

Micro-hétérogénéité spatiale de la fonction de respiration du sol ; effet d'un stress thermique

**BENOÎT Marie¹, CHEVALLIER Tiphaine¹, GOBRECHT Alexia²,
GORRETTA Nathalie², ROGER Jean-Michel² et BARTHES Bernard¹**

¹ : UMR Eco&Sols, IRD, Montpellier SupAgro, bâtiment 12, 2 place Viala, 34060 Montpellier Cedex 2, mariebenoit86@gmail.com, tiphaine.chevallier@ird.fr, bernard.barthes@ird.fr

² : UMR Itap, Irstea (ex-Cemagref), BP 5095, 34196 Montpellier Cedex 1, alexia.gobrecht@cemagref.fr, nathalie.gorretta@cemagref.fr, jean-michel.roger@cemagref.fr

Selon les projections climatiques faites par le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), la fréquence des événements climatiques extrêmes va augmenter. Dans un tel contexte, il convient d'appréhender la résistance et la résilience du fonctionnement des écosystèmes après un stress. L'hétérogénéité spatiale des propriétés et des activités biologiques du sol est souvent invoquée pour comprendre les différents mécanismes du fonctionnement d'un sol (Young *et al.*, 2008). Cette hétérogénéité existe à différentes échelles, celle du hot spot, quelques millimètres autour d'une racine, d'un résidu de culture (Young *et al.* 2008), d'une galerie de vers de terre, d'une circulation préférentielle d'eau, ou à une échelle plus grande et d'avantage liée aux propriétés physiques du sol. Difficile à appréhender, à quantifier et à suivre dans le temps, l'hétérogénéité spatiale des propriétés des sols et des processus associés pourrait pourtant représenter un moyen de mieux résister aux stress. Mais les échantillonnages classiques, de quelques grammes à quelques kilogrammes, homogénéisent les prélèvements, et les analyses conduites ensuite perturbent la répartition de la matière organique, des organismes du sol, donc perturbent les processus qui se déroulent dans le sol ; ces approches permettent difficilement d'approcher l'hétérogénéité fine des propriétés et du fonctionnement du sol.

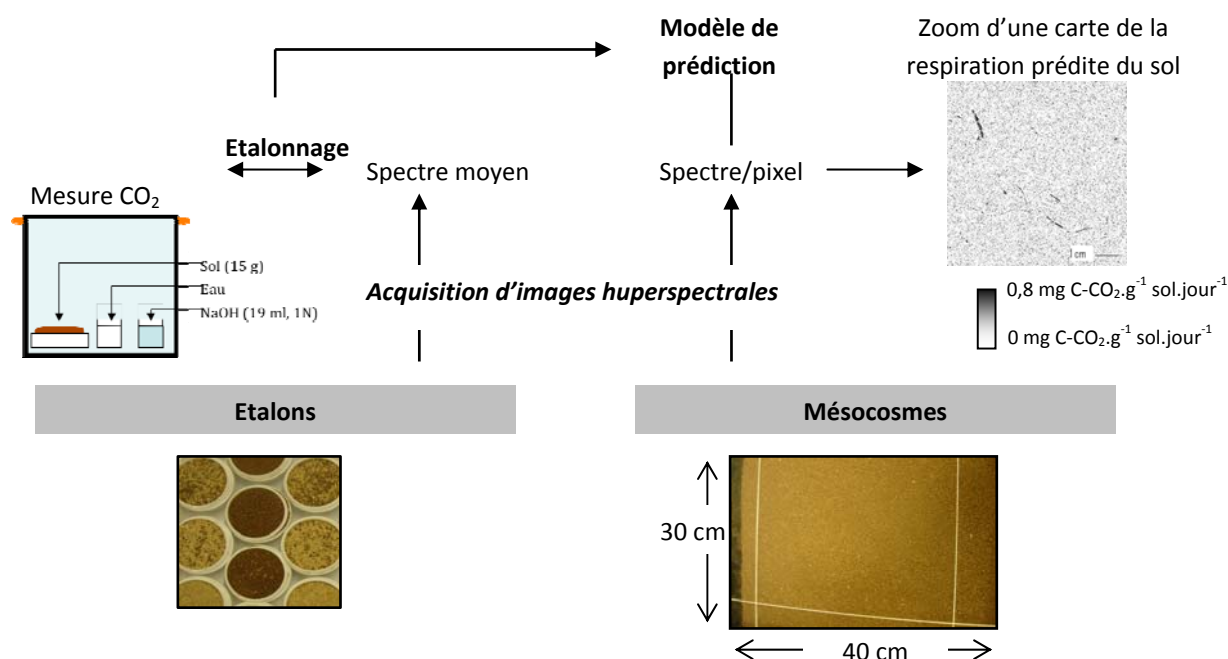
Des études récentes ont montré l'intérêt, d'une part, de la spectrométrie infrarouge pour caractériser la respiration du sol, et d'autre part, de l'imagerie hyperspectrale dans l'infrarouge pour spatialiser les propriétés de produits végétaux avec une résolution de l'ordre de la dizaine de micromètres, sans destruction des échantillons (Vigneau, 2010). L'objectif de ce travail était d'évaluer le potentiel de l'imagerie hyperspectrale dans le visible et proche infrarouge pour spatialiser finement la respiration du sol en conditions contrôlées, avec et sans stress thermique, à l'échelle de la centaine de micromètres.

Quatre mésocosmes de 4 kg de sol, d'une surface de 400 cm² chacun (plateaux), ont été incubés 28 jours dans des conditions contrôlées de température et d'humidité, avec ou sans ajout de paille, avec ou sans stress thermique initial. Une image hyperspectrale de chaque mésocosme a été acquise à plusieurs dates d'incubation (aux jours 1, 3, 7, 14, 21 et 28). La caméra hyperspectrale utilisée (HySpex VNIR-1600, Norsk Elektro Optikk, Norvège) permet d'acquérir un spectre (415-993 nm) par pixel (0.04 mm²) sur l'ensemble du mésocosme. Pour pouvoir "convertir" le spectre de chaque pixel de chaque image de mésocosme en valeur de respiration du sol, une gamme d'étalons (15 g de sol chacun) censée représenter toutes les conditions susceptibles d'être rencontrées sur les mésocosmes a été constituée. Ces étalons ont été incubés dans les mêmes conditions que les mésocosmes, et leur respiration (en mgC-CO₂.g⁻¹ sol.j⁻¹) a été caractérisée à plusieurs dates par des mesures classiques (piégeage à la soude), en même temps qu'étaient acquises des images hyperspectrales. Un étalonnage a ensuite été construit en ajustant le spectre moyen de chaque étalon à chaque date sur la mesure de respiration

correspondante ; cet ajustement a été réalisé par régression multivariée (méthode des moindres carrés partiels, PLS). Cet étalonnage a permis ensuite de prédire la respiration du sol de chaque pixel des images des mésocosmes d'après son spectre, aux différentes dates de l'incubation (Figure 1).

Le modèle d'étalonnage obtenu a une précision satisfaisante ($R^2 = 0.80$ entre valeurs mesurées et prédites). En appliquant le modèle, on a pu prédire sur les quatre mésocosmes la distribution spatiale de la respiration du sol et son évolution au cours du temps. Les cartes de respiration prédites par le modèle montrent des zones à forte activité respiratoire. Ces zones sont associées à la présence de racines mortes ou de débris de paille, et l'intensité de la respiration semble y diminuer au cours de l'incubation, ce qui traduirait l'épuisement des substrats les plus labiles. Toutefois, les cartes de respiration ne montrent pas de résidusphère : la zone périphérique (4 mm environ) autour des résidus ne présente pas de respiration plus élevée que le reste du sol. De même, les cartes de respiration des mésocosmes ayant subi ou pas un stress thermique en début d'expérimentation ne diffèrent pas notablement. Il semble néanmoins que le stress thermique réduise fortement la respiration du sol, mais qu'en cours d'incubation la respiration retrouve un niveau proche de la respiration du sol n'ayant pas subi de stress, surtout autour des débris végétaux. Des études quantitatives supplémentaires sont nécessaires pour approfondir ces résultats.

Figure 1. Présentation schématique de l'expérimentation (mésocosmes, étalons) et d'un résultat cartographique.



Références

- Vigneau, N., 2010. Potentiel de l'imagerie hyperspectrale de proximité comme outil de phénotypage : application à la concentration en azote du blé. Doctorat du Centre International d'Études Supérieures en Sciences Agronomiques de Montpellier, 160 p.
- Young, I.M., Crawford, J.W., Nunan, N., Otten, W., Spiers, A., 2008. Microbial distribution in soils: Physics and scaling. *Advances in Agronomy*, 100 : 81-121.