



UNIVERSITÉ D'ÉTAT D'HAÏTI

Direction des Études Post-Graduées

Thèse

En vue de l'obtention du grade de
Docteur de l'Université d'État d'Haïti

Discipline : Sciences pures et appliquées

Spécialité : Sciences du sol

Présentée et soutenue publiquement le 18 mars 2024 par :

Weldenson DORVIL

La gestion durable des sols pour stocker du carbone et limiter le changement climatique en Haïti : les mécanismes, les systèmes de production et pratiques agricoles

Devant le jury composé de :

Martial BERNOUX	Directeur de recherche, IRD	Examinateur
Sophie DEVIENNE	Chercheure d'Agroparistech	Examinatrice
Claudiel NOEL	Directeur de recherche, UEH	Rapporteur
Bénédictine PAUL	Directeur de recherche, uniQ/UEH	Rapporteur
Michel BROSSARD	Directeur de recherche, IRD	Directeur de Thèse
Jean Marie THEODAT	Directeur de recherche, UEH	Co-encadrant de Thèse

IRD, UMR Eco&Sols- Ecologie Fonctionnelle et Biogéochimie des Sols & Agroécosystèmes,
Place Viala (Bat 12) - F-34060 Montpellier cedex 2 – France.

RÉSUMÉ

Comme beaucoup de sols positionnés en pente en Haïti, les sols de montagnes de Saint-Raphaël sont pauvres en matière organique et le rôle de cette dernière dans la fertilité du sol est considérable. Son piégeage dans le sol est une stratégie fondamentale pour atténuer le changement climatique, et peut également être considéré comme une mesure d'adaptation et de résilience. En revanche, l'intensification de la production agricole par l'usage excessif d'engrais azotés aux effets acidifiants et l'adoption des pratiques de brûlis sont susceptibles de diminuer considérablement les stocks de carbone organique (COS) dans le plateau irrigué. Ce qui peut conduire à un seuil critique au-dessous duquel de graves difficultés risquent d'apparaître. Notre objectif a été d'évaluer l'effet des différents systèmes de culture sur le stockage de carbone des sols à Saint-Raphaël et de comprendre en quoi l'optimisation du stockage de carbone améliore la fertilité des sols. Il s'agissait d'une étude à caractère très original et très peu réalisée en Haïti, de type synchronique, pour essayer de quantifier les effets des différentes pratiques agricoles et des systèmes de culture sur les stocks de COS. Ce qui a nécessité d'inventorier au préalable des pratiques agricoles adaptées aux conditions locales qui augmentent les flux d'entrée de C dans les sols et/ou qui en diminuent les flux de sortie. Il s'agissait aussi d'établir le lien entre le stockage de C et la production agricole durable en fournissant des estimations des stocks de carbone dans les différentes profondeurs du sol. Nous avons donc entrepris de mesurer dans un premier temps les stocks organiques au niveau de 78 parcelles paysannes jusqu'à 50 cm de profondeur du sol. Des mesures de stocks de COS jusqu'à 100 cm de profondeur au niveau de 90 parcelles ont été également effectuées. Cet inventaire a montré une variabilité verticale importante des stocks de COS qui reflète en partie les effets de la profondeur de sol considérée qui traduit la diversité des sols observés. Les valeurs moyennes des stocks de COS des couches 0-30 cm, 0-50 cm et 0-100 cm étaient respectivement de $97,5 \pm 45,7$ MgC.ha⁻¹, de $132,7 \pm 60,1$ MgC.ha⁻¹ et de $174 \pm 71,08$ MgC.ha⁻¹. Le plus élevé et le plus faible stock de C à 0-100 cm ont été enregistrés respectivement dans le système agroforestier (SA) ($196,44$ MgC. ha⁻¹) et le système de pâturage (SSU) ($128,55$ MgC. ha⁻¹). Les stocks de C ont varié de $80,57$ MgC. ha⁻¹ pour les Haplic Cambisols (Eutric ou Calcaric) à 203 MgC. ha⁻¹ pour les Rendzic Leptosols et Epileptic Cambisols (RELEC). Si nous tenons compte de la position des parcelles dans le paysage, les stocks de C ont varié de $112,0 \pm 37,0$ MgC. ha⁻¹ dans les versants à $150,2 \pm 40,1$ MgC. ha⁻¹ dans les vallées dans la couche 0-50 cm. Il faut souligner l'effet non significatif des stocks organiques dans l'horizon de surface (0-30 cm) entre les systèmes de culture. Toutefois, un effet du type de sol, de la profondeur du sol et de la topographie sur l'expression des stocks

a été constaté. Si on se base sur les stocks verticaux, la couche 0-50 cm du sol emmagasine plus de 65% des stocks totaux. La nature carbonatée des sols est prégnante et a été explorée pour une meilleure compréhension de l'évolution des stocks de COS de cette région fortement soumise à une agriculture en voie d'intensification. Nos résultats ont montré que les pratiques agroforestières restituent le mieux la MOS en raison d'une meilleure couverture végétale, d'une augmentation des inputs de carbone par les arbres, et d'une meilleure colonisation racinaire dans les 50 premiers centimètres du sol. On peut penser qu'une boucle vertueuse s'est mise en place où la restitution des résidus a permis l'amélioration des stocks de C en SA mais aussi l'amélioration de la fertilité de ces sols. En conséquence, qui dit fertilité, dit plus de biomasse racinaire, plus d'exsudations racinaires, plus de résidus de culture et plus de matières organiques restituées au sol.

Mot-clés : Changement climatique, Qualité des sols, Changement d'usage des terres, Fertilité du sol, mécanismes de stabilisation, pratiques agricoles, Matière organique, Profondeur du sol, Topographie, Types de sol, Système de culture.

SUMMARY

Like many sloping soils in Haïti, the mountain soils of Saint-Raphaël are low in organic matter, which plays a considerable role in soil fertility. Its trapping in the ground is a fundamental strategy for mitigating climate change, and can also be considered as a measure of adaptation and resilience. On the other hand, the intensification of agricultural production through the excessive use of nitrogen fertilizers with acidifying effects and the adoption of burning practices are likely to considerably reduce the soil organic carbon stocks (SOC) in the irrigated plateau. This can lead to a critical threshold below which serious difficulties are likely to appear. Our objective was to evaluate the effect of different cropping systems on soil carbon storage in Saint-Raphaël. This was a study of a very original nature and very little carried out in Haïti, of a synchronic type, to try to quantify the effects of different agricultural practices and cropping systems on the stock of SOC. This required first inventorying agricultural practices adapted to local conditions which increase the input flows of C into the soil and/or reduce the output flows. The aim was to establish the link between C storage and sustainable agricultural production by providing estimates of carbon stocks in the different depths of the soil. We therefore began to measure organic stocks in 78 farmer plots up to 50 cm deep in the soil. Measurements of organic stocks up to 100 cm deep at 90 plots were also carried out. This inventory showed significant vertical variability in SOC stocks which partly reflects the effects of the soil depth considered which reflects the diversity of soils observed during this inventory. The highest and lowest C stock were recorded respectively in the agroforestry system (SA) ($196.44 \text{ MgC. ha}^{-1}$) and the pasture system (SSU) ($128.55 \text{ MgC. ha}^{-1}$) following an average stock of $174 \pm 71.8 \text{ MgC. ha}^{-1}$. C stocks varied by $80.57 \text{ MgC. ha}^{-1}$ for Haplic Cambisols (Eutric or Calcaric) at 203 MgC. ha^{-1} for Rendzic Leptosols and Epileptic Cambisols (RELEC). If we take into account the position of the plots in the landscape, C stocks varied from $112.0 \pm 37.0 \text{ MgC. ha}^{-1}$ in the slopes to 150.2 ± 40.1 in the valleys in the layer 0-50 cm following an average stock of $132.7 \pm 60.1 \text{ MgC. ha}^{-1}$. This was a very original study in Haïti, of a synchronic type, to try to quantify the effects of different agricultural practices on the C stock. Unlike the permanent grazing system (SSU), the organic stocks of the soil subject to agroforestry (SA) are higher. An average increase in SOC amounts to 23% and 28% respectively in the 0-30 and 0-50 cm layers. It should be emphasized the non-significant effect of organic stocks in the surface horizon (0-30 cm) between the crop systems. However, an effect of the type of soil, the depth of the soil and the topography on the expression of stocks was observed. If we are based on the vertical stocks, the layer 0-50 cm of the soil stores more than 65% of the total stocks. The carbonated nature of

the soils is important and has been explored for a better understanding of the evolution of the COS stocks of this region strongly subjected to agriculture in the process of intensification. Our results showed that agroforestry practices restore the MOS better because of a better plant cover, an increase in carbon input by the trees, and a better root colonization in the first 50 centimeters of the soil. We can think that a virtuous circle has been put in place where the restitution of residues has allowed the improvement of C and SA stocks but also the improvement of the fertility of these soils. As a result, fertility means more root biomass, more root exudations, more crop residues and more organic matter returned to the soil.

Keywords: Climate change, Soil quality, Land use change, Soil fertility, stabilization mechanisms, agricultural practices, Organic matter, Soil depth, Topography, Soil types, Cultivation system.