

# *Le changement climatique*

## Quelles conséquences sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes forestiers méditerranéens?

*L'apport des stations expérimentales in natura*

par Thierry GAUQUELIN

***Dans cet article, l'auteur fait le point sur les principales conséquences du changement climatique en région méditerranéenne qui sera parmi l'une des plus impactées. L'apport des stations expérimentales de terrain est essentiel à une meilleure connaissance des effets d'une sécheresse aggravée sur, entre autres, les relations biodiversité-fonctionnement des forêts méditerranéennes.***

Les recherches fondamentales conduites sur les effets du changement climatique sur les écosystèmes forestiers du bassin méditerranéen doivent notamment s'appuyer sur des stations expérimentales de terrain, permettant de simuler une aridification et/ou un réchauffement du climat. Elles sont indispensables pour appréhender *in situ*, à l'échelle de l'écosystème entier, les effets de ces modifications climatiques tant au niveau du fonctionnement, de la dynamique, que de la biodiversité de ces forêts méditerranéennes (BARBIER *et al.*, 2014).

Différents sites forestiers sont aujourd'hui opérationnels dans la région méditerranéenne française :

– la station expérimentale de Puéchabon, la plus ancienne, installée dans une forêt de chêne vert, pilotée par le CEFÉ de Montpellier (CNRS UMR 5175),

– la station expérimentale de Font-Blanche, installée dans une forêt mélangée de pin d'Alep et de chêne vert, pilotée par l'INRA d'Avignon (UR 629) (SIMIONI et HUC, 2011),

– l'O3HP (*Oak Observatory at OHP*), installée dans une forêt de chêne blanc, pilotée par l'IMBE (UMR 7263 CNRS, 237 IRD), l'OSU Pytheas et la fédération de recherche ECCOREV (GAUQUELIN *et al.*, 2011)

Ces trois stations bénéficient d'installations originales et adaptées concernant notamment la reconstitution du changement climatique, l'accès à la canopée, les capteurs et l'archivage et mise en réseau des données, et illustrent à elles trois les différentes solutions techniques expérimentales envisageables en milieu méditerranéen et tenant compte des spécificités de ces milieux.

## Le contexte du changement climatique dans le bassin méditerranéen français

Les tendances d'évolution du climat pour le Sud-Est méditerranéen de la France pour le siècle à venir, par rapport à la moyenne de référence 1975-2005 montrent notamment (OUZEAU *et al.*, 2014) :

- pour ce qui concerne les températures, une hausse des températures moyennes, plus importante, à l'horizon 2021-2050, que pour le reste de l'Hexagone, avec des écarts pouvant atteindre 1,5° à 2°C par rapport à la référence,

- pour ce qui concerne les précipitations, une augmentation des épisodes de sécheresse, à l'horizon 2071-2100. Cette augmentation de l'aridité a aussi été suggérée par PODALE *et al.* (2014), qui qualifient le bassin méditerranéen de « hot spot » de changement climatique. La diminution attendue des précipitations serait de 7%, 15%, 42% et 10%, respectivement, pour les trimestres DJF, MAM, JJA et SON, à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle (SOMOT *et al.*, 2008).

Les prédictions climatiques impliquent donc que le climat sera à la fois plus chaud et plus sec l'été en zone méditerranéenne, menant donc à une nette aggravation de la sécheresse estivale, qui constitue déjà un stress important pour la végétation méditerranéenne.

## Quels paramètres du changement climatique manipuler en forêt méditerranéenne : température et/ou précipitations ?

Les manipulations expérimentales permettent d'isoler l'effet du changement d'un seul paramètre climatique (température ou précipitation) sur le fonctionnement de la végétation. Ces manipulations d'écosystème font appel à des infrastructures lourdes (exclusion de pluies partielle et/ou totale, irrigation, simulation d'une augmentation de température...) mais permettent de comprendre comment les modifications imposées provoquent des impacts multiples sur le fonctionnement des différentes composantes de l'écosystème. Toutefois, la portée de ce type d'expériences dépend en grande partie du scénario de changement climatique choisi et du réalisme de la simulation assurée par le dispositif expérimental. Les trois différentes stations expérimentales forestières de terrain de la région méditerranéenne ont fait le choix de s'intéresser avant tout à l'impact sur le fonctionnement des écosystèmes d'une baisse attendue des précipitations et donc d'une accentuation de la sécheresse.

Ce choix a été motivé par les raisons suivantes :

- la période de sécheresse estivale constitue l'une des caractéristiques majeures du climat méditerranéen et le fonctionnement des écosystèmes forestiers est fortement lié à cette contrainte, qui devrait donc se renforcer dans les décennies à venir (GAUQUELIN *et al.*, 2016) ;
- les solutions techniques permettant de simuler un réchauffement moyen de l'atmosphère, voire du sol, à l'échelle d'un écosystème forestier, sont lourdes et complexes.

La manipulation du paramètre précipitations a été envisagée différemment suivant les sites.

A Puéchabon (depuis 2003)<sup>1</sup> et à Font-Blanche (depuis 2007)<sup>2</sup>, des gouttières disposées sous la canopée permettent d'intercepter une partie (33% à Puéchabon et 30% à Font-Blanche) des précipitations, et ce, sur toute l'année, les gouttières étant installées à demeure. Le témoin est constitué par le même dispositif avec des gouttières renversées. Ce dispositif simple, efficace et peu coûteux, ne permet cependant pas de concentrer l'exclusion des précipitations sur une période donnée, afin, par exemple, d'augmenter la durée de la période de sécheresse estivale. A Puéchabon, ce dispositif a été complété par l'installation sur une zone adjacente d'un imposant toit mobile installé au dessus de la canopée, ayant permis une exclusion quasi totale des précipitations au cours de l'automne-hiver 2008 et du printemps 2009, simulant ainsi deux événements de sécheresse extrêmes.

1 - <http://puechabon.cefe.cnrs.fr/spip.php?article1>

2 - <http://www.gjp-ecofor.org/fore-t/fontBlanche.php>

1 - <http://puechabon.cefe.cnrs.fr/spip.php?article1>

2 - <http://www.gjp-ecofor.org/fore-t/fontBlanche.php>

A l'O3HP, le dispositif installé en 2009 est constitué d'un système de bâches déroulantes fixées sur une armature métallique au dessus de la canopée sur environ 300 m<sup>2</sup> de surface et interceptant, une fois déployées, la totalité des précipitations. Les précipitations étant volontairement interceptées uniquement sur la période printanière et estivale, ceci permet de reconstituer un régime des précipitations proche de celui que nous prédisent les modèles, tablant sur une baisse de ces précipitations (de l'ordre de 30 à 40%), concentrée sur la période chaude.

## Le réseau des stations expérimentales en forêt méditerranéenne dans le sud de la France

Les trois sites expérimentaux de Puéchabon, Font-Blanche et O3HP permettent une complémentarité dans les modèles biologiques méditerranéens étudiés. La forêt de Puéchabon représentant le type végétation feuillu sempervirente, le site de Font-Blanche la forêt mixte chêne vert-pin d'Alep et enfin la chênaie méditerranéenne caducifoliée marcescente pour l'O3HP. Il est intéressant de noter que ces trois modèles biologiques se retrouvent dans l'ensemble de l'aire isoclimatique méditerranéenne que ce soit le Bassin méditerranéen proprement dit mais aussi dans les écosystèmes méditerranéens de Californie, d'Australie et d'Afrique du Sud, permettant ainsi à nos travaux une généralité forte. Ces modèles biologiques vont correspondre à des stratégies de fonctionnement différentes et ont des capacités de réponse différenciées qu'il est nécessaire d'appréhender pour répondre à nos objectifs.

Les conditions climatiques générales des trois sites sont résumées dans la figure 1.

## Des processus fonctionnels affectés par le changement climatique

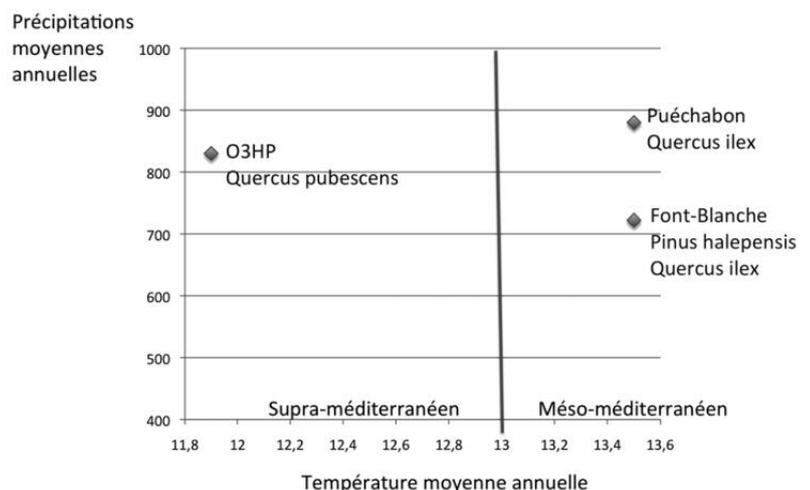
Selon les stations expérimentales, les centres d'intérêt et de compétences des laboratoires concernés, des processus fonctionnels divers ont été étudiés. A titre d'exemple, nous présentons très succinctement diffé-

rents résultats obtenus dans ces trois différents sites concernant deux aspects des processus fonctionnels.

Ils concernent les échanges gazeux (photosynthèse, respiration), la croissance des arbres et plus généralement le comportement de l'écosystème en tant que puits ou source de carbone. Par exemple à Font-Blanche, l'exclusion de 30% des précipitations a eu un impact négatif sur la croissance des arbres (SIMIONI *et al.*, 2016). Pour le pin d'Alep, la transpiration et les potentiels hydriques (indicateurs de stress hydrique) diminuant plus tôt dans la parcelle d'exclusion que dans la parcelle témoin, alors que pour le chêne vert, ces deux paramètres ne sont pas affectés... ce qui met en évidence le comportement différentiel des espèces. Néanmoins, à l'échelle du siècle, les simulations réalisées suggèrent que le changement climatique aurait un effet positif sur la production primaire nette (NPP), avec un effet modeste mais positif sur le stockage du carbone ce qui souligne la complexité des phénomènes abordés au niveau de l'écosystème. A Puéchabon, l'exclusion des pluies printanières et automnales grâce au dispositif de toit mobile a provoqué des perturbations au niveau de la photosynthèse ce qui confirme le rôle clé de la sécheresse comme facteur limitant la photosynthèse des canopées méditerranéennes (MISSON *et al.*, 2010).

Ils concernent aussi par exemple un processus clé du fonctionnement des écosystèmes forestiers, à savoir, la décomposition des litières. A l'O3HP, ont pu être étudiés les effets combinés de la sécheresse accrue grâce au système d'exclusion de pluie et de la diversité des espèces végétales (par des mélanges de litières à une ou plusieurs

**Fig. 1 :** Conditions climatiques des trois sites expérimentaux : Puéchabon, Font-Blanche et O3HP.



espèces) sur la décomposition des litières et les acteurs de cette décomposition (SANTONJA *et al.*, 2017). L'augmentation de la période de sécheresse a entraîné (i) une diminution de l'abondance et de la diversité de la mésofaune — à des degrés divers pour collemboles et acariens — et des microorganismes du sol, (ii) un ralentissement dans la décomposition de la litière, mais la présence de plusieurs espèces végétales dans la litière atténue cet impact négatif. Ce dernier point souligne l'intérêt de conserver une diversité d'espèces dans les forêts méditerranéennes soumises au changement climatique.

Les processus en cause concernent différents compartiments de l'écosystème et réagissent avec une cinétique variable. Dans tous les cas, ils confirment qu'une sécheresse aggravée annoncée par les modèles climatiques et reconstituée expérimentalement peut affecter le fonctionnement, la biodiversité et donc aussi les relations biodiversité-fonctionnement. Les aspects qui intéressent plus directement la sylviculture, à savoir la croissance des arbres, leur état sanitaire, la régénération, la qualité du bois, fortement tributaires du bon fonctionnement de l'écosystème, ne pourront à terme qu'être affectés par ces modifications fonctionnelles.

Thierry GAUQUELIN  
Aix Marseille  
Université  
Institut Méditerranéen  
de Biodiversité et  
d'Écologie marine et  
continentale (UMR  
CNRS 7263) - IRD -  
Avignon Université  
CS 80249, Case 4,  
13331 MARSEILLE  
Cedex 03  
thierry.gauquelin@  
imbe.fr

T.G.

## Bibliographie

BARBIER J-M, BAURY C., BERTUZZI P., BONDEAU A., COUDERC V., COURBET F., CURT T., DALSTEIN L., DAVI H., DELOMTE S., DOBREMEZ L., DUPUY J-L, FADER M., FARNET DA SILVA A-M, FERREIRA O., T. FOJANT T., GARCIA DE CORTAZAR ATAURI I., GARDE L., GAUQUELIN T., GOUACHE D., GROS R., GUIBAL F., HAMMOND R., HOSSARD L., JEZEQUEL S., LADIER J., LEFÈVRE JF, LEGAVE J-M, MOURET J-C, NAPOLEONE C., PIMONT F., PREVOSTO B., RIGOLOT E., ROSSELLO P., SICARD P., VENNETIER M., VIAL

B., VIEUX S. 2016, Les effets du changement climatique sur l'agriculture et la forêt en Provence-Alpes-Côte d'Azur, Les cahiers du GREC-PACA, Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR), 40 pages. (<http://www.air-climat.org/wp-content/uploads/2016/11/GREC-PACA-PublicationAgriculture-Foret-BAT-HR.pdf>)

GAUQUELIN T., BOER M., BALDY V., FERNANDEZ C., MONTES N., SANTONJA M., ORTS J.P., REITER I. 2011. 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 - *Forêt Méditerranéenne*, XXXII ; n°2 : 127-132.

GAUQUELIN T., MICHON G., JOFFRE R., DUPONNOIS R., GENIN D., FADY B., BOU DAGHER M., DERRIDJ A., SLIMANI S., BADRI W., ALIFRIQUI M., AUCLAIR L., SIMENEL R., ADERGHAL M., BAUDOIN E., GALIANA A., PRIN Y., SANGUIN H., FERNANDEZ C., BALDY V. (2016). Mediterranean forests, land-use and climate change : a social-ecological perspective *Regional Environmental Change*. DOI 10.1007/s10113-016-0994-3

OUZEAU G., DÉQUÉ M., JOUINI M., PLANTON S., VAUTARD R. 2014. Le climat de la France au XXI<sup>e</sup> siècle. Scénarios régionalisés : édition 2014 pour la métropole et les régions d'outre-mer., Volume 4, août 2014, rapport de la mission Jean Jouzel, Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, Direction générale de l'énergie et du climat ([http://www.developpementdurable.gouv.fr/IMG/pdf/ONERC\\_Climat\\_France\\_XXI\\_Volume\\_4.pdf](http://www.developpementdurable.gouv.fr/IMG/pdf/ONERC_Climat_France_XXI_Volume_4.pdf))

POLADE SD, PIERCE DW, CAYAN DR, GERSHUNOV A, DETTINGER MD 2014. The key role of dry days in changing regional climate and precipitation regimes *Scientific reports* 4 : 4364 | DOI: 10.1038/Srep04364

SANTONJA M., FERNANDEZ C., PROFFIT M., GERS C., GAUQUELIN T., REITER I., CRAMER W., BALDY V. 2016, Plant litter mixture partly mitigates the negative effects of extended drought on soil biota and litter decomposition in a Mediterranean oak forest. *Journal of Ecology*, November 2016 DOI: 10.1111/1365-2745.12711

SIMIONI G., HUC R. 2011. Le site d'étude à long terme de Font-Blanche. *Forêt Méditerranéenne*, XXXII ; n°2 : 133-134

SIMIONI G., MARTIN ST PAUL N., MARIE G., HUC R. Font-Blanche : Bilans carboné et hydrique d'une forêt mélangée méditerranéenne. <https://anaee-france.fr/fr/documents-joints-2/actus/241-posterfore-t-fontblanche/file>

SOMOT, S., SEVAULT, F., DÉQUÉ, M. & CRÉPON, M. 2008 : 21<sup>st</sup> century climate change scenario for the Mediterranean using a coupled atmosphere-ocean regional climate model, *Global and Planetary Change*, 63, 112-126.

## Résumé

Les recherches fondamentales conduites sur les effets du changement climatique sur les écosystèmes forestiers du bassin méditerranéen doivent notamment s'appuyer sur des stations expérimentales de terrain, permettant de simuler une aridification annoncée du climat. Différents sites forestiers sont aujourd'hui opérationnels : la station expérimentale de Puéchabon, installée dans une forêt de chêne vert, la station expérimentale de Font-Blanche, installée dans une forêt mélangée de pin d'Alep et de chêne vert et l'O3HP (Oak Observatory at OHP), installée dans une forêt de chêne blanc. Ces trois stations bénéficient d'installations originales et adaptés concernant notamment la reconstitution du changement climatique, l'accès à la canopée, les capteurs et l'archivage et mise en réseau des données. Les données montrent notamment qu'une sécheresse aggravée reconstituée expérimentalement peut affecter le fonctionnement, la biodiversité et donc aussi les relations biodiversité-fonctionnement des forêts méditerranéennes.