dioxyde de carbone à l'échelle de la culture est basée sur des mesures à haute fréquence de la teneur de l'atmosphère en CO₂ et de la turbulence de l'air (méthode de « covariance de turbulence »). Au total, ce sont plus de 300.000 mesures instantanées qui sont traitées pour obtenir chaque demi-heure, une mesure du flux échangé. Il est dès lors possible d'observer avec précision les prélèvements de CO₂ dus à la photosynthèse, les rejets de CO₂ dus à la respiration et l'évolution de ces flux au cours de la journée et de la saison ainsi que leurs variations suite aux conditions climatiques (rayonnement, température, humidité, notamment).

- Mesures à l'échelle du sol :

Le sol a également fait l'objet d'un ensemble de mesures afin de caractériser sa teneur en carbone, en matière organique. Les flux de CO₂ émis par le sol sont mesurés sous sols nus et sous sols cultivés tout au long de l'année.

- Mesures de biomasse :

Ces mesures sont réalisées afin d'étudier l'évolution tout au long de la saison culturale de la biomasse végétale, de sa teneur en carbone, de la capacité photosynthétique des différents organes ainsi que la caractérisation du couvert végétal et des plantes individuelles. Des mesures précises de rendement et des quantités de résidus végétaux laissés sur le sol sont également effectuées.

Toutes les données recueillies à des échelles de temps et d'espace différentes ont permis de quantifier de manière très précise l'ensemble des flux de CO₂ tout au long des bientôt cinq années de suivi de la parcelle.

Historique de la parcelle :

- Avril 2004 : semis de betterave sucrière ;
- Octobre 2004 : juste après l'arrachage des betteraves, emblavement de froment d'hiver sans labour ;
- Automne 2005 : pas de culture intercalaire ;
- Hiver 2005 : réalisation d'un labour d'hiver ;

- Printemps 2006 : implantation d'une culture de plants de pomme de terre, défanée en août et récoltée en septembre ;
- Octobre 2006 : semis d'un froment d'hiver sans labour, la culture a profité de conditions automnales et hivernales exceptionnellement douces pour se développer plus que la normale mais les excès de température, la sécheresse d'avril 2007 et les mauvaises conditions en fin de saison ont provoqué une diminution des surfaces photosynthétisantes (dernière feuille petite et maladies) et donc ont réduit l'assimilation carbonée.

3 Les résultats

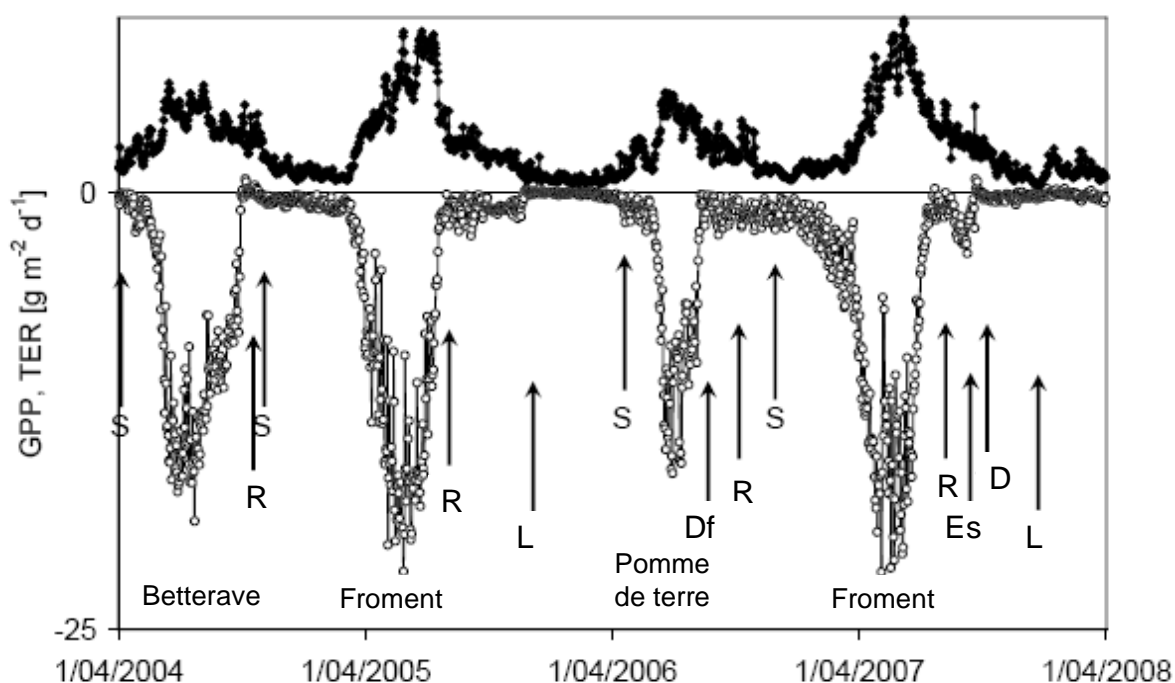


Figure 9.2 - Flux de CO₂ enregistrés sur une période de 4 ans – Lonzée 2004 – 2008.

La figure 9.2 illustre les flux enregistrés au cours des 4 premières années sur la parcelle. La courbe inférieure reliant de petits cercles indique l'importance du prélèvement dans l'atmosphère du CO₂ par l'assimilation (flux négatifs) ; la courbe supérieure, les points noirs, représente la variation et l'intensité des émissions de CO₂ dues aux respirations cumulées de la culture et du sol. Dans ce graphique, des flèches indiquent les moments où sont intervenus les semis (S), les récoltes (R), les labours (L), le défanage des pommes de terre (Df), le déchaumage (D) et l'application d'écumes de sucreries (Es).

Les résultats montrent que sur les quatre premières années, les cultures étudiées ont absorbé une quantité nette de Carbone de l'ordre de 16 tonnes par hectare (400gC/m²/an). Ces chiffres

sont du même ordre de grandeur que ceux mesurés en forêts. Cette comparaison est facilitée grâce aux données récoltées par l'Unité de Physique des Biosystèmes de la Faculté de Gembloux. Elle gère depuis plus de dix ans un système de mesure comparable placé au dessus d'une forêt à Vielsalm. A titre indicatif, les flux annuels sont de 4 tonnes par hectare dans les hêtres et 6 tonnes par hectare dans les Douglas.

Ces résultats varient énormément d'une culture à l'autre : 8,0 tonnes pour la betterave en 2004, 6,3 tonnes pour le froment en 2005, 3,1 tonnes en 2006 pour les plants de pomme de terre et 7,3 tonnes pour le froment en 2007. Ces prélèvements de carbone dans l'atmosphère sont toutefois contrebalancés en partie par l'émission de 8,8 tonnes de C durant l'ensemble des périodes d'intercultures.

Les conditions climatiques et de croissance des cultures influencent fortement les quantités nettes de C absorbées par les cultures, la comparaison des courbes pour les deux cultures de froment constitue à cet égard un bel exemple, en particulier durant les phases de croissance automnales.

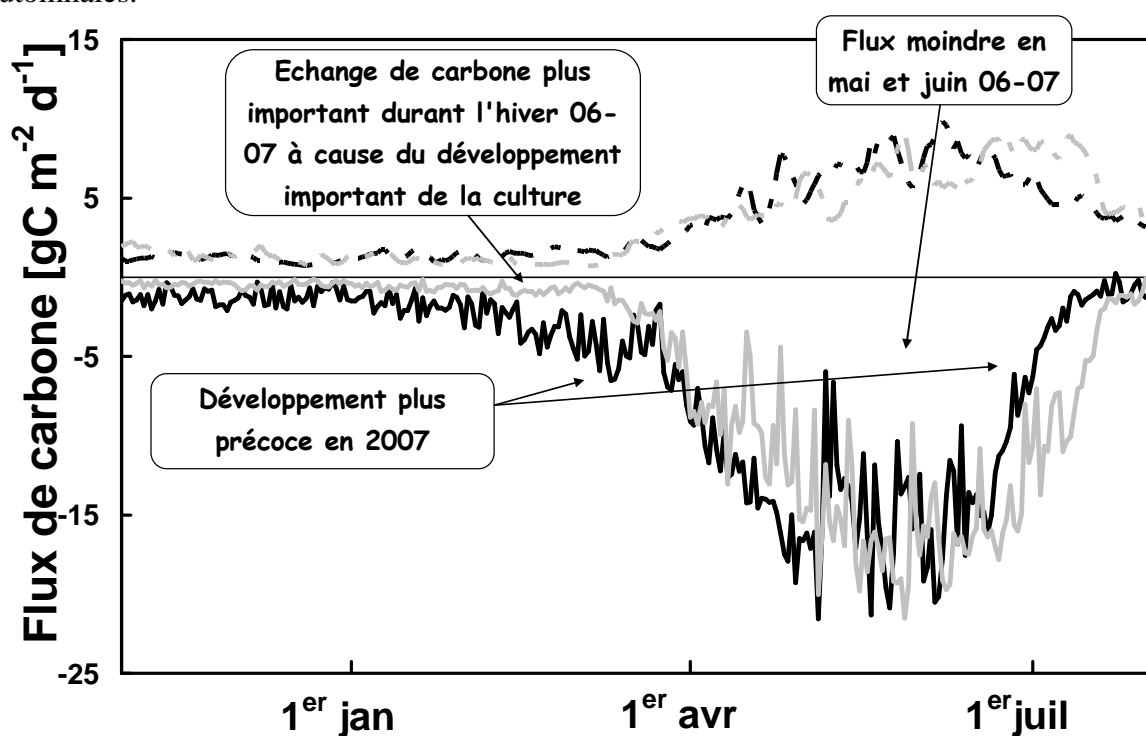


Figure 9.3 – Comparaison des flux de C de deux saisons de culture de froment d'hiver : en gris : saison 2004-2005, en noir : saison 2006-2007.

Durant les quatre années de l'expérimentation, les pailles des deux cultures de froment ont été récoltées, il n'y a pas eu d'apports de matières organiques (fumier), ni de cultures d'engrais verts entre les cultures de froments et les cultures de betterave ou de pomme de terre. Dès lors, si on déduit des quantités nettes de C absorbées par les cultures au cours des 4 années, les quantités de C contenues dans les racines de betteraves, les grains et les pailles, ainsi que les tubercules de pomme de terre qui ont été exportées de la parcelle, on aboutit au terme des quatre années à une perte de C au niveau de la parcelle de l'ordre de 1,7 tonnes par hectare.

Les observations montrent aussi que la dégradation des résidus de culture après la récolte induit des émissions conséquentes, on peut aussi remarquer que, contrairement à certaines affirmations, le labour ne provoque pas des émissions importantes de CO₂.

La valeur scientifique des études menées dans le cadre de cette étude originale a été internationalement reconnue et le site de Lonzée est maintenant un des sites de référence dans le cadre du réseau européen de mesure « Carboeurope ». A ce jour, plus de trente équipes du monde entier utilisent ces données pour réaliser des comparaisons entre sites ou pour calibrer des modèles de prédiction de la teneur de l'atmosphère en CO₂ à une échelle européenne ou mondiale. Ces résultats sont en accord avec ceux de recherches menées parallèlement sur d'autres sites européens de grande culture.

4 Les enseignements et perspectives

Les résultats de cette expérimentation montrent que :

- il est possible de mesurer de manière très précise les flux de CO₂ et de réaliser des bilans de C complets à l'échelle de la parcelle ;
- dans cette rotation quadriennale, l'exportation complète des pailles (comme source de biomasse ou de biomatériaux) sans restitutions de matières organiques entraînerait une dégradation rapide de la teneur en carbone des sols et donc une perte de leur fertilité ;
- que la gestion des résidus de cultures (enfouissement ou pas), le type de travail du sol et l'interculture jouent un rôle important au niveau des émissions de CO₂.

Il est donc extrêmement important et urgent de s'atteler à évaluer l'impact des pratiques agricoles sur ces flux.

Quelle est l'influence du mode de travail du sol ? Quel est le niveau minimum de restitution des résidus de culture (paille) ? Quelle est l'incidence de l'intensification des cultures sur ces flux nets ? Concrètement, comment améliorer l'absorption de CO₂ par les surfaces agricoles grâce à un mode de gestion adéquat du sol et des cultures ?

L'étude des flux d'autres gaz à effet de serre (méthane, protoxyde d'azote) mérite également un développement.

Le bilan carboné des grandes cultures était un projet interdisciplinaire, financé par la Communauté française dans le cadre d'une initiative « Action de Recherche Concertée » et impliquait trois unités de la Faculté de Gembloux (l'Unité de Physique des Biosystèmes, l'Unité de Phytotechnie tempérée et le laboratoire d'Ecologie Microbienne).