

Séance hebdomadaire publique de l'Académie d'Agriculture de France
(03 mai 2017)

Les Ecotrons : une nouvelle approche expérimentale du fonctionnement des écosystèmes

Impacts de l'élévation du CO₂ atmosphérique sur les transferts de matière organique entre un écosystème prairial et les milieux aquatiques

Gérard Lacroix

Avec la participation de :

Emma Rochelle-Newall, Audrey Niboyet, Ludwig Jardillier, Sarah Fiorini, Simon Chollet,
Mathieu Llavata, Elisa de Santos, Sébastien Barot et Jean-François Le Galliard



Le système Ecolab: un simulateur de climats

Cellules environnementales (3 par système)

Cellule close de 13 m³, éclairage artificiel, simulateur de pluie, containers contrôlés en température, instrumentation automatisée, accès direct pour échantillonnage *in situ*

EXPERIMENTATION

PRODUCTION

Pompe à chaleur haute performance

EXPERIMENTATION

Cellule laboratoire (1)

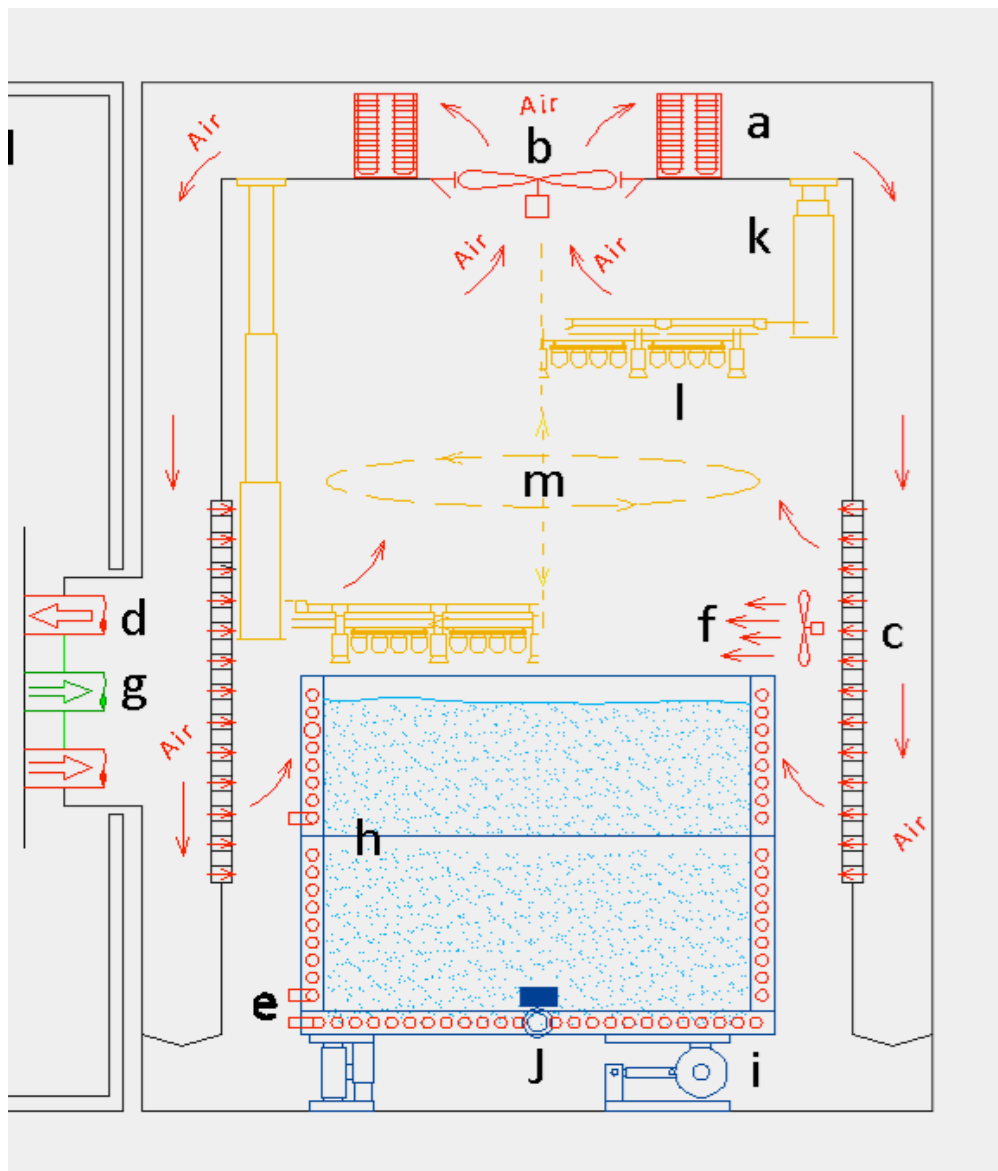
Supervision centralisée,
stockage des données,
instrumentation déportée

DISTRIBUTION

Chaud et froid, eau de pluie et d'humidité, injection et
extraction de gaz, contrôle de la pression

Développement protégé par 4 brevets industriels Européens

Principe général et fonctions principales



Contrôle du climat

Température et humidité
 Pluies
 Vent et turbulence

Contrôle de l'atmosphère gazeuse

CO₂ (injection - absorption)
 O₂ (substitution de N₂)
 O₃ (injection - destruction)

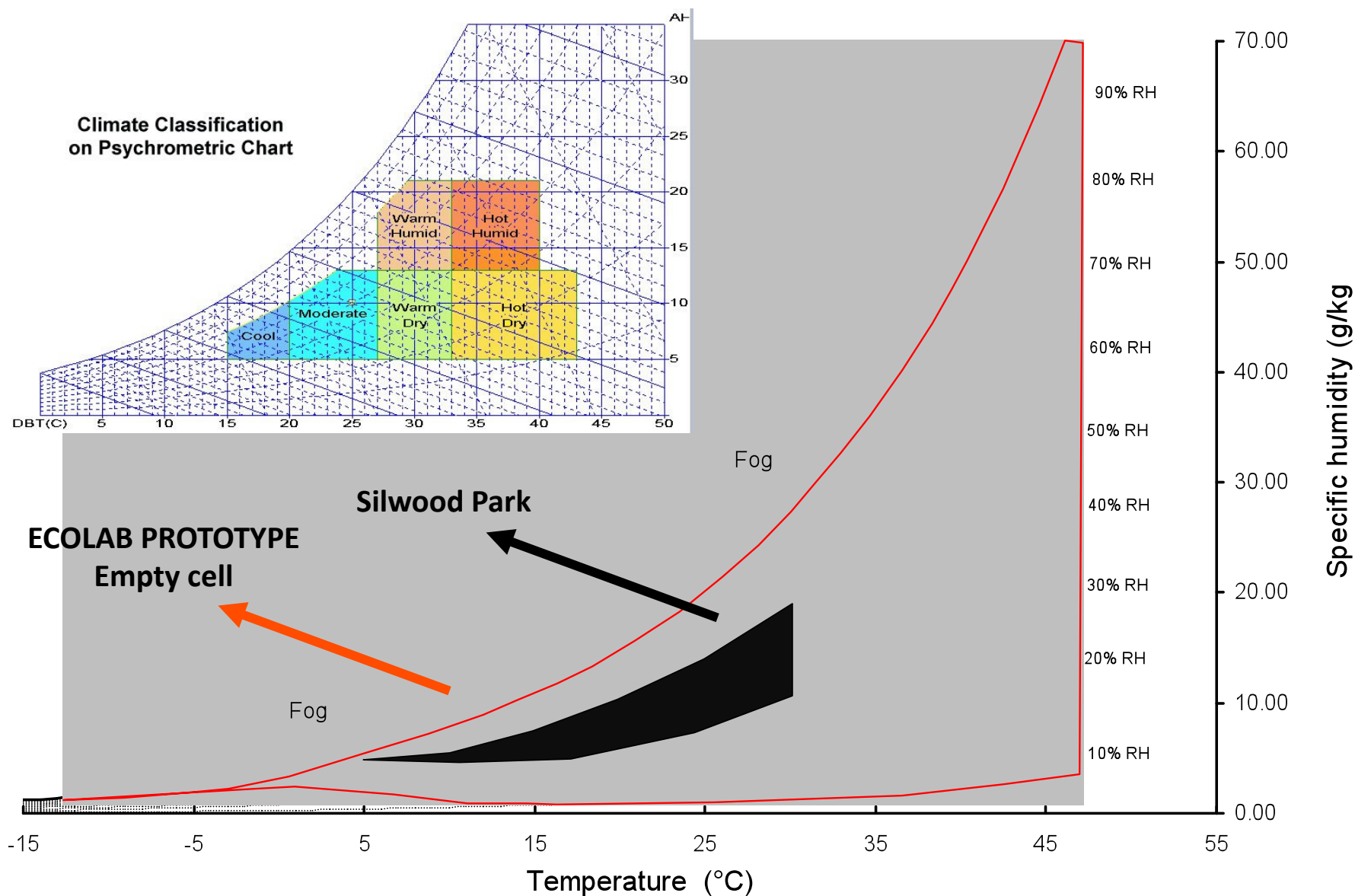
Contrôle de la lumière

Eclairages standard, leds ou plasma
 Rotation, translation
 Contrôle de la hauteur

Contrôle de l'écosystème

Contrôle de la température
 Mesure du poids et des lixiviats

Diagramme psychrométrique : température et humidité



Contrôle du climat

Grande gamme de climats reconstitués
Contrôle temporel continu
(intervalles de temps courts)



Effets écologiques du climat

Analyse de climats contrastés
Effets de perturbation ou de stress
Effets seuils et conditions pour le
maintien des systèmes écologiques

Contrôle multi-paramètres

Composition gazeuse de l'atmosphère
Conditions climatiques
Température et lumière



Effets des facteurs associés aux changements globaux

Effets principaux et interactifs
Gradients thermiques réalistes
(sol - eau)

Du microcosme au mésocosme

Conteneurs en Inox
Dispositifs d'éclairage diversifiés
Rotation, translation et
Contrôle de la hauteur



Manipulation de petits systèmes modèles

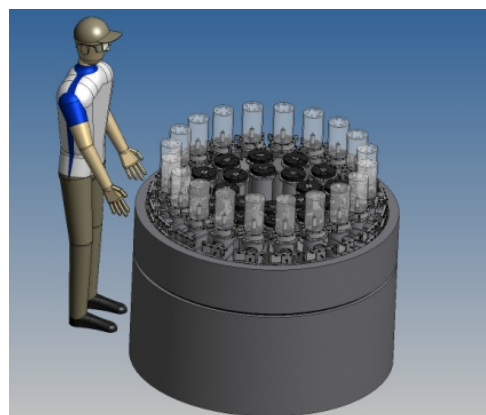
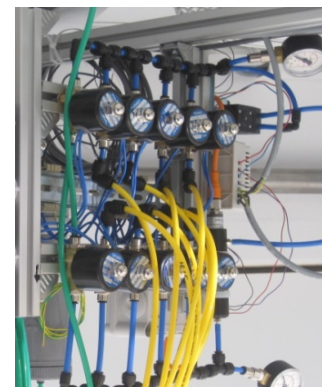
Systèmes sols – plantes
Systèmes aquatiques continentaux ou marins
De la génomique environnementale
à la biologie des écosystèmes

Système Ecolab fonctionnel
sur une plateforme temporaire



2012-2015

Premiers projets de recherche



Microcosmes
aquatiques

2016: Ecotron IleDeFrance
(1000 m² de bâtiment neuf HQE)



Changements globaux et apports de matière Organique allochtone en milieux aquatiques

- Dans un environnement plus chaud et enrichi en CO₂, il est probable que l'exportation de matière organique en provenance des écosystèmes terrestres vers les écosystèmes aquatiques va augmenter.
- On a peu d'informations sur la réponse de ces écosystèmes aquatiques aux apports de matière organique dans un environnement enrichi en CO₂.
- Les liens forts entre l'activité et la diversité microbienne et la concentration en Matière Organique Dissoute (DOM) et Matière Organique Dissoute Colorée (CDOM) suggèrent que les changements de composition microbienne et d'activité métabolique sont étroitement liés aux variations de quantité et de qualité de la matière organique.

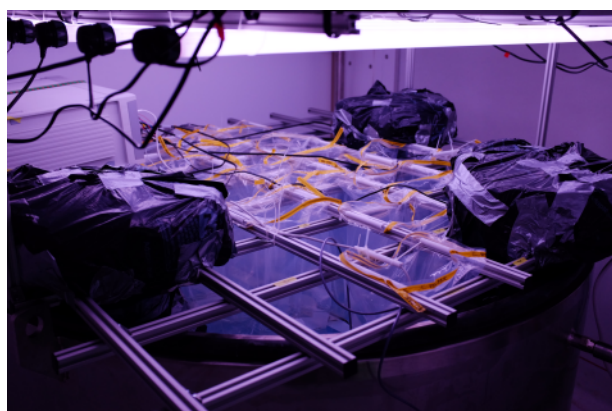
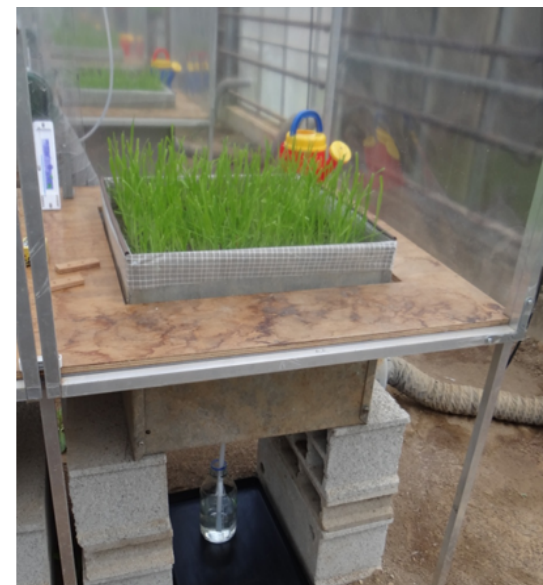


Un cadre conceptuel existe pour décrire les effets écologiques de la matière organique terrestre sur les systèmes aquatiques. Des approches expérimentales sont indispensables pour préciser cet impact dans un contexte de changements globaux

Face aux interrogations sur l'impact de la matière organique allochtone sur les milieux aquatiques nous avons choisi d'explorer l'impact d'une augmentation de la teneur en CO₂ atmosphérique sur :

- 1) L'exportation de carbone organique dissous (en particulier sous forme de lessivats)

Expérience réalisée en mini-serres à Orsay avec des plantations de dactyle aggloméré (*Dactylis glomerata*)

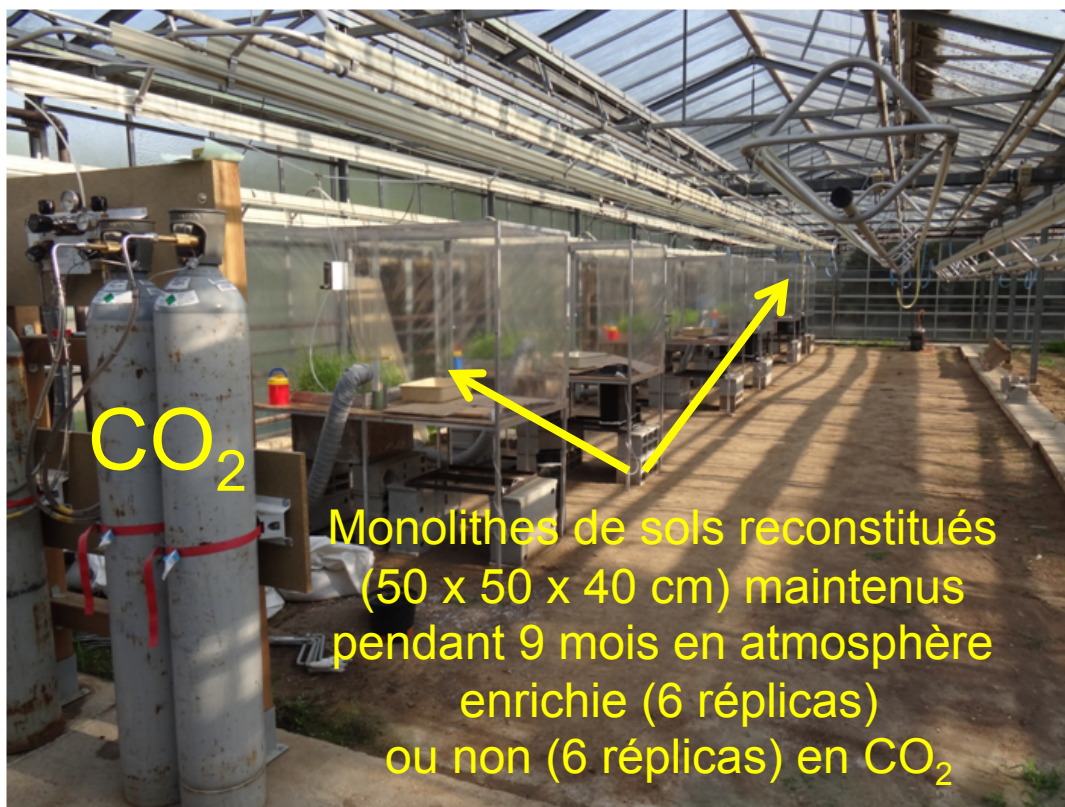


- 2) La réponse à court terme de communautés aquatiques aux apports de carbone organique dissous d'origine terrestre, en atmosphère enrichie ou non en CO₂.

Expérience réalisée dans les chambres climatiques de l'Ecotron IDF avec des communautés microbiennes lacustres

pCO₂ ambient = 390 ppm *versus* pCO₂ enrichi = 750 ppm

Expérience réalisée avec des monolithes de prairie



En début d'été, simulation d'une
pluie d'orage (60 mm sur 36 h)

Impact de l'augmentation du CO₂ dissous sur la production de lessivats
(solutions résiduelles qui proviennent de la percolation de l'eau à travers le sol)

Teneur en CO₂ et production de lessivats

Traitement CO ₂ en serres	Volume des lessivats mL (écart type)	Carbone organique dissous mg C L ⁻¹ (écart type)	Carbone total exporté mg C (écart type)	fluorescence CDOM (normalisée par le carbone) Unités de fluorescence normalisées [NFIU] (écart type)
CO ₂ ambient	694 (79)	36,5 (2,8)	25,3 (2,9)	797 (29)
Enrichi en CO ₂	1436 (512)	19,5 (3,4)	28,5 (11,5)	1180 (103)
Probabilité	P < 0,01	P < 0,001	NS	P < 0,001

Transpiration plus faible sous CO₂ élevé → humidité du sol plus élevée
et saturation atteinte plus rapidement en cas de pluie

Changement de qualité de la matière organique lessivée
Augmentation de la matière organique dissoute colorée (**généralement
plus récalcitrante**) en environnements terrestres enrichis en CO₂

Changements dans l'excrétion racinaire ?
(Changement démontré dans d'autres expériences)

Impact des lessivats et du CO₂ sur les communautés microbiennes planctoniques

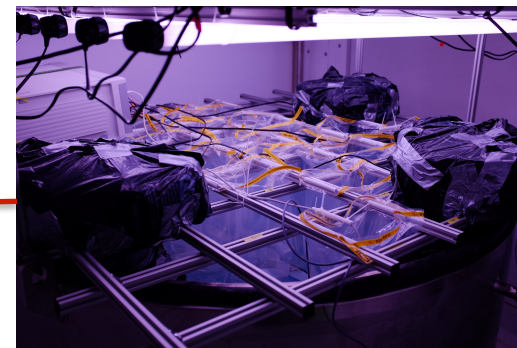
ECOLABS



CHAMBRE CLIMATIQUE



MICROCOSMES



(5,5 L de volume individuel)

SUPERVISION



ECHANTILLONNAGE



- Communautés microbiennes naturelles
- Incubation à 390 ou 750 ppm de CO₂ pendant 72 H
- Ajout ou pas de lessivats terrestres

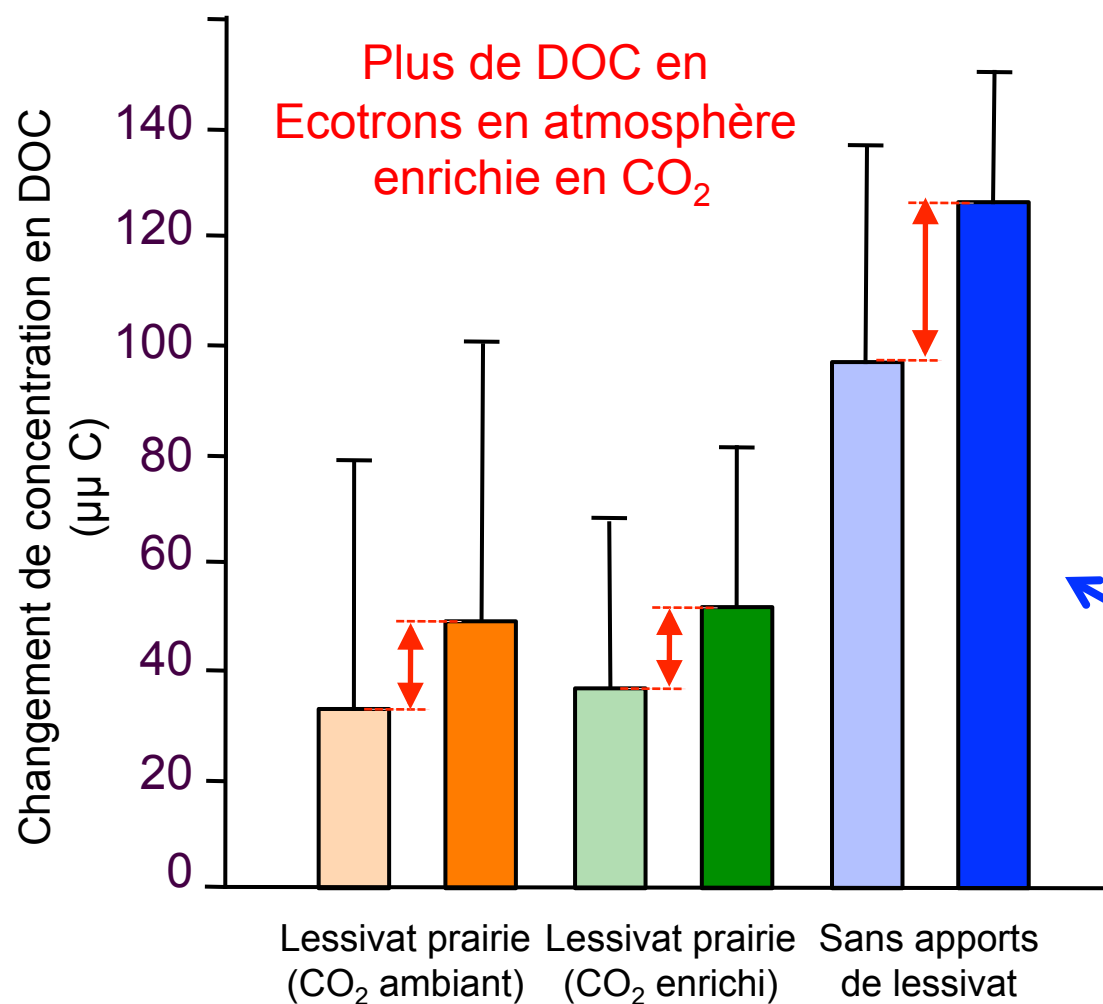
Conditions expérimentales

- Microcosmes : sacs en polyéthylène souple de 5,4 L de volume individuel, suspendus à une grille et maintenus en bain-marie
- Brassage : mouvements verticaux (40 cm d'amplitude toutes les 10 minutes) de la grille auxquels étaient suspendus les microcosmes
- Intensité lumineuse : $450 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$
- Lampes : JBL SOLAR TROPIC (54W, 4000K)
- Cycle jour - nuit : 12 h - 12 h.
- Température: programmée à 20°C
- pH: mesuré en continu avec une sonde SPT21T pH +ATC connectée à une console d'enregistrement des données D291 (Consort, Turnhout, Belgium)

Traitement	Température	pH
CO ₂ ambient	19.83 (± 0.26)	8.33 (± 0.2)
Enrichi en CO ₂	19.80 (± 0.33)	8.10 (± 0.08)

Ajout de lessivats : + 20 % par rapport à la concentration initiale de carbone organique dissous

Carbone organique dissous dans les microcosmes



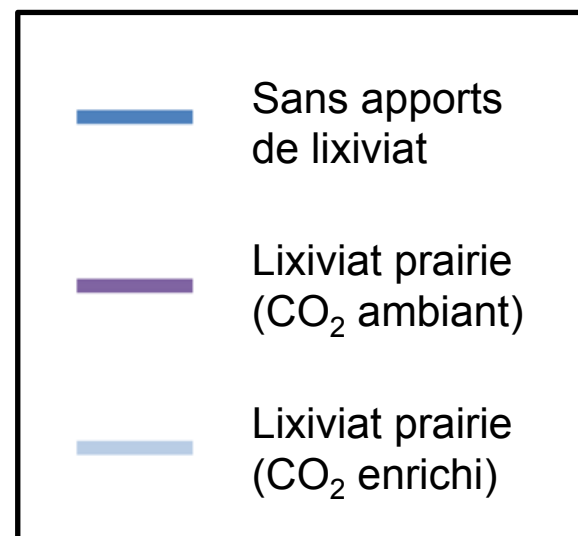
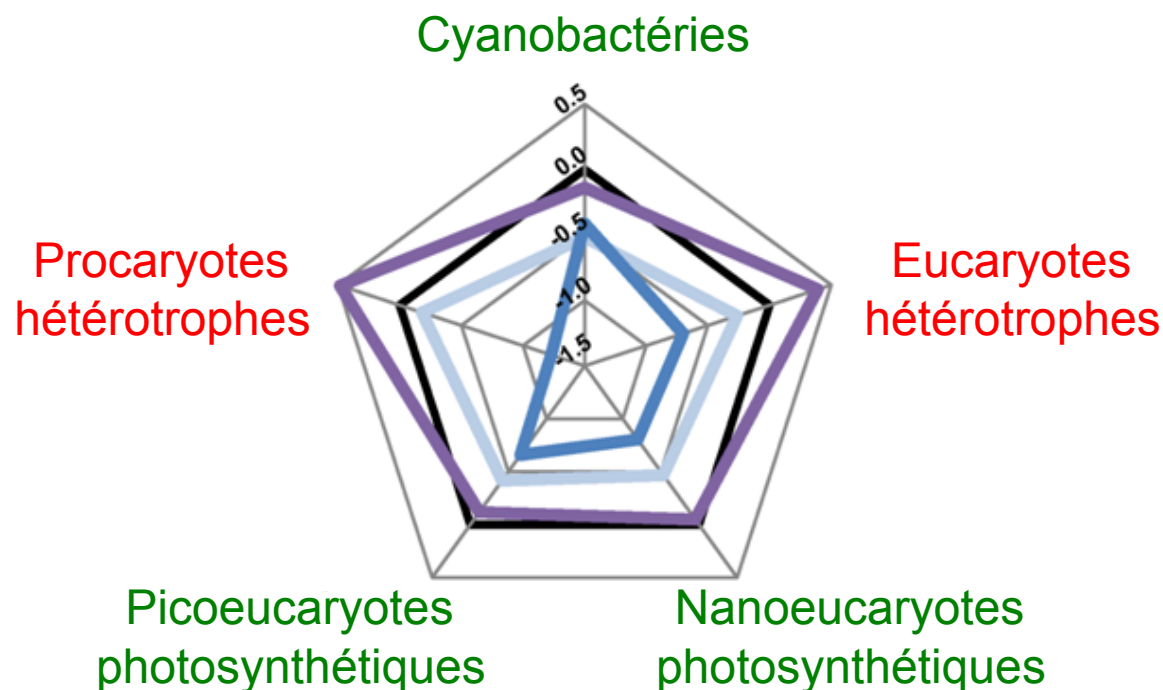
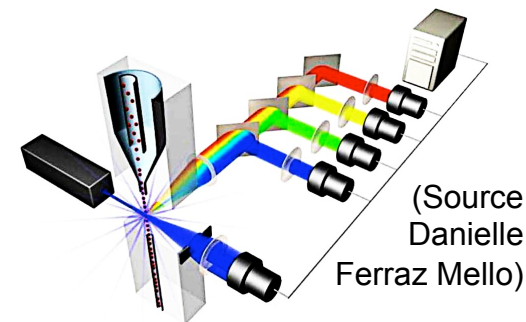
Pour chaque traitement d'apport en lessivats :

- En clair: CO₂ ambiant (390 ppm) dans l'Ecotron
- En foncé : CO₂ enrichi (750 ppm) dans l'Ecotron

Plus de carbone organique dissous sans apports de lessivats

Effets interactifs complexes (non montrés) sur la qualité de la matière organique

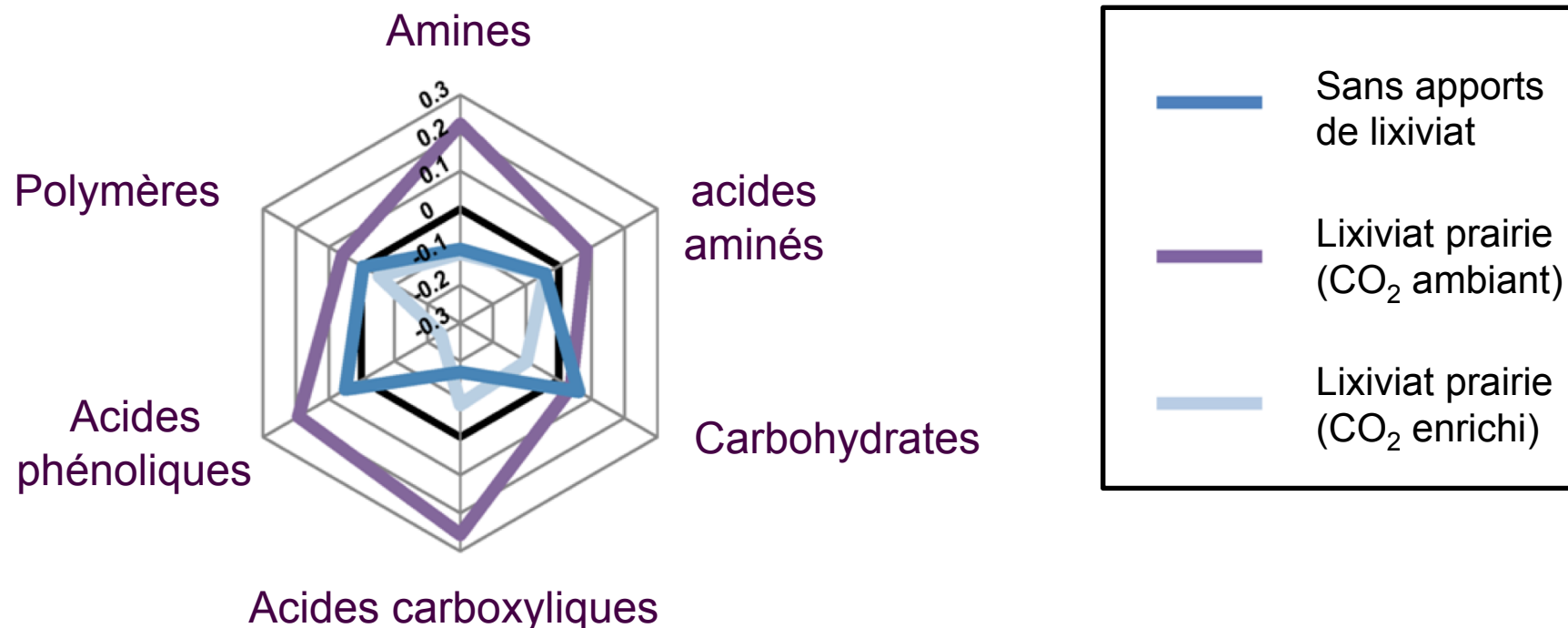
Caractérisation des communautés microbiennes par cytométrie de flux



On observe une augmentation relative de l'hétérotrophie au sein des communautés aquatiques microbiennes dans des environnements enrichis en CO₂ lorsque les communautés reçoivent de la matière organique d'origine terrestre

Réponse des profils métaboliques microbiens à l'augmentation du CO₂

Caractérisation des profils métaboliques des communautés microbiennes avec des microplaques à 96 puits Biolog Ecoplates®



On observe une réduction des capacités métaboliques des communautés microbiennes dans des environnements aquatiques enrichis en CO₂, lorsque les communautés reçoivent des lessivats de sols de prairies cultivées en fort CO₂

- Effets directs de l'augmentation du CO₂ au sein des Ecotrons:
 - Réduction des organismes photosynthétiques (effet pH peu probable)
 - Augmentation du carbone organique dissous

Effet indirects de l'augmentation du CO₂, associés aux apports de matière organique allochtone:

- Augmentation de l'importance relative des communautés hétérotrophes
 - Augmentation de la proportion de la matière organique dissoute colorée
- Effets interactifs complexes de la teneur de l'atmosphère au sein des Ecotrons et des apports en lessivats sur:
 - la qualité de la matière organique dissoute en fin d'expérience,
 - les capacités cataboliques des communautés bactériennes.

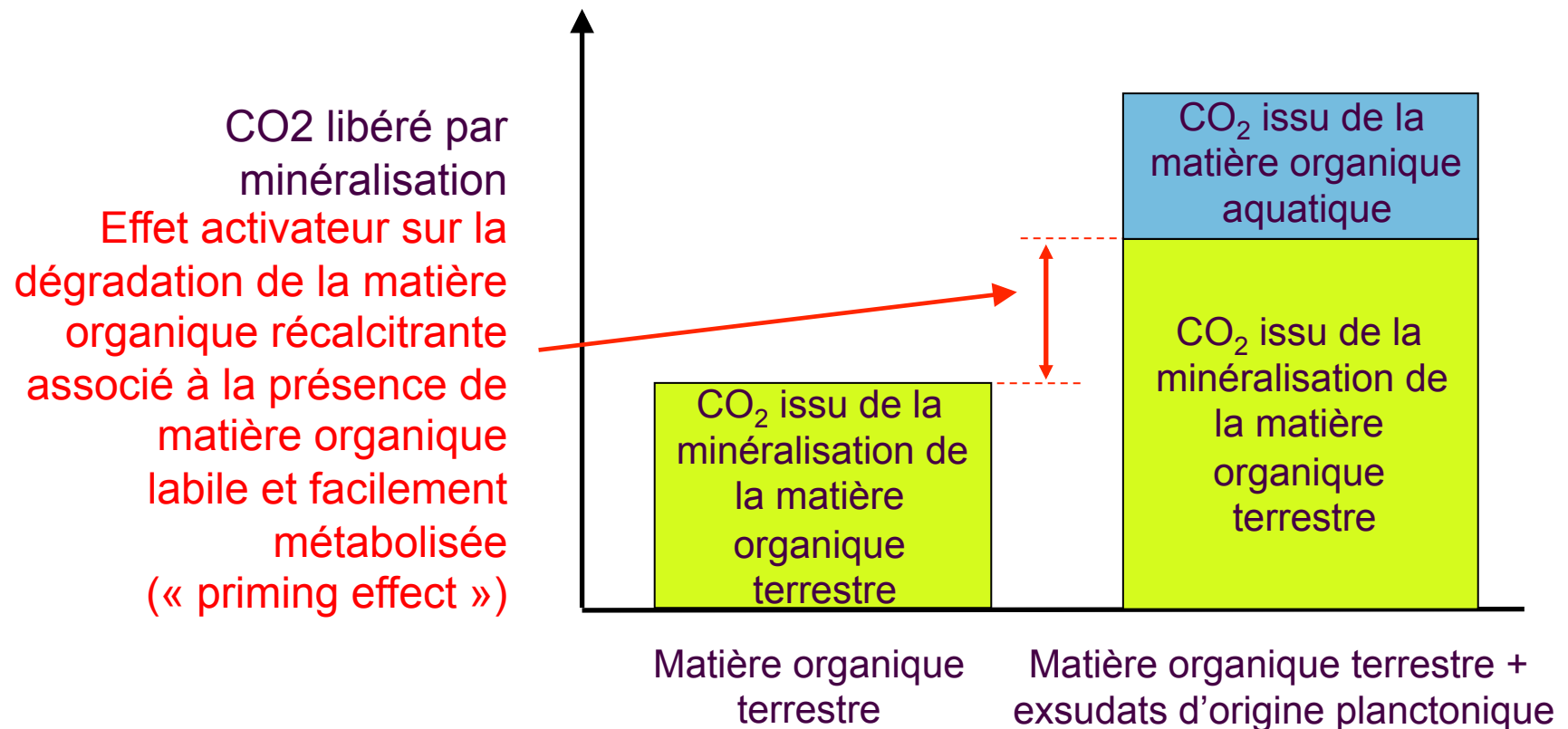
Communautés aquatiques plus hétérotrophes dans un environnement plus riche en CO₂ atmosphérique

Les lessivats ont un effet sur le bilan de carbone qui dépend de l'interaction entre MO terrestre et aquatique

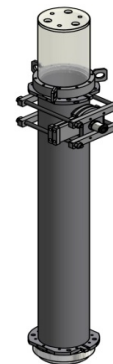
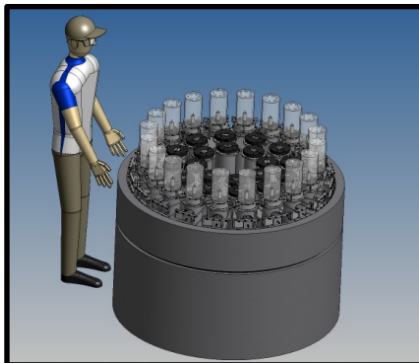
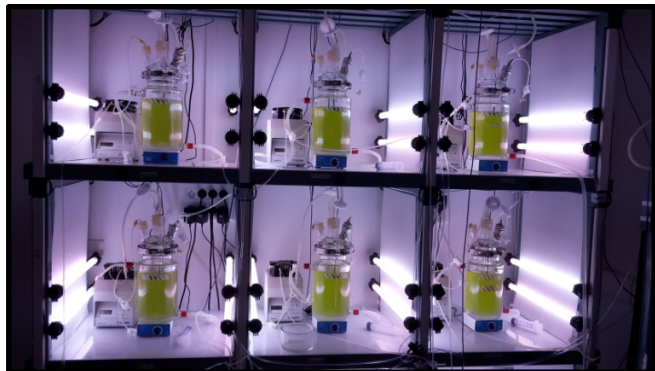
Perspectives de recherches futures dans l'Ecotron

Mieux comprendre le processus de dégradation de la matière organique dans un contexte de changements globaux :

- Minéralisation de MO récalcitrante (certaines fractions terrestres) en présence de matière organique plus labile (par exemple d'origine algale)
- Effets croisés de la température et du CO₂



Travailler à des échelles multiples et complémentaires



Merci pour votre attention !

