



# Mesure en ligne de processus écophysologiques à l'Ecotron Européen de Montpellier

Sébastien DEVIDAL, Abdel FAEZ, Gilbert JACQUIER, Damien LANDAIS, Hélène LEMOINE, Alexandru MILCU, Clément PIEL, Olivier RAVEL, Jacques ROY - ECOTRON CNRS UPS 3248



L'Ecotron Européen de Montpellier est une unité de service du CNRS qui met à disposition de la communauté scientifique nationale et internationale trois plateaux expérimentaux. Une large gamme d'environnements peuvent être simulés de manière réaliste, et des mesures en ligne de processus écophysologiques sont réalisées, en routine ou à la demande.

## Plateau Macrocosmes (12 unités)



## Plateau Mésocosmes (16 unités)



## Plateau Microcosmes (13 unités)



## Quantification des flux de gaz traces échangés

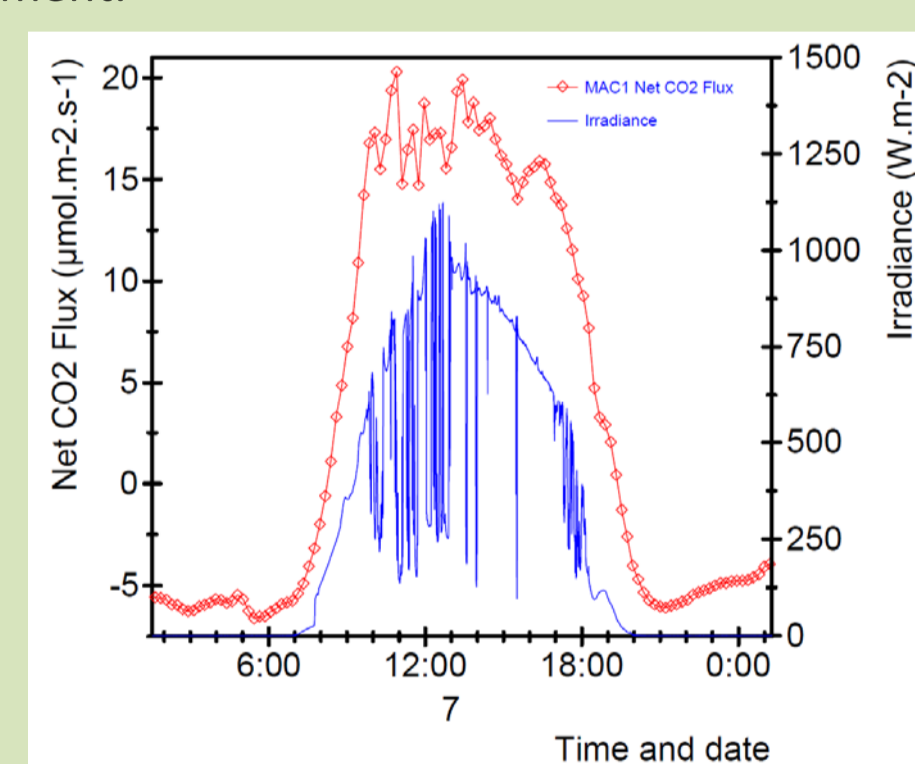
Les flux de gaz traces échangés entre les écosystèmes confinés et leur atmosphère peuvent être quantifiés grâce à des dispositifs de type **système d'échange gazeux ouvert**. Le débit d'air entrant dans les enceintes de conditionnement climatique est mesuré finement par des capteurs massiques thermiques, et de l'air est échantillonné à l'entrée et la sortie de chaque système. La mesure de la différence de flux de gaz trace entre la sortie et l'entrée permet de déduire par bilan de masse le **flux net échangé** par le système biologique confiné. Certains dispositifs de l'Ecotron peuvent être adaptés pour effectuer des mesures de flux en **circuit fermé** (Microcosmes et Mésocosmes).

Les gaz traces étudiés en routine sont le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), le méthane ( $\text{CH}_4$ ) et l'oxyde nitreux ( $\text{N}_2\text{O}$ ). La mesure de concentration de ces gaz est réalisée **en ligne** par des analyseurs à très haute justesse. D'autres gaz peuvent être étudiés à la demande, et des analyseurs spécifiques peuvent être apportés par les scientifiques et adaptés aux dispositifs de l'Ecotron.

Salle « Analyse de gaz – Isotopes stables », où sont disposés les dispositifs d'analyse de gaz. A droite : mesure des flux de  $\text{CO}_2$ . A gauche : mesure des flux de  $\text{CH}_4$  (plateau Macrocosmes).



Exemple de mesure du flux de  $\text{CO}_2$  échangé par un échantillon d'écosystème prairial confiné dans une unité Macrocosme. En rouge : flux net de  $\text{CO}_2$ , en bleu : éclaircissement.



Liste des instruments de mesures de gaz trace disponibles à l'Ecotron.

Moyens de mesure de gaz en ligne disponibles		
Gaz étudié	Instruments	Principales caractéristiques
$\text{CO}_2$	Licor 6400	Echanges gazeux (plante/sol)
	Licor 7000 (4 unités)	Mesure différentielle
	Vaisala GMP343 (18 unités)	Faible précision – $\text{CO}_2$ ambiant
	Vaisala GMT222 (12 unités)	Faible précision – $\text{CO}_2$ élevé
	Aerodyne $\text{CO}_2$ monitor	Haute précision (+ isotopes)
$\text{N}_2\text{O}$ (et $\text{CO}$ )	Picarro G21011	Haute précision (+ isotopes)
	Aerodyne TILDAS	Haute précision (+isotopes)
$\text{CH}_4$ (et $\text{CO}_2$ )	Picarro G2301	Haute précision – faible débit
	Picarro G2311F	Haute précision – débit élevé

## Isotopes stables : traçage et fractionnement isotopique

Les isotopes stables constituent un puissant outil d'étude de processus, permettant d'obtenir des informations complémentaires à celles fournies par l'analyse des flux.

Ils peuvent être utilisés comme **traceurs**, et fournir des informations qualitatives et/ou quantitatives sur les flux d'éléments dans un système biologique. Par exemple, un dispositif automatisé permet d'enrichir en carbone 13 le  $\text{CO}_2$  atmosphérique des enceintes du plateau Macrocosmes, pour tracer et quantifier le flux de carbone de la feuille aux chaînes trophiques et stockage du sol. Des prélèvements de matière organique et de sol sont ensuite effectués puis analysés. Ce principe peut être appliqué à d'autres éléments (e.g. azote), et déployé à la demande sur toutes les plateformes techniques.

Les isotopes stables peuvent être utilisés pour étudier le **fractionnement (discrimination) isotopique**, provoqué par des facteurs physicochimiques et biologiques. Dans ce cas, les variations d'abondance naturelle d'**isotopologues du  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  et de la vapeur d'eau** sont mesurées en ligne par des analyseurs infrarouges à laser accordable. L'étude de certains isotopologues du  $\text{CO}_2$  permet par exemple de dissocier le flux net de  $\text{CO}_2$  en ses composantes photosynthétiques et respiratoires, ou de quantifier de manière non invasive certaines activités enzymatiques.

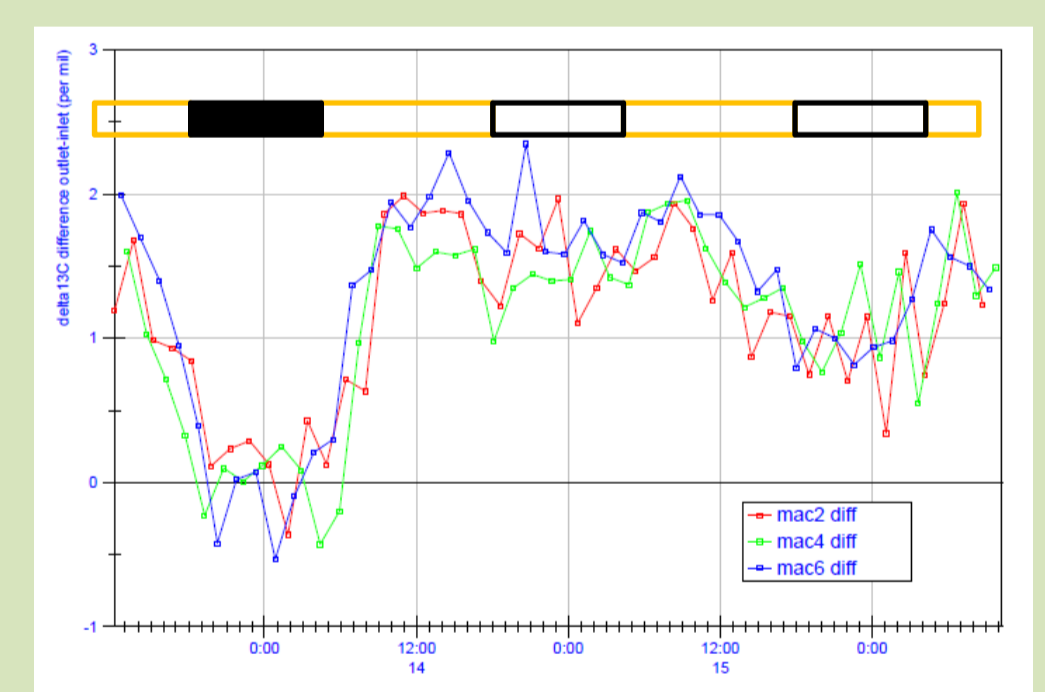
Liste des mesures isotopiques effectuées en routine à l'Ecotron.

Moyens de mesure isotopique en ligne disponibles		
Gaz étudié	Mesure en ligne (notation $\delta$ )	Meilleure justesse de mesure disponible
$\text{CO}_2$	$\delta^{13}\text{C}$	0.03‰
	$\delta^{17}\text{O}$	0.15‰
	$\delta^{18}\text{O}$	0.03‰
$\text{N}_2\text{O}$	$\delta^{15}\text{N}$ du $^{15}\text{N}^{14}\text{NO}$	0.5‰
	$\delta^{15}\text{N}$ du $^{14}\text{N}^{15}\text{NO}$	0.5‰
$\text{H}_2\text{O}$ vapeur, liquide et solide humide	$\delta^2\text{H}$	0.1‰
	$\delta^{17}\text{O}$ , $\delta^{18}\text{O}$	0.025‰
	$^{17}\text{O}$ -Excess	0.015‰

Spectromètre à laser accordable : mesures des isotopologues du  $\text{N}_2\text{O}$  à concentration ambiante.



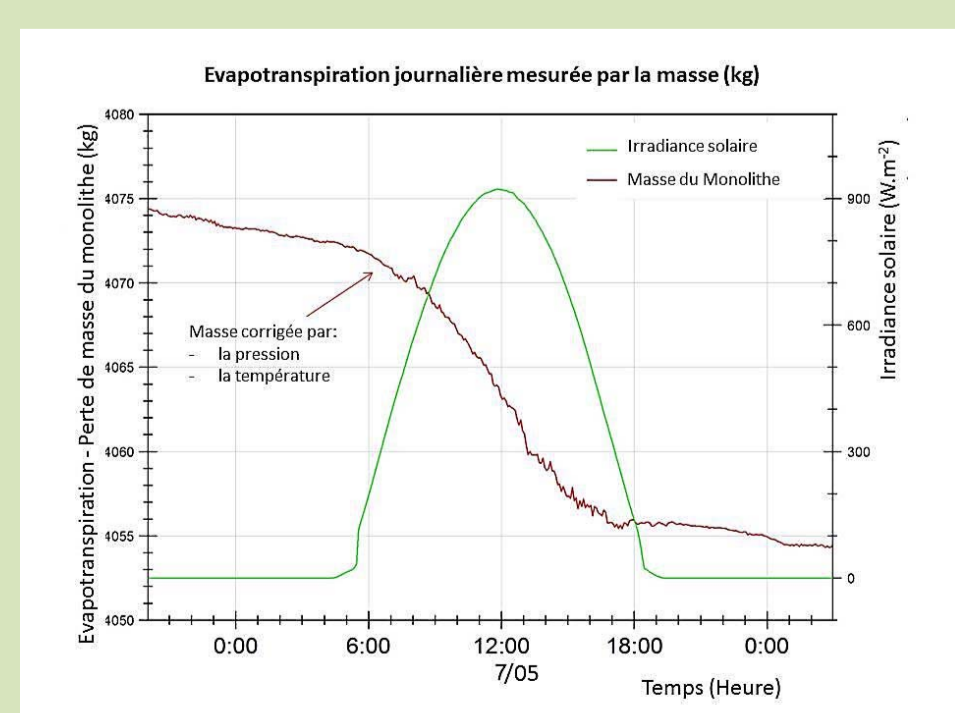
Exemple de mesure isotopique: différence de  $\delta^{13}\text{C}$  du  $\text{CO}_2$  (en ‰) entre la sortie et l'entrée des Macrocosmes.



## Mesure en continu de l'évapotranspiration

L'évapotranspiration des échantillons d'écosystème est quantifiée en continu par une mesure de masse, réalisée par des jauges de contrainte équipant les supports de lysimètre. La justesse de mesure est de 200 g pour des échantillons jusqu'à 10 tonnes sur le plateau Macrocosmes, et 50 g pour des échantillons jusqu'à 3 tonnes pour les Mésocosmes.

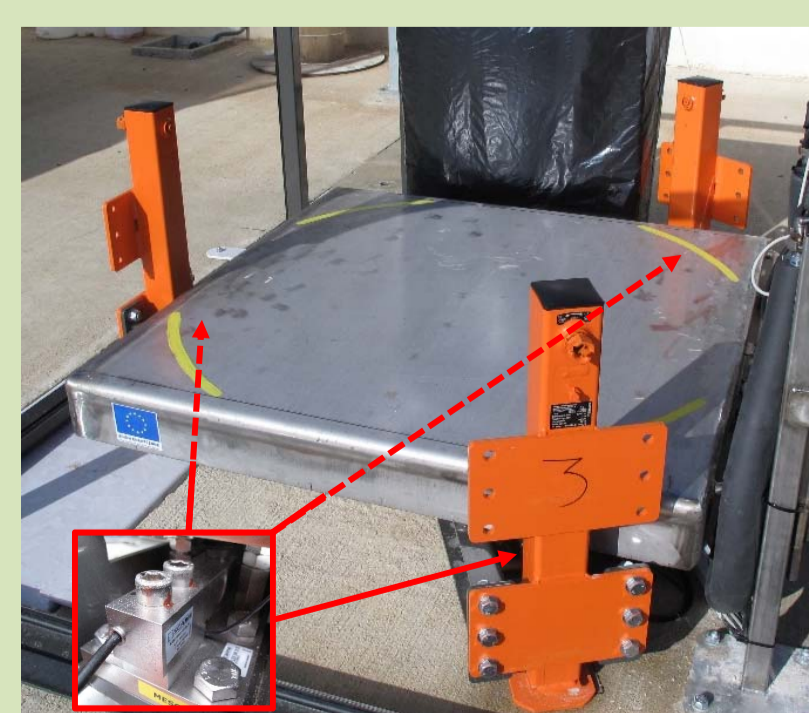
Evolution temporelle de la masse d'un lysimètre. En rouge : masse (kg). En vert : éclaircissement solaire au niveau de la canopée.



Vue d'un des 4 capteurs (jauges de contraintes) utilisés pour la mesure de masse d'une unité Macrocosmes.



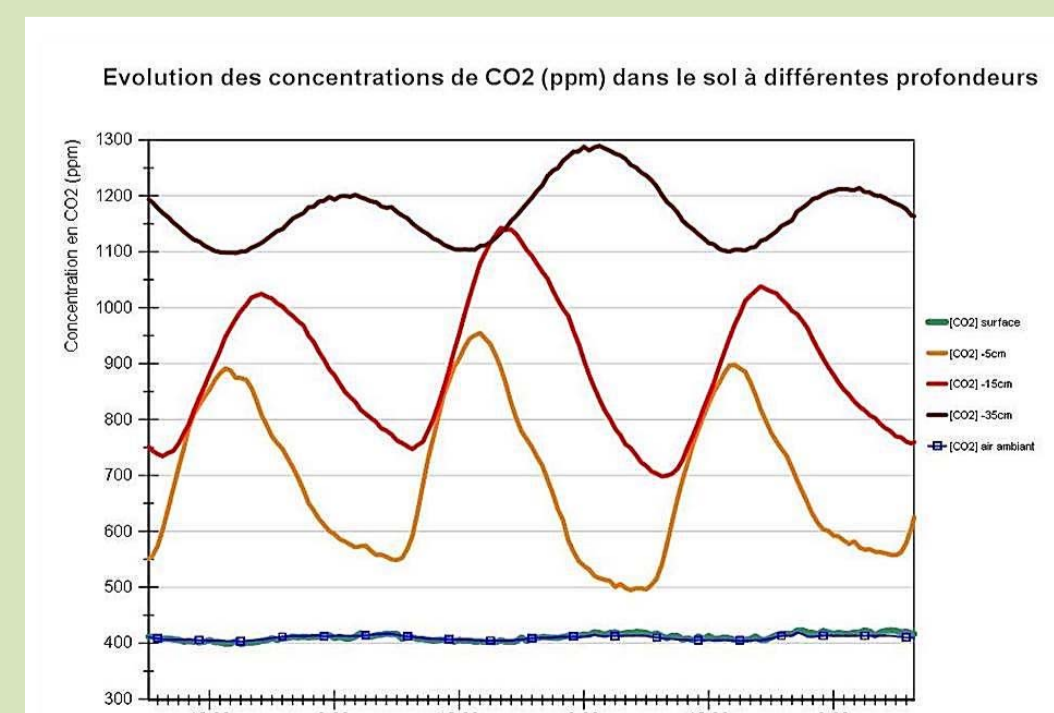
Table thermorégulée d'une unité Mésocosmes incorporant 3 capteurs (jauges de contraintes).



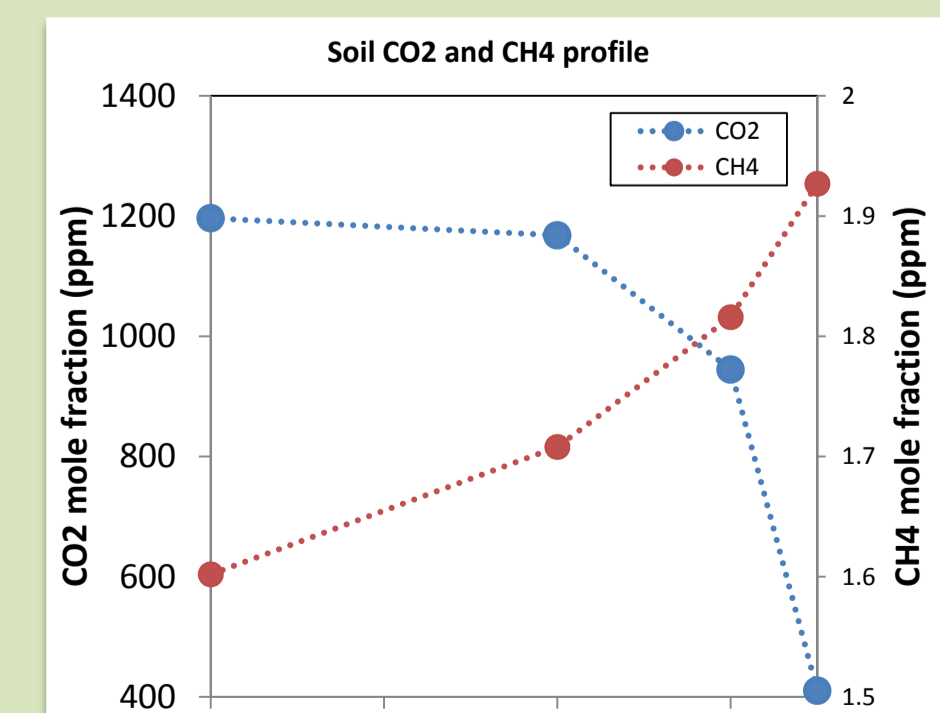
## Diffusion gazeuse dans le sol

Les gradients de concentration de plusieurs gaz ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_2$ ) et isotopologues peuvent être quantifiés *in situ* et de manière continue grâce à des tuyaux hydrophobes perméables au gaz insérés aux profondeurs voulues. Les gradients de concentration peuvent être interprétés en termes de flux par modélisation. Certaines activités métaboliques émettrices de  $\text{N}_2\text{O}$  peuvent être identifiées par la mesure des ratios isotopiques ( $\delta^{15}\text{N}$ ) de ce gaz.

Evolution temporelle des concentrations en  $\text{CO}_2$  en surface et à 3 profondeurs dans un lysimètre du plateau Macrocosmes.



Exemple de gradient de  $\text{CO}_2$  et de  $\text{CH}_4$  dans un lysimètre du plateau Macrocosmes.



Dispositif de mesure du quotient respiratoire (rapport  $\text{CO}_2/\text{O}_2$ ) à 4 profondeurs dans un lysimètre.

