



**HAL**  
open science

## Les systèmes herbagers issus de déforestation en Amazonie française (Guyane)

Vincent Blanfort, Clement Stahl, Katja Klumpp, Robert R. Falcimagne,  
Benoît Burban, Olivier Darsonville, Sébastien Fontaine, Catherine  
Picon-Cochard, Maryline Boval, B Ouliac, et al.

### ► To cite this version:

Vincent Blanfort, Clement Stahl, Katja Klumpp, Robert R. Falcimagne, Benoît Burban, et al.. Les systèmes herbagers issus de déforestation en Amazonie française (Guyane). Empreinte carbone : évaluer et agir, Presses des MINES - TRANSVALOR, 386 p., 2015, Collection Développement Durable (Presses des Mines), 978-2-35671-233-2. hal-02799629

**HAL Id: hal-02799629**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02799629>**

Submitted on 5 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.

---

# Les systèmes herbagers issus de déforestation en Amazonie française (Guyane)

---

Vers la réalisation de bilans de carbone

Blanfort V<sup>1</sup>, Stahl C<sup>1,2</sup>, Klumpp K<sup>3</sup>, Falcimagne R<sup>3</sup>, Burbat B<sup>4</sup>, Darsonville O<sup>3</sup>, Fontaine S<sup>3</sup>, Picon Cochard C<sup>3</sup>, Boval M<sup>5</sup>, Ouliac B<sup>6</sup>, Héraut B<sup>2</sup>, Lecomte P<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Cirad, Umr Selmet Campus international de Baillarguet - TA C-112/ A- Montpellier

<sup>2</sup> Cirad, UMR EcoFoG Campus Agronomique Kourou

<sup>3</sup> INRA, UR 874, UREP, Clermont-Ferrand

<sup>4</sup> INRA UMR EcoFoG Kourou

<sup>5</sup> INRA, URZ 143, Guadeloupe

<sup>6</sup> Guyane 2nergie-Climat /Observatoire Régional de l'Énergie et du Développement Durable, Cayenne

---

## INTRODUCTION

---

On distingue quatre grands réservoirs naturels de Carbone sur Terre : l'atmosphère, la lithosphère (sols et sous-sols), l'hydrosphère (mers, océans, lacs et rivières) et la biosphère (végétaux, animaux et autres organismes vivants). Si la quantité globale de Carbone reste stable sur notre planète, sa répartition entre ces quatre sphères varie continuellement au fil d'échanges et de réactions biologiques, chimiques ou géologiques. Ces échanges se font selon un cycle d'émission et de stockage du Carbone dont les variations ont un effet déterminant sur l'évolution globale du climat. L'activité agricole est un élément anthropique marquant de ces grands ensembles. Si on intègre le changement d'utilisation des terres, elle est devenue depuis la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle l'activité humaine la plus impactante sur les changements climatiques succédant au secteur industriel qui en a été à l'origine.

Plus précisément, l'impact de l'élevage de ruminants sur le changement global constitue une question d'actualité largement débattue aux niveaux politique, sociétal et scientifique. À l'échelle mondiale le secteur de l'élevage est en effet contributeur du réchauffement climatique à hauteur de 14,5 % des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) d'origine anthropique [Gerber *et al.*, 2013]. En France, l'activité agricole représente près de 19 % des émissions nationales de GES dont 10 % sont imputables aux seules exploitations bovines. Ce débat incite fortement à disposer de méthodes d'évaluations précises des trois gaz principalement impliqués dans les activités agricoles (le dioxyde de Carbone CO<sub>2</sub>, le méthane CH<sub>4</sub> et le

protoxyde d'azote  $N_2O$ ). Ceci apparaît comme un préalable à la mise en place de deux types d'actions : (i) diminuer le niveau des émissions de GES et (ii) favoriser le transfert et le stockage de Carbone (C) dans des compartiments terrestres sous une forme stabilisée. À ce titre, les systèmes herbagers capables de stocker le C dans les sols (notamment dans la matière organique) apparaissent comme des puits de Carbone potentiels significatifs mais encore peu pris en compte. Cet angle de vue conduit à ne pas considérer l'élevage bovin exclusivement comme contributeur au réchauffement climatique mais comme une activité capable de produire des protéines de qualité dans des schémas de production renouvelés conciliant productivité et atténuation du changement climatique. Selon Lal [2004], les pâturages (au sens large des espaces exploités par des herbivores) représenteraient un potentiel d'atténuation du changement climatique évalué à 4 % des émissions anthropiques de GES.

*Un important chantier est donc à concevoir pour établir les référentiels d'une démarche d'accompagnement et d'évaluation de l'activité agricole dans les pays du sud et dans certaines collectivités françaises d'outre-mer comme la Guyane du fait d'un contexte écologique spécifique (zone tropicale) et de données encore insuffisantes. La Guyane est une des régions de l'Union Européenne ayant la plus importante croissance démographique (3.5%/an). C'est aussi le seul département français où la Surface Agricole Utile (SAU) et le nombre d'exploitations agricoles augmentent (13 % entre 2000 et 2010 selon le dernier Recensement Agricole). Cependant, une partie de ces aménagements se fera dans les espaces de forêt tropicale humide amazonienne qui couvrent actuellement 96 % de la Guyane (8 M d'ha, 15 % du territoire national et 50 % du Carbone des forêts française). L'augmentation, souhaitée par les acteurs locaux, du taux de couverture de la consommation par les productions bovines locales (actuellement de 17.3 %) passe par un développement qui doit être accompagné par des recherches contribuant à une évaluation environnementale objective et compatible avec les cadres réglementaires en cours et à venir (Politique Agricole Commune, post Kyoto).*

Le dispositif de recherche CarPaGG (Carbone des Pâturages de Guyane et GES) contribue à ces enjeux en Guyane [Blanfort et Stahl, 2013]. Depuis 2010 des mesures sur les flux et les stocks de Carbone du sol sont réalisées dans les systèmes herbagers issus de déforestation (Figure 1) en vue de la réalisation de bilans de Carbone.

L'étude développée dans cet article présente dans un premier temps des approches et des résultats de recherche portant sur la caractérisation des émissions/séquestrations du Carbone dans le cas particulier des prairies issues de déforestation de Guyane. Ces références sont ensuite analysées en regard de celles obtenues sur les dispositifs de recherche partenaire en forêt en œuvre depuis plusieurs décennies en Guyane.

La contribution de ces recherches à la mise en place d'outils d'aide à la décision est analysée dans le cadre des questions climat et aménagement du territoire guyanais dans le contexte spécifique de cette collectivité française d'outre-mer, seule région Ultra Périphérique de l'Europe en Amérique du sud et en contexte amazonien.



*Figure 1 : Vue d'une prairie issue de déforestation dans une exploitation d'élevage bovin typique de Guyane*

L'ensemble de ces acquisitions est mobilisé par l'Observatoire du Carbone et des gaz à effet de serre de Guyane en charge depuis 2014 d'établir des bilans territoriaux et sectoriels en Guyane considérant en particulier la gestion des forêts, le développement agricole et l'aménagement du territoire [Sirder et Ouliac in Blanfort et Stahl, 2013]. Ces secteurs contrairement à d'autres régions d'Europe à caractère plus industriel semblent les plus impactants sur les bilans régionaux. L'Observatoire s'attache notamment à transposer les méthodologies nationales pour qu'elles puissent mieux rendre compte des réalités locales.

## PRINCIPES, MÉTHODOLOGIE, OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Le dispositif « Guyaflux » a été installé en 2003 sur le dispositif expérimental forestier de Paracou, commune de Sinnamary. Sa tour à flux de 55 mètres de hauteur mesure en temps réel les échanges gazeux entre la forêt amazonienne et l'atmosphère<sup>1</sup>. L'objectif est de d'évaluer les évolutions du stockage/déstockage de Carbone par cet écosystème. Le rôle des forêts tropicales humides dans le puits de Carbone biosphérique reste en effet incertain. En particulier, selon que les forêts considérées sont intactes, c'est-à-dire sans impact de l'Homme autre que les changements climatiques, ou au contraire perturbées par des activités humaines (exploitation).

1 <http://www.ecofog.gf/spip.php?article365>.



*Figure 2: Vue d'une tour à flux sur prairie (dispositif Carpagg) et en forêt (dispositif Guyaflux). La tour Guyaflux d'une hauteur de 55m, permet de positionner les capteurs à 20 m au-dessus de la forêt intégrant les flux de CO<sub>2</sub> sur une surface de 50-100 ha. En prairie, une hauteur de 2m est suffisante et permet de limiter la surface de captage à l'échelle de la parcelle (8 ha).*

## Les stocks

Afin de caractériser la résultante de ces «flux», les «stocks» de Carbone du sol ont été caractérisés le long d'une chrono-séquence composée de 24 prairies âgées de 6 mois à 36 ans issues de déforestation et de 4 sites de forêt témoins (Figure 3). Les prélèvements de sol effectués sur une profondeur de 1 m individualisent 3 horizons : 0-20/20-50/50-100 cm et différent compartiment de la matière organique. L'ensemble permet de quantifier la capacité de *stockage* en Carbone des prairies issues de déforestation sur différents pas de temps sur [Stahl *et al.*, in review 2015]. Ces investigations ont également permis d'évaluer le stock de C du sol dans les sites forestiers étudiés complétant les mesures de C sur la biomasse aérienne réalisées par le réseau Guyafor. Ce réseau de dispositifs forestiers permanents est dédié à l'étude à long terme de la dynamique forestière et du rôle de l'écosystème forestier amazonien dans les stocks et flux de carbone à long terme (les 1<sup>res</sup> parcelles ont été installées en 1968). Des mesures dendrométriques sur les peuplements d'arbres ont permis de quantifier le stock de carbone présent dans les forêts guyanaises et d'estimer les vitesses de reconstitution de la biomasse vivant sur les parcelles exploitées pour le bois d'œuvre. Les données régulièrement enregistrées sont de 3 ordres :

- dynamique forestière, à savoir recrutement, croissance et mortalité des arbres ;
- détermination botanique, densité de bois des espèces permettant pour faire



- les estimations de biomasse à partir des mesures dendrométriques au sol ;
- caractérisation environnementale (base des modèles d'extrapolation régionale).

### Les bilans Carbone en prairie

Produit de la rumination, le méthane  $\text{CH}_4$  est principalement émis lors de la fermentation entérique des ruminants. Le système digestif des ruminants présente l'avantage de valoriser des fourrages à forte teneur en cellulose mais du fait d'une fermentation incomplète engendre une production de  $\text{CH}_4$ , principalement émis par éructation. Afin de contribuer à l'établissement de bilan GES dans le contexte guyanais, les émissions de  $\text{CH}_4$  entérique ont été estimées par des méthodes indirectes basées sur l'analyse de la composition des fèces des bovins [Boval *et al.*, 2003 ; Sauvart *et al.* 2012].

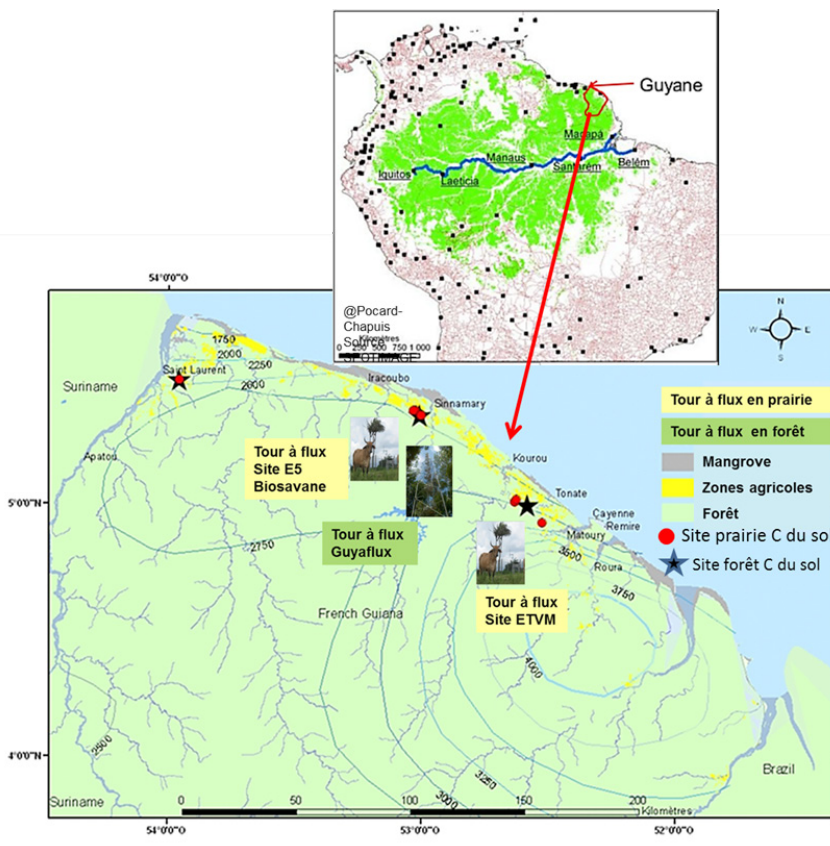


Figure 3 : Situation de la Guyane en Amazonie et localisation des sites d'études en prairie et en forêt. [source Blanfort et Stahl, 201

Les émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  proviennent de l'activité des micro-organismes du sol, plus particulièrement des processus de dénitrification et de nitrification qui, dans les sols cultivés, sont fortement liés à l'utilisation d'engrais azotés minéraux, à

la présence de légumineuses et à la gestion des déjections animales. (cf article de Hénault et Le Gall dans ce même ouvrage). Les flux d'oxyde nitreux ( $N_2O$ ) ont été mesurés par des analyseurs de gaz en chambres statiques sur les sites tour à flux [Blanfort *et al.* 2013., in Blanfort et Stahl, 2013]. Pour prendre en compte l'effet de la gestion du système agricole sur ces processus, les pratiques d'exploitation sont enregistrées sur les prairies où sont effectuées ces différentes mesures. Concernant l'expression des flux des GES, par convention, un bilan négatif signifie un stockage de Carbone, un bilan positif traduit une émission.

## RÉSULTATS DE RECHERCHE

### Estimation du bilan annuel moyen des flux de GES à l'échelle parcelle

Le cumul des bilans journaliers pour deux années de suivi (2011-2012) se traduit par des alternances de stockage/déstockage [Blanfort *et al.* 2014a]. La prairie E5 plus ancienne (1978) est un puits de Carbone pour les deux années, avec  $-1.79 \pm 0.51$  tC ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup>. Par contre, la prairie AV31 plus jeune (2008) montre un bilan nul avec  $-0.43 \pm 0.63$  tC ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup> (Figure 4).

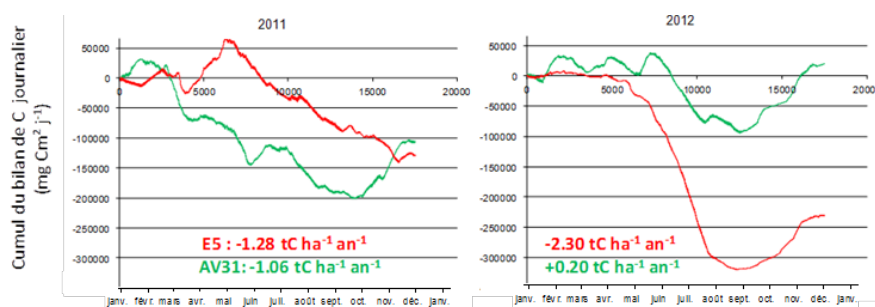


Figure 4 : Flux ( $mg\ cm^2\ j^{-1}$ ) et bilan ( $tC\ ha^{-1}\ an^{-1}$ ) de Carbone sur deux prairies pâturées E5 (rouge) et AV31 (vert) pour l'année 2011 et 2012 [source Blanfort et Stahl, 2013]. La mesure des flux de  $CO_2$  entre la prairie et l'atmosphère sur deux sites équipés de tour à flux est utilisée pour calculer les bilans d'échange de C à l'échelle de la parcelle à des échelles de temps définies qui est exprimée ici en en mois et en dem-heure.

On observe des variations saisonnières marquées. Le début d'année (janvier à mars) est marqué par un stockage nul (E5) voir une émission de carbone (AV31). Ensuite du début du mois d'avril au début du mois d'octobre, on note un fort stockage des 2 sites pour les deux années. Enfin, pour la fin de l'année, la tendance est à une émission de carbone pour les deux sites sur les deux années, excepté pour le site E5 qui continu à stocker jusque'à la fin de l'année 2011.

### Les stocks de C du sol mesurés sous prairies

La dynamique de stockage du C du sol sous prairies après déforestation montre une augmentation, allant de 52 tC ha<sup>-1</sup> jusqu'à 183 tC ha<sup>-1</sup> au-delà de 30 ans (Figure 5). Durant les deux premières décennies suivant la déforestation, on observe une forte variabilité en partie liée à des pratiques de mise en place des prairies qui se traduit par une légère diminution des stocks. Les stocks de C du sol mesurés sous prairies (Figure 5) installées depuis plus de 25 ans ( $117.7 \pm 9.6$  tC ha<sup>-1</sup>) apparaissent au moins équivalents à ceux des sols forestiers d'origine ( $99.6 \pm 7$  tC ha<sup>-1</sup>).

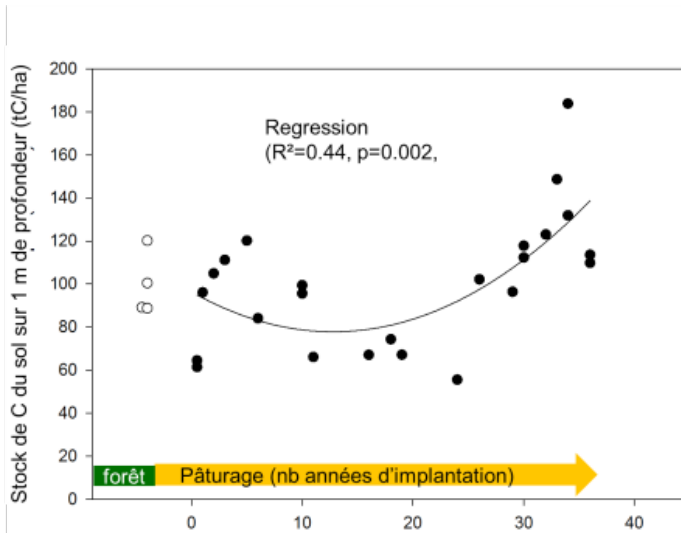


Figure 5 : Dynamique temporelle du C du sol des prairies depuis la déforestation [source Blanfort *et al.*, 2014b]. Source : exemple de source pour la figure. Modèle de régression ( $R^2=0.44$ ,  $p=0.002$ ) de l'évolution des stocks en Carbone des sols des prairies à 1 m de profondeur le long d'une chronoséquence composée de 24 prairies de 6 mois à 36 ans (rond noir) issues de déforestation (en blanc le stock des 4 forêts témoins).

### Comparaison aux bilans Carbone en forêt

Les mesures de flux menées en parallèle en forêt sur le site Guyaflux aboutissent à un stockage de l'ordre de  $-2.59$  tC ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> [Bonal *et al.* 2008, Burban & Bonal 2013 in Blanfort et Stahl, 2013).

Les mesures du réseau Guyafor, et les modèles d'extrapolation régionale qui en sont issus aboutissent à des estimations du stock de carbone présent dans les forêts guyanaises (jusqu'à plus de 225 tC ha<sup>-1</sup>, Hérault *et al.* 2013 ; Figure 6). Ce Carbone est majoritairement contenu dans le compartiment végétal.



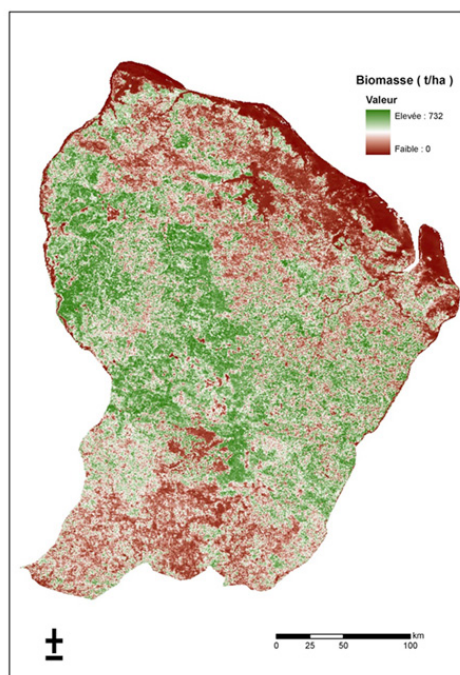


Figure 6 : Les références établies en forêt sur les flux et les stocks à partir du réseau Guyafor notamment peuvent être mobilisés pour la réalisation de bilans Carbone et gaz à effet de serre (GES) à travers divers outils. Exemple de la carte d'estimation de biomasse de la forêt Guyanaiss ( $t MS^{ha^{-1}}$ , logiciel Guyasim (Molto).

### Estimation du bilan Carbone à l'échelle parcelle

Les résultats d'estimations de méthane sur nos sites ont conduit à des productions journalières comprises entre 0,3 et 0,4 g de  $CH_4$  /kg de poids vif suivant les différents modèles de prédiction, soit 40 à 58 kg  $CH_4$  par an pour des bovins allaitants (poids moyen 400 kg). Le flux moyen d'oxyde nitreux ( $N_2O$ ) observé sur notre site ( $4,4 g N- N_2O ha^{-1}.J^{-1}$ ) est comparable à la bibliographie avec des conditions similaires de pâturage extensif. Il reste faible vis-à-vis de systèmes herbagers intensifs plus utilisateurs d'engrais azotés.

À partir des valeurs de stockage Carbone et d'émission GES, un bilan net de GES (moyen sur 2011-2012) a pu être calculé sur les deux sites instrumentés. E5 et AV31 qui présentent des chargements instantanés respectifs de 1,9 et 4,3 têtes $^{-1}ha^{-1}j^{-1}$ . La prairie ancienne, du fait d'un stockage important de C et d'un chargement relativement faible compense largement ses émissions de méthane et d'oxyde nitreux avec au final un stockage net proche de 1.2 tCha $^{-1}an^{-1}$  (Tab. 1). La prairie jeune, caractérisée par un stockage de Carbone plus faible et des émissions en méthane plus élevées liées à un fort chargement animal, présente un bilan GES final émetteur de plus de 0.8 tC/ha/an.

Tableau 1 : Estimation du bilan annuel moyen 2011-2012 des flux de GES à l'échelle de la parcelle (tCeqha-1an-1). Chiffre négatif = puits de C; chiffre positif = source de C.

TYPE DE PRAIRIE	FLUX ANNUEL DE C (TOUR A FLUX) (CO <sub>2</sub> TC EQ /HA/ AN)	FLUX ANNUEL DE C LIE AUX EMISSIONS DE CH <sub>4</sub> DES BOVINS	FLUX ANNUEL DE C LIE AUX EMISSIONS DE N <sub>2</sub> O TC EQ /HA/ AN)	BILAN NET DE GES (TC EQ /HA/AN)
Ancienne E5 (1978)	- 1.8	+0.5	+0.13	-1.17 (± 0.5)
Jeunes AV31 (2008)	- 0.43	+0.98	+0.31	+0.86 (± 0.5)

## DISCUSSIONS ET PERSPECTIVES

### Un ensemble de références complémentaires et originales en zone tropicale

#### *Flux, stock en forêt et prairies*

Au-delà de l'effet indiscutable de la déforestation et du changement du mode d'occupation des sols sur les pertes de Carbone (et sur la biodiversité), nos résultats sur la dynamique de stockage du C du sol, montrent que la fonction de stockage de C observée dans les forêts natives peut être rétablie dans des prairies issues de déforestation deux décennies après leur mise en place. Les stocks de C du sol moyen sous prairies atteignent 117 tC ha<sup>-1</sup> deux décennies après leur installation, comparés à ceux des sols forestiers d'origine (99.6 ± 7 tC ha<sup>-1</sup>).

Ces prairies fonctionnent donc potentiellement comme des écosystèmes stockeurs de C à condition de les pérenniser sur plusieurs décennies. Ces résultats demandent à être confortés et précisés par une meilleure appréciation des incertitudes qui restent très élevées.

Les calculs de bilan obtenus par la méthode d'eddy covariance reflètent une situation à un moment donné en lien avec la situation météorologique et les pratiques. Les mesures de flux de CO<sub>2</sub> en prairie sur deux ans (2011-2012) indiquent des niveaux de stockage de Carbone potentiel de 1,8 ± 0,5 tC.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>. Plus qu'une valeur de référence, il s'agit d'une tendance sur deux années de mesures (2011-2012) dont l'incertitude sera réduite par l'intégration d'un nombre plus important d'années de mesure (travaux en cours). Cependant, en intégrant cette incertitude pour l'instant élevée, on constate que les approches « flux » et « stock » sur nos dispositifs prairies conduisent à des résultats cohérents entre eux et du même ordre de grandeurs (Tableau 2). En forêt, le bilan moyen annuel, depuis l'installation en 2003, montre que la forêt autour de Guyaflux absorbe en moyenne 2.5 tC ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>. L'écosystème forestier étudié stocke donc chaque année un peu plus de CO<sub>2</sub> qu'il n'en rejette. Néanmoins, ce bilan annuel varie fortement d'une année sur l'autre, l'origine de ces variations fait actuellement l'objet d'investigations.

Tableau 2 : stockage de Carbone ou émission par les forêts natives et les prairies issues de déforestation

	EDDY COVARIANCE	CHRONOSÉQUENCE
	tC ha <sup>-1</sup> an <sup>-1</sup>	tC ha <sup>-1</sup> an <sup>-1</sup>
Native forest	-2.59 ± 0.54	
Pasture ≤ 24 yr	- 0.43 ± 0.63	1.03 ± 0.85
Pasture ≥ 24 yr	- 1.8 ± 0.51	-5.31 ± 2.08

La forêt amazonienne reste l'écosystème terrestre qui stocke le plus de C dans le monde. Selon les auteurs et les sites, la forêt amazonienne stocke en moyenne de 200 à plus de 400 tC ha<sup>-1</sup> si on cumule le C aérien avec le C du sol. Cependant le stockage de C souterrain enregistré sur le site prairie « ancienne » n'est pas très éloigné de celui de la forêt mais il concerne des compartiments différents. En forêt ce C est majoritairement contenu dans la biomasse aérienne avec un recyclage rapide des nutriments qui réduit l'accumulation de ce C dans le compartiment souterrain. La prairie est au contraire un système potentiellement plus stockeur basé sur un recyclage des matières organiques induisant un stock important de C souterrain. Par ailleurs la majorité du C des sols étudiés est stocké sous forme récalcitrante stabilisée dans la MO que ce soit sous prairie ou sous forêt.

#### *Les facteurs de variation*

Les variations saisonnières des flux de carbone sont étroitement liées aux variations climatiques, principalement la pluviométrie qui influence la teneur en eau du sol. Durant la saison des pluies de janvier à juillet, la teneur en eau dans le sol est assez stable et élevée pour satisfaire aux besoins en eau de la végétation prairiale. En revanche, le faible ensoleillement durant cette période entraîne un stockage de carbone limité lié à une photosynthèse réduite alors que la respiration reste forte. En revanche, au cours de la saison sèche, le rayonnement est très fort du fait d'un couvert nuageux quasi nul ; le stockage de C observée à cette période s'explique par une photosynthèse plus forte que la respiration [Blanfort *et al* 2014a]. En forêt, on observe un fonctionnement assez proche. Les périodes de source correspondent aux saisons des pluies, alors que les périodes de puits correspondent aux saisons sèches. Ces schémas de fonctionnement de base peuvent être altérés par des conditions saisonnières anormales, une forte sécheresse par exemple peut constituer un facteur limitant.

Les pratiques de déforestation (désouchage mécanique) sont également un facteur qui conditionne probablement la perte en C forestier du sol. Le C du sol séquestré par la prairie s'ajoute à celui hérité de la forêt. La forte variabilité des stocks de C du sol des prairies de moins de 25 ans peut s'expliquer par des différences dans les pratiques de déforestation des agriculteurs (c.-à-dessouchage ou non). La restauration de stockage de SOC dans les anciens pâturages apparaît très liée à la présence de légumineuses [Stahl and al., in review2015].

L'intégration des émissions  $\text{CH}_4$  et  $\text{N}_2\text{O}$  en prairie a permis d'établir un bilan C net. Pour les années 2011-2012 Si on tient compte des incertitudes associés à ces chiffres, le bilan net des prairies de nos sites références oscille entre un bilan annuel moyen neutre ou émetteur ( $0.8 \text{ tC ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ ) et un bilan annuel « stockeur » compris entre  $-0.7$  et  $-1.7 \text{ tC ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ . Ici encore ces résultats reflètent une situation et n'a pas valeur de référence établie mais ils traduisent le fait qu'en intégrant les émissions liées à la présence des animaux une prairie peut présenter un bilan net variable très dépendant des pratiques de gestion, notamment le chargement animal qui se superposent aux facteurs climatiques.

### *Comparaison des références*

En zones tempérées, l'étude d'Arrouays *et al.* [2002] estime le stock de Carbone immobilisé sous une prairie en moyenne à 65 t par hectare contre 40 sous une culture annuelle et 70 sous forêt. En France des références ont été retenues au niveau national par les instituts techniques (Institut de l'Élevage) et l'ADEME en lien avec la recherche (Inra) pour la mise au point d'outils et méthodes d'évaluation des bilans GES en agriculture Les valeurs de stockage appliquées sont respectivement de  $200 \text{ kg C.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$  pour les prairies de plus de 30 ans et  $500 \text{ kgC.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$  pour celles de moins de 30 ans [GAC *et al.*, 2010].

En Amazonie brésilienne, plusieurs études ont montré que plus de 20 ans après la conversion de pâturages, une gestion à long terme conduit à des stocks de carbone élevés dans la couche arable (0-20 cm) plus élevés que dans les forêts indigènes [Desjardins *et al.*, 2004; Don *et al.*, 2011; Ecclesia *et al.*, 2012; Fisher *et al.*, 1994; Guo et Gifford 2002 in Stahl and al., in review 2015]. Peu d'études incluent par contre les horizons profonds jusqu'à 1m.

### **Transfert des résultats et observatoire du C en Guyane**

Au-delà de la production de connaissances, il est indispensable de s'interroger sur la cohérence et l'adéquation des objectifs et des produits de tels travaux de recherche avec les enjeux auxquels ils sont censé répondre dans le cadre du débat sur les questions climatiques. Sur le territoire guyanais, l'existence depuis plusieurs décennies de recherches sur la forêt et plus récemment sur les zones déforestées a contribué à la décision publique. Il y a eu une convergence des thèmes scientifiques avec la prise de conscience sociétale des changements climatiques (CC) dans le contexte emblématique de «l'Amazonie française». À partir de 2010, de plus en plus d'acteurs s'emparent de cette thématique Carbone et CC, notamment les acteurs publics; un processus de co-construction de l'Observatoire Guyanais du Carbone et des GES s'est alors engagé. Il répondait à deux besoins,

1. les résultats de la recherche devaient être partagés, discutés et valorisés dans le cadre d'un outil d'aide à la décision à l'échelle territorial;
2. la nécessité de disposer de données précises et contextualisées sur les stocks et bilans Carbone du territoire dans les espaces agricoles et forestiers, impliquait une fonction d'appui à la pérennisation des dispositifs de mesure.

Depuis début 2014 (date de mise en place de l'observatoire), cette démarche s'est concrétisée par l'élaboration de bilans C/GES au niveau global du territoire guyanais et à diverses échelles incluant les zones forestières, les changements d'utilisation des sols et les activités humaines basés en partie sur les résultats présentés dans cet article. Il s'agit également d'évaluer l'impact carbone des schémas de développement et d'aménagement régionaux dans le contexte fortement évolutif de l'adaptation de l'agriculture aux changements climatiques et au secteur UTCATF (Utilisation des Terres et Changement d'Affectation des Terres et Foresterie). Ces études en cours seront publiées fin 2015.

### Perspectives

Les résultats initiaux présentés dans cet article, doivent d'une part être confortés sur le moyen et long terme par la pérennisation des dispositifs d'observation et de mesure, tout en continuant de fournir en données l'observatoire du carbone. La continuité de l'acquisition des données de flux dans la suite des années précédentes est indispensable pour consolider les bilans carbone sur pâturages qui ne sont établis que depuis 2011. Il s'agit de prendre en compte la variabilité climatique et de diminuer l'incertitude. Une meilleure prise en compte des pratiques sur une période suffisamment longue permettra également de mieux interpréter les interactions pratiques/environnements sur les bilans carbone. La question de l'extrapolation, des données des échelles parcelles/exploitations aux échelles plus larges du territoire sera abordée (passage de modèle parcellaire à des modèles exploitations et filières) [Martien *et al.*, 2011]. Dans le cadre du partenariat avec Guyane Energie Climat des recherches complémentaires en cours ont pour objectifs d'affiner les approches bilan C en exploitation d'élevage de ruminants en Guyane. Il existe actuellement différents types d'outils pour les évaluations de Gaz à Effet de Serre (GES) des exploitations agricoles. Pour cette étude nous optons pour des outils issus de la méthode Dia'terre® élaborée dans le cadre d'une large concertation entre l'ADEME et différents collaborateurs membres de la profession agricole française (tels que Solagro<sup>2</sup> et l'Institut de l'Élevage-Idele). En collaboration avec ces deux structures et en lien avec les acteurs locaux comme Ikare (Institut Karibéen et Amazonien de l'Élevage), il s'agit de participer à l'adaptation de l'outil aux contextes tropicaux en mobilisant les références biologiques acquises par le dispositif CARPAGG en Guyane. Des facteurs d'émission et coefficients énergétiques adaptés à la Guyane sont testés, des ajouts de postes spécifiques sont nécessaires afin de valoriser le stockage de carbone par l'écosystème prairial et d'illustrer le changement d'usage des terres par la conversion de forêts en prairies. Cette étude a également pour ambition de contribuer à l'établissement de bilans C des élevages bovin de Guyane tout en identifiant les pratiques d'élevage les plus impactantes sur les bilans C.

À l'échelle régionale de l'Amazonie, l'existence d'importantes surfaces déforestées au profit de l'élevage bovin illustre de façon emblématique les enjeux globaux

---

2 <http://www.solagro.org/site/245.html>

sur l'environnement. Le développement de l'élevage doit être accompagné par des recherches génériques sur une gestion durable des pâturages, conciliant production et services environnementaux permettant de préciser les impacts sur l'environnement et de les réduire. Répondant à ce cadre de préoccupation désormais fortement intégré dans les questions de recherche prioritaire au Brésil. Une collaboration a permis la mise en place de nos protocoles sur carbone du sol dans les zones d'élevage anciennement déforestées de Paragominas [Lilian *et al.*, 2013]. Les résultats attendus fin 2015 permettront une étude comparative avec ceux obtenus en Guyane.

## CONCLUSION

---

Les travaux présentés dans cet article repose sur un ensemble de dispositifs de mesures et d'observations sur les flux et stocks de Carbone (C) dans des systèmes herbagers issues de déforestation. Son originalité repose à la fois sur la combinaison d'une approche « flux » et d'une approche « stock » et sur la comparaison à des sites forestiers voisins (témoins) dont certains sont des sites de recherches instrumentés. L'ensemble constitue une plateforme de recherche originale et novatrice visant à produire des connaissances sur les bilans C en forêt et en zones issues de déforestation.

L'acquisition de telles références et un outil comme l'observatoire du Carbone constituent une contribution aux démarches d'établissement de bilans carbone en contexte tropicale où les référentiels biotechniques, les instruments d'observation et de régulation sont souvent encore insuffisamment alimentés ou opérationnels. Pourtant les pressions de l'élevage sur l'environnement sont en augmentation depuis quelques décennies et plus récemment la prise en compte de services écologiques, renouvellent les questions de recherche et de développement en élevage. Le challenge apparait d'autant plus important dans certaines Régions françaises d'outre-mer. La double appartenance de la Guyane à l'Europe et à la zone amazonienne constitue en effet une opportunité de se positionner comme un territoire emblématique vis-à-vis de l'Europe et de la scène internationale au sein des enjeux actuels sur le développement durable, le changement climatique, la préservation des ressources.

Le doublement prévu de la population en Guyane d'ici 2030 conduira les décideurs guyanais à faire des choix déterminants sur l'aménagement de leur territoire et en particulier pour le développement de l'agriculture considérée comme une des priorités d'un développement endogène. Une croissance forte de certaines filières agricoles (l'élevage notamment) est envisagée pour arriver à une production calquée sur la croissance de la demande. À défaut l'alternative serait un recours croissant aux importations. L'option développement local généralement partagée par les décideurs locaux implique d'une part d'améliorer la rentabilité et la productivité des exploitations existantes et de valoriser au mieux les surfaces déjà déforestées (dont une partie est soit dégradée ou non mise en valeur comme prévu). D'autre



part, les objectifs discutés notamment lors conférence régionale sur l'agriculture en 2014<sup>3</sup> évoquent la nécessité de la création raisonnée de nouvelles surfaces issues de la déforestation. Dans les deux cas, il est indispensable d'accompagner ce développement par un suivi efficace de son impact environnemental.

Concernant l'empreinte Carbone, il est essentiel de disposer d'outils, de références adaptées au contexte. La mise en place de l'Observatoire du Carbone de Guyane répond à la volonté des régions ultra périphériques de se doter d'observatoires du climat et des changements globaux. Son positionnement en situation réelle est original et permet de produire des références actualisées, d'évaluer les stratégies d'atténuation, d'adaptation au changement, de contribuer à la mise en œuvre de politiques locales, régionales qui soient effectives et conformes aux cadres réglementaires actuels sur les questions climat-Energie. Au-delà de l'accompagnement déjà réalisé par la recherche jusqu'ici, il s'agit désormais de s'interroger sur le type d'appui à mettre en place pour continuer de faire évoluer la structure en place et les thématiques de recherche pertinentes face aux fortes évolutions attendus en Guyane.

Enfin, au-delà des problématiques territoriales et régionales, nos recherches s'inscrivent dans les questions scientifiques actuelles sur le rôle et les enjeux des écosystèmes pâturés dans le réchauffement climatique et dans le cadre du changement d'utilisation des terres. L'élevage reste certes un important émetteur de GES, mais il est confirmé que ce secteur a désormais les moyens de réduire de façon significative ses émissions notamment en intégrant le stockage de carbone des systèmes pâturés. L'élevage pourrait réduire de 30% ses émissions de GES par un plus grand usage de meilleures pratiques agricoles et technologies existantes, tout en gardant les objectifs de doublement de sa production au sud notamment en lien avec l'augmentation de la demande.

## REMERCIEMENTS

---

Cet article s'appuie sur des études co-financées par le CIRAD, l'INRA, Guyane Energie Climat, les Fonds européens de développement régional pour la période 2007-2013, la Région Guyane et le projet Animal Change (FP7 KKBE 2010-4).

Nous remercions Martinus Koses, Fritz Kwasié et Onoefé Ngwete (Cirad) pour leur appui technique. Nous remercions les éleveurs de Guyane pour l'accueil des dispositifs de recherche (M. Crisan Araujo, M. et Mme Bergère, M. Et Mme Burban, M. Melchiade Dolor, M. Jean Mornand et C Chaix, E Weta, M. Maurice Porrineau, M. Alex Rimbaud).

---

3 <https://www.cr-guyane.fr/conference-regionale-lagriculture/>

## BIBLIOGRAPHIE

- Alpers, Svetlana, 1983, *The Art of Describing. Dutch Art in the Seventeenth Century*, Chicago, University of Chicago Press, 273 p [Publication en français : 1990, *L'Art de dépeindre*. Paris, Gallimard].
- Arrouays D., Balesdent J., Germon J.C., Jayet P.A., Soussana J.F., Stengel P., 2002, *Stocker du Carbone dans les sols agricoles de France*. Expertise scientifique collective, INRA, 334 p.
- Aubinet M, *et al.* 2012 (eds.), *Eddy Covariance: A Practical Guide to Measurement and Data Analysis*, Springer Atmospheric Sciences, DOI 10.1007/978-94-007-2351-1 13, © Springer ScienceC Business Media B.V.
- Blanc L., Grise M.M., Carvalho C.R., 2013, déforestation et le changement d'utilisation des terres en Amazonie brésilienne. In: Actes de la journée: Le carbone en forêt et en prairies issues de déforestation en Guyane, processus, bilans et perspectives, 1er octobre 2013, Cayenne, Guyane française. Blanfort Vincent (ed.), Stahl Clément (ed.). Montpellier: CIRAD, 60-63. ISBN 2-87614-696-7.
- Blanfort, V. , Stahl, C., Klumpp K., Falcimagne R., Picon-Cochard C., Lecomte P., Soussana J.F, and Fontaine S, 2014a, Coupled Effect of agricultural Practices and Climate on Carbon Storage in two contrasted permanent tropical Pastures. In: Livestock, Climate Change and Food Security Conference Madrid, ESP (2014-05-19 (p. 70). [https://animalchange.files.wordpress.com/2014/05/abstracts\\_book\\_madrid.pdf](https://animalchange.files.wordpress.com/2014/05/abstracts_book_madrid.pdf)
- Blanfort V., Stahl C, Grise M., Blanc L, Freycon V., Picon-Cochard C., Klumpp K, Bonal D., Lecomte P., Soussana J.-F. and Fontaine S., 2014b, Capacity of tropical permanent Pastures to restore Soil Carbon Storage after Deforestation of the Amazonian Forest . In: Livestock, Climate Change and Food Security Conference (p. 81). Communication presented at Livestock, Climate Change and Food Security Conference, Madrid, ESP (2014-05-19 - 2014-05-20). [https://animalchange.files.wordpress.com/2014/05/abstracts\\_book\\_madrid.pdf](https://animalchange.files.wordpress.com/2014/05/abstracts_book_madrid.pdf)
- Blanfort V & Stahl C (eds), 2013, Actes du séminaire «Le Carbone en forêt et en prairies issues de déforestation en Guyane, processus, bilans et perspectives». Cayenne, Guyane Française, 1 octobre 2013. Cirad, Montpellier, France, 76p.
- Blanfort V, Doreau M, Huguenin J, Lazard J, Porphyre V, Soussana J.F S, Toutain B, 2011, Impacts et services environnementaux de l'élevage en régions chaudes. N° spécial Elevage en régions chaudes, INRA Prod. Anim. 24(1),89-112.
- Bonal D., Bosc A., Ponton S. *et al.*, 2008, "Impact of severe dry season on net ecosystem exchange in the Neotropical rainforest of French Guiana", *Global Change Biology*, 14, 1917-1933.
- Burban B, & Bonal D. 2013. Flux et bilan de Carbone en forêt tropicale humide guyanaise : le dispositif «Guyaflux». In: Blanfort V & Stahl C (eds), Actes de la journée «Le Carbone en forêt et en prairies issues de déforestation en Guyane, processus, bilans et perspectives». Cayenne, Guyane Française, 1 octobre 2013. Session 3, 4 p.
- Boval M, Coates D.B, Lecomte P, Decruyenaere V, & Archimède H. 2003, «Faecal near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to assess chemical composition, in vivo digestibility and intake of tropical grass by Creole cattle.» *Animal Feed Science and Technology*: 11.

- CITEPA, 2010. CORALIE format CCNUCC. Mise à jour avril 2010, CITEPA, Paris
- Gac, A, Dollé J.B *et al.*, 2010, Le stockage de Carbone par le sprairies, une voie d'atténuation d el'imapct de l'élevage d'herbivore sur l'effet de serre). Coll. L'essentiel, Idele, 11p.
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G. 2013, Tackling climate change through livestock – A global assesment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Lal, R., 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science* 304, 1623-1627.
- Sauvant D, Giger-Reverdin S, Serment A, & Broudiscou L. 2011, Influences des régimes et de leur fermentation dans le rumen sur la production de méthane par les ruminants. *Inra Productions Animales*, 24 (5), p.433-446.
- Martin R., Gaurut M., Lardy R), Carrere P., Graux A-I, Drouet J.L., Fiorelli J.L., Blanfort V., Capitaine M., Duret S., Gabrielle B., Cellier P., Soussana J-F, 2011. Des modèles pour comprendre la réponse des écosystèmes prairiaux au changement climatique. *Innovations Agronomiques* 12 (2011), 97-108.
- Stahl C, Fontaine V, Dézécache C, Ponchant L, S Freycon, , Picon-Cochard C, Klumpp K, Blanfort V, in review 2015, High contribution of C4 and C3 plants in deep soil carbon stock of old permanent tropical pastures. *Regional Environmental Change*. Partie III