

# **LE SITE-ATELIER DE PUECHABON**

**(TAILLIS DE CHENES VERTS)**

## **RAPPORT ANNUEL 2008**

Coordinateur Serge Rambal  
DREAM CEFE CNRS  
1919 route de Mende BP 5051  
34293 Montpellier cedex 5  
04 67 61 32 89

### **Participants :**

**CEFE CNRS** : R. Joffre, S. Rambal, J-M Ourcival, A Rocheteau, A-V Lavoit, J-P Ratte, D Landais, R Rodriguez, H Bohbot, J M Limousin, L Misson, R Guliani, I Perez Ramos



CENTRE D'ÉCOLOGIE  
FONCTIONNELLE  
& ÉVOLUTIVE



Décembre 2008

# Introduction générale

## 1- FAITS MARQUANTS AU COURS DE L'ANNEE 2008

### MISE EN PLACE DE L'EXPERIMENTATION DROUGHT+ (PROJET ANR VMC 2007-2010)

Cette année une nouvelle expérience a débuté à Puéchabon. L'objectif est de simuler des événements climatiques extrêmes, plus particulièrement des sécheresses intenses, qui seraient susceptibles d'arriver à différents moments de l'année : printemps et automne. Ces longues périodes de sécheresse devraient avoir un temps de retour plus court à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle. L'analyse de la série historique de pluie de Montpellier montre qu'une sécheresse pendant laquelle le total des pluies de juillet à décembre est inférieur à 50 mm a une période de retour de 2 siècles. Cette expérience complète les expériences précédentes réalisées sur la sécheresse à Puechabon (gouttières) où l'objectif était de simuler l'impact d'une diminution de la moyenne annuelle des précipitations. Pour remplir notre objectif, sans perturber les parcelles expérimentales, nous avons installé un toit mobile au-dessus de la forêt qui permet d'exclure 100% des précipitations sur des périodes choisies. Deux rails de 60m espacés de 12m ont été hissés sur des échafaudages à 6m au-dessus du sol. Les 60m de longueur sont divisés en 3 parcelles de 20m. Le toit, qui fait 15m de long et 12m de large, est installé sur des roulettes et se situe sur la parcelle centrale quand il ne pleut pas (parking). Il se déplace automatiquement sur la parcelle au sud quand il pleut pendant l'automne (sept-décembre 2008). Il se déplacera automatiquement sur la parcelle du nord lorsqu'il pleuvra pendant le printemps 2009 (mars-juin). Il revient à sa place lorsqu'il ne pleut pas et ainsi les perturbations de rayonnement incident et de température de l'air sont minimisées dans les parcelles expérimentales de simulation de sécheresses. Ces parcelles sont équipées de capteurs micrométéorologiques et écophysiologiques : flux de sève, teneur en eau, température et respiration du sol, profil de concentration en CO<sub>2</sub> dans le sol, bacs à litières, carottes racinaires (in-growth cores), dendromètre automatiques etc. Des mesures ponctuelles de phénologie et de photosynthèse sont réalisées plusieurs fois par mois. La construction a débuté en septembre 2007 et a duré jusqu'en juillet 2008. Une équipe de 10 personnes a été nécessaire dont 3 permanents. Le coût de la structure s'élève à 45 000 euros. L'installation des capteurs a été réalisée de décembre à mars 2008. Les premiers résultats sont disponibles et montrent que la sécheresse automnale produite par l'exclusion n'est pas très forte par rapport à une parcelle contrôle étant donné un retard important des premières pluies (novembre 2008). Néanmoins, le potentiel de sève est maintenant à -1.7 MPa dans la parcelle exclue et à -0.6 MPa dans la parcelle contrôle. La conductance stomatique et la transpiration ont diminué d'environ 20%. Différentes vues du dispositif DROUGHT+ sont présentées en page de couverture

### BILAN DE CARBONE PAR LA METHODE DES CORRELATIONS TURBULENTES

La tour de flux a fonctionné normalement au cours de l'année 2008 pour la 8<sup>ème</sup> année consécutive en continu. En fait, elle fonctionne depuis juillet 1998 avec des arrêts dus aux aléas des financements européens. Les résultats confirment que les précipitations printanières expliquent en grande partie la quantité annuelle de carbone fixé par la forêt. En effet les précipitations élevées au cours des mois de mars à juin (>350mm) ont permis la fixation d'environ 400gC m<sup>-2</sup> pour l'année. On remarque le faible impact sur la fixation de carbone de la longue période sèche allant de mi-juin à la mi-octobre (53mm).

### DISPOSITIF D'EXCLUSION DE 30% DES PLUIES « MIND »

1) Le dispositif d'exclusion de pluie « Mind » fonctionne depuis 2003 et a été utilisé en 2008 comme site de mesure pour la seconde et dernière année d'expérimentation de la thèse de JM Limousin (voir quelques résultats ci-après).

2) Expérimentations sur la prédation des glands et la survie des plantules

En décembre 2007, il a été installé dans le dispositif d'exclusion de pluie 2 expérimentations ayant pour but l'une de quantifier la prédation des glands de chênes verts, l'autre d'évaluer le taux de survie de plantules au cours de leur premier été. Ces 2 expérimentations ont été installées dans les 4 traitements de Mind (contrôle, dry, éclaircie et éclaircie +dry) ainsi que dans des clairières. Ce dispositif permet de tester les effets de 2 niveaux de précipitations (normale et -30%), 3 niveaux de lumière (densité normale, éclaircie et clairière) et 2 niveaux de fluctuations de températures (sous couvert et à découvert). Un suivi mensuel du taux de prédation et du taux de survie des plantules a été effectué au cours de l'année 2008 ainsi que des mesures de teneur en eau du sol (TDR 0-15cm). L'année 2007- 2008 a été une année de forte production de glands. Cette expérience sera reconduite en 2008- 2009 avec une faible production de glands viables en 2008.

3) Communautés mycorhiziennes et exclusion de pluie.

Notre dispositif est utilisé dans le cadre d'un projet de l'ANR Fundiv. La richesse spécifique du site en ectomycorhize est extrêmement importante. Plus de 100 morphotypes ont été identifiés. L'exclusion de pluie modifie la diversité et la dominance. Certaines espèces plus résistantes à la sécheresse apparaissent plus fréquemment et recolonisent rapidement après la sécheresse. Des travaux sur les activités enzymatiques des groupes présents sont en cours.

## Projets de publications conjointes des sites de l'ORE

- 1- liens entre les bilans de carbone provenant des mesures de tour à flux et ceux estimés à partir des mesures de croissance de la biomasse.
- 2- utilisation des données de NDVI (capteurs construit à Orsay et financés par l'ORE) mesuré sur les sites de tour à flux couplées au données de phénologie pour calibrer le NDVI estimé par Modis

## 2- COMPLEMENTS QUANTITATIFS

Arrivée et départ d'étudiants :

- Début de thèse pour Nicolas Martin (encadré par R Joffre et L Misson). Sujet: Ecophysiologie sur chêne vert et pin d'Alep dans les parcelles du gradient d'aridité du projet Drought+. Mesures de traits fonctionnels foliaires et chimie de la litière.
- Début de thèse pour Julien Ruffault (encadré par S Rambal et F. Mouillot). Sujet: bilan de carbone à l'échelle du km et vulnérabilité des écosystèmes terrestres à l'échelle de la région LR
- Débit de thèse de Oula Shahin sur le rôle des symbioses mycorhiziennes sur la résistance à la sécheresse du chêne vert.
- Départ AV Lavoir qui a soutenue sa thèse en mai 2008.

Articles publiés dans des revues à comité de lecture :

- Limousin JM, Rambal S. Ourcival JM, Joffre R. (2008) Modelling rainfall interception in a mediterranean *Quercus ilex* ecosystem: Lesson from a throughfall exclusion experiment. *Journal of Hydrology* 357: 57-66
- Allard V., Ourcival JM, Rambal S., Joffre R. and Rocheteau A. (2008) Seasonal and annual variation of carbon exchange in an evergreen Mediterranean forest in southern France. *Global Change Biology* 14:714-725.
- Gockede M., Foken T., Aubinet M. Aurela M., Banza J., Bernhofer C., Bonnefond J.M., Brunet Y., Carrara A., Clement R., Dellwik E., Elbers J., Eugster W., Fuhrer J., Granier A., Grünwald T., Heinesch B., Janssens I.A., Knohl A., Koeble R., Laurila T., Longdoz B., Manca G., Marek M., Markkanen T., Mateus J., Matteucci G., Mauder M., Migliavacca M., Minerbi S., Moncrieff J., Montagnani L., Moors E., Ourcival J.M., Papale D., Pereira J., Pilegaard K., Pita G., Rambal S., Rebmann C., Rodrigues A., Rotenberg E., Sanz MJ., Sedlak P., Seufert G., Siebicke L., Soussana JF., Valentini R., Vesala T., Verbeeck H., and Yakir D. (2008) . Quality control of CarboEurope flux data –Part I: Coupling footprint analyses with flux data quality assesment to evaluate sites in forest ecosystems. *Biogeosciences* 5:433-450.
- Carvalhais N, Reichstein M, Seixas J, Collatz GJ, Pereira JS, Berbigier P, Carrara A, Granier A, Montagnani L, Papale D, Rambal S, Sanz MJ, Valentini R 2008. Implications of the carbon cycle steady state assumption for biogeochemical modeling performance and inverse parameter retrieval. *Global Biogeochemical Cycles* 22: GB2007
- Garbulsky MF, Peñuelas J., Ourcival JM, Filella I (2008) Estimación de la eficiencia del uso de la radiación en bosques mediterráneos a partir de datos MODIS. Uso del Índice de Reflectancia Fotoquímica (PRI). *Ecosistemas* 17 (3) 89-97.

Thèse

- Lavoir AV (2008) Effet de la limitation en eau sur les émissions de composés organiques volatiles chez le chêne vert (*Quercus ilex*). Thèse de doctorat Université Montpellier 2. 269pp

## Encadré n°1 – Bilan de carbone de l'année 2007 et comparaison avec l'année 2006

### 1- Climat

L'année 2006 se caractérise par une répartition inégale des précipitations, l'hiver et le printemps sont assez secs (122mm au lieu de 340mm en moyenne sur la période février-juillet), les précipitations automnales sont importantes (403mm). Pour l'année, il apparaît un léger déficit de précipitation de 90mm par rapport à la moyenne des précipitations pour la période 1984-2007 (813 vs 907mm). En 2007, les pluies sont nettement inférieures à la moyenne (-25 %, 681mm contre 907mm pour la moyenne 1984-2007) mais elles sont assez équitablement réparties sur l'année sauf en été ou juillet et août ne reçoivent qu'une vingtaine de mm (Figure 1).

En 2006, les températures des 3 premiers mois de l'année présentent des valeurs plus basses que les moyennes de la période 1984-2007. Le mois de juillet est exceptionnellement chaud (3.5°C supérieur à la moyenne). De même, les mois de septembre, octobre et novembre sont respectivement 1.2, 1.8 et 2°C au dessus des moyennes mensuelles établies pour la période 1984-2007. La température moyenne annuelle est de 13.9°C, elle est supérieure de 0.4°C à la moyenne (13.5°C) de la période 1984-2007.

Les 5 premiers mois de l'année 2007 sont moins froids (de 1 à 2°C) que la moyenne alors que juin, juillet et août sont moins chauds (de 1°C) que la moyenne. La température annuelle moyenne 13.8°C reste plus élevée que la moyenne 1984-2007 13.5°C (Figure 1).

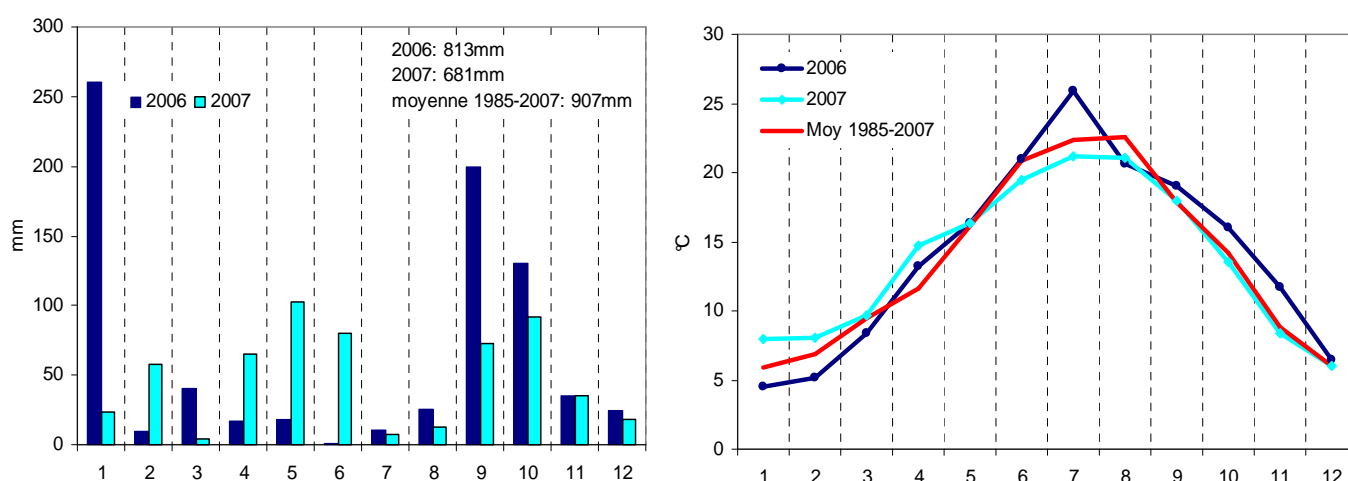


Figure 1: précipitations et températures de l'air pour les années 2006 et 2007.

### 3- Bilan de carbone en 2006 et 2007

#### 4-

En 2006, la production primaire brute (GPP) était inférieure à la moyenne, ce flux a été nettement affecté par la sécheresse printanière et les fortes chaleurs estivales (Tableau 1). La respiration du sol a été favorisée par la combinaison de hautes températures et de fortes précipitations en automne. Au contraire, en 2007, les pluies sont assez régulièrement réparties, la production primaire est supérieure à la moyenne de la période 1998-2007, alors que la respiration de l'écosystème n'augmente pas dans les mêmes proportions. Au bilan, l'année 2007 présente une fixation de carbone de 100g supérieure à la moyenne et l'année 2006 une fixation de 120g inférieure à la moyenne (Figure 2). Ces différences sont fortement liées à la somme des précipitations de la période mars-juin comme nous l'avons montré dans Allard et al 2008.

Tableau 1: composantes du bilan de carbone et précipitations annuelles et saisonnières

	2006	2007	Moyenne 1998-2007
<b>GPP (<math>\text{gC m}^{-2}\text{y}^{-1}</math>)</b>	945	1385	1266
<b>Reco (<math>\text{gC m}^{-2}\text{y}^{-1}</math>)</b>	795	1005	989
<b>NEE (<math>\text{gC m}^{-2}\text{y}^{-1}</math>)</b>	150	380	276
<b>Annual rainfall (mm)</b>	813	681	903
<b>Marsh-June rainfall (mm)</b>	77	251	220

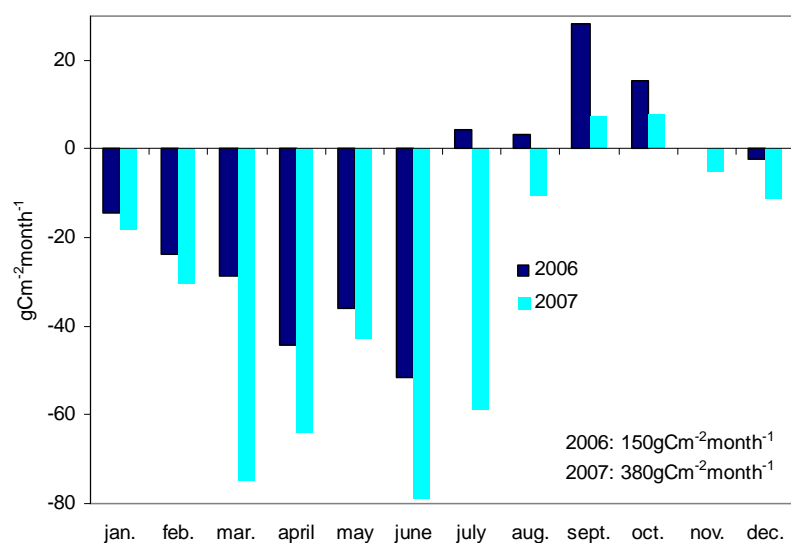


Figure 2: bilan net de carbone pour les années 2006 et 2007

## Encadré n°2 – Transpiration du couvert : niveaux de régulation et effet du stress hydrique

La transpiration de 6 arbres a été mesurée continuellement depuis Juin 2003 dans le traitement témoin et le traitement sec du dispositif expérimental d'exclusion de pluie (MIND). Le flux de sève dans le tronc de chaque arbre a été mesuré grâce à des capteurs de flux de sève de type Granier (Granier, 1985). Le potentiel hydrique foliaire de base et au midi solaire ont été mesurés une dizaine de fois par an entre le printemps et l'automne depuis 2004.

Tableau 1. Cumuls annuels de précipitation brute ( $P_G$ ; mm), précipitation nette ( $P_N$ ; mm) et transpiration ( $E$ ; mm) dans le traitement témoin et le traitement sec du dispositif d'exclusion de pluie entre 2004 et 2007.

Année	$P_G$	Témoin			Sec			$E_{Dry}/E_{control}$
		$P_N$	$E$	$E/P_N$	$P_N$	$E$	$E/P_N$	
2004	989	781	430	0.55	553	322	0.58	0.75
2005	835	671	364	0.54	475	270	0.57	0.74
2006	940	774	308	0.40	550	243	0.44	0.79
2007	681	509	417	0.82	360	330	0.92	0.79
Moy.	861	684	380	0.58	485	291	0.63	0.77

Les précipitations nettes ( $P_N$ ; mm) ont été modélisées par le modèle de Gash (Gash et al., 1995)

La transpiration du couvert dans le traitement témoin représente environ 44% des précipitations sur une base annuelle avec une forte variabilité interannuelle (Tab. 1). La transpiration dans le traitement sec est réduite en moyenne de 23% par rapport au témoin, ce ratio étant relativement constant entre les années. La proportion des précipitations nettes consommée par la transpiration est chaque année légèrement supérieure dans le traitement sec.

Les patrons saisonniers de transpiration sont similaires entre les traitements et les années (Figure 1). La transpiration journalière atteint son maximum à la fin du printemps quand la demande évaporative est forte et l'eau du sol encore disponible. Puis une diminution rapide de la transpiration est observée avec l'assèchement du sol durant l'été, avant une récupération partielle avec les pluies d'automne (Septembre-Octobre). Selon les années, la transpiration maximale se situe entre 2,46 et 3,28 mm/jour dans le traitement témoin, et entre 2,17 et 2,67 mm/jour dans le traitement sec. La transpiration est constamment plus faible dans le traitement sec que dans le traitement témoin, ce qui indique des ajustements à long de la transpiration des arbres dans le traitement sec.

Le potentiel hydrique foliaire de base est similaire dans les deux traitements en dehors des périodes de sécheresse (Figure 2). Il diminue fortement pendant l'été, et est significativement plus faible dans le traitement sec pendant les périodes de sécheresse.

Le potentiel hydrique foliaire au midi solaire diminue moins fortement en période de sécheresse que le potentiel de base, ce qui est le signe d'une régulation stomatique du potentiel hydrique foliaire. Toutefois, le potentiel hydrique au midi solaire est systématiquement plus faible dans le traitement sec que dans le traitement témoin quelle que soit les conditions atmosphériques le jour de la mesure. La régulation stomatique de la transpiration et du potentiel hydrique foliaire chez le chêne vert est donc intermédiaire entre isohydrique et anisohydrique.

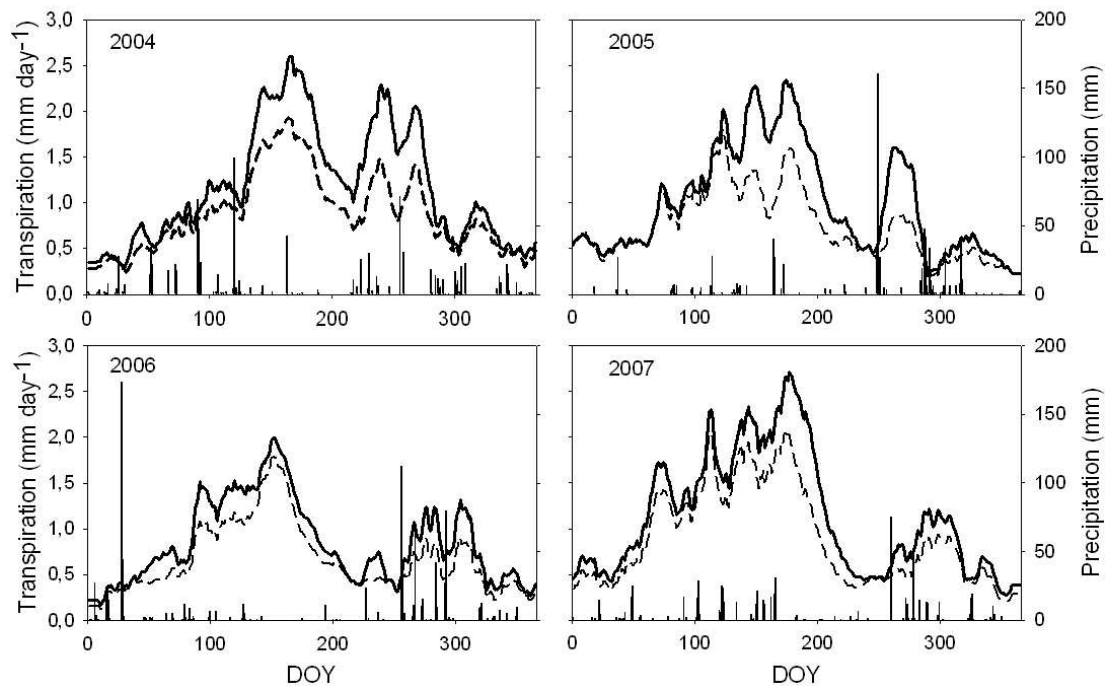


Figure 1. Variations saisonnières des précipitations journalières (barres verticales), et de la transpiration dans le traitement témoin (ligne continue) et le traitement sec (ligne discontinue). Les lignes représentent la moyenne mobile sur deux semaines.

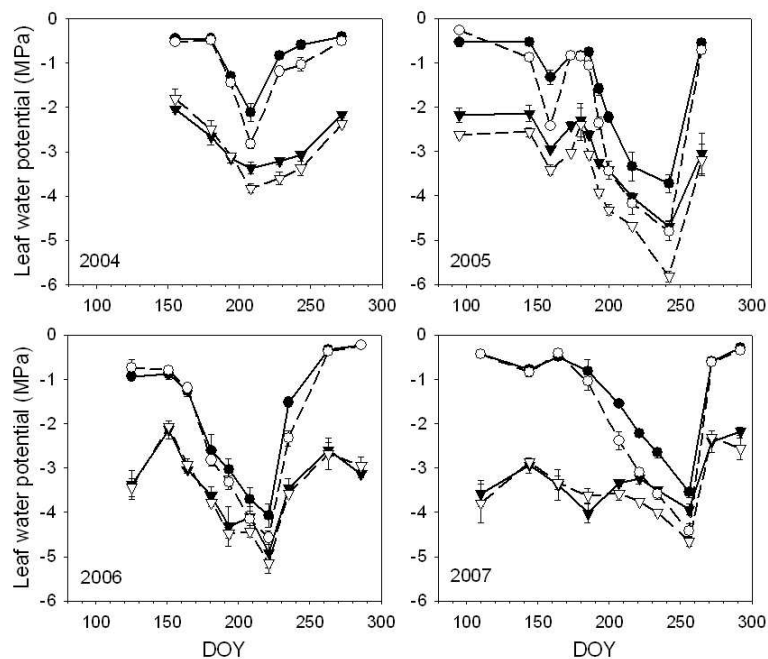


Figure 2. Variations saisonnières du potentiel hydrique foliaire de base (ronds) et au midi solaire (triangle) dans le traitement témoin (symboles noirs) et le traitement sec (symboles blancs) pendant les quatre années 2004-2007. Les barres d'erreur représentent l'erreur standard.