

LA SÉQUESTRATION DU CARBONE

Convention CNPq/IRD

IRD/UR041/UR179 – Martial Bernoux

CENA-USP – Carlos Clemente Cerri

IRD : Vincent Eschenbrenner, Christian Feller, ainsi que tous les chercheurs IRD de l'UR lors de missions,
CENA-USP : Marisa de Cassia Piccolo, Brigitte Joséphine Feigl, Carlos Eduardo Pelegrino Cerri

Autres partenaires : Jean Marie-Douzet (CIRAD-CA), Eric Scopel (CIRAD-CA), Alexandre Cardoso (Embrapa-CPAC), Jean Paul Laclau (CIRAD-Foret)

En position d'interface dans l'environnement, les sols jouent un rôle de premier plan dans les grands cycles biogéochimiques. En stockant ou en libérant des éléments, ils influent sur les composantes de la fertilité et sur divers aspects environnementaux tels que la qualité de l'air (rôle des sols en tant que puits ou source de carbone atmosphérique, lieu de dénitrification) et des eaux (nitrates, phosphates, pesticides). La matière organique des sols étant un des déterminants essentiels de nombreuses propriétés édaphiques, son étude, en termes de qualité, dynamique et stockage selon le mode de gestion des terres, est très importante. Aussi, l'évolution à moyen et long termes des stocks organiques des sols est un indicateur à prendre en compte dans le jugement sur la durabilité des agro-écosystèmes et la protection de l'environnement.

Les stocks des éléments dans les sols, et en particulier ceux de carbone, sont en constante évolution sous l'effet de facteurs naturels (climat, végétation, effets de l'altération, et plus généralement de l'ensemble des processus pédogénétiques) et anthropiques (impacts locaux des utilisations des sols, effets diffus d'apports hydriques et atmosphériques). Ainsi, en ce qui concerne les modifications anthropiques, selon la FAO, la conversion des forêts en terres agricoles et/ou pâturages a concerné 200 millions d'hectares entre 1980 et 1995, principalement dans les régions tropicales et subtropicales. Mais, même pour les systèmes agricoles à l'équilibre, toute modification de l'itinéraire technique peut induire des variations du stockage de carbone dans les sols. Or, pour différentes raisons, en particulier la recherche de la durabilité des systèmes de culture et l'augmentation des teneurs en CO₂ atmosphérique, de nombreuses alternatives basées sur une gestion plus

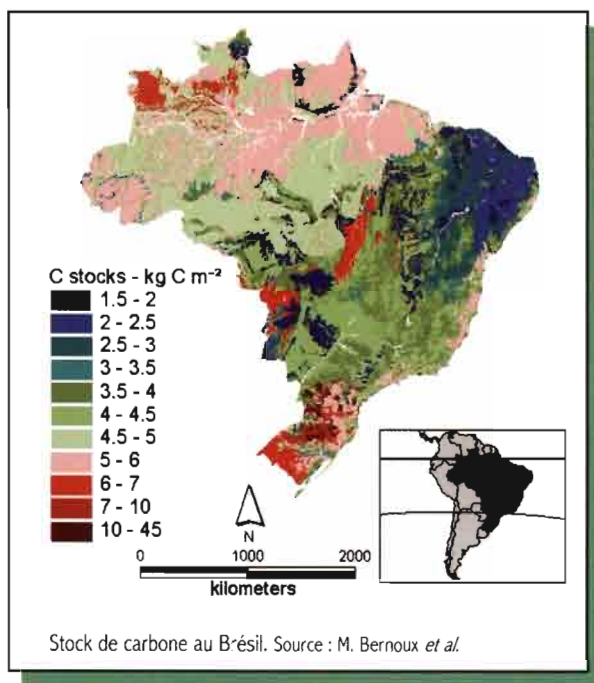
organique et biologique du sol sont actuellement testées en régions intertropicales, et ce avec la préoccupation de favoriser le stockage du Carbone dans les sols.

Avec 753 Millions d'hectares de terres agricoles et 1752 Millions d'hectares de forêts, l'Amérique Latine est le terrain privilégié d'études sur la séquestration du carbone dans les sols. En effet, la déforestation et la mise en culture contribuent fortement à l'émission de gaz à effet de serre (principalement le CO₂, le méthane : CH₄ et l'oxyde nitreux : N₂O). On estime que l'une des voies importantes de limitation de l'effet de serre passe par la recherche de modes de gestion des terres qui favoriseraient le stockage du carbone dans les sols et limiteraient les émissions de gaz qui contribuent au réchauffement global de l'atmosphère.

Deux approches complémentaires sont effectuées :

- une approche au niveau de la parcelle pour comprendre et quantifier les processus de séquestration du C dans les sols et d'émission des GES:
 - facteurs climatiques, par intercomparaisons de situations,
 - facteurs édaphiques tels que minéralogie, texture, structure, activités biologiques,
 - facteurs anthropiques, liés aux modes d'occupation des terres et aux itinéraires techniques,





- une approche au niveau régional des stocks de carbone et de leurs variations sous l'effet des changements d'usage et de gestion des terres pour :
 - mieux préciser le rôle de la matière organique dans les propriétés des sols,
 - quantifier le stockage de carbone dans le système sol-plante et la qualité des émissions de gaz à effet de serre (GES), en particulier CO₂, CH₄ et N₂O sous différentes conditions de climat, de sol et d'utilisation des terres,
 - atteindre des estimations régionales et la prédiction de la variation des stocks organiques et des émissions de GES.

Les principaux objectifs de recherche sont organisés suivant deux grands axes:

- Analyse des déterminants, processus et dynamique de la séquestration du C dans les sols et composition des flux de GES à la surface du sol (échelle parcelle). Études de cas sur l'effet de différentes alternatives de gestion;
- Constitution de banques régionales de données géoréférencées sur les stocks de C. Application à la spatialisation et à la prévision de leurs évolutions (échelles exploitation, bassin versant élémentaire, bassin-versant, et région).

Les recherches se sont regroupées autour de 5 agro-éco-systèmes : canne à sucre, pâturages dégradés, pâturages, cultures annuelles en semis directs et plantation forestière

Pâturages

► Etat de São Paulo

Ces travaux concernaient la spatialisation par télédétection des stocks de carbone de sol sableux de l'Etat de São Paulo, selon le type et le niveau de dégradation des pâturages. Les résultats ont permis d'établir une relation relativement forte entre les stocks de carbone du sol et l'état de dégradation (niveau productivité végétale) du pâturage, et ceci en milieu paysan. Ce résultat est extrêmement important car il permet de montrer que les pratiques paysannes de bonne gestion peuvent faire des systèmes pâturés des systèmes fortement séquestrants.



Pâturage Itatinga – São Paulo

► Amazonie

L'objectif général de ce programme était l'étude des déterminants du stockage de carbone sous pâturages amazoniens et des effets de la restauration des pâturages sur la séquestration du carbone. L'UR a participé principalement à la sélection de la localisation de l'expérimentation et à des travaux de spatialisation et de modélisation des dynamiques du carbone organique dans le cas d'une succession forêt – pâturages. Ces travaux de modélisation et de spatialisation ont été intensifiés depuis



2002 et appliqués à l'ensemble de l'Amazonie brésilienne dans le cadre d'un projet de recherche financé par le Fond Mondial pour l'Environnement des Nations Unies (GEF-UNEP) : « *Assessment of soil organic carbon stocks and change at national scale* ». L'objectif principal de ce projet est de développer et utiliser des outils (SIG couplé aux modèles mécaniste RothC et Century) pour quantifier l'impact de changements d'usage et de gestion des terres sur les stocks de carbone dans les sols de l'Inde, de la Jordanie, du Kenya et de l'Amazonie brésilienne.

Canne à sucre

Ce sous-programme vise à étudier l'effet du non-brûlis de la canne à sucre avant la récolte sur le stockage du carbone dans le sol et les flux de gaz à effet de serre, principalement le méthane (CH_4) et l'oxyde nitreux (N_2O).

Les premiers résultats concernant les déterminants montrent que l'adoption du non-brûlis de la canne à sucre s'accompagne d'un stockage accru du Carbone dans des sols argileux et sableux et d'une limitation de l'émission d'oxyde nitreux (N_2O).

Eviter le brûlis présente d'autres avantages, parmi lesquels une augmentation de l'activité et de la biodiversité de la faune du sol, une limitation des pertes en nutriments et une diminution des risques d'érosion. Ce changement, qui implique de passer à une récolte mécanisée, peut poser cependant d'autres problèmes en termes socio-économiques qui nécessiteraient d'être étudiés.

Cultures annuelles en "Semis Direct"

Le Brésil, avec 18 millions d'hectares de terres cultivées selon des pratiques de "Semis Direct" (non labour et semis direct à travers une couverture végétale morte ou vivante) est le pays au monde où cette alternative au système conventionnel, impliquant des labours, est appliquée en grande culture. Si l'on connaît déjà relativement bien les effets positifs de cette pratique – lutte contre l'érosion, valorisation de l'eau, lutte contre les adventices, économie des temps de travaux – on ne dispose pas de nombreuses données quantifiées sur la séquestration de Carbone pour de tels systèmes, et encore moins pour les flux de GES qui pourraient exercer un effet négatif sur le bilan global.



Mesure de GES dans une situation de "Semis Direct"

L'objectif principal est donc l'étude des potentialités de stockage du carbone dans les sols sous cultures annuelles en semis direct. Outre le CENA, ces travaux sont menés en coopération avec l'Embrapa « Cerrados » (Planaltina), l'Embrapa « Arroz-Feijão » et le CIRAD et concerne plusieurs terrains d'étude : États du Paraná, du Goiás et du Mato Grosso.

Les résultats des recherches confirment les effets bénéfiques de ce type de culture puisqu'ils montrent que cette technique a un potentiel non négligeable de séquestration du carbone. Néanmoins, d'autres travaux sont en cours afin de vérifier si l'effet positif observé sur la séquestration du carbone ne risque pas d'être annulé par des émissions plus importantes de CH_4 et N_2O .

Plantations forestières

Le secteur des plantations forestières a un impact économique important au Brésil (2 millions d'emplois directs et indirects, 4% du PIB). Ces plantations sont essentiellement constituées d'eucalyptus (3 millions d'hectares) et de pins (2 millions d'hectares). Une gestion raisonnée de la matière organique est nécessaire pour le maintien de la fertilité des sols dans le cas des plantations forestières, généralement installées sur des sols pauvres peu propices à d'autres spéculations agricoles, et dans lesquelles les apports de fertilisants sont limités. L'objectif des recherches est donc d'apporter une meilleure compréhension de

l'influence du boisement (état de São Paulo) et des différents modes de gestion sur les caractéristiques biochimiques des matières organiques. Les premiers résultats montrent que les stocks de carbone augmentent de 40% dans deux situations étudiées d'eucalyptus (par rapport au cerrado d'origine). Il n'y a pas d'influence significative de la longueur des rotations sur le stockage de carbone et azote.



Parcelle d'Eucalyptus, Itatinga – São Paulo

Le Brésil n'est plus un des chantiers prioritaires de l'Unité de Recherche 179, ce qui explique une diminution des activités de recherche depuis 2004, bien que le projet continue jusqu'en 2006 dans le cadre d'un accord avec le CNPq. Pour la suite, il est envisagé un fonctionnement sur un mode de coopération hors CNPq basé sur des projets financés, entre autres, par le GEF, la Fapesp, et l'USP.

Néanmoins, récemment a été créé le réseau LASCANet, *Latin American Soil Carbon Network*, qui réunit l'ensemble de la communauté scientifique internationale, travaillant sur la séquestration du carbone dans le sol en Amérique Latine. Créé à la suite d'un Workshop international, co-organisé par l'IRD en juin 2004, le LASCANet a pour missions principales de faciliter les échanges entre chercheurs, de collecter et de divulguer l'information scientifique, de favoriser une prise de conscience des grands propriétaires et des politiques sur l'importance de la séquestration du carbone dans le sol pour la gestion durable des ressources naturelles. Outre l'IRD ce réseau est animé par le *Centro de Energia Nuclear na Agricultura* (CENA) de l'Université de São Paulo et le *Carbon Management and Sequestration Center* de l'Ohio State University.

Véritable plate-forme d'échanges scientifiques, le LASCANet permettra d'identifier les méthodes adéquates pour minimiser les pertes de carbone et augmenter la séquestration du carbone dans le sol, réduisant ainsi l'effet des émissions de gaz à effet de serre sur les changements climatique et la qualité de l'environnement.

POUR EN SAVOIR PLUS

Bernoux M., Carvalho M.C.S., Volkoff B., Cerri C.C., 2001. CO₂ emission from mineral soils following land cover change in Brazil. *Global Change Biology* 7 : 779-787.

Bernoux M., Carvalho M.C.S., Volkoff B., Cerri C.C., 2002a. Brazil's soil carbon stocks. *Soil Science Society of America Journal* 66 : 888-896.

Cerri C.C., Bernoux M., Cerri C.E.P., Feller C. 2004. Carbon cycling and sequestration opportunities in South America: The case of Brazil. *Soil Use and Management*, 20, 248-254

Cerri C.E.P., Paustian K., Bernoux M., Victoria R.L., Mellilo J.M., Cerri C.C., 2004. Modelling changes in soil organic matter in Amazon forest to pasture conversion, using the Century model. *Global Change Biology*. 10, 1-8, 815-832.



Recherches de

L'IRD

au **Brésil**
depuis 1998



IRD

Institut de recherche
pour le développement



Conception graphique
Fernando Brandão

Impression et reliure
Charbel Gráfica e Editora