

Does agricultural practice have a higher impact than climatic variability on carbon storage in grazed grassland?

Katja Klumpp, Tiphaine Tallec, Noelle Guix, Jean-François Soussana

► **To cite this version:**

Katja Klumpp, Tiphaine Tallec, Noelle Guix, Jean-François Soussana. Does agricultural practice have a higher impact than climatic variability on carbon storage in grazed grassland?. Rencontres, Recherches, Ruminants, Institut de l'Élevage (IDELE). FRA., Dec 2010, Paris, France. hal-02758466

HAL Id: hal-02758466

<https://hal.inrae.fr/hal-02758466>

Submitted on 4 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La pratique agricole a-t-elle plus d'impact que la variabilité climatique sur le stockage du carbone en prairie pâturée?

KLUMPP K. (1), GUIX N. (2, 3), TALLEC T. (1), SOUSSANA J.-F. (1)

(1) INRA UR 874 Ecosystème Prairial, Site de Crouël, 234 avenue du Brézet, F-63100 Clermont-Ferrand, France

(2) Clermont Université, VetAgro Sup Campus agronomique de Clermont, UR AFOS 2008.03.100, F-63370 Lempdes, France

(3) VetAgro Sup Campus agronomique de Clermont, UR AFOS 2008.03.100, F-63370 Lempdes, France

RESUME- Dans le contexte actuel du changement climatique, la variabilité intra et interannuelle des précipitations peut conduire à une modification majeure de la production des prairies et de leur capacité à stocker le carbone. Comprendre comment la variabilité climatique affectera les mécanismes impliqués dans les échanges nets de CO₂ (NEE) en prairie et pouvoir les anticiper, constituent des objectifs communs pour l'adaptation aux extrêmes climatiques et la lutte contre l'accroissement de l'effet de serre. Depuis 2002, les échanges de CO₂ entre prairie pâturée et atmosphère sont mesurés en continu sur 2 parcelles de moyenne montagne, modérément intensive (1UGB/ha/an, fertilisation azotée, minérale, 2,81 ha) et extensive (0,5 UGB/ha/an, pas de fertilisation, 3,64 ha), du site ORE prairies permanentes de Laqueuille (Puy de Dôme). Ce dispositif offre la possibilité unique de pouvoir comparer les impacts d'années "sèches" (2003 et 2005) et "normales" en interaction avec les pratiques agricoles. Le bilan des sept années de mesures montre que les prairies pâturées représentent un puits net de carbone et que l'extensification a permis de stocker en moyenne plus de carbone dans la prairie que l'intensification. Il existe toutefois une forte variabilité de la NEE entre années et entre traitements. Les résultats indiquent qu'au cours des années présentant un été sec ou un hiver doux, la parcelle extensive stocke moins de carbone que la parcelle intensive. L'analyse approfondie des flux de photosynthèse brute (GPP) et de la respiration de l'écosystème (Reco) démontre que (i) la quantité et la répartition saisonnière des précipitations jouent un rôle majeur dans le stockage du carbone et que (ii) des sols de prairies soumises à une gestion modérément intensive, avec apport d'azote, présenteraient un potentiel de stockage de carbone plus élevé lors d'épisodes de sécheresse et/ou vague de chaleur. Cependant cette intensification peut aussi conduire à une émission de N₂O nettement plus importante que celui d'un sol de prairie extensive, aggravant finalement le bilan de gaz à effet de serre.

Does agricultural practice have a higher impact than climatic variability on carbon storage in grazed grassland?

KLUMPP K. (1), GUIX N., TALLEC T., SOUSSANA J.-F.

(1) INRA, UREP UR874, Grassland Ecosystem Research, 234 Av. du Brézet, Clermont-Ferrand F-63100, France.

In the current context of climate change, intra- and inter-annual variability of precipitation can lead to major modifications of grassland production and carbon storage capacity. A better insight into how climatic variability affects net carbon exchange (i.e. NEE) of grazed grasslands are, thus, important to prevent extreme events and increasing greenhouse gas emissions. Since 2002, we continuously measured NEE (eddy covariance technique) on an upland grassland site (7ha), divided into two paddocks grazed by heifers (moderate intensive: 1 LSU/ha/year, 213 kg N/ha/year and extensive: 0.5 LSU/ha/year, no fertilisation). Continuous measurements allowed comparing "normal" and dry years (2003 and 2005) in relation to agricultural practices. Seven years of C balance, show that both paddocks are a net sink of C. and the extensively managed paddock has a higher cumulated C stock than the intensively managed paddock. However, a strong variability of NEE was observed between years and treatments. The results show that during dry summer years or tepid winter, the extensively grazed paddock stores less carbon (smaller cumulated NEE) than the intensive paddock. Further analyses of GPP and Reco show that (i) precipitation quantity and seasonal distribution play an important role for carbon storage and that (ii) grassland subjected to a moderately intensive management, with N supply, may have a higher carbon storage potential during drought or heat wave. However, N₂O emissions are likely to be more important in the intensive paddock which worsens net greenhouse gas balance.

INTRODUCTION

Les émissions de l'agriculture (107 millions de Teq CO₂), hors émissions dues à la fabrication des intrants et à leur transport représentent 1/5ième des émissions brutes de GES (Gaz à Effet de Serre) au niveau national (560 millions de Teq CO₂) (Institut de l'élevage). En plus d'une augmentation de la température d'environ 1 à 2,5°C avant 2030, la répartition spatiale et temporelle des précipitations ainsi que la fréquence des événements extrêmes devraient être modifiées (augmentation des vagues de chaleur, des sécheresses ou des inondations). Le changement climatique affectera également la durée de la saison de végétation, le cycle des cultures ainsi que le rendement des productions agricoles. La canicule de l'été 2003 a d'ailleurs préfiguré les

risques encourus face à la variabilité climatique. Les productions agricoles ont, en moyenne, chuté de 25% à l'échelle de l'Europe. Cet impact négatif a notamment été retrouvé sur le bilan de GES réduisant de 500 millions de tonnes le carbone stocké par les écosystèmes terrestres européens (Ciais *et al.*, 2005), soit l'équivalent de 4 années de séquestration nette. Les sols des prairies permanentes comme ceux des forêts ont la capacité de stocker durablement du carbone. Ce stockage compense 75 % du méthane émis lors de la rumination. Le stockage annuel de carbone sous une prairie est de 0,5 à 1 tonnes de carbone par hectare (Soussana *et al.*, 2007) et varie selon l'âge des prairies et des modalités de conduite (fertilisation, mode de récolte, intensité du pâturage). Les pâturages représentent 70% des terres agricoles, et couvrent 26% de la surface de la

terre. Avec près de 3,4 milliards d'hectares, les prairies peuvent donc jouer un rôle important en ce qui a trait à l'adaptation et à la réduction de la vulnérabilité au changement climatique. Comprendre comment la variabilité climatique affectera les mécanismes impliqués dans les échanges de CO₂ (NEE) en prairie et pouvoir les anticiper, constituent des objectifs communs pour l'adaptation aux extrêmes climatiques et la lutte contre l'accroissement de l'effet de serre.

L'objectif de cette étude est de mesurer et comprendre les effets de la variabilité climatique inter/intra-annuelle et des pratiques de gestion sur le stockage de carbone en prairies pâturées de moyenne montagne. Cette étude a fait l'objet d'un suivi des flux de CO₂ sur 7 années contrastant dans leur régime hydrique et températures saisonniers.

Nous avons analysé les effets de la variation des précipitations annuelles et saisonnières, de la teneur en eau des sols, de la disponibilité en N des sols et de la composition floristique sur les flux annuels et saisonniers de CO₂ et H₂O. Nous avons testé les hypothèses suivantes : (1) les flux de CO₂ et H₂O augmentent simultanément avec les précipitations ; (2) les périodes de sécheresse affectent négativement le stockage de CO₂ ; (3) la fertilisation N augmente la réponse aux précipitations ; (4) la structure du couvert influence la réponse aux précipitations.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Cette étude a été réalisée sur le site Observatoire de Recherche en Environnement prairies permanentes de Laqueuille (Puy de Dôme, 63) (45°38'N, 2°44'E). Le site expérimental (6.65 ha), converti en prairie permanente il y a plus de 50 ans, se situe sur un plateau de moyenne montagne à 1040 m d'altitude. Son sol repose sur une roche basaltique, avec une profondeur qui varie entre 35 et 80 cm. Le sol est un Andosol (argile : 16%, limon : 56%, sable : 28%) constitué de 18% de matière organique dans les 10 premiers centimètres. La densité apparente de cet horizon est de 640 kg m⁻³. Les précipitations annuelles moyennes mesurées sur 20 ans atteignent 1221 mm, avec des moyennes mensuelles supérieures à 80 mm. La température moyenne annuelle mesurée sur 20 ans s'élève à 8°C. En 2002, la parcelle a été divisée en deux parcelles adjacentes, pâturées en continu par des génisses Holstein-Friesian de mai à octobre. Deux types de gestion sont appliqués, modérément intensive (1UGB/ha/an, fertilisation azotée, minérale 210 kg N ha⁻¹ an⁻¹, 2,81 ha) et extensive (0,5 UGB/ha/an, pas de fertilisation, 3,64 ha). Nous parlerons d'extensification pour la parcelle extensive pour traduire à la fois la réduction du chargement animal et l'arrêt de la fertilisation azotée.

1.2. ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DES COMMUNAUTES

Pendant la période de croissance, la **production de biomasse aérienne** a été mesurée à l'aide de 10 cages d'exclusion (surface de 1 m²) dans chacune des parcelles. Chaque mois, les cages ont été déplacées dans les parcelles et la biomasse présente sous les cages d'exclusion a été coupée à 4 cm de hauteur. Les biomasses récoltées ont été séparées en matières vivante et sénescence, puis séchées (60°C, 48 heures) et pesées. Avant chaque déplacement des cages, les biomasses issues de la repousse ont été récoltées et séchées afin de déterminer la productivité de la prairie.

La **composition floristique** a été déterminée sur cinq transects (longueur : 40 m) dans les 2 parcelles en 2002 avant la mise en place du dispositif expérimental puis suivie une fois par an (2003, 2004, 2006, 2007 et 2008) en juin.

1.3. MESURES METEOROLOGIQUES ET MESURES DE FLUX

Le site est équipé d'une station météorologique couplée à une centrale d'acquisition (Campbell Scientific Inc., modèle CR-10X) qui fournit toutes les 30 minutes les valeurs moyennées du rayonnement global (Rg), du rayonnement

net (Rn), des températures du sol (à la surface de sol et aux profondeurs de 5-10-30-50 cm), des teneurs en eau du sol (aux profondeurs de 5-10-30-50 cm), de la température de l'air, de la vitesse et la direction du vent et des précipitations. Le régime hydrique climatique saisonnier de chaque année de suivi a été caractérisé par rapport à la moyenne des précipitations saisonnières cumulées calculée sur 20 ans. Le pas de temps d'étude choisi est celui de la saison afin de comprendre les différences de stockage annuel observées entre les 2 traitements.

Chaque parcelle est équipée d'un mât de mesure pour les flux de CO₂ par la méthode des fluctuations turbulentes (analyseur CO₂-H₂O LI-7500 et anémomètre sonique, Gill Instruments, Lymington, UK, modèle Solent R3). La NEE (Net Ecosystem carbon Exchange) correspond au flux net de carbone qui résulte de la différence entre les flux de CO₂ associés à la respiration (libération CO₂) de l'écosystème (appelé Reco) et ceux associés à la photosynthèse (fixation CO₂) du couvert végétal chlorophyllien (appelé GPP, pour « Gross Primary Production »). Dès lors, une NEE négative indique une séquestration de CO₂ (ou retrait de CO₂ de l'atmosphère) et une valeur positive indique une libération de CO₂ par l'écosystème (ou ajout de CO₂ dans l'atmosphère). Le flux de chaleur latente correspond à l'énergie nécessaire à la conversion de l'eau en vapeur d'eau. Cette variable permet d'estimer l'évapotranspiration réelle. Le flux de chaleur sensible correspond à la quantité d'énergie nécessaire au réchauffement de l'air sans changement d'état de l'eau.

2. RESULTATS

2.1. CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES ET DYNAMIQUE DES COMMUNAUTES

2.1.1. Conditions climatiques

L'analyse des précipitations annuelles cumulées (Tab.1) montre que 6 années sur 7 présentent une pluviométrie annuelle cumulée inférieure à la normale (1227mm). Les années 2003 et 2005 présentent les valeurs de pluviométrie les plus faibles (755 et 820mm respectivement). La Fig.1 montre la fraction des précipitations saisonnières cumulées par saison et par année par rapport aux moyennes sur 20 ans. Globalement, les précipitations automnales et hivernales sont nettement inférieures aux normales saisonnières, à l'exception des années 2004 et 2007 dont les précipitations hivernales sont égales ou supérieures. Pendant la période de croissance végétative (printemps et été) les années 2003 et 2005 présentent des valeurs de précipitations nettement inférieures et/ou égales aux normales saisonnières, les autres années étant plus similaires. Dans l'absolu, ce sont également 2003 et 2005 qui présentent les valeurs de précipitations cumulées les plus faibles sur cette période de croissance (433 et 522mm respectivement). Les cumuls saisonniers des températures ne varient que très peu entre 2004 et 2006. Le printemps et l'été 2003 ainsi que les hivers 2007 et 2008 présentent un cumul des températures plus élevé en comparaison aux autres années (Fig. 1).

Des analyses statistiques ont été réalisées afin d'identifier les périodes sèches et humides sur la base des teneurs en eau du sol (seuil à 33%) et de classer les années en années sèches et humides selon la somme des périodes sèches. 2003 et 2005 sont qualifiées d'années « sèches ». L'analyse des teneurs en eau du sol fait apparaître des différences significatives entre les 2 traitements en périodes humides, l'intensif présentant généralement de plus faibles stocks d'eau (jusqu'à 5% inférieur) que l'extensif. Les valeurs varient entre 20 et 65%, avec des valeurs estivales comprises entre 20 et 30% (minima de 15% en 2003). Les teneurs en eau et les températures moyennes hebdomadaires sont négativement corrélées (P<0,001).

2.1.2. Dynamique des communautés : composition et productivité

Les deux parcelles présentent dès la première année une composition floristique divergente. L'année 2002 est aussi très différente de l'ensemble des autres années. Chaque année les communautés, en intensif et extensif, glissent vers une nouvelle structure tout en conservant les espèces matricielles. Les plus importants changements de structure de la végétation sont observés entre les années 2007 et 2008. Les espèces communes aux deux traitements sont *Dactylis glomerata*, *Trisetum flavescens*, *Poa trivialis* et *Agrostis capillaris*. Les espèces propres à l'extensif sont *Holcus mollis* et *Anthoxanthum odoratum* alors que *Trifolium repens* caractérise le système intensif.

Les deux traitements ont, globalement, une production de biomasse verte similaire et qui varie en fonction des années (Tab. 1). Cependant la productivité de la parcelle intensive est supérieure à celle de la parcelle extensive, qui présente une proportion supérieure de biomasse sénescence (données non présentées). Ces résultats s'expliquent par une vitesse de croissance (par unité de temps) plus élevée chez les espèces soumises à fertilisation azotée, couplées à une pression de pâturage plus importante limitant ainsi la production mesurée en système intensif.

2.2. ANALYSE DES FLUX DE CO₂

2.2.1. Analyse de la NEE

Le bilan des sept années de mesures montre que les prairies pâturées représentent un puits net de carbone (NEE cumulée de 1,25 et 1,4 t C ha⁻¹ sur 7 ans dans les traitements intensif et extensif respectivement, Tab 1). Les valeurs les plus faibles pour la NEE (i.e. traduisant un stockage le plus élevé) ont été enregistrées en 2007 et 2008, années présentant à la fois une pluviométrie annuelle élevée (1363 et 1033mm respectivement) ainsi que des températures en automne et hiver plus douces que les autres années.

Si l'extensification a permis de stocker, en moyenne, plus de carbone dans la prairie que l'intensification, il existe toutefois une forte variabilité de la NEE entre années et entre traitements (Tab.1). Le traitement extensif a stocké davantage de carbone que le traitement intensif de mai à décembre 2002 et pour les années 2004, 2006 et 2007. A l'inverse, le traitement intensif a présenté un stockage supérieur pour les années 2003, 2005 et 2008.

2.2.2. Analyse des variations des flux de GPP et Reco

Globalement, la GPP et la Reco de la parcelle intensive sont soit similaires soit supérieures à celle de la parcelle extensive quelles que soient la saison et l'année considérées. En intensif, la GPP et la Reco saisonnières sont d'autant plus élevées que les précipitations printanières et estivales le sont également (Fig. 1 et Tab 1). En 2003 et 2005, années « sèches », la Reco atteint des valeurs similaires à celles de l'extensif. La Reco est toutefois nettement supérieure en intensif qu'en extensif pour les années les plus humides (2004, 2006, 2007 et 2008).

A l'échelle hebdomadaire, la GPP et la Reco sont positivement corrélées avec la température moyenne. Si cette relation est similaire pour les deux traitements en périodes sèches, elle est différente en périodes humides. Dans ce cas, à T°C égale, la GPP et la Reco sont supérieures en intensif. Le ratio Reco/GPP est identique en intensif et extensif en périodes sèches. En périodes humides, ce ratio reste identique en intensif, alors qu'il diminue en extensif (P<0,01).

3. DISCUSSION

Contrôle des flux de CO₂ par les précipitations et les teneurs en eau du sol

Comme décrit précédemment, le traitement intensif répond fortement aux précipitations, à la fois en terme de production primaire et de respiration : les années « sèches » (2003 et 2005), la GPP et la Reco sont inférieures à celles des autres années, mais restent plus importantes que celles de

l'extensif, et le sont davantage en cas de fortes précipitations (notamment en 2004 et 2007). L'apport d'eau permettrait de mieux valoriser les substrats carbonés et azotés du sol et/ou de favoriser l'activité microbienne, tout en augmentant la productivité (et donc la GPP et Reco). Durant les étés et automnes 2003, 2005 et 2008, la parcelle intensive présente une Reco annuelle diminuée voire similaire à celle de l'extensif alors que sa GPP, même si elle est plus faible que les autres années, reste supérieure à celle de l'extensif. Cela se traduit par un stockage de carbone plus élevé que dans le traitement extensif. Pour ces saisons, l'analyse des teneurs en eau du sol ne fait pas apparaître de seuil critique limitant l'activité de la végétation même si les sommes des précipitations en été ou au printemps sont inférieures à celles observées les autres années. Les analyses statistiques réalisées sur les données hebdomadaires obtenues sur 6 années de suivi confirment qu'en semaines humides, l'intensif présente une GPP et Reco supérieures à l'extensif. En revanche, pour les semaines sèches, il n'a y pas de différence entre les deux traitements. Ceci indique que les flux de CO₂ et la productivité sont nettement moins variables dans le traitement extensif, quelles que soient les précipitations. Cette absence d'effet, en comparaison aux résultats de l'intensif, suggère une limitation des processus liée soit aux propriétés du couvert végétal et/ou de son action sur le milieu, soit à la faible disponibilité en substrat azoté et/ou carboné dans le sol qui peut être attribuée à l'absence de fertilisation et/ou à un appauvrissement du milieu. La proportion de GPP respirée en intensif est constante, quelles que soient les conditions climatiques. Mais elle diminue pour l'extensif en conditions humides. Ainsi, la NEE en intensif est inférieure en période humide et supérieure en période sèche à celle de l'extensif. En périodes humides, la respiration hétérotrophe pourrait être plus faible en extensif du fait d'une moindre disponibilité en azote et/ou d'une biomasse (ou activité) microbienne inférieure et différente de celle de l'intensif. L'absence de fertilisation et une durée de vie des racines plus longues en extensif pourraient expliquer cette moindre disponibilité en azote (Klump *et al.*, 2009). L'analyse des résultats du projet CarboEurope conclue dans ce sens, montrant que la séquestration de carbone est favorisée sur les sites où les précipitations compensent largement l'évapotranspiration et où la disponibilité en azote du sol est faible.

CONCLUSION

Le suivi des flux de carbone au sein des deux parcelles confirme que les prairies, qu'elles soient conduites en extensif ou en intensif, stockent du carbone. (1) Les flux de CO₂ augmentent simultanément avec les précipitations (augmentation des teneurs en eau) en parcelle intensive, ceux de l'extensif ne variant que très peu. (3) Une insuffisance en substrats azotés (par fertilisation) et/ou carbonés seraient à l'origine de l'absence de réponse aux précipitations. (4) La structure du couvert influence la réponse aux précipitations. Le fonctionnement de l'extensif caractérisé par un couvert moins productif et plus conservateur que celui de l'intensif ne semble pas affecté par les précipitations et conserve un potentiel de stockage plus avantageux que celui de l'intensif. (2)

En revanche, les périodes de sécheresse réduisent le potentiel des prairies à stocker le carbone, et notamment en défaveur de l'extensification qui présente une plus forte NEE annuelle que l'intensification, probablement du à une différence de structure de couvert.

L'ensemble des résultats démontre que des sols de prairies soumises à une gestion modérément intensive, avec apport d'azote, présenteraient un potentiel de stockage de carbone plus élevé lors d'épisodes de sécheresse et/ou vague de chaleur. Cependant cette intensification peut aussi conduire à une émission de N₂O nettement plus importante que celui d'un sol de prairie extensive, aggravant finalement le bilan de gaz à effet de serre.

Nous remercions Daniel Jolivot pour son aide technique.

Ciais, P., Reichstein, M., Viovy, N., Granier, A., Ogee, J., Allard, V., Aubinet, M., Buchmann, N., Bernhofer, C., Carrara, A., Chevallier, F., De Noblet, N., Friend, A.D., Friedlingstein, P., Grunwald, T., Heinesch, B., Keronen, P., Knohl, A., Krinner, G., Loustau, D., Manca, G., Matteucci, G., Miglietta, F., Ourcival, J.M., Papale, D., Pilegaard, K., Rambal, S., Seufert, G., Soussana, J.F., Sanz, M.J., Schulze, E.D., Vesala, T., Valentini, R., 2005. Nature, 437, 529-533

Klump, K., Fontaine, S., Soussana, J.F., 2009. Ecol. Letters, 91,867-885

Soussana, J.-F., Allard, V., Pilegaard, K., Ambus, C., Campbell, C., Ceschia, E., Clifton-Brown, J., Czobel, S., Domingues, R., Flechard, C., Fuhrer, J., Hensen, A., Horvath, L., Jones, M., Kasper, G., Martin, C., Nagy, Z., Neftel, A., Raschi, A., Baronti, S., Rees, R.M., Skiba, U., Stefani, P., Manca, G., Sutton, M., Tuba, Z., Valentini, R., 2007. Agric. Ecosyst. Environ., 121, 121-134

Tableau 1 Somme annuelle des radiations nettes ($W m^{-2}$), précipitations (mm), température de l'air ($^{\circ}C$), biomasse verte (T MS $ha^{-1} an^{-1}$), production primaire brute (GPP, $g C m^{-2}.an^{-1}$), respiration de l'écosystème (Reco, $g C m^{-2}.an^{-1}$) et échanges nets de l'écosystème (NEE, $g C m^{-2}.an^{-1}$) des traitements intensif et extensif de 2003 à 2008. La production de biomasse est la moyenne de 10 observations.

| Année | Radiations nettes | Précip. | Temp. | Production | | GPP | | Reco | | NEE | | |
|--------------------|-------------------|---------|---------|-----------------|-----------------|------|------|------|------|-------|-------|---|
| | | | | EXT | INT | EXT | INT | EXT | INT | EXT | INT | |
| 2002 [§] | | 1085 | | 14 ^a | 8 ^a | 1408 | 1439 | 1350 | 1449 | -58 | 10 | § Les données de flux sont calculées de mai à décembre. § NEE total calculée de 2002 à 2008. |
| 2003 | 5688 | 755 | 3176 | 24 ^a | 16 ^b | 1524 | 1571 | 1435 | 1434 | -89 | -137 | |
| 2004 | 4042 | 988 | 2711 | 12 ^a | 9 ^b | 1491 | 1956 | 1356 | 1936 | -135 | -20 | |
| 2005 | 4484 | 820 | 2660 | 15 ^a | 12 ^a | 1393 | 1575 | 1344 | 1371 | -49 | -204 | |
| 2006 | 4462 | 1026 | 3028 | 9 ^a | 11 ^a | 1638 | 1709 | 1414 | 1575 | -224 | -134 | |
| 2007 | 4214 | 1363 | 2698 | 16 ^a | 16 ^a | 1719 | 2047 | 1232 | 1692 | -486 | -354 | |
| 2008 | 4100 | 1033 | 2560 | 23 ^a | 19 ^b | 1499 | 1760 | 1140 | 1357 | -359 | -404 | |
| Total [§] | | | Moyenne | 16 | 13 | | | | | -1400 | -1243 | |

Figure 1 Valeurs saisonnières sur 6 ans. Pour les deux traitements : ratio des précipitations moyennes saisonnières (printemps, été, automne et hiver), de 2003 à 2008, par rapport aux précipitations moyennes calculées sur 20 ans, sur la période 1972-1984 et 1995-2000, cumul des températures de l'air. Par traitement (en blanc, traitement intensif ; en noir, traitement extensif) : cumul de GPP, Reco, NEE ; moyenne de la teneur en eau du sol sur 0-30 cm.

* : valeurs significativement différentes entre les deux traitements ($P < 0,005$).

