

Estimation des stocks de carbone dans les sols malgaches

Clovis GRINAND¹, Andriantahina RAJAONARIVO², Vincent PAJOT⁴,
Martial BERNOUX³, Alain ALBRECHT¹, Christian FELLER¹

¹ Laboratoire de Radio-Isotopes, Service de la Radio Agronomie (LRI/SRA)-UR179 SeqBio, Université d'Antananarivo, Route d'Andraisoro BP 3383, 101 Antananarivo, Madagascar

² Laboratoire de pédologie, FOFIFA, Parc Botanique et Zoologique de Tzimbazaza, 101 Antananarivo, Madagascar

³ IRD UR179 SeqBio, 2 place Viala, bâtiment 12, 34060 Montpellier cedex 1, France

⁴ IIRD, US018 Valpédo, 911, avenue Agropolis, BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France

1. Introduction

Les pratiques de gestion ou d'utilisation des sols tels que l'afforestation ou l'agriculture de conservation dans les régions tropicales représentent un enjeu important pour la séquestration du carbone atmosphérique (Robert, 2001). Le sol représente le plus grand réservoir naturel de carbone de surface (~1500 à 2300 Gt selon les auteurs). Une variation même minime de son stock peut contribuer, positivement ou négativement, à l'effet de serre. La grande diversité de la végétation, du climat et des sols de Madagascar est a priori responsable d'une grande variabilité des stocks de carbone dans le sol. Cependant, ces données manquent à l'échelle de Madagascar. Par ailleurs, des valeurs de référence sont nécessaires pour quantifier le gain en termes de stockage de carbone de projets ayant une composante « crédit carbone ». L'objectif de ce travail est de donc d'estimer les stocks de carbone et leurs variations à l'échelle de Madagascar.

2. Matériels et Méthodes

- *Constitution d'une base de données pédologiques*

A partir des études pédologiques au 1/200 000, 1/100 000 et 1/50 000 réalisées dans différentes régions de Madagascar, une base de données pédologique a été constituée. Elle reprend les descriptions de profils ainsi que les analyses physico-chimiques des différents horizons de sol. Les cartes publiées ont été également utilisées afin de localiser les sites de prélèvements auxquels se réfèrent les descriptions et les analyses. Ces données ont été numérisées et géoréférencées dans un Système d'Information Géographique.

- Calcul des stocks de carbone

Préalablement au calcul des stocks, un travail d'harmonisation de la base a été réalisé afin de s'affranchir des mesures incohérentes et d'effectuer des corrections éventuelles dans certains cas. Le calcul du stock de carbone a été réalisé à une profondeur fixe, de 0 à 30 centimètres. Il tient compte de la teneur en carbone, la densité apparente et l'épaisseur de l'horizon. Les mesures de densité apparente étant absentes dans les rapports, cette propriété des sols a été estimée à partir des mesures argile, de teneur en carbone et de la somme des bases échangeables (Benites et al, 2007).

- Carte des sols et croisement des données

Plusieurs cartes pédologiques à l'échelle de Madagascar ont été publiées. Dans cette étude nous avons utilisés la plus récente qui s'intéresse plus particulièrement aux unités géomorphologiques (Delenne et Pelletier, 1981). Elle a été synthétisée et traduite en terme de sol, relief et géologie par un expert pédologue. Les types de sol ont été nommés selon la classification française. La carte a ensuite été géoréférencée puis ajustée spatialement afin de faire correspondre le plus possible ses limites avec les contours réels de l'île. Les stocks de carbone calculés par profils ont finalement été croisés avec les unités de sol.

3. Résultats

La base de données pédologiques reprend des études réalisées de 1946 à 1979 par l'ORSTOM. Elle contient des résultats d'analyse de 650 horizons de sol, allant de 0 à 10 mètres et correspondant à 264 profils. Les stocks C de 0 à 30 cm ont cependant pu être calculés sur 171 profils (306 horizons). Les profils décrits et analysés présents dans les notices n'ayant pas toujours été localisés sur les cartes pédologiques, sur les 171 profils avec un stock C, seulement 125 profils étaient géoréférencés. La suite des analyses a été réalisée sur ces 125 profils.

Sur l'ensemble des profils, la moyenne des stocks de sol sur 30 centimètres est de $5,52 \text{ kg.m}^{-2}$ avec des valeurs allant de de 0,11 à $18,92 \text{ kg.m}^{-2}$. La figure 1 montre une dissymétrie de la distribution des stocks, le nombre de profils diminue lorsque les stocks augmentent. Les valeurs les plus élevées n'ont été observés que sur deux profils et correspondent à des sols hydromorphes.

Fig. 1 : Histogramme de distribution des stocks de carbone

Il existe une bonne corrélation entre le nombre de profils et la superficie de l'unité taxonomique de sol. Les sols ferrallitiques, dominant sur Madagascar (49% de l'île), sont caractérisés par 39 profils alors que les sols les moins représentés, les Vertisols et les Andosols (1% et 0,1%) ne sont caractérisés que par 2 et 3 profils respectivement. Les sols peu évolués d'érosion sont cependant les plus mal représentés avec 2 profils pour $24\,800 \text{ km}^2$.

En terme de stock de carbone, deux unités taxonomiques, les Andosols et les sols hydromorphes, se détachent des autres types de sol par leurs valeurs

élevées, de 12,77 et 9,11 kg.m⁻² respectivement. Pour les autres unités, les stocks moyens par unité de sol s'étendent de 2 à 7 kg.m⁻². Il faut noter cependant les fortes valeurs d'écart-type, causés principalement par un nombre insuffisant de données. Sur l'ensemble des profils, on note un coefficient de variation de 75%.

La distribution des stocks de carbone à l'échelle de l'île est donc directement liée aux types de sols. Les valeurs les plus faibles sont localisées à l'Ouest et au Sud alors que les plus élevées se trouvent à l'Est, au niveau du Lac Aloatra et sur les parties hautes de l'île : la région d'Anstirabe, la montagne d'Ambre et l'Ankarana. La grande partie de l'île, marquée par des sols ferrallitiques, a donc des stocks moyens sur 0-30 cm de 6.3 kg.m⁻². Cependant, les types de sols dont les stocks ont été calculés avec moins de 3 profils représentent 20% de l'île.

4. Conclusion et perspectives

Ce travail constitue une première estimation de stocks de carbone à l'échelle de Madagascar. L'analyse de ces valeurs par type de sol fournit des valeurs de référence et permet de dégager des tendances nettes comme les faibles valeurs de stock de C à l'Ouest et au Sud et les fortes valeurs à l'Est et sur les parties les plus élevées de l'île. Cependant ces résultats préliminaires sont associés à une grande incertitude de mesures, causées principalement par un manque de données. Ces résultats devront donc être affinés en (i) validant la fonction de pédotransfert de densité apparente sur des mesures locales et en (ii) complétant la base à partir d'études pédologiques existantes et de nouvelles prospections dans les zones sous ou non-représentées. Des mesures fiables permettront par la suite d'évaluer et hiérarchiser les déterminants des stocks de carbone à l'échelle de Madagascar comme le climat, le relief et les modes d'usages des terres.

5. Références

- Robert M., 2001. Soil carbon sequestration for improved land management . World Soil Resources Reports-FAO 96, 75p.
- Benites V.M., Machado, P.L.O.A, Fidalgo, E.C.C ;, Coelho, M.R., Madari, B.E. 2007, Pedotransfert functions for estimating soil bulk density from existing soil survey reports in Brazil. Geoderma, 139, 90-97
- Delenne M., Pelletier F., 1981. Carte du Potentiel des Unités Physiques, au 1:1 000 000e, ORSTOM, Bondy, France.

Figures qui vont apparaître sur le poster

Tableau 1 : Stocks de carbone sur 30 centimètres par unités taxonomiques

	Stock C sur 30 cm (kg.m ⁻²)						
	Aire (km ²)	n	Moy	Min	Max	SD	Med
Sols ferrallitiques	274 561	39	6,30	0,50	18,92	3,74	5,67
Sols ferrugineux	164 510	36	4,60	0,11	15,19	3,99	3,44
Sols fersiallitiques	16 375	4	1,99	0,57	3,08	1,22	2,15
Sols peu évolués d'apport	37 752	20	3,82	0,18	10,75	3,13	2,61
Sols peu évolués d'érosion	24 824	2	5,95	3,14	8,76	3,97	
Sols minéraux bruts, lithosols	20 252	3	3,35	1,76	5,21	1,74	3,09
Sols hydromorphes	15 172	10	9,11	1,01	17,16	6,16	10,30
Podzols	5 598	5	6,90	6,20	8,76	1,23	6,42
Vertisols	5 341	2	2,56	0,39	4,73	3,07	
Andosol	542	3	12,77	11,93	13,82	0,96	12,57
Roche nue	26 097						
Tous profils	591026	124	5,53	0,11	18,92	4,15	4,34

ou










Tableau 2 : Stocks de carbone sur 30 centimètres par type de sol

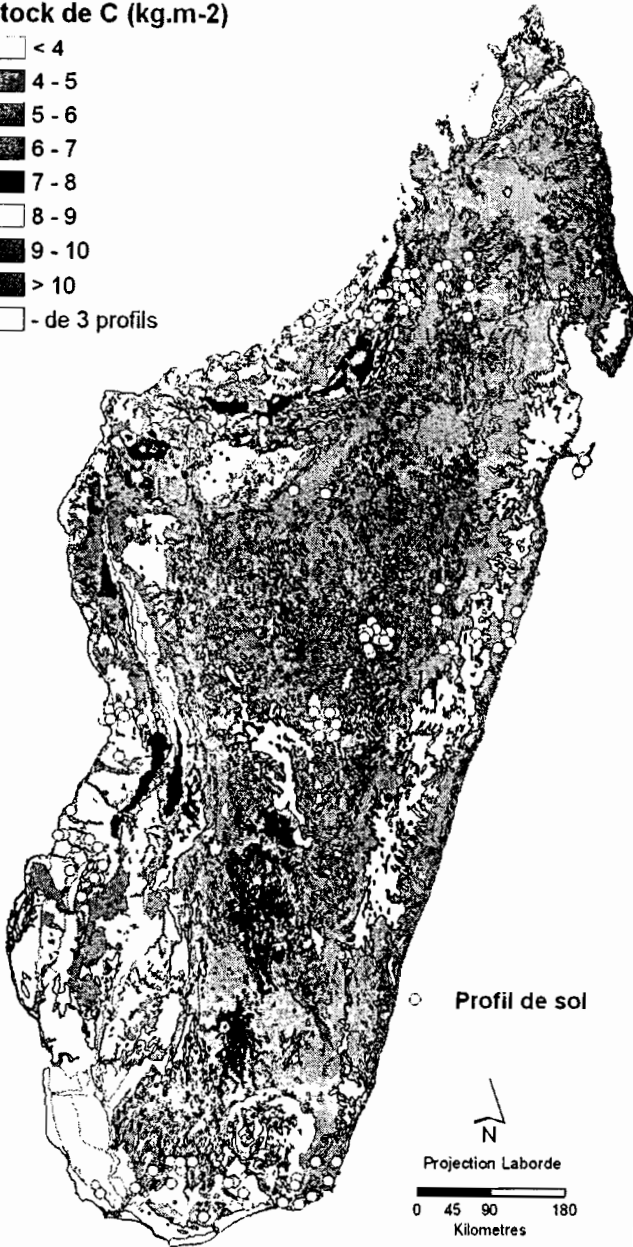
	Stock C sur 30 cm (kg.m ⁻²)						
	Aire (km ²)	n	Moy	Min	Max	SD	Med
Sols ferrallitiques	274 561	39	6,30	0,50	18,92	3,74	5,67
indurés, concrétionnés	28 514	6	4,29	0,69	8,37	2,84	3,93
humifères	4 259	3	9,74	3,70	14,01	5,38	11,50
fortement rajeunis, pénévulés	126 365	10	5,96	0,50	9,62	3,03	6,52
rajeunis à structure dégradée	55 624	14	6,26	0,59	18,92	4,22	5,19
rajeunis humifères	32 917	1	11,81				
rajeunis à structure dégradée	26 727	5	6,31	2,09	9,18	2,58	6,74
typiques brun-rouges	155	0					

Sols ferrugineux	164 510	36	4,60	0,11	15,19	3,99	3,44
jaunes-rouges (sables roux)	63 672	26	3,92	0,11	12,11	3,34	3,32
rouges	22 759	4	7,71	0,46	13,52	5,45	8,44
squelettiques peu profond érodés	78 080	6	5,46	0,69	15,19	5,20	4,92
Sols fersiallitiques	16 375	4	1,99	0,57	3,08	1,22	2,15
jaunes	2 206	2	0,98	0,57	1,38	0,57	
rouges	14 170	2	3,00	2,93	3,08	0,11	
Sols peu évolués d'apport	37 752	20	3,82	0,18	10,75	3,13	2,61
alluvio-colluviaux	3 233	4	4,00	0,27	8,96	3,63	3,39
éolien	4 655	1	0,18				
fluvio-marin, Mangroves	7 592	2	2,02	1,33	2,72	0,98	
Salés	22 273	13	4,32	0,30	10,75	3,20	2,50
Sols peu évolués d'érosion, lithosols	24 824	2	5,95	3,14	8,76	3,97	
Sols minéraux bruts lithiques	20 252	3	3,35	1,76	5,21	1,74	3,09
Sols hydromorphes	15 172	10	9,11	1,01	17,16	6,16	10,30
Podzols	5 598	5	6,90	6,20	8,76	1,07	6,42
Vertisols	5 341	2	2,56	0,39	4,73	3,07	
Andosols	542	3	12,77	11,93	13,82	0,96	12,57
Roche nue	26 097						
Tous profils	591 026	124	5,52	0,11	18,92	4,17	4,19

Figure : Carte des estimations de stocks de C par type de sol

Stock de C (kg.m-2)

-  < 4
-  4 - 5
-  5 - 6
-  6 - 7
-  7 - 8
-  8 - 9
-  9 - 10
-  > 10
-  - de 3 profils



26

Avril 2008

**TERRE
MALGACHE**



**SPECIAL
SEMIS DIRECT**

**TANY
MALAGASY**



MACARTHUR

The John D. and Catherine T. MacArthur Foundation

**UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES**