

## Adaptation du protocole d'analyse thermique Rock-Eval® pour ajuster la quantification des formes de carbone organiques et inorganiques du sol

Joséphine, HAZERA <sup>(1,3)</sup>, David, SEBAG <sup>(1)</sup>, Isabelle, KOWALEWSKI <sup>(1)</sup>, Herman, RAVELOJAONA <sup>(1)</sup>, Eric, VERRECCHIA <sup>(2)</sup>, Tiphaine, CHEVALLIER <sup>(3)</sup>

(1) IFP Energies Nouvelles, Département Sciences de la Terre et Technologies de l'Environnement, 1-4 avenue du Bois Préau, 92852 Rueil-Malmaison, France, [josephine.hazera@ifpen.fr](mailto:josephine.hazera@ifpen.fr), [david.sebag@ifpen.fr](mailto:david.sebag@ifpen.fr), [isabelle.kowalewski@ifpen.fr](mailto:isabelle.kowalewski@ifpen.fr)

(2) Université de Lausanne, Institut des Dynamiques de la Surface Terrestre, 1015 Lausanne, Suisse, [eric.verrecchia@unil.ch](mailto:eric.verrecchia@unil.ch)

(3) Eco&Sols, IRD, CIRAD, INRAE, L'institut Agro, Université de Montpellier, Montpellier, France, [tiphaine.chevallier@ird.fr](mailto:tiphaine.chevallier@ird.fr)

Dans les sols calcaires, mesurer les teneurs en carbone (C) nécessite de pouvoir distinguer le Carbone Organique et Inorganique du Sol (COS et CIS). Pour cela, les procédures classiquement utilisées reposent sur des prétraitements (décarbonation, décarbonatation) et des calculs de différence entre les teneurs en C mesurées par Analyse Élémentaire (AE) sur échantillons bruts et prétraités. Ces procédures entraînent des biais analytiques liés aux prétraitements, des écarts de mesure liés à l'hétérogénéité des prises d'essai et des erreurs cumulées liées aux calculs. Utilisée en science du sol depuis les années 2000, l'analyse thermique Rock-Eval® (RE) apporte une solution technique en permettant la quantification des deux formes de C en une seule analyse sur une seule prise d'essai non prétraitée. Le protocole RE standard fournit des paramètres estimant les teneurs en C organique (TOC) et minéral (MinC) de l'échantillon en détectant les effluents carbonés (composés hydrocarbonés, CO, CO<sub>2</sub>) émis au cours de la pyrolyse de l'échantillon, puis de l'oxydation du résidu. Néanmoins, ce protocole standardisé dans les années 70 par IFP Energies Nouvelles pour analyser des roches pétrolifères n'est pas parfaitement adapté aux échantillons de sols. Les études antérieures ont notamment montré que le paramètre TOC devait être systématiquement corrigé pour approcher les teneurs en COS estimées par AE. Par ailleurs, peu d'études se sont focalisées sur la quantification du CIS par le paramètre MinC. Notre étude propose donc d'adapter le protocole RE pour ajuster la quantification du COS et CIS en réduisant les erreurs statistiques liées aux corrections.

Premièrement, l'analyse des thermogrammes de pyrolyse (200-650°C) montre qu'une part thermorésistante du COS et une partie du CIS se décomposent simultanément après 550°C. Nous avons donc testé plusieurs cycles avec des températures finales de pyrolyse plus basses pour que la décomposition thermique du CIS ne débute pas pendant la pyrolyse et se déroule uniquement durant l'oxydation. Sur un panel de sols calcaires, les paramètres obtenus avec ce cycle adapté montrent une très forte correspondance avec ceux obtenus avec le cycle standard et les corrections associées.

Deuxièmement, la comparaison des teneurs en C total estimées par RE (TOC + MinC) et par AE a montré une sous-estimation systématique pour les sols avec une teneur en CIS élevée. Plus la quantité de CIS dans la nacelle était élevée, plus le paramètre MinC sous-estimait la teneur en CIS estimée par AE. L'analyse des thermogrammes d'oxydation a montré que le signal de CO<sub>2</sub> émis chutait brutalement en fin de cycle lorsque les nacelles contenaient plus de 4 mg de CIS ce qui suggère une décomposition incomplète. En allongeant l'isotherme finale d'oxydation pour compléter la décomposition du CIS, les MinC augmentent et les teneurs en C total approchent celles obtenues par AE.

Finalement, abaisser la température finale de pyrolyse et allonger l'isotherme finale d'oxydation améliore significativement l'estimation des teneurs en COS et en CIS par les paramètres RE (TOC et MinC) en évitant une grande partie des biais analytiques, erreurs statistiques et écarts constatés avec les procédures classiquement utilisées pour ces mesures.