

L'ÉCOTRON EUROPÉEN DE MONTPELLIER

Une plate-forme de recherche pour étudier expérimentalement le fonctionnement des écosystèmes, des organismes et de la biodiversité en réponse aux modifications de l'environnement





Un nouvel élan pour la recherche en écologie

Après la prise de conscience internationale des conséquences des activités humaines sur l'environnement, le CNRS en collaboration avec la région Languedoc-Roussillon et avec le soutien du Conseil Général de l'Hérault, construit une infrastructure de recherche destinée à analyser et à prédire l'impact des changements globaux sur les organismes, les écosystèmes et la biodiversité.

L'Ecotron, qui verra le jour en 2008 sur le campus de Baillarguet près de Montpellier, offrira aux scientifiques les moyens techniques pour contribuer à répondre aux inquiétudes environnementales actuelles et à venir.

Comment réagiront les espèces et les communautés aux changements globaux ? Quelles sont les modifications du fonctionnement des écosystèmes attendues ? Amplifieront-elles ou mitigeront-elles ces changements ?

La compréhension des mécanismes de réponse à ces changements permettra d'anticiper les altérations des services que les écosystèmes rendent à la société et d'améliorer les prédictions d'évolution du climat issues des modèles planétaires.





Maquette de l'Écotron
© MDR architectes/Auverttech

Un équipement dédié à l'étude des écosystèmes et de la biodiversité

Les êtres vivants et leurs milieux interagissent continuellement. Ils peuvent être étudiés indépendamment, mais dans le cadre des changements globaux l'analyse de leurs interactions à différentes échelles est primordiale.

Les échanges de matière et d'énergie entre la surface terrestre et l'atmosphère dépendent de l'activité des organismes vivants. Cela concerne notamment les gaz fortement impliqués dans la régulation du climat. Le gaz carbonique de l'air est séquestré par la photosynthèse des plantes et rejeté par la respiration des plantes elles-mêmes, des herbivores et des décomposeurs. Le cycle de l'eau est modulé par les couverts végétaux et les propriétés du sol largement dépendantes de la litière et des organismes qui s'en nourrissent. Le méthane est issu des processus microbiens dans le sol et dans la panse des ruminants.

Les changements climatiques affectent différemment la séquestration et le déstockage de ces éléments. Ainsi la canicule de 2003 a déséquilibré le bilan carboné de l'Europe avec un rejet important de gaz carbonique dans l'atmosphère.

L'Ecotron permettra de faire varier les paramètres de l'environnement, notamment climatiques, et d'en mesurer les conséquences sur ces flux et stocks de matière et d'en analyser les mécanismes au travers de mesures biologiques sur les principales communautés d'organismes.

Mais ces processus sont dynamiques. Les organismes réagissent aux variations de l'environnement à court terme par une modulation de leur physiologie, mais à moyen terme, c'est leur démographie qui est affectée. Celle-ci est largement dépendante des mécanismes de compétition, prédation, parasitisme et symbiose. À plus long terme les processus évolutifs et de migration sont fortement impliqués. Les changements environnementaux impactent différemment tous ces processus.

L'Ecotron permettra d'étudier les changements de communautés sous l'impact de divers scénari environnementaux, mais aussi d'analyser les réponses physiologiques d'individus appartenant à des espèces ou des populations différentes.

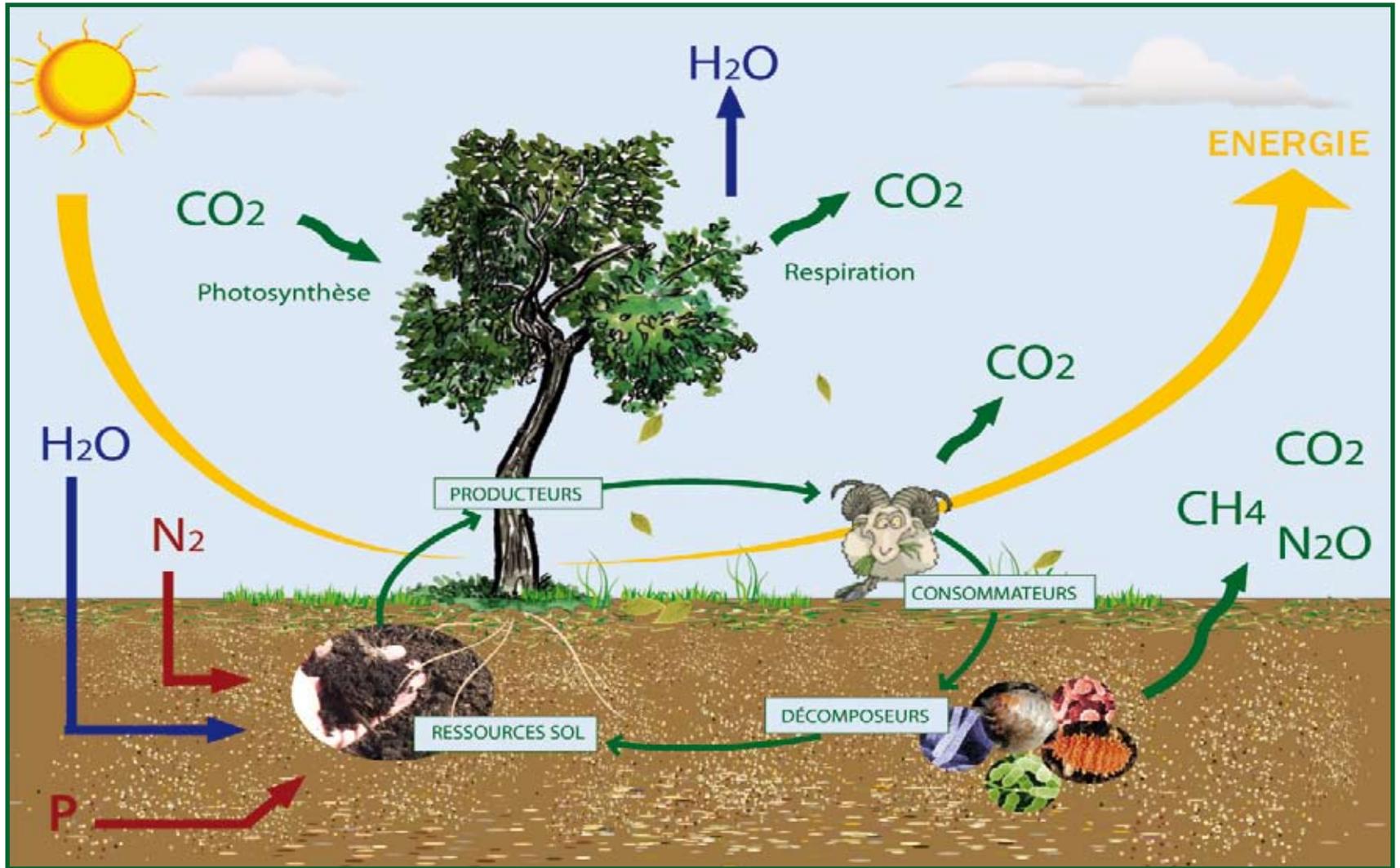


Schéma positionnant les êtres vivants dans les cycles biogéochimiques à l'interface terre-atmosphère

Ce schéma classique montre bien le contrôle exercé par les organismes vivants sur les gaz impliqués dans le bilan climatique de la planète. Mais il ne prend en compte la biodiversité qu'au travers d'une chaîne trophique hypersimplifiée. Il y a d'autres niveaux trophiques et chaque niveau est souvent composé de nombreuses espèces. Les changements environnementaux modifient différemment les relations entre espèces et le rôle que celles-ci jouent dans les cycles biogéochimiques.



Les équipements actuels dans le monde

L'utilisation d'enceintes de cultures climatisées est ancienne en biologie végétale et plus récente en écologie. Une nouvelle génération d'équipement associe conditionnement climatique et appareillages de mesure sophistiqués.

La manipulation des conditions environnementales dans des serres ou des chambres de culture est une tradition en biologie végétale et agronomie. De grands équipements (phytotrons) ont été construits dans les années 1950-60 (Pasadena, Canberra, Gif/Yvette), et actuellement beaucoup d'universités et d'instituts possèdent des chambres climatiques de culture. D'autres communautés scientifiques ont développé le confinement d'écosystèmes afin de pouvoir en contrôler le contenu. Ainsi des lysimètres ont été construits en hydrologie et en agronomie et depuis une vingtaine d'années, des mésocosmes en milieux aquatiques et marins ont été développés pour étudier la toxicologie et les relations entre la structure des réseaux trophiques, le fonctionnement de l'écosystème et les facteurs environnementaux.

Les écotrons représentent une nouvelle génération d'équipements née dans les années 1990. Illustrés par ceux de l'Imperial College de Londres, de l'Institut du Désert de Reno dans le Nevada, ou par le limnotron de Maarsse aux Pays-Bas, ils combinent par l'utilisation d'enceintes confinées et d'une instrumentation ad hoc, le contrôle de l'environnement et des mesures du fonctionnement de l'écosystème.

En France, plusieurs laboratoires sont équipés d'enceintes instrumentées dédiées à la biologie végétale et à l'étude du fonctionnement des écosystèmes, ou de mésocosmes pour l'étude de systèmes aquatiques ou marins, cependant aucun de ces dispositifs n'a atteint une envergure internationale.

Un réseau national d'équipements complémentaires est en constitution. Il vise à développer les capacités d'investigation offertes par la combinaison d'une répétition des unités expérimentales, d'un conditionnement environnemental de qualité et d'une puissante instrumentation. Constitué de l'Ecotron de Montpellier, de la plate-forme côtière Medimeer à Sète, des Ecolabs et des bassins aquatiques de Foljuif, ce réseau est destiné à positionner la France sur le devant de la scène dans le domaine des recherches en environnement.



L'écotron de Silwood Park (Grande-Bretagne) en bas à gauche, les EcoCells de Reno (Nevada) en haut à droite et le limnotron de Maarsse (Pays-Bas) en haut à gauche sont parmi les équipements écotroniques les plus performants actuellement.

Zoom sur....

Les changements globaux

On assimile souvent les changements globaux aux seuls changements climatiques, qui sont sans doute les plus médiatisés. Cependant, les changements planétaires ne se limitent pas aux changements du climat et de la composition de l'atmosphère. D'importantes modifications liées aux changements d'usage des territoires et aux modes de vie des populations humaines sont en cours : déforestation, surexploitation des ressources naturelles, invasions biologiques. . . Ces modifications affectent la biodiversité au sens large, de la diversité génétique à la diversité des paysages, avec des effets en retour sur le climat en cours de quantification.

Une expertise climatique internationale

Reconnaissant la potentialité d'un changement global du climat, l'Organisation Météorologique Mondiale et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement ont établi en 1988 le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC ou IPCC pour Intergovernmental Panel on Climate Change). Les rapports d'évaluation successifs (1990, 1995, 2001, 2007) établis par des centaines de scientifiques de tous pays, documentent les changements actuels et avancent des prédictions pour les décennies à venir en fonction de différents scénari socio-économiques possibles.

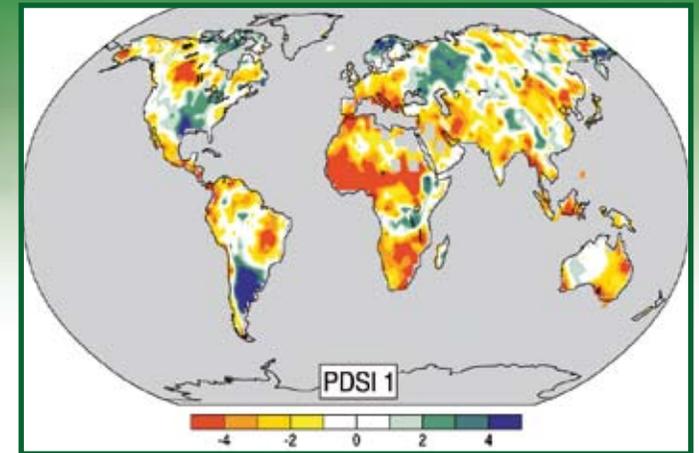
Ces rapports ont confirmé progressivement, mais à présent indubitablement, le rôle de l'homme dans les changements climatiques actuels. Le réchauffement actuel va s'accélérer et atteindra 2 à 4 °C d'ici la fin du siècle. Ces rapports évaluent les conséquences de ces changements sur les systèmes socio-économiques et naturels (augmentation du niveau des mers et de la fréquence des catastrophes naturelles, modification du fonctionnement des écosystèmes agricoles et naturels, changements d'aires de répartition des espèces, impact sur la santé humaine) et proposent des solutions pour limiter ces changements et en atténuer les effets. Voir www.ipcc.ch.

Un état des lieux des écosystèmes de la planète

À la demande des Nations Unies en 2000, une évaluation des changements de l'état des écosystèmes de la planète et de ses conséquences sur les sociétés a été effectuée par plus de 1300 experts. Remis en 2005, le rapport 'Millennium Ecosystem Assessment', met en évidence que l'homme a modifié les écosystèmes à un rythme sans précédent pendant les 50 dernières années avec une perte de biodiversité substantielle et irréversible. Ces changements ont augmenté le bien-être général des humains, mais au prix d'une dégradation de certains services rendus par les écosystèmes et une paupérisation de certaines populations. Cette dégradation peut s'accroître considérablement dans la première moitié de ce siècle s'il n'y a pas une remise en cause des politiques, institutions et pratiques actuelles. Voir www.millenniumassessment.org.

Vers une expertise internationale sur la biodiversité

Les estimations de la diminution de la biodiversité actuelle indiquent que l'on est en présence d'une crise d'extinction des espèces du même ordre que les 5 crises s'étant produites au cours des ères géologiques précédentes mais à un rythme beaucoup plus rapide. Au-delà des extinctions, il y a une modification de fréquence des types d'espèces et une homogénéisation des communautés rudérales. Un suivi planétaire de l'évolution de la biodiversité est nécessaire du même type que celui du GIEC pour le climat. Soutenu par l'Institut Français de la Biodiversité, un Mécanisme International d'Expertise Scientifique sur la Biodiversité (International Mechanism of Scientific Expertise on Biodiversity, IMoSEB) est en cours de constitution. Voir www.imoseb.net.



Rencontre avec...



Bernard Delay

Directeur de recherche de classe exceptionnelle au CNRS, Bernard Delay s'est fortement investi dans les projets d'écotrons. Spécialiste de l'anthropisation des écosystèmes et de l'évolution de la biodiversité, c'est tout naturellement qu'il s'est vu confié la mise en place du département scientifique «Environnement et Développement Durable» au CNRS. Outre ses nombreuses responsabilités de chercheur, il tient une place importante dans de nombreux comités scientifiques (INRA, CIRAD...), dont celui de l'Ecotron Européen de Montpellier.

Quelle est la place de l'environnement dans la recherche française et au CNRS en particulier ?

C'est maintenant un domaine prioritaire au CNRS avec des moyens dédiés et un département spécialisé que je dirige. Au niveau français, c'est un domaine bien soutenu sur les aspects physique, chimique, biologique et sociétal. Cet écotron est un outil destiné à répondre au triptyque des recherches en environnement : observation - expérimentation - modélisation.

Quels moyens sont attribués pour la recherche en environnement? Les écotrons sont l'équivalent en écologie des télescopes ou des accélérateurs de particules. Est-ce le cas d'un point de vue budgétaire?

On est encore loin des moyens mis en oeuvre pour les télescopes et les accélérateurs. La coopération entre la Région, le Département et le CNRS a permis la construction de l'Ecotron de Montpellier,

instrument d'intérêt international. La situation est bien meilleure qu'il y a quelques années mais est loin d'être parfaite. La prise de conscience existe et on est sur la bonne voie.

Quelles sont les principales questions auxquelles l'Ecotron est susceptible de répondre ?

L'une des grandes questions est évidemment le changement climatique. Le réchauffement de la planète est bien documenté, mais pour affiner les prédictions, il est nécessaire de mieux connaître ce qui se passera au niveau des écosystèmes. C'est quelque chose qui est extrêmement complexe. Les cycles biogéochimiques dépendent de la biodiversité et réciproquement. Chaque acteur de ce dialogue répond peut-être d'une façon spécifique aux variations de l'environnement. L'Ecotron est un des moyens privilégiés permettant d'analyser ces réponses des écosystèmes et de la biodiversité.

Quelles disciplines pourront être concernées par l'utilisation de l'équipement?

Les Sciences de l'Environnement nécessitent une forte contribution des disciplines de base : biologie, chimie, physique, mathématiques... Il faut imaginer que ces disciplines cotoieront l'écologie, l'agronomie ou la biologie des populations au sein des projets conduits dans l'Ecotron.

Quelles pourraient-être les applications des recherches menées au sein de l'Ecotron ?

Les résultats issus de l'Ecotron permettront de mieux comprendre le fonctionnement des écosystèmes et serviront à construire et paramétrer des modèles à différentes échelles. L'Ecotron peut servir aussi à mettre au point de nouveaux instruments de mesure. Il est nécessaire de faire un effort de développement de capteurs non invasifs pour ne pas perturber le fonctionnement des organismes ou des systèmes mesurés.

«On essaie de concevoir un outil qui aurait le moins de limites possibles»

Donc il s'agirait d'innovations destinées à la recherche ? Ne pourrait-il pas y avoir des applications industrielles ?

Les nouveaux capteurs pourraient être utilisés par l'agriculteur pour indiquer quelle intervention est nécessaire dans son champ de maïs ou sa prairie. Mais surtout, on manque actuellement de connaissances sur la relation entre le mode de gestion des écosystèmes et les services rendus par ceux-ci. En d'autres termes, il faut développer l'ingénierie écologique. Celle-ci aura des retombées industrielles importantes et l'Ecotron apportera des données primordiales pour cette discipline.

Selon vous quelles pourraient-être les limites de l'Ecotron ?

On a essayé de concevoir un outil qui aurait le moins de limites possibles. Mais il a fallu définir un certain nombre de paramètres : volume des enceintes, structures, utilisation de la lumière naturelle... Ils ne sont judicieux que pour des objectifs prioritaires définis à un moment donné. Les priorités peuvent changer. L'Ecotron a forcément les limites de l'instrumentation prévue à ce jour. Mais ces limites peuvent être déplacées en fonction des avancées technologiques et des moyens dont on disposera. On a également prévu un système dans lequel le chercheur développera son expérimentation à l'extérieur et pourra ensuite la continuer sur la machinerie de l'Ecotron. Il disposera alors de la puissance d'analyse et de la capacité à modifier le milieu offertes par cette plate-forme.

Vous faites partie du Comité Scientifique du projet. Quel a été son rôle et quelle sera sa mission une fois l'équipement en service ?

À ce jour le comité scientifique a surtout eu un rôle d'appui aux choix techniques qui ont été effectués. Une fois l'Ecotron mis en service, il assurera également le suivi de l'instrumentation mise en place en fonction des besoins. Le comité jouera également un rôle important dans le choix des projets. Il sera là pour mettre en avant les cohérences entre les différents projets et suggérer des rassemblements. Le rôle de ce comité sera donc très évolutif.

Un autre projet d'équipement écotronique est en cours à Foljuif en région parisienne. Les besoins scientifiques justifient-ils un investissement sur deux équipements du même type ?

Oui bien sûr. Ces deux équipements font partie d'un projet commun de plate-forme expérimentale en écologie. L'Ecotron qui verra le jour à Montpellier sera particulièrement dédié à l'analyse des écosystèmes terrestres. Le plateau expérimental de Foljuif consacrera une grande partie de ses études aux milieux aquatiques. Ils sont donc très complémentaires et s'insèrent dans un dispositif global de recherche dont certaines stations de terrain font également partie. Il s'agit de mettre à la disposition des scientifiques des équipements couvrant la plus large gamme possible de thématiques.

C. Bréchignac, Présidente du CNRS, et B. Delay

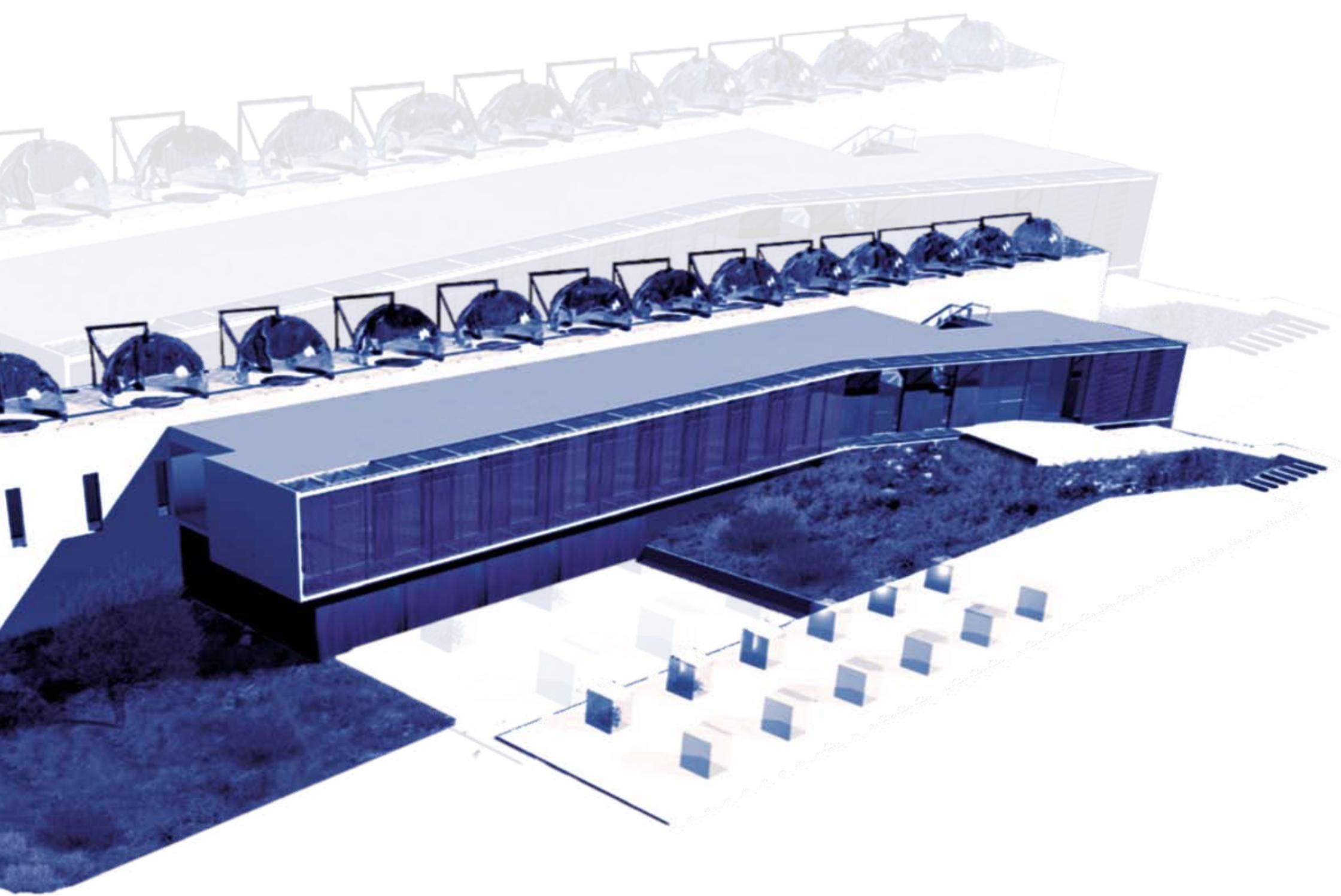


Une nouvelle plate-forme à la pointe de la technologie

Trois idées directrices ont prévalu lors de la conception de cette plate-forme :

- Pouvoir simuler une large gamme de conditions environnementales tout en restant proche des conditions in natura.*
- Offrir les techniques de mesure du fonctionnement des écosystèmes les plus complètes et les plus performantes possibles.*
- Donner accès à plusieurs plateaux expérimentaux, chacun à une échelle différente, pour aborder des thématiques complémentaires et servir une large communauté scientifique.*







Trois plateaux expérimentaux complémentaires et intégrés

Conçu pour aborder une large gamme de questions scientifiques grâce à trois plateaux expérimentaux à différentes échelles, l'Ecotron permettra la conduite de recherches innovantes, sur différents types d'écosystèmes et d'organismes et à l'interface entre disciplines.

Rechercher la pertinence et l'innovation

L'issue des changements environnementaux sur les écosystèmes et la biodiversité dépend de nombreuses interactions entre organismes et propriétés émergentes des écosystèmes. L'Ecotron se devait donc de permettre des études sur les écosystèmes comme sur les organismes. Le plateau à plus grande échelle analysera d'une façon pertinente la physiologie d'écosystèmes terrestres herbacés ou ligneux bas et la biologie des populations animales et microbiennes associées. Le plateau à plus petite échelle analysera la physiologie d'organismes ou de microécosystèmes terrestres ou aquatiques.

Utilisés traditionnellement en agronomie et en écophysiologie, les milieux contrôlés peuvent offrir des perspectives innovantes à d'autres disciplines. Outre l'écologie fonctionnelle et l'écologie évolutive ou la microbiologie, l'Ecotron pourrait être ponctuellement utilisé en paléontologie, astrobiologie, toxicologie... Des environnements anciens, exogènes ou encore ceux favorisant l'apparition d'allergies pourront en effet être reconstitués.

Un analyseur d'écosystèmes

Les plateaux expérimentaux ont été conçus pour pouvoir accueillir des blocs-échantillons d'écosystèmes prélevés in situ. Cela permet d'éviter les artefacts dus à la reconstitution d'un sol (forte minéralisation de l'azote, réseaux mycorhiziens détruits, propriétés hydrauliques nouvelles), mais aussi afin d'utiliser l'Ecotron comme tout analyseur de laboratoire dans lequel on introduit un échantillon pour en connaître un certain nombre de propriétés. Ainsi des parcelles ayant subi in situ différents traitements pendant de longues années pourront être échantillonnées et leur physiologie différentielle ou leur réponse à de nouvelles variables analysées.

Le choix du confinement

Insérer les échantillons d'écosystèmes dans des enceintes permet de contrôler les populations d'organismes, de manipuler facilement et rigoureusement les paramètres du milieu et de mesurer avec grande précision les flux. Utiliser des blocs de sol intacts de grande dimension et la lumière naturelle minimise les inconvénients du confinement. Ce mode d'étude est complémentaire d'expérimentations in situ, où le contrôle des paramètres est moindre et les surfaces trop petites pour permettre la mesure des flux par la méthode des corrélations turbulentes. Pour chacun des trois plateaux expérimentaux, un minimum de 12 enceintes, conditionnées indépendamment les unes des autres, est prévu permettant différentes combinaisons de traitements, croisés ou non, avec des répétitions.

Le plateau "macrocosmes"

Le plateau macrocosmes est une succession linéaire de 12 enceintes de conditionnement de 35 m³ dans lesquelles on pourra insérer des échantillons d'écosystèmes intacts (5 m² de surface en végétation, jusqu'à 1,5 m de profondeur, 8 à 10 t de sol). Ces macrocosmes sont typiquement dédiés à des études à court terme faisant suite à des manipulations in situ des écosystèmes ou bien à des études à moyen terme (3 à 5 ans) où le traitement expérimental est imposé dans l'Ecotron.

Le plateau "mésocosmes"

Le plateau mésocosmes pourra accueillir jusqu'à 24 enceintes également sous lumière naturelle. Les unités de base (1 m² de surface de végétation) pourront être associées par 2 ou par 4). Le plateau est également conçu pour pouvoir recevoir et analyser les nombreux lysimètres cylindriques standards actuellement en service en Europe (1 m² de surface, 2 m de profondeur). Ces mésocosmes sont typiquement dédiés à des études à court terme (3 mois à 2 ans).

Le plateau "microcosmes"

Le plateau microcosmes sera constitué de plans de travail équipés pour le conditionnement environnemental de microécosystèmes (1 à 200 dm³) et pour la mesure de processus de base (photosynthèse, respiration, transpiration...). Cette zone au niveau de sécurité P2 sera divisée en deux parties, l'une réservée aux expérimentations nécessitant un marquage radioactif, l'autre réservée aux expérimentations utilisant l'analyse des isotopes naturels. Des écosystèmes et organismes très variés pourront être étudiés.



Un exemple de microcosme avec l'instrumentation associée (laboratoire de photosynthèse, Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, Montpellier), en haut à gauche et de mésocosme (USDA, Beltsville, Maryland), en haut à droite. Un prototype de macrocosme en test au Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, en bas à droite.

Régulations et mesures

La priorité a été donnée à la régulation des paramètres associés aux changements globaux : CO₂, température et hygrométrie, mais d'autres paramètres pourront être modifiés à la demande. Réunir une large combinaison de mesures, si possible en ligne, à la pointe de la technologie, ce qu'aucun laboratoire individuel ne peut s'offrir, est la raison d'être de l'Ecotron.

Régulations

CO₂ : la décarbonatation de l'air entrant dans les enceintes permettra de maintenir une concentration en CO₂ inférieure à la concentration actuelle, simulant ainsi la concentration préindustrielle ou celles d'ères géologiques spécifiques. Mais surtout, la réinjection de CO₂ industriel qui en découle, plus pauvre en isotope 13 du carbone, permettra de marquer la matière organique nouvellement formée et d'en suivre le devenir dans l'écosystème.

Température : l'Ecotron a été configuré pour obtenir des températures inférieures de 7°C à la température ambiante de Montpellier en toute saison. L'obtention de températures plus élevées ne pose aucune difficulté. Il sera donc possible de simuler des conditions allant du climat tropical au climat de moyenne montagne. La température du sol sera régulée indépendamment de celle de l'atmosphère.

Lumière : sa régulation n'a pas été une priorité, sauf dans le plateau microcosmes. Sa variation ne fait pas partie des changements globaux et sa reproduction en intensité, spectre et variation est difficile.

Mesures du fonctionnement de l'écosystème

En ligne : elles découlent des effets des organismes sur le bilan des échanges gazeux et hydriques. Il s'agit de la photosynthèse et de la respiration, de la transpiration, de la discrimination isotopique, des dégagements de gaz rares...

Non invasives ponctuelles : elles peuvent être intégrées sur l'ensemble du système, par exemple la réflectance spectrale ou concerner un organisme particulier, par exemple la conductance stomatique d'une espèce donnée.

Sur échantillons prélevés : les mesures seront effectuées dans des laboratoires extérieurs.

Système de contrôle-commande-archivage en temps réel en réseaux

Les automatismes des régulations environnementales et des prises de mesure ainsi que l'archivage des données sont gérés par une combinaison interactive d'automates et d'ordinateurs sous Labview.



Spectromètre à diode laser modulable pour la mesure en ligne des isotopes du carbone et de l'oxygène

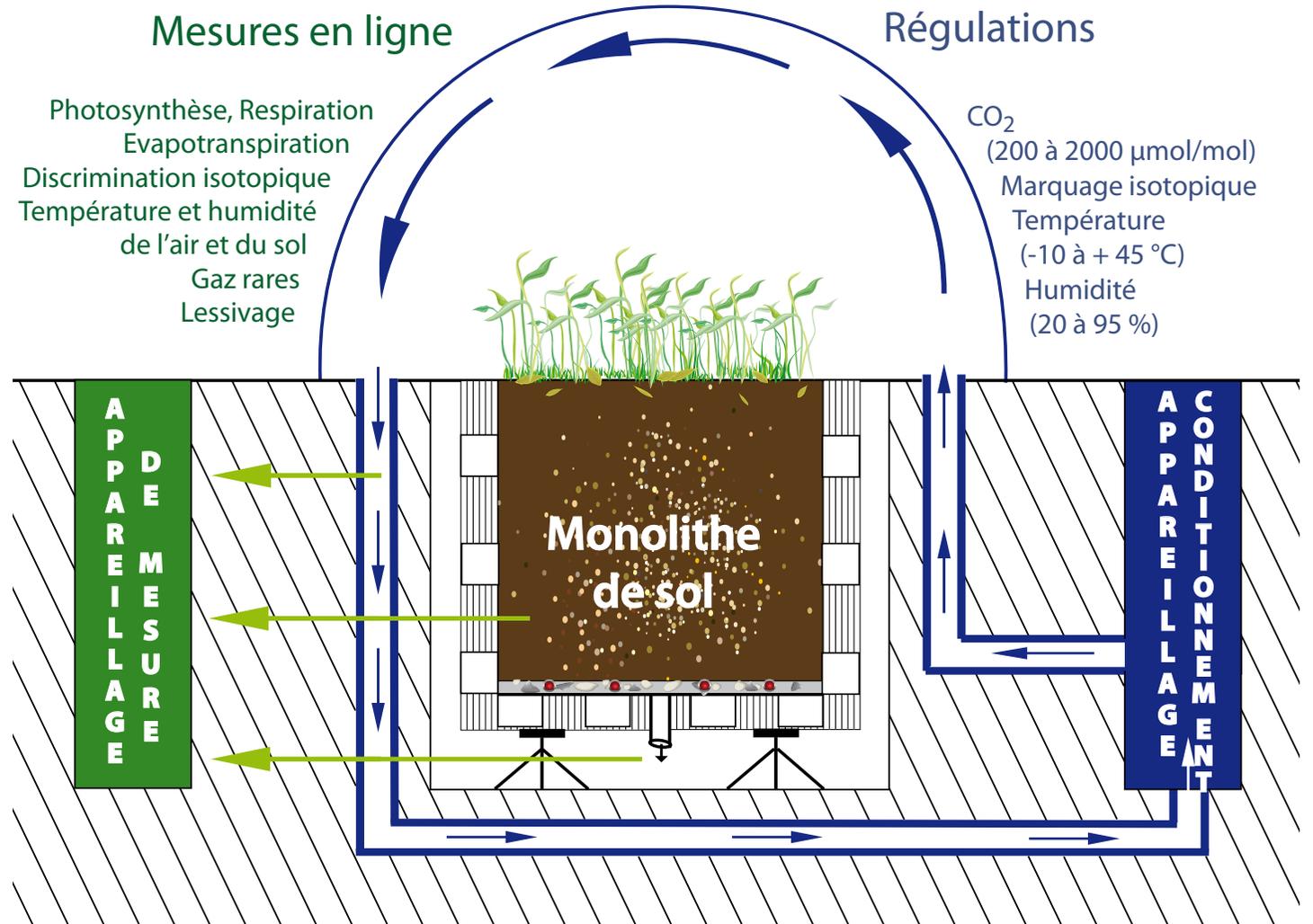
Système de régulation de l'air injecté dans des enceintes



Coupe schématique d'un macrocosme

Mesures non invasives Prélèvements d'échantillons

Intégrées ou ponctuelles Analyse en laboratoires extérieurs



Zoom sur...

L'Équipe aux commandes



Une équipe restreinte...

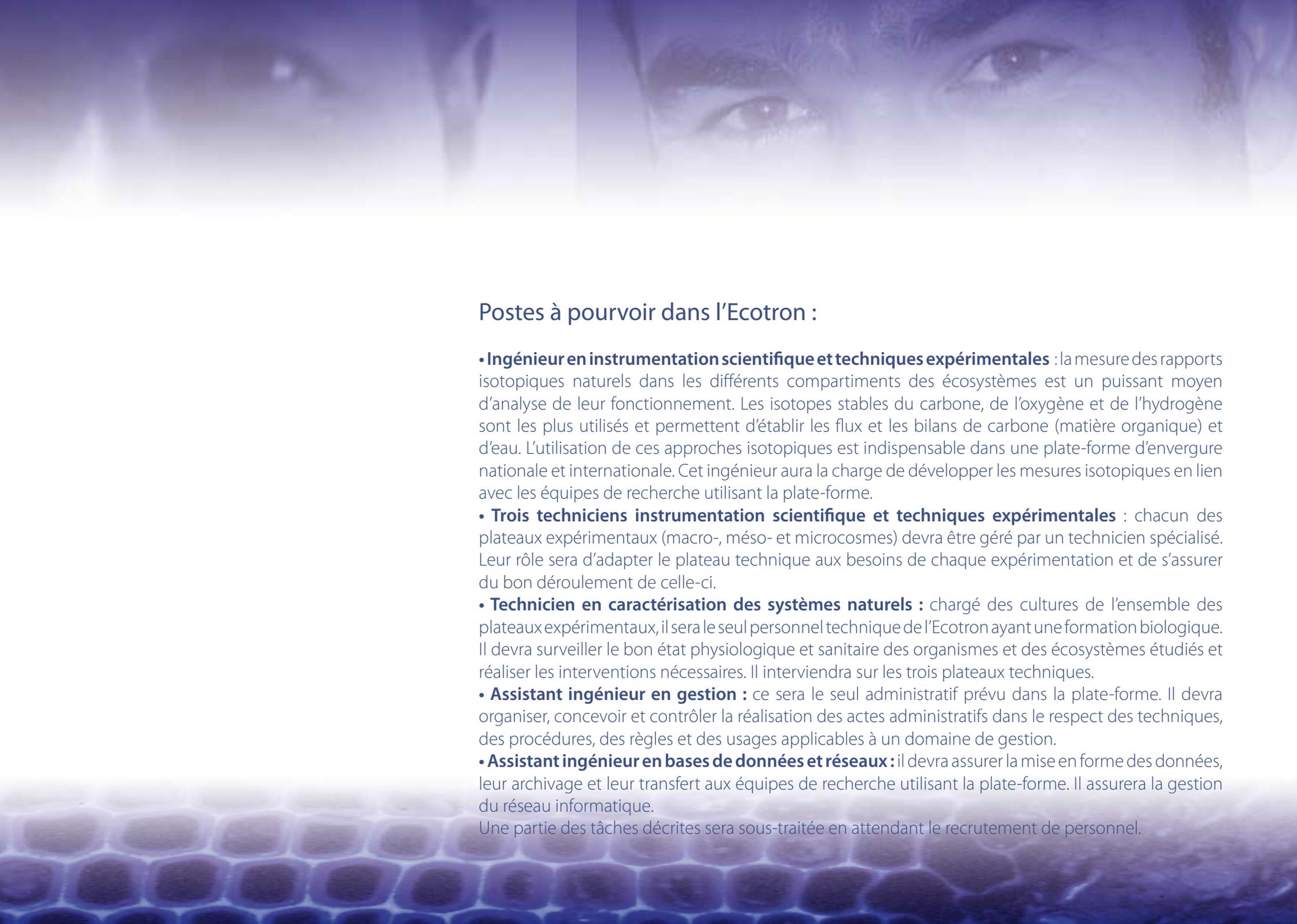
Le personnel engagé sur le projet Ecotron se compose en 2007 de trois personnes :

- **Jacques Roy, Directeur de Recherche** : responsable scientifique et administratif, définit les objectifs scientifiques et les caractéristiques techniques générales en relation avec le Comité Scientifique de l'Ecotron et les utilisateurs potentiels, effectue les recherches de financements et met en place le mode de fonctionnement de la plate-forme.
- **Olivier Ravel, Ingénieur de Recherche** : responsable technique de la plate-forme, définit le cahier des charges et l'instrumentation, effectue des collaborations scientifiques transversales pour répondre à des besoins de diagnostic et de mesures.
- **Christophe Escape, Assistant Ingénieur** : responsable des instruments, du contrôle de procédés et de l'acquisition des données.



... qui va se développer !

La constitution d'une équipe technique permanente plus importante est nécessaire pour assurer le fonctionnement des trois plateaux techniques. Les expérimentations accueillies dans l'Ecotron seront conduites par des consortiums internationaux. La majeure partie de ces équipes ne sera sur Montpellier que ponctuellement. L'équipe de l'Ecotron prendra donc en charge le suivi de ces expérimentations qui, pour certaines, fonctionneront 365 jours par an.



Postes à pourvoir dans l'Ecotron :

- **Ingénieur en instrumentation scientifique et techniques expérimentales** : la mesure des rapports isotopiques naturels dans les différents compartiments des écosystèmes est un puissant moyen d'analyse de leur fonctionnement. Les isotopes stables du carbone, de l'oxygène et de l'hydrogène sont les plus utilisés et permettent d'établir les flux et les bilans de carbone (matière organique) et d'eau. L'utilisation de ces approches isotopiques est indispensable dans une plate-forme d'envergure nationale et internationale. Cet ingénieur aura la charge de développer les mesures isotopiques en lien avec les équipes de recherche utilisant la plate-forme.

- **Trois techniciens instrumentation scientifique et techniques expérimentales** : chacun des plateaux expérimentaux (macro-, méso- et microcosmes) devra être géré par un technicien spécialisé. Leur rôle sera d'adapter le plateau technique aux besoins de chaque expérimentation et de s'assurer du bon déroulement de celle-ci.

- **Technicien en caractérisation des systèmes naturels** : chargé des cultures de l'ensemble des plateaux expérimentaux, il sera le seul personnel technique de l'Ecotron ayant une formation biologique. Il devra surveiller le bon état physiologique et sanitaire des organismes et des écosystèmes étudiés et réaliser les interventions nécessaires. Il interviendra sur les trois plateaux techniques.

- **Assistant ingénieur en gestion** : ce sera le seul administratif prévu dans la plate-forme. Il devra organiser, concevoir et contrôler la réalisation des actes administratifs dans le respect des techniques, des procédures, des règles et des usages applicables à un domaine de gestion.

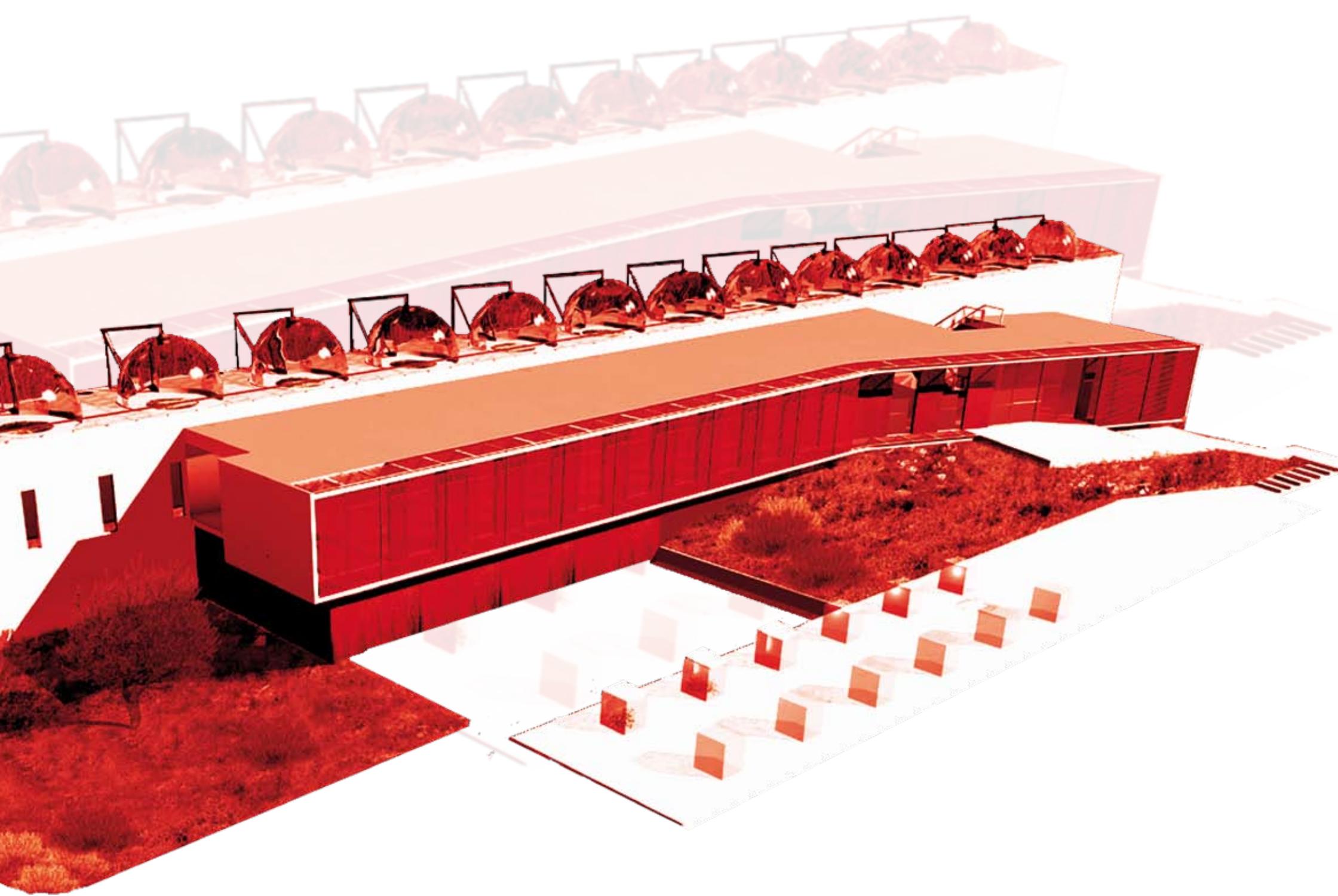
- **Assistant ingénieur en bases de données et réseaux** : il devra assurer la mise en forme des données, leur archivage et leur transfert aux équipes de recherche utilisant la plate-forme. Il assurera la gestion du réseau informatique.

Une partie des tâches décrites sera sous-traitée en attendant le recrutement de personnel.

De la conception de l'équipement à son utilisation

Construit dans le cadre d'un partenariat entre le CNRS et la région Languedoc-Roussillon et avec le soutien du Conseil Général de l'Hérault, l'Ecotron devra fonctionner dans le cadre de structures nationales et européennes de financement de la recherche. L'Ecotron a été labellisé Plate-forme de recherche par le comité Très Grandes Infrastructures (TGI) du CNRS ainsi que par le comité Réunion Inter-Organismes (RIO). Une coordination et un développement de ces infrastructures au niveau européen sont en préparation au travers d'un 'Design Project' du 7^{ème} programme cadre de recherche et développement.





Partenariats



Le financement de l'Ecotron a connu deux étapes : le Contrat Plan Etat-Région (CPER) 2000-2006 qui a permis le financement de la structure et des régulations climatiques et le CPER 2007-2013 qui concerne l'instrumentation. Le Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive est le porteur du projet.

Un partenariat soutenu entre le CNRS, la région Languedoc-Roussillon et le Conseil Général de l'Hérault

Dans le cadre du Contrat Plan Etat-Région (CPER) 2000-2006, le CNRS et la Région Languedoc-Roussillon ont participé à hauteur de 1,8 M€ chacun. Le Conseil Général de l'Hérault a contribué pour 0,76 M€. Ces crédits ont permis de financer l'achat du terrain, les études techniques et architecturales, la construction des structures principales et les régulations climatiques.

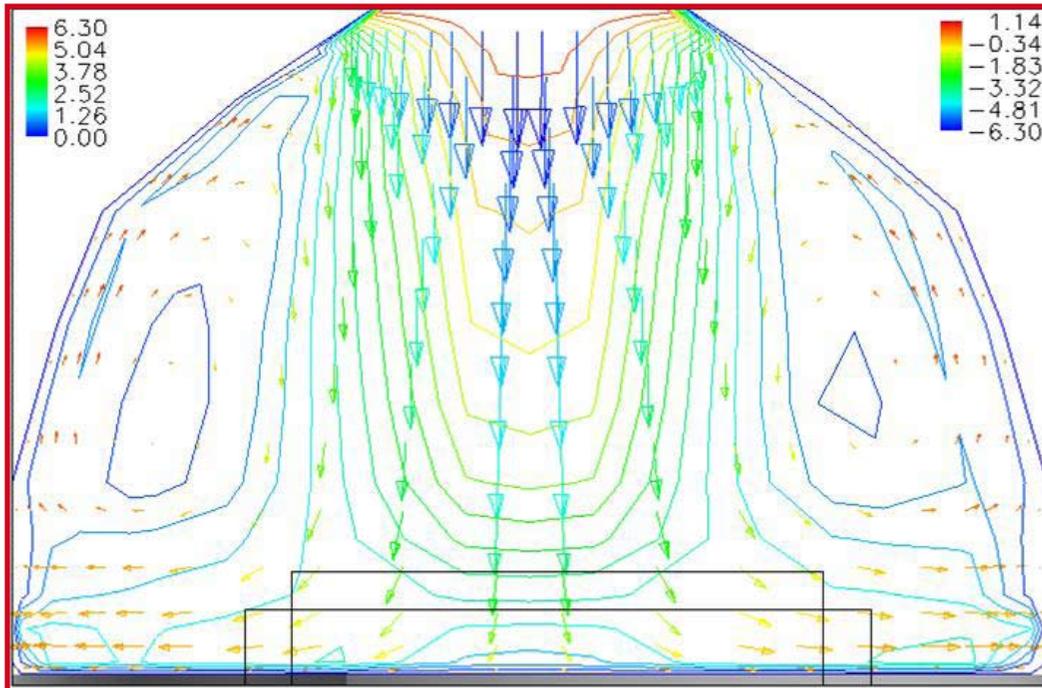
Le financement de l'instrumentation est prévu dans le cadre du CPER 2007-2013 pour un montant de 2,6 M€ (CNRS 50 %, Région Languedoc-Roussillon 50 %). Les postes principaux sont i) l'acquisition du matériel de marquage isotopique et d'un spectromètre à diode laser pour la mesure en ligne des isotopes du carbone et de l'oxygène, ii) l'appareillage de mesure de l'humidité du sol par réflectométrie d'onde, iii) les systèmes de régulation et de mesure pour les plateaux méso- et microcosmes, iv) un deuxième spectromètre à diode laser pour la mesure en ligne de gaz rares à effet de serre.

Une plate-forme portée par le Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive

Le projet Ecotron est porté depuis son origine par le CEFE, Unité Mixte de Recherche du CNRS à Montpellier. Les thématiques scientifiques de ce grand laboratoire d'écologie et l'expérience de ses équipes dans la réalisation d'équipements scientifiques ont été déterminantes pour son choix comme laboratoire d'accompagnement de l'Ecotron. Ses directeurs successifs, B. Delay et J.-D. Lebreton, ont joué un rôle majeur dans la réalisation du projet. Tout en gardant une relation scientifique privilégiée avec le CEFE, l'Ecotron est amené à devenir une Unité de Service ce qui lui assurera une existence juridique et une indépendance adaptées à ses objectifs internationaux, comme c'est le cas pour tous les grands équipements scientifiques.

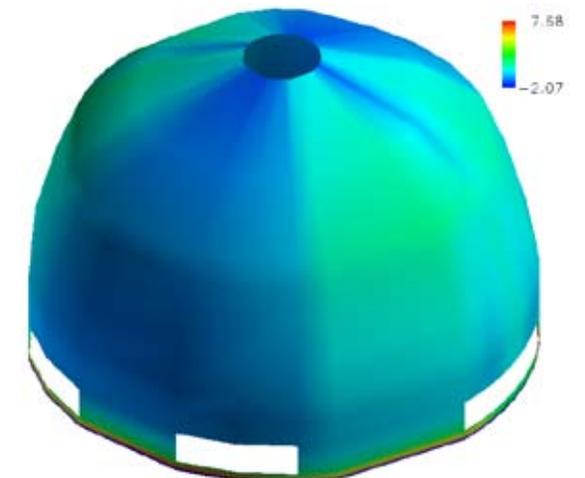
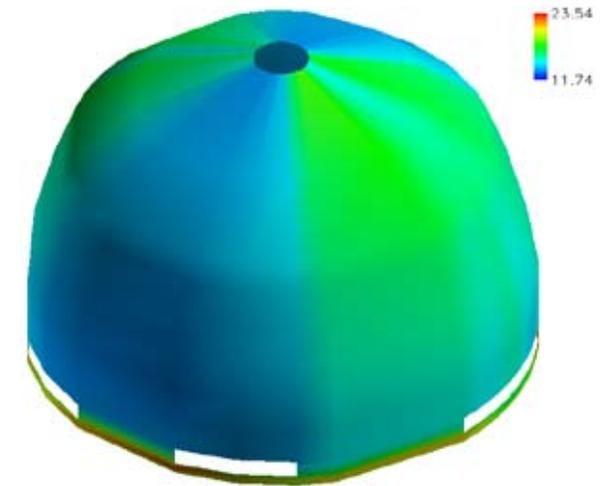
Une collaboration inter-institutionnelle dès la conception

Certains aspects du fonctionnement d'enceintes contenant des végétaux ou certaines techniques de mesures sont très bien maîtrisés par quelques laboratoires. Ceux-ci ont donc été contactés pour réaliser des simulations, des tests ou donner des conseils. Citons entre autres la modélisation de la circulation de l'air et du bilan thermique, réalisée à l'INRA d'Avignon sous la direction de T. Boulard (cf. illustrations ci-dessous) et le test d'un décarbonateur pour débit d'air important, effectué à l'INRA de Clermont-Ferrand par l'équipe de J.-F. Soussana.



Simulation du flux d'air dans l'enceinte d'un macrocosme

Cette étude a permis de déterminer le sens de circulation de l'air et son taux de recirculation afin d'atteindre une vitesse de vent et un gradient de température acceptables à l'intérieur de la canopée (délimitée par les rectangles noirs). Lignes : vitesse de l'air normée, m/s, échelle de gauche ; vecteurs : composante verticale du champ de vitesse d'air, m/s, échelle de droite). Simulations à droite : recherche de conditions de condensation sur les parois de l'enceinte.



Réalisation

La technicité particulière de cette infrastructure a nécessité la collaboration étroite entre bureaux d'études, laboratoires, architectes et économistes et des interactions fréquentes entre la maîtrise d'oeuvre et la maîtrise d'ouvrage.

La programmation

Elle a été réalisée par la société Iseamo de Toulouse (easy.amo@wanadoo.fr) en collaboration avec Ingénierie Studio, Beta-Concept et Béhi SA. Un cahier des charges a été établi à partir des besoins scientifiques et techniques élaborés par l'équipe de l'Ecotron en relation avec des utilisateurs potentiels et le Comité Scientifique de la plate-forme.

Le concours de Maîtrise d'Oeuvre

Parmi une trentaine de candidats, trois consortiums d'équipes ont été retenus pour concourir. Conçus à partir du cahier des charges, trois projets (maquette et descriptif technique) ont été analysés par un jury ad hoc.

Les lauréats

Le consortium retenu est constitué des entreprises suivantes :

Mandataire : Bureau d'Etudes Techniques (BET) Auvertech 63 204 Riom

Architectes : MDR Architectes 34090 Montpellier

BET Structures : Verdier 34000 Montpellier

BET Enceintes climatiques : Autech 01 500 Ambronay

Economiste : Frustier 30931 Nîmes

La Maîtrise d'Ouvrage

Elle est assurée par la Délégation Languedoc-Roussillon du CNRS qui apporte ses compétences techniques, juridiques, financières et administratives.



Mme Matte et MM. Devaux et Rousseau du cabinet d'architecture montpellierain MDR architectes.

Planning de la réalisation

2002 / 2003 / 2004 / 2005 / 2006 / 2007 / 2008 / 2009

Etude de faisabilité / Concours Maîtrise d'Oeuvre / Phase de conception / Construction / Mise en service

Détail de la mise en service :

Le plateau macrocosmes sera livré avec l'ensemble de la structure en avril 2008. Il sera instrumenté et testé à vide jusqu'à l'été 2008 puis en vraie grandeur avec une expérimentation sur la vulnérabilité des prairies aux changements climatiques (projet ANR Validate coordinateur J.-F. Soussana, INRA Clermont-Ferrand).

Parallèlement, le prototype de mésocosme sera testé puis répliqué en 12 exemplaires en 2009. Le prototype de microcosme sera testé en 2009 et répliqué en 2010.



M. Albaret (au centre) directeur de la société Auvertech, mandataire, et MM. Mazière (à gauche) et Fenech (à droite) de la Maîtrise d'Ouvrage CNRS.

État de la construction fin septembre 2007. Au premier plan et à droite la dalle qui supportera les monolithes de sol du plateau macrocosmes. À gauche, la zone bureaux, régie, laboratoires et microcosmes.





Une localisation privilégiée

L'Ecotron s'implantera sur le campus de Baillarguet, à 6 kilomètres au nord de Montpellier, où sont déjà regroupés plusieurs centres de recherche français (le Centre International de Recherche en Agronomie et Développement - CIRAD et l'Institut National de la Recherche Agronomique - INRA) et internationaux (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation - CSIRO, United States Department of Agriculture - USDA).

Montpellier offre un dispositif d'enseignement supérieur et de recherche de grande ampleur et de renommée internationale dans le domaine «Agriculture, Alimentation, Environnement, Biodiversité ». Fédéré au sein de l'association Agropolis, forte de 25 membres institutionnels dont 15 établissements d'enseignement supérieur et de recherche, ce dispositif constitue de loin le pôle thématique le plus important du complexe scientifique montpelliérain.

Montpellier a été choisi comme lieu d'accueil de l'Ecotron du fait des nombreux laboratoires montpelliérains engagés dans la recherche environnementale et en particulier du Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive qui est le porteur du projet. Ce laboratoire CNRS développe depuis de nombreuses années des recherches sur le fonctionnement des écosystèmes, en relation avec les changements globaux et la biodiversité, et a acquis au travers de ces recherches une expérience dans le contrôle environnemental des écosystèmes et la mesure de leur fonctionnement.



Vue aérienne du campus de Baillarguet avec la localisation de l'Ecotron.



Début du terrassement en juin 2007. Au premier plan, le Centre de Biologie et de Gestion des Populations, à l'arrière-plan le CIRAD.



Modalités d'accès à l'Ecotron : une ouverture internationale

Les enjeux scientifiques, financiers et sociétaux des grands projets de recherche imposent une collaboration internationale. C'est le cas pour l'Ecotron. Il faut associer les meilleures compétences dans des disciplines complémentaires, rassembler des financements de différentes sources et répondre à des questions qui sont pertinentes au-delà des frontières.

Un comité scientifique international

Il est composé de 27 scientifiques dont 17 français appartenant aux principaux instituts de recherche impliqués dans l'environnement (CNRS, INRA, Universités, CIRAD, IRD...) et 10 étrangers, principalement européens. Son président est le professeur Paul Leadley, Directeur du laboratoire d'Ecologie Systématique et Evolution de l'université Paris XI à Orsay.

Une utilisation soumise à un système d'appel à propositions international

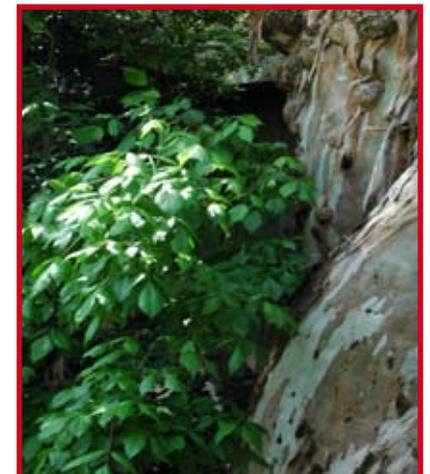
L'accès à la plate-forme se fera en proposant des projets de recherche en réponse à des appels à propositions qui seront lancés au niveau international. Le comité scientifique sélectionnera les meilleurs projets utilisant pleinement les capacités de l'Ecotron en réunissant des équipes complémentaires et de haut niveau. Le premier appel d'offre est prévu fin 2008 pour une expérimentation début 2010.

La mise en place du financement des expériences

Une réflexion est en cours sur les modalités de financement des expérimentations de l'Ecotron et des autres plates-formes en écologie. L'ouverture de ces plates-formes à toutes les équipes françaises travaillant dans le domaine de l'environnement justifierait la création d'un Groupement d'Intérêt Scientifique financé par les différents organismes concernés. Ce GIS assurerait également la coordination nationale de ces plates-formes.

La recherche de financements extérieurs (ANR, Union européenne...) par divers consortiums d'équipes nécessiterait une coordination entre les comités scientifiques de ces instances. Plusieurs projets pourraient en effet être acceptés pour la même période.

Les programmes européens pour les infrastructures (Transnational access et Integrating activities) offrent des possibilités intéressantes pour permettre l'implication de chercheurs étrangers dans des expérimentations programmées et pour mettre l'Ecotron en réseau avec des équipements similaires en Europe.



Contacts

Maîtrise d'ouvrage

CNRS, Délégation Régionale Languedoc-Roussillon
1919 Route de Mende
34293 Montpellier Cedex 5
Tél. 04 67 61 34 34
Courriel : bernard.jollans@dr13.cnrs.fr

Maîtrise d'oeuvre

Mandataire

Auvertech
Avenue Gershwin BP 202
63200 Riom
Tél. 04 73 33 12 30
Courriel : riom@auverttech.com

Architectes

MDR architectes
18 rue du Faubourg-Boutonnet
34090 Montpellier
Tél. 04 67 54 77 17
Courriel : mdr-archi@wanadoo.fr

Direction scientifique

Jacques Roy
Centre d'Écologie Fonctionnelle et Evolutive
34293 Montpellier Cedex 5
Tél. 04 67 61 32 39
Courriel : jacques.roy@cefe.cnrs.fr

Crédits

Conception et réalisation

Johanna Rannou-Sachy
Courriel : j_rs@hotmail.fr

Coordination

Jacques Roy
Courriel : jacques.roy@cefe.cnrs.fr





CNRS
CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



la Région
Languedoc
Roussillon



Département
Hérault
Conseil Général



CENTRE D'ÉCOLOGIE
FONCTIONNELLE
& ÉVOLUTIVE