

L'O3HP, Oak Observatory at OHP

Un site expérimental pour l'étude du fonctionnement et de la biodiversité de la chênaie pubescente face aux changements climatiques

par Thierry GAUQUELIN, Michel BOER, Virginie BALDY,
Catherine FERNANDEZ, Nicolas MONTES, Mathieu SANTONJA,
Jean-Philippe ORTS et Ilja REITER

Le site expérimental de l'Observatoire de Haute-Provence est l'un des trois sites d'expérimentation de la région méditerranéenne française, avec celui de Puéchabon dans l'Hérault et celui de Fontblanche dans les Bouches-du-Rhône. Il s'attache tout particulièrement à mieux comprendre et suivre l'évolution de l'écosystème de la chênaie pubescente soumis au changement climatique.

Le contexte

Comprendre le fonctionnement des écosystèmes et prévoir leur évolution sont des enjeux stratégiques en particulier dans le cadre des changements globaux et du développement durable. Cette connaissance présente des intérêts fondamentaux et finalisés majeurs, l'homme agissant de manière prépondérante sur les écosystèmes.

Les écosystèmes méditerranéens, et notamment les écosystèmes forestiers méditerranéens, occupent une place tout à fait particulière dans cette problématique. En effet, déjà soumis régulièrement à des stress climatiques (e.g. sécheresse estivale, événements pluviométriques de forte intensité) et à des perturbations répétées (e.g. feux, surpâturage), ces écosystèmes s'avèrent particulièrement sensibles aux changements climatiques, alors même qu'ils recèlent une biodiversité remarquable, le bassin méditerranéen étant considéré comme l'un des 34 points chauds (*hot-spots*) de biodiversité de la planète. En raison du réchauffement climatique rapide, de la diminution de la pluviométrie au printemps et en été et de l'augmentation de la variabilité du climat (SCHAR *et al.*, 2004), les prévisions pour le XXI^e siècle dans le bassin méditerranéen (HESSELBJERG-CHRISTIANSEN et HEWITSON, 2007) laissent

- 1 - CEFE : Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive
2 - INRA : Institut national de la recherche agronomique
3 - IMEP : Institut méditerranéen d'écologie et de paléoécologie

entrevoir que les successions d'années sèches devraient devenir plus fréquentes dans les décennies à venir (BENISTON et DIAZ, 2004). Ces périodes de faible disponibilité en eau et de températures élevées limitant les processus physiologiques seront d'une importance majeure, limitant l'activité photosynthétique des arbres et leur croissance. Étant donné que la plupart des sols méditerranéens sont érodés (BUTZER, 2005), leur capacité de rétention en eau est souvent faible, ce qui peut prolonger les périodes de limitation en eau et augmenter ainsi l'impact des épisodes de sécheresse. La survie de l'arbre peut être mise en jeu dans le cas d'épuisement en eau du sol (LANDMANN *et al.*, 2003 ; BRÉDA *et al.*, 2006).

Si un certain nombre de simulations ont permis, par exemple, d'appréhender les modifications d'aire de taxons liées aux changements climatiques annoncés (par exemple, la remontée vers le nord de l'Hexagone du Chêne vert), encore trop peu de travaux ont concerné les modifications fonctionnelles des écosystèmes, comme, par exemple, leurs performances photosynthétiques ou encore l'efficacité de leur cycle biogéochimique, alors même que ce sont des éléments clés de leur pérennité. Ce sont aussi des données essentielles pour comprendre leur contribution au cycle du carbone et leur rôle actuel ou à venir en tant que puits ou source de carbone.

Ce type d'approche fonctionnelle nécessite des approches expérimentales lourdes intégrant des manipulations de l'écosystème ; le CEFE¹ (UMR CNRS 5175) de Montpellier a été précurseur dans le domaine avec l'installation, il y a 20 ans, du site de Puéchabon (Hérault) où est étudié le fonctionnement de la chênaie verte ; a suivi la mise en place du site de Fontblanche (Bouches-du-Rhône), piloté par l'INRA² et dédié à l'étude du Pin d'Alep.

Dans cette optique de compréhension des impacts du changement climatique sur le fonctionnement des écosystèmes méditerranéens, nous avons donc choisi :

- de nous intéresser au troisième type d'écosystème forestier majeur de la région méditerranéenne française, à savoir la chênaie pubescente ;
- de développer une approche expérimentale multi-approches, à court terme et en faisant appel à un environnement scientifique de haute technicité.

Seront ainsi investigués les trois taxons majeurs : *Quercus pubescens* (Chêne pubescent), *Quercus ilex* (Chêne vert) et *Pinus halepensis* (Pin d'Alep), représentatifs des trois types fonctionnels les plus répandus chez les espèces forestières de la région méditerranéenne : les espèces malacophylles à feuillage caduc (plus précisément marcescentes pour le Chêne pubescent) et les espèces sclérophylles sempervirentes feuillues ou résineuses (pour le Chêne vert et le Pin d'Alep respectivement). Elles présentent aussi des stratégies contrastées face à la sécheresse. *Q. pubescens* et *Q. ilex* (stratégie de résistance) tolèrent la sécheresse et se caractérisent en partie par une moindre conductance des stomates et un potentiel hydrique plus faible en conditions de sécheresse. *P. halepensis* (stratégie d'évitement) s'adapte à la sécheresse en perdant partiellement son feuillage pendant la saison sèche et en fermant les stomates pour éviter la perte d'eau (MARTINEZ-FERRI *et al.*, 2000 ; NARDINI et PITT, 1999 ; BAQUEDANO & CASTILLO, 2007). Ces trois sites permettront donc de comprendre les différentes stratégies mises en place par ces trois espèces face aux contraintes hydriques.

Le Chêne pubescent s'avère être dans ce cadre un modèle de choix incontournable du fait de son occurrence dans des situations écologiques au carrefour de plusieurs influences climatiques. En effet, sa position en tant qu'espèce méditerranéenne climatique fait ainsi encore débat (JALUT *et al.*, 2000) du fait notamment de son aire de répartition assez large et de sa préférence actuelle pour les sols relativement développés, alors même que sa résistance aux conditions arides a été soulignée (NARDINI et PITT, 1999). Les études le concernant restent cependant trop parcellaires et méritent d'être intensifiées et développées, afin notamment de comprendre sa place passée, actuelle et future dans le domaine méditerranéen et aux limites de celui-ci (PONS et QUÉZEL, 1998).

Pour compléter les connaissances du fonctionnement des formations ligneuses méditerranéennes sous contrainte hydrique, une troisième plateforme instrumentée comportant également un système d'exclusion de pluie sera mise en place courant 2011 par l'équipe Diversité fonctionnelle des communautés végétales de l'IMEP³ dans un écosystème de garrigue, formation arbustive dominante en Région Provence-Alpes-Côte

d'Azur. Ce site expérimental correspond aux besoins du programme ANR CLIMED (appel d'offre Changements environnementaux planétaires) en partenariat avec le CEFE de Montpellier (porteur du projet), l'ENSAIA⁴ de Nancy, et l'OHP.

L'O3HP

Dans cette optique, ce vaste programme s'appuie sur l'installation in situ d'une instrumentation innovante et d'une plateforme expérimentale développées sur le site de l'Observatoire de Haute-Provence à St-Michel-l'Observatoire, l'O3HP⁵ (*Oak Observatory at the OHP*).

Le site « Observatoire de Haute Provence » a été choisi, en dehors de l'environnement scientifique et technique particulièrement favorable qu'il offre, d'une part, bien sûr, pour la présence d'une forêt de Chêne pubescent représentative et d'autre part pour sa position bioclimatique particulière.

De plus, la Chênaie de l'OHP présente la particularité de ne pas avoir été exploitée depuis la fin de la dernière guerre, constituant ainsi un exemple de ce que l'on appelle une « forêt ancienne ou subnaturelle ».

Ces forêts patrimoniales, résultats de siècles d'anthropisation, s'avèrent potentiellement très sensibles aux changements globaux, notamment climatiques, qui affectent déjà la région méditerranéenne et vont se manifester avec plus d'intensité dans les décennies à venir. Ainsi l'aridification prévisible ou déjà en cours est susceptible de conduire à une réduction des surfaces occupées par ce Chêne blanc, modifiant ainsi les paysages actuels et leur forte identité.

D'autre part, la Chênaie de l'OHP se situe bioclimatiquement dans l'étage supraméditerranéen qui correspond encore à un climat méditerranéen mais dont la période de sécheresse estivale est réduite à un mois seulement.

Une réduction des précipitations naturelle ou artificielle sera à même de renforcer le caractère méditerranéen en augmentant la période sèche (jusqu'à 3 mois) et donc le stress climatique estival, favorisant ainsi potentiellement le Chêne vert. On peut donc s'attendre à court terme à des modifications rapides du fonctionnement d'un écosystème caractéristique de conditions mésophiles tel que la chênaie pubescente.

Ce site entre cependant en synergie avec les deux autres plateformes expérimentales déjà installées en région méditerranéenne et la troisième en cours d'installation.

L'O3HP associe le CNRS et les Universités de Marseille au travers des laboratoires de recherches IMEP, OHP, CEREGE⁶, et de la fédération de recherche ECCOREV. Il bénéficie du soutien de la Région PACA et du Département des Alpes-de-Haute-Provence.

Il est organisé autour :

- d'un système de passerelles permettant d'accéder aisément à la canopée (Cf. Photos 1) ;

4 - ENSAIA : Ecole nationale supérieure d'agronomie et des industries alimentaires

5 - <http://www.obs-hp.fr/O3HP/O3HPMain.html>

6 - CEREGE : Centre européen de recherche et d'enseignement des géosciences de l'environnement



Photos 1 :

Système de passerelles mis en place à l'O3HP : vue de la passerelle supérieure située à 3,5 m du sol (photo ci-dessus) et de la passerelle inférieure située à 80 cm du sol (photo ci-contre).

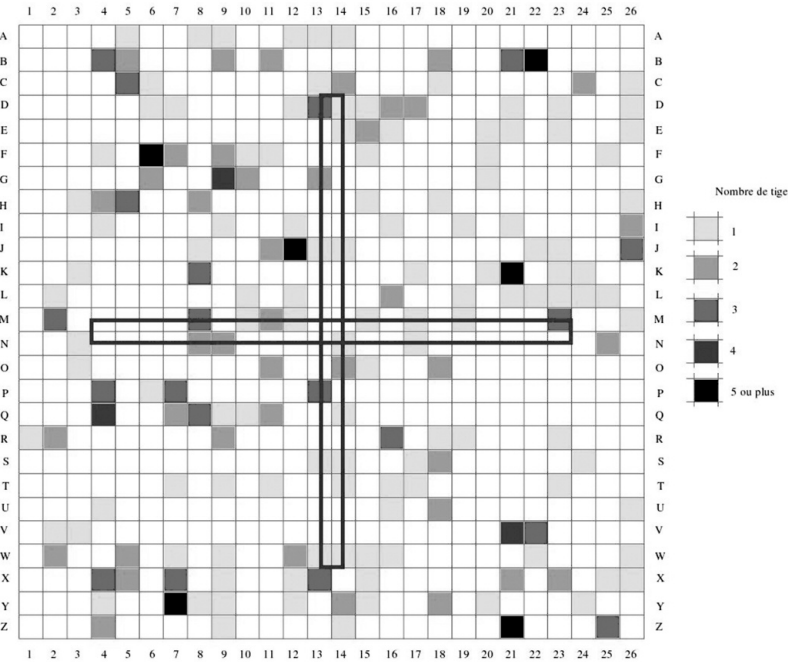
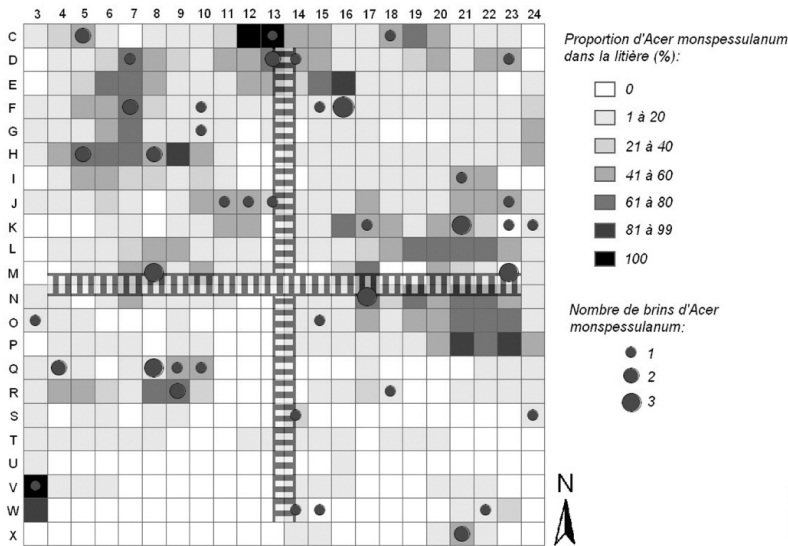


Fig. 1 :
Cartographie des tiges
de *Quercus pubescens*
dans la parcelle

Fig. 2 :
Pourcentage
de litière d'Erable
(*Acer monspessulanum*)
dans la parcelle



- d'un système d'exclusion de pluies qui permet de reconstituer sur une partie du dispositif une baisse des précipitations de l'ordre de 30%, telle que prévue par les modèles climatiques ;
 - d'un ensemble de capteurs permettant de cerner au plus près le microclimat existant au cœur de la forêt.
- Le fonctionnement écosystémique de cette parcelle avec exclusion partielle de la pluie sera comparé à celui de la parcelle témoin et il est prévu dans l'avenir de le comparer avec celui d'une parcelle au niveau de laquelle un

système d'irrigation permettra de reconstituer les précipitations moyennes des 40 dernières années, permettant ainsi de minimiser l'impact d'années très particulières, s'écartant trop de la moyenne.

Ainsi est prévu l'enregistrement en continu des paramètres suivants :

- température canopée - strate arbustive et herbacée - litière (horizon OL) - horizon A - horizon minéral ; mesure en continu (pas de temps 10 min) ;
- humidité : humidité relative pour canopée - strate arbustive et herbacée ; humidité pondérale litière (horizon OL) - horizon A - horizon minéral ; mesure en continu ; pas de temps 10 min) (pour température et humidité, réseau de 100-150 capteurs prospectant les 2000 m² de forêt étudiés ; centralisation et transmission en temps réel des données) ;
- accroissement radial des arbres (pas de temps variable) à l'aide de quatre dispositifs automatisés.

A ces mesures s'ajoutent celles des précipitations incidentes, des eaux d'égouttement et d'écoulement (mesures quantitatives et qualitatives par collectes manuelles hebdomadaires), de la décomposition des litières (méso-cosmes *in situ*) et du suivi des communautés microbiennes de la phyllosphère et du sol.

Un travail préliminaire en cours permet de proposer une caractérisation fine de la parcelle, en cartographiant par exemple le nombre de tiges de Chênes pour chacune des cépées (Cf. Fig. 1) ou encore les pourcentages de litières au sol des espèces dominantes (Cf. Fig. 2)

D'une manière plus générale, pour la première fois concernant ce type de chênaies, il sera donc possible, grâce aux passerelles installées à demeure dans le houppier des arbres, d'investiguer en continu au niveau de la canopée dont on connaît aujourd'hui, grâce notamment aux travaux du radeau des cimes, toute l'importance tant au niveau des échanges avec l'atmosphère qu'au niveau de la biodiversité qu'elle abrite.

Cet observatoire constitue ainsi un véritable outil de terrain à fort potentiel scientifique, constituant une plateforme mutualisée entre différents laboratoires et largement ouvert à la communauté scientifique. Il permettra d'appréhender diverses recherches interdisciplinaires concernant notamment l'impact de l'Homme sur son milieu et la dynamique d'un écosystème soumis aux changements climatiques globaux.

Ce programme associe déjà des physiciens de l'atmosphère, des astrophysiciens, des physiologistes et des écologues, avec des interactions entre personnels de l'OHP et, pour l'instant, de l'IMEP. Ces interactions vont permettre une optimisation de la gestion des bases de données en collaborant avec des chercheurs et ingénieurs de l'OHP, qui possèdent une très grande expérience dans la conduite de projets en astrophysique et en astronomie de grande envergure incluant la gestion de très nombreuses bases de données.

L'une des originalités du montage scientifique et administratif réside donc dans la forte implication des personnels de l'OHP, à la fois dans la conception des dispositifs et dans l'acquisition des données, et dans la recherche ; personnels dont le savoir-faire technique constitue un atout considérable pour la réussite de cette plateforme. Se met donc en place une véritable synergie entre l'OHP et les laboratoires d'Ecologie et d'Environnement concernés de manière à offrir un outil mutualisé performant.

Sur ce site, il s'agit de comprendre l'impact des changements climatiques sur :

- la phénologie des espèces dominantes. Suivre la phénologie, dans le cadre plus général d'un suivi national voire international du comportement des espèces forestières face aux changements climatiques, doit s'envisager sur le moyen ou long terme ; l'idée est aussi de pouvoir « automatiser » par l'utilisation de capteurs appropriés cette approche phénologique ;

- la productivité relative des deux essences forestières présentes sur le site (Chêne pubescent et Erable de Montpellier) et leur stratégie d'allocation de biomasse notamment entre la partie fonctionnelle (les feuilles) et structurale (les organes ligneux) ;

- le fonctionnement photosynthétique et les échanges gazeux des espèces végétales structurantes, processus clés du fonctionnement des végétaux, afin d'estimer la réponse écophysologique des espèces, et particulièrement du Chêne pubescent, à un stress hydrique croissant ;

- les émissions de Composés organiques volatils (COV) par les plantes ; réponse des végétaux à des stress croissants/pollution ;

- les cycles biogéochimiques, en particulier le cycle du carbone et le comportement de l'écosystème en terme de puits ou source de carbone ;

La décomposition des litières, un processus clé étudié à l'O3HP

La décomposition des litières est un processus clé du fonctionnement des écosystèmes. Le taux de décomposition est sous la dépendance de différents facteurs, principalement les conditions environnementales (notamment la disponibilité en eau) et la composition biochimique des litières qui arrivent au sol, résultant du mélange d'espèces végétales en présence.

Nous pouvons tester ces deux facteurs à l'O3HP, avec comme hypothèse que le changement climatique (à travers la baisse de précipitations) affectera l'effet de la composition biochimique de la litière (à travers le mélange d'espèces végétales) sur le processus de décomposition. L'approche expérimentale consiste à :

- mettre une certaine quantité de litière d'un mélange d'espèces végétales présentes sur le site dans des mésocosmes (photo ci-dessous),
- placer ces mésocosmes sur les parcelles avec exclusion de pluie et les parcelles témoins,
- prélever des mésocosmes tous les 2 mois pour quantifier la masse de litière restante qu'ils contiennent, analyser les composés biochimiques encore présents et suivre l'évolution de la pédofaune et des micro-organismes participant à cette décomposition.



- la décomposition des litières, processus clé des cycles biogéochimiques, ainsi que les interactions entre la mixité des litières et le stress hydrique sur le processus de décomposition (modifications potentielles des relations biodiversité-fonctionnement sous contrainte hydrique) ;

- la biodiversité aérienne et édaphique ; il s'agit ici de percevoir, quantifier, analyser et prévoir les modifications de la biodiversité, notamment édaphique, induite par les changements climatiques. La biodiversité édaphique, à la fois élément majeur de la biodiversité globale et acteur incontournable du fonctionnement de l'écosystème, est trop mal connue tant d'un point de vue taxonomique que fonctionnel ; sa dynamique face aux changements climatiques doit être particulièrement suivie. L'accent doit être mis aussi bien sur les microorganismes que sur la micro, méso et macrofaune.

Remerciements

La plateforme expérimentale O3HP est mise en œuvre grâce au concours financier de la Région Provence Alpes Côte d'Azur, du CNRS, du département des Alpes-de-Haute-Provence et de la fédération de recherche ECCOREV, que nous remercions ici chaleureusement.

Thierry GAUQUELIN
Virginie BALDY
Catherine FERNANDEZ
Nicolas MONTES
Mathieu SANTONJA
Jean-Philippe ORTS
Institut
Méditerranéen
d'Ecologie et de
Paléoécologie - IMEP
UMR CNRS 6116
Aix-Marseille
Université - Centre
Saint-Charles case 4
3, place Victor Hugo,
13331 Marseille
Cedex 03

Michel BOER
Observatoire de
Haute-Provence - OHP
CNRS 2207 - 04870
Saint-Michel-
l'Observatoire

Ilja REITER
Fédération de
Recherche
Ecosystèmes
Continentaux et
Risques
Environnementaux
ECCOREV FR 3098
Europe
méditerranéenne
de l'Arbois
13545 Aix-en-
Provence Cedex 04

Bibliographie

- Baquetano FJ, Castillo FJ (2007) Drought tolerance in the Mediterranean species *Quercus coccifera*, *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, and *Juniperus phoenicea*. *Photosynthetica* 45(2):229-238.
- Beniston M, Diaz HF (2004) The 2003 heat wave as an example of summers in a greenhouse climate? Observations and climate model simulations for Basel Switzerland. *Glob. planet change* 44:73-81.
- Breda N, Huc R, Granier A, Dreyer E (2006) Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. *Annals of Forest Science*, 63(6):625-644.
- Butzer KW (2005) Environmental history in the Mediterranean world: cross-disciplinary investigation of cause-and-effect for degradation and soil erosion. *Journal of Archaeological Science*, vol. 32(12):1773-1800.
- Hesselbjerg-Christiansen J, Hewitson B (2007) Regional Climate Projection. In: IPCC (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon S Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB Tignor M Miller HL (eds), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA pp 872-887.
- Jalut G, Esteban Amat A, Bonnet L, Gauquelin T, Fontugne M (2000) Holocene climatic changes in

- the Western Mediterranean from south-east France to south-east Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*:255-290.
- Koukoura Z, Mamolos AP, Kalburtji KL (2003) Decomposition of dominant plant species litter in a semi-arid grassland. *Applied Soil Ecology* 23:13-23.
- Landmann G, Bréda N, Houllier F, Dreyer E, Flot JL (2003) Sécheresse et canicule de l'été 2003 : quelles conséquences pour les forêts françaises ? *Rev. For.* LV-4:299-308.
- Martinez-Ferri E, Balaguer L, Valladares F, Chico JM, Manrique E (2000) Energy dissipation in drought-avoiding and drought-tolerant tree species at midday during the Mediterranean summer. *Tree Physiology* 20(2):131-138.
- Nardini A, Pitt F (1999) Drought resistance of *Quercus pubescens* as a function of root hydraulic conductance, xylem embolism and hydraulic architecture. *New Phytologist* 143(3):485-493.
- Pons A, Quézel P, (1998). A propos de la mise en place du climat méditerranéen. C.R. Acad. Sci. Paris, *Sciences de la terre et des planètes*, 327 : 755-760.
- Schar C, Vidale PL, Lüthi D, Frei C, Häberli C, Liniger MA, Appenzeller C (2004) The role of increasing temperature variability for European summer heat waves. *Nature* 427:332-336.
- Wardle DA, Bonner KI, Nicholson KS (1997) Biodiversity and plant litter: Experimental evidence which does not support the view that enhanced species richness improves ecosystem function. *Oikos* 79, 247-258.

Résumé

Afin de comprendre et prévoir l'évolution de l'écosystème "chênaie pubescente" soumis aux changements climatiques, un programme s'appuyant sur l'installation in situ d'une instrumentation innovante, a été développé sur le site de l'Observatoire de Haute-Provence : O3HP (*Oak Observatory at OHP*), par différents laboratoires de recherches (IMEP, OHP, CEREGE, IBEB, ECCOREV). La chênaie de l'OHP présente, d'une part une position bioclimatique particulière et, d'autre part, la particularité de ne pas avoir été exploitée depuis la fin de la dernière guerre, constituant ainsi un exemple de ce que l'on appelle une « forêt ancienne ou subnaturelle ». Cette forêt est caractéristique des forêts patrimoniales de la région, qui s'avèrent potentiellement très sensibles aux changements globaux, notamment climatiques, qui les affectent déjà et qui vont se manifester avec plus d'intensité dans les décennies à venir. La chênaie de l'OHP se situe bioclimatiquement dans l'étage supraméditerranéen, qui correspond encore à un climat méditerranéen, mais dont la période de sécheresse estivale est réduite à un mois seulement. Une réduction des précipitations sera à même de renforcer le caractère méditerranéen en augmentant la période sèche (jusqu'à 3 mois) et donc le stress climatique estival, favorisant ainsi potentiellement le chêne vert. On peut donc s'attendre à court terme à des modifications rapides du fonctionnement d'un écosystème caractéristique de conditions mésophiles, tel que la chênaie pubescente, réduisant les surfaces occupées par ce chêne blanc, modifiant ainsi les paysages actuels et leur forte identité.

Summary

O3HP – the Oak Observatory at OHP (Observatory of Haute-Provence) - An experimental site for the study of the functioning and biodiversity of downy oak forest in the face of climate change

With the aim of understanding and forecasting the evolution of the "downy oak" ecosystem under pressure from climate change, a programme has been implemented at the site of the Observatory of Haute-Provence (S.-E. France): O3HP (*Oak Observatory at OHP*), backed up by the installation in situ of innovative monitoring devices by a number of research laboratories (IMEP, OHP, CEREGE, IBEB, ECCOREV). The oak stands at the OHP occupy, firstly, a special bioclimatic position and in addition have the specific trait of not having been exploited since the end of the last world war, thus providing an example of what is called an "old or nearly natural" forest. As such, they are characteristic of the heritage forests of the region which appear to be potentially very sensitive to global changes, particularly climatic changes, which are already affecting them and which are going to go on with greater impact in the decades to come. In terms of bioclimate, the OHP oak forest is situated in the supra-Mediterranean zone, which still corresponds to a Mediterranean climate but where the period of summer drought has shrunk to one month only. A reduction in rainfall will act to reinforce the Mediterranean character by extending the dry period (up to 3 months) along with summer stress conditions, thus potentially favouring the evergreen holm oak. Hence, in the short term we can expect rapid modifications in the functioning of ecosystems characteristic of mesophilic conditions such as the downy oak forest: the area occupied by this pubescent oak will shrink, with a consequent change to current landscapes and their strong identity.