



HAL
open science

Croissance et morphologie des jeunes pins sylvestres en reponse a la lumiere sous couvert forestier

Noémie Gaudio, Emmanuelle Lancelle, Sandrine Perret, Philippe Balandier,
Yann Dumas, Florian Vast, Michel Bonin, Christian Ginisty

► **To cite this version:**

Noémie Gaudio, Emmanuelle Lancelle, Sandrine Perret, Philippe Balandier, Yann Dumas, et al..
Croissance et morphologie des jeunes pins sylvestres en reponse a la lumiere sous couvert forestier.
Séminaire du Groupe d'Etude de l'Arbre (GEA), Oct 2008, Montpellier, France. hal-02757466

HAL Id: hal-02757466

<https://hal.inrae.fr/hal-02757466>

Submitted on 4 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Séminaire du Groupe d'Etude de l'Arbre
Montpellier
2-3 Octobre 2008**

« La plasticité phénotypique des arbres »

**Programme
Résumés
Liste des participants**

Comité d'Organisation :
Yves Caraglio
Tristan Charles-Dominique
Daniel Cornu
Marie-Hélène Lafond
Sylvie Sabatier
Olivier Taugourdeau

RÉSUMÉS DES COMMUNICATIONS ORALES

**REPONSE PHENOLOGIQUE DES ARBRES FRUITIERS
AU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE EN EUROPE : AVANCEE DE FLORAISON
AVEREE MAIS DORMANCE PROLONGEE SELON LA MODELISATION**

J.M. Legave

INRA, UMR DAP, équipe Architecture et Fonctionnement des Espèces Fruitières, 34060 Montpellier,
e-mail : legave@supagro.inra.fr

avec la collaboration de l'équipe Virtual Plants de l'UMR DAP, du Centre de transfert de Montpellier Supagro, de l'INRA d'Avignon et d'Angers, du Ctifl de Nîmes, du Centre de Recherche Agronomique-W de Gembloux, de la Station de Recherche Agroscope de Changins-Wädenswil, et du CRA-FRF de Forlì.

Le réchauffement global s'est accru en Europe depuis la fin des années 80 dans l'ensemble des bassins de production fruitière (+1°C en moyenne). Selon les hypothèses les plus optimistes de l'IPCC (2007), cette évolution doit encore s'amplifier de façon importante au cours de ce siècle (+1.8°C). Dans ce contexte, l'évolution de la phénologie florale des arbres fruitiers à feuilles caduques a été tout particulièrement étudiée en raison de l'influence déterminante de la température sur l'époque de floraison de ces espèces (besoins en froid et en chaleur successifs). Une base de données phénologiques a tout d'abord été développée en France à partir d'un recensement de notations phénologiques acquises dans un passé récent par des unités expérimentales fruitières réparties dans les principaux bassins de production. A l'instigation de l'INRA d'Avignon, cette action a rassemblé des données de l'INRA, du Ctifl et de la profession pour les principales espèces. Les séries chronologiques les plus longues ont été collectées pour le pommier et le poirier, largement cultivés en Europe, ce qui a conduit à initier des échanges de données avec des pays voisins (Belgique, Suisse, Italie) pour ces deux espèces. Par ailleurs, dans le cas du pommier, une modélisation de la date de début de floraison a été réalisée en utilisant un logiciel d'ajustement de dates de stades phénologiques, développé par le Centre de transfert de Montpellier SupAgro. Ce logiciel offre d'importantes possibilités d'optimisation des paramètres pour des modèles de type séquentiel (sous-modèles froid et chaud) et permet de tester une grande variété de lois de température (Legave et al., 2008. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 83, 76-84).

La constitution de séries chronologiques de dates de stades phénologiques a révélé une tendance vers plus de précocité en France pour toutes les espèces quels que soient les stades, variétés et sites considérés (avancée moyenne de 7-8 jours pour le pommier). Egalement constatée dans trois pays voisins pour le pommier et le poirier, cette tendance apparaît d'ores et déjà générale sur une large partie de l'Europe (50 à 42°N en latitude, 1°W à 12°E en longitude). Une analyse statistique appropriée (multiple change-points models) a conforté ces observations et suggère que la gamme des fluctuations inter-annuelles de floraison aurait évolué vers plus de précocité dès la fin des années 80 de façon relativement brutale (non progressivement). La concordance dans le temps (fin des années 80) entre cette évolution phénologique et le net réchauffement enregistré en Europe est un argument fort pour conclure à une avancée moyenne de la floraison des arbres fruitiers à feuilles caduques sous l'influence du réchauffement global. La modélisation, utilisée pour mieux comprendre cet impact du changement climatique sur la floraison, a permis de disposer de paramètres optimaux pour simuler des dates moyenne de levée de dormance au cours d'un passé récent dans différents sites. Ces simulations ont fait apparaître une tendance vers des levées de dormance plus fréquemment tardives (tendance plus marquée en région méditerranéenne). Ce résultat suggère l'existence de deux effets opposés du réchauffement global: une satisfaction des besoins en froid plus souvent relativement lente et/ou tardive et une satisfaction des besoins en chaleur post-dormance plus souvent relativement rapide. Ce dernier effet aurait été prépondérant dans le passé du

fait d'un accroissement des températures sensiblement plus marqué dans la période correspondant à la satisfaction des besoins en chaleur (janvier à avril).

**PERIODICITE ET VARIABILITE DANS LE PROCESSUS DE CROISSANCE
POUR CINQ POPULATIONS DE *CECROPIA SCIADOPHYLLA*
AU PLATEAU GUYANAIS ET BASSIN AMAZONIEN**

Zalamea, P. C.^{1,2}, P. Stevenson², E. Nicolini³, C. Sarmiento⁴, M. Rodriguez², & P. Heuret⁵.

¹IRD, UMR AMAP (botanique et bioinformatique de l'Architecture des Plantes), Montpellier F-34000 France.

²Centro de investigaciones ecológicas La Macarena, Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia.

³CIRAD, UMR AMAP (botanique et bioinformatique de l'Architecture des Plantes), Montpellier F-34000 France.

⁴INRA – UMR ECOFOG, Guyane Française, France.

⁵INRA, UMR AMAP (botanique et bioinformatique de l'Architecture des Plantes), Montpellier F-34000 France.

Le genre *Cecropia* regroupe des arbres pionniers, à croissance rapide, qui colonisent les aires défrichées et les milieux ouverts à fort ensoleillement. Leur architecture est relativement simple et conforme au modèle de Rauh. Tout au long de la vie de la plante il est possible de retrouver a posteriori les cicatrices de feuille, d'inflorescences et de branches élaguées. En décrivant les axes nœuds à nœuds il est possible de construire des séquences d'événements ou l'index est le métamère et les variables associées la longueur de l'entre-nœud, la présence de fleurs, de branches, ou de leurs cicatrices. En analysant ces séquences avec des outils statistiques issus de l'analyse des séries temporelles il est possible de mettre en évidence des régularités structurelles (par ex: nombres de nœuds séparant 2 étages de branches) et de proposer une interprétation sur l'organisation dans le temps des processus de croissance, ramification et floraison qui mène à l'édification de l'architecture des représentants de cette espèce. C'est en suivant cette démarche que de récents travaux menés en Guyane française sur *C. obtusa* et *C. sciadophylla* ont démontré une forte périodicité annuelle pour les processus de croissance, de floraison et de ramification chez deux espèces. Le fait le plus remarquable est la grande régularité dans le nombre de feuilles émises chaque année avec 35 nœuds pour *C. obtusa* et 25 nœuds pour *C. sciadophylla*. Cette régularité peut permettre déterminer l'âge d'un individu et de retrouver sa croissance passée. Dans ce travail nous avons voulu aborder la diversité et la plasticité de ces règles de construction en comparant des populations de *C. sciadophylla* ayant poussé dans des environnements variés en Guyane Française (2 populations) et en Colombie (4 populations). Les résultats montrent que le nombre de feuilles allongées chaque année est remarquablement stable pour l'ensemble des populations et est égal 25. La floraison est annuelle pour la majorité des individus mesurés mais il est cependant possible d'observer 2 floraisons par an chez certains arbres de Guyane. Les paramètres les plus variables concernent l'âge et la hauteur avant la première ramification ou la de la première floraison ainsi que les allométries entre la hauteur et le diamètre. Le lien entre cette variabilité et les conditions environnementales tel que la pluviométrie, la fertilité des sols ou la compétition seront discutés.

UNE DEFINITION DE L'ARCHITECTURE DES PLANTES

F. Hallé

109 avenue de Lodève, 34070 Montpellier e-mail : francis.halle@wanadoo.fr

L'architecture d'une plante intègre sa forme en trois dimensions et l'évolution de cette forme au cours du temps. L'ensemble est sous contrôle génétique et environnemental, ces deux forces agissant dans des proportions variables. Si le contrôle est surtout génétique, il conduit à une forme stable ; s'il est surtout environnemental, à des formes plus aléatoires.

Etant avant tout l'expression visible du programme génétique de développement aérien et souterrain, l'architecture est héréditaire, stable et prédictible au niveau spécifique.

Parmi les facteurs de l'environnement, il convient de distinguer trois groupes :

- la gravité, la lumière et la compacité du sol exercent un contrôle qualitatif sur l'architecture
- d'autres ont un rôle purement quantitatif : densité de plantation, symbiose racinaire, ressources minérales, alimentation en eau, température, régime des vents, etc...
- d'autres enfin n'ont sur l'architecture qu'un rôle destructurant : sécheresse, coups de vent, feux, gel, parasites, prédateurs, etc... Progressivement dégradée avec le temps, l'architecture cesse d'être prédictible et laisse la place à une physionomie : l'architecture de la jeune plante sera donc plus facile à décrire que celle de la plante plus âgée.

En principe l'analyse architectural porte sur les racines comme sur les parties aériennes de la plante ; en pratique, les difficultés matérielles font qu'elle se limite habituellement aux parties aériennes.

Dans la pratique, la description de ces parties aériennes repose sur :

- la ramification végétative : continue, diffuse, rythmique ou nulle
- la croissance de chaque catégorie d'axes : continue, rythmique, limitée ou indéfinie
- le caractère monopodial ou sympodial de chaque catégorie d'axe
- l'orientation des axes : verticaux, ascendants ou descendants, obliques ou horizontaux
- la position, terminale ou latérale, des organes de la sexualité
- enfin, la possibilité éventuelle, surtout chez les arbres, de répéter plusieurs fois le programme de développement. Cette répétition, ou réitération, distingue les arbres coloniaux des arbres unitaires.

Quelques exemples de ces situations

Ramification végétative continue		axe 1 du Caféier d'Arabie
diffuse		axe 1 de Sureau ou de Troëne
rythmique		axe 1 de Pin ou de Sapin
nulle		tronc de Papayer, Cycas ou Palmier à huile
Croissance	continue	tronc de Cocotier
	rythmique	axe 1, 2 ou 3 de Chêne ou Manguier
	limitée	axe 1 de Ricin, Sablier, ou Balsa
	indéfinie	axe 1 de Pin, If ou Framiré

Axe	monopodial	axe 1 de Pin
	Sympodial	axe 1 de Platane
	vertical ascendant	axe 1 de Pin
	vertical descendant	stolon de Fougère arborescente
	oblique	axes 2 d'Aulne, Saule, ou Peuplier
	horizontal	axes 2 de Paliure, Caféier d'Arabie ou Ylang-ylang
Sexualité	terminale	Lilas, Manioc ou Marronnier d'Inde
	latérale	Arbre de Judée, Micocoulier ou Chêne
Arbre	unitaire	Araucaria, Muscadier ou Dattier des Canaries
	coloniaire	If, Tilleul, Platane, Frêne, Okoumé ou Angélique

VERS UNE DEFINITION DE LA PLASTICITE ARCHITECTURALE

Barthélémy D., Caraglio Y., Edelin C., Heuret P., Nicolini E., Sabatier S.

UMR AMAP, TA A51 PS2, Bd de la Lironde, 34398 Montpellier

La plasticité phénotypique a un rôle important dans le développement et l'évolution des organismes dans leur milieu d'où la pertinence de l'intégrer dans les modèles d'architecture et de morphogénèse de la plante.

L'architecture des plantes dépend de la nature et de l'arrangement de chacun des éléments et est, à un moment donné, l'expression d'un équilibre entre les processus endogènes de croissance et les contraintes exercées par l'environnement. L'objectif de l'analyse architecturale est d'identifier les processus endogènes et les séparer des réponses à des influences externes par des observations moyennes ou par des expérimentations. Par leur utilité pour la compréhension de la construction des couronnes des arbres, les concepts d'architecture ont été intégrés dans la modélisation de la forme des arbres forestiers. Comme ces concepts permettent une description à plusieurs échelles d'organisation de l'influence de l'environnement sur plusieurs caractères et leur variation au cours de l'ontogénie, ils sont un outil puissant pour séparer les variations ontogéniques des réponses à des variations environnementales. Les travaux menés sur les arbres forestiers ont montré que les contraintes environnementales affectent la structure globale de l'arbre; ainsi, les jeunes arbres en sous-bois sont constitués de pousses annuelles de petite taille et peu ramifiées, la sexualité est généralement absente, contrairement aux arbres se développant en plein découvert. La succession des phases de développement est conservée mais leur durée est modifiée. L'environnement intervient comme facteur de modulation dans le déroulement morphogénétique de la plante. Lorsque les conditions du milieu se modifient brutalement de manière locale ou durable, les modifications de la structure sont associées à des modifications anatomiques et fonctionnelles. Des adaptations locales existent dans l'expression de la croissance et du polycyclisme. La phénologie peut avoir une conséquence sur la réalisation finale de la structure et ainsi influencer sur les capacités de croissance ou de compétitivité de l'individu. Au cours de son développement, l'arbre, par sa croissance en hauteur, rencontre des conditions de lumière et d'hygrométrie différentes : il y a une modification progressive de l'interaction plante/milieu au cours de son ontogénèse. Les traits fonctionnels évoluent au cours de la séquence de développement des arbres.

Ces résultats ont permis d'aboutir à une définition de la plasticité architecturale.

CROISSANCE ET MORPHOLOGIE DES JEUNES PINS SYLVESTRES EN REPONSE A LA LUMIERE SOUS COUVERT FORESTIER

Gaudio N.

Cemagref, Domaine des Barres, 45290 Nogent-sur-Vernisson e-mail : noemie.gaudio@cemagref.fr

Si l'on considère la forêt uniquement d'un point de vue végétal, elle peut être caractérisée par trois composantes : les arbres adultes, la végétation interférente des strates herbacée et arbustive et les jeunes arbres (régénération). Ces trois composantes sont en interaction permanente pour les ressources du milieu et notamment pour la lumière. Ainsi, selon l'environnement lumineux dans lequel ils se trouvent, les arbres en sous-étage présentent une croissance plus ou moins importante et rapide ainsi que des formes variables. Nous avons choisi d'étudier ce phénomène dans l'environnement particulier de la forêt domaniale d'Orléans, en peuplement mélangé chêne sessile – pin sylvestre et de focaliser l'étude sur la régénération du pin sylvestre.

Pour ce faire, 90 semis et gaules naturels (de 50cm à 6m de hauteur) sont échantillonnés dans trois types d'environnements lumineux (faible – 5 à 15% –, moyen – 15 à 40% – et fort – 40 à 80%) et pour chaque pin sélectionné, la croissance est évaluée par une mesure de la hauteur, du diamètre et de la croissance rétrospective de la tige principale sur les 5 dernières années. Cette croissance ainsi que la forme de l'arbre (hauteur/diamètre, 1^{ère} branche vivante, etc.) sont reliées au type de végétation interférente dominante ainsi qu'à l'âge des jeunes arbres et à la lumière disponible au-dessus du pin. Ce dernier paramètre est mesuré grâce à un capteur élevé au-dessus de la cime de l'arbre ; la mesure est ramenée à un éclairage relatif, le 100% d'éclairage étant mesuré par un autre capteur placé en milieu découvert relativement proche des jeunes pins échantillonnés.

Aux vues des premiers résultats (en cours d'analyse), il apparaît que la hauteur et le diamètre sont positivement corrélés et que plus l'éclairage est important, plus la vitesse de croissance en hauteur augmente. La hauteur et le diamètre semblent positivement corrélés à l'éclairage mais la croissance en hauteur diminue beaucoup plus rapidement que celle en diamètre lorsque l'éclairage diminue. Les résultats seront analysés plus précisément grâce aux mesures de lumière réalisées en août prochain.

**CARACTERISATION DES STRATEGIES DE PLASTICITE
PHOTO MORPHOGENETIQUES DE QUELQUES ESPECES D'ARBRE
DE FORÊT TROPICALE HUMIDE AU STADE JUVENILE**

M. Laurans¹, G. Vincent², E. Nicolini¹

¹ CIRAD, UMR AMAP, Boulevard de la Lironde, 34398 - Montpellier cedex 5 e-mail : laurans@cirad.fr

² IRD, UMR AMAP, Boulevard de la Lironde, 34398 - Montpellier cedex 5

Nous présenterons au cours de cet exposé les premiers résultats d'une étude expérimentale conduite en forêt tropicale humide, en Guyane, dans le but d'appréhender la signification écologique et adaptative des variations inter- spécifiques de plasticité morphogénétique exprimées au stade juvénile en réponse à un gradient d'intensité lumineuse. Le dispositif expérimental concerne une quinzaine d'espèces présentant des modes de croissance et de développement et des degrés de tolérance à l'ombre contrastés. La forme et l'amplitude de la réponse morphogénétique de ces espèces aux variations d'éclairement seront caractérisées et confrontés aux connaissances acquises sur leurs stratégies écologiques respectives.

**ASPECTS ARCHITECTURAUX ET HYDRAULIQUES DE LA PLASTICITE
PHENOTYPIQUE DU DEVELOPPEMENT DU HÊTRE (*FAGUS SYLVATICA* L.)
LORS DE SON ADAPTATION A L'OMBRAGE**

E. Nicolini¹ et H. Cochard²

¹ CIRAD, UMR AMAP, délégation de Guyane, Campus agronomique, BP 701, 97387 Kourou e-mail : eric-andre.nicolini@cirad.fr

² UMR PIAF 234 avenue du Brézet 63100 Clermont Ferrand e-mail : cochard@clermont.inra.fr

D'une manière générale, l'adaptation architecturale du hêtre à un environnement plus sombre s'exprime d'abord par une diminution du taux annuel de la croissance en hauteur et en épaisseur de la plante. Cette période, au cours de laquelle la croissance en épaisseur décroît plus vite que la croissance en hauteur, se traduit par une augmentation de la valeur du rapport « hauteur-diamètre » qui se stabilise quand les taux de croissance les plus faibles sont atteints et d'un changement de direction de croissance des axes du sommet de l'arbre qui devient tabulaire. Le gradient acrotone de la croissance du houppier s'amenuise jusqu'à être complètement aboli quand tous les axes finissent par croître avec la même intensité, quel que soit leur statut (formation exclusive de pousses courtes non ramifiées). Cependant, les proportions générales du houppier ne changent pas. Le gradient de croissance exprimé en situation de clairière a contribué à donner sa silhouette générale à l'organisme et l'atteinte des niveaux de croissance les plus faibles fige la plante selon ces proportions établies auparavant. Ainsi, le hêtre se révèle incapable de modifier la géométrie de son architecture en privilégiant la croissance active d'axes séquentiels particuliers, si ce n'est par une action d'élagage des branches les plus basses et les plus petites. Un autre changement architectural notable est la formation de rejets à un niveau bas sur l'axe principal chez certains arbres tabulaires, phénomène traduisant une réorganisation selon un gradient basitone d'un organisme précédemment organisé selon un gradient acrotone.

Ces différents critères permettent de définir des arbres avec des architectures différentes dans le peuplement en fonction du milieu dans lequel ils se développent : des arbres tabulaires en phase d'attente dans le sous bois et des arbres fusiforme en phase de développement en clairière. L'examen de la masse surfacique foliaire, paramètre indicateur des conditions lumineuses dans lesquelles les arbres poussaient au moment des mesures, montre que les arbres décrits expérimentaient une gamme de situations lumineuses large et continue malgré un regroupement autour de 2 classes architecturales. La considération et la mesure de la conductivité globale des arbres, reflet de l'activité cambiale, permettent de montrer que les conductances spécifiques les plus hautes sont exprimées par les arbres tabulaires qui subissent l'ombrage le plus fort : ces arbres ont peu de biomasse foliaire essentiellement regroupée en pousses courtes d'environ 3 feuilles (± 350), mais avec de fortes conductances spécifiques. En revanche, les arbres tabulaires les plus exposés à la lumière, plus feuillés, forment plus de pousses courtes (± 650) mais avec de plus faibles valeurs de conductances. Les arbres de clairière présentent des valeurs intermédiaires. La complémentarité entre l'activité des méristèmes primaires et celle du cambium lors de l'adaptation des hêtres à l'ombrage est ici clairement mise en évidence.

PLASTICITE ARCHITECTURALE DE *THUJA OCCIDENTALIS* L.

C. Edelin

CNRS, UMR AMAP, boulevard de Lironde, 34398 - Montpellier cedex 5

E-mail : claude.edelin@cirad.fr

Thuja occidentalis est une espèce endémique de l'Est de l'Amérique du Nord qui se développe aussi bien en milieu ouvert que fermé, dès lors qu'elle rencontre un sol suffisamment minéralisé et humide. Cependant selon les conditions environnementales, son développement s'exprime de manières bien différentes. Cette espèce peut exister sous forme d'arbre simple à tronc unique en lisière, d'arbre multi-troncs en milieu complètement ouvert, ou de buissons en sous-bois fermé. Pour comprendre cette plasticité remarquable, nous avons étudié le mode de développement de la forme "multi-troncs" et de la forme "buisson", en utilisant la méthode utilisée habituellement dans les analyses architecturales. Il ressort que la forme "multi-troncs" s'établit par formation d'une souche affaissée rapidement suivie par l'apparition de réitérats totaux différés puis par marcottage de certaines branches basses. La forme buissonnante en revanche est une phase transitoire qui, au cours d'un processus de croissance d'établissement, conduit à l'apparition de troncs dont le devenir dépend des conditions d'environnement immédiat.

Nous présenterons ces deux modes développement et leurs conséquences en terme d'occupation du milieu afin de donner une base de discussion sur l'ampleur potentielle de la plasticité architecturale au sein d'une espèce pourtant considérée comme génétiquement et physiologiquement homogène.

**LES GENEVRIERS DE PHENICIE (*JUNIPERUS PHOENICEA*)
DANS LES PAROIS ROCHEUSES DES GORGES DE L'ARDECHE :
MORPHOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ADAPTEES A DES CONDITIONS EXTREMES**

Mandin J.P.

Les Juliennes, 07110 Chassiers e-mail : jean-paul.mandin@educagri.fr

Le genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*) est un arbre fréquent dans les garrigues méditerranéennes où il occupe les premières phases de la dynamique de végétation. Mais on le trouve aussi dans les grandes parois calcaires. Ces milieux présentent des contraintes très fortes: faible alimentation en eau et en éléments nutritifs, fortes températures, faible volume de sol, verticalité, perturbations peu fréquentes mais importantes (éboulements).

Les genévriers des parois rocheuses présentent des adaptations très particulières à ces contraintes :

- 1- très faibles vitesses de croissance permettant d'atteindre des âges extrêmes (souvent supérieurs à 1000 ans) pour des diamètres de troncs de quelques décimètres ;
- 2- morphologie particulière : troncs torsadés, de section très irrégulière, parfois avec morphologie inversée (sommet vers le bas et racines vers le haut) ;
- 3- beaucoup de bois mort en place, conséquence d'une circulation de sève sectorisée ;
- 4- dissémination zoochore des galbules, notamment par la fouine (*Martes foina*) ;
- 5- stratégie sexuelle minimisant les dépenses énergétiques : la proportion mâles/femelles n'est pas la même en falaises nord et sud.

Depuis 6 ans, une collaboration entre le Comité Scientifique de la Réserve Naturelle Nationale des Gorges de l'Ardèche, le Lycée Agricole O. de Serres d'Aubenas et la Société Botanique de l'Ardèche (projet soutenu financièrement par le Conseil Régional Rhône-Alpes, le Conseil Général Ardèche et le Syndicat de Gestion des Gorges de l'Ardèche) a permis de mener des recherches en falaise et au laboratoire rendant possible la compréhension de plusieurs problèmes posés par l'écologie de cette espèce en parois rocheuses.

EFFET DES STIMULATIONS MECANIQUE ET/OU DE GEOMETRIE DU SOL SUR LA PLASTICITE DE L'ARCHITECTURE DES RACINES DE STRUCTURE

Danjon F., Stokes A., Khuder H., Lagane F., Bert D., Fourcaud T., Eveno E., Géré P.

INRA – BIOGECO, 69 route d'arzacq, BP 45, 33611 Gazinet Cedex
e-mail : fred@pierroton.inra.fr

Plusieurs expérimentations ou observations, du semis à l'arbre de grande taille nous ont permis d'établir que des stimulations mécaniques sur le tronc, transmis aux racines, avaient un impact important sur le développement du système racinaire. Et ceci non seulement sur sa biomasse, mais aussi sur l'architecture. A partir d'un modèle architectural relativement stable, l'arbre renforce ainsi sélectivement les segments de racine qui lui permettent d'optimiser la résistance au déracinement. Les arbres adaptent aussi leur système racinaire à la profondeur de sol disponible, à la présence d'un horizon induré ou à une pente. Dans ce dernier cas, on observe une interaction entre géométrie du sol et perturbation mécanique.

Enfin, les provenances de pin maritime de la côte atlantique française ont une architecture racinaire à 5 ans (pivot unique et renforcé), leur permettant de mieux résister au vent que les autres provenances de l'aire. La variabilité d'origine génétique intra-population est en revanche faible. Il y aurait donc un effet de sélection naturelle à l'échelle de l'aire de répartition, mais peu de possibilité de sélection à l'intérieur des provenances.

[il s'agit d'une synthèse des résultats acquis à Bordeaux pendant une dizaine d'années sur les effets des stimulations mécaniques sur l'architecture des racines de structure, déjà présenté en partie à un séminaire CAQ + une partie présentée à un colloque COST en mai dernier]

PLASTICITE RACINAIRE CHEZ L'EUCALYPTUS AU CHAMP SOUS CONTRAINTE HYDRIQUE AU CONGO

Jourdan C.¹, Ndeko A.², Levillain J.^{1,2} et Thongo A.²

¹CIRAD-PERSYST, UPR 80 Ecosystèmes de plantations, TA B-80/D, Avenue Agropolis, 34398 Montpellier cedex 5, France. E-mail : jourdan@cirad.fr

²UR2PI, BP 1291 Pointe-Noire, Congo.

Dans le cadre du projet ATP CIRAD « **Plasticité Phénotypique des plantations pérennes sous contrainte hydrique au champ** » nous proposons ici d'étudier la plasticité racinaire de jeunes eucalyptus en plantation soumis à une contrainte hydrique (levée par irrigation) au Congo. Deux clones étaient comparés dès la plantation, un cultivar robuste très planté sur le massif de Pointe Noire (EPF 1-41) et un autre plus productif issu d'un schéma d'amélioration plus récent (18-50). Deux conditions de culture étaient conduites : (1) le traitement sec, sans irrigation donc soumis à aux saisons sèches dont la plus grande peut atteindre 4 mois (conditions naturelles) et (2) le traitement irrigué (capacité au champ) lors des saisons sèches. La plasticité racinaire a été étudiée au travers de la dynamique de l'évolution de son architecture ainsi que la répartition spatiale (radiale et en profondeur) de sa biomasse pour chacun des types racinaires identifiés. Nous présenterons ici les résultats issus de la première année du projet, après le passage d'une grande saison sèche et d'une petite saison sèche exceptionnellement longue cette année (2,5 mois). L'effet de l'irrigation est très significatif (de 4 à 6 fois) sur la production de biomasse de racines grosses, moyennes et fines chez les 2 génotypes, cependant le clone 18-50 apparaît comme celui qui produit significativement plus de racines, quelque soit la catégorie et sous irrigation. Par contre, le clone 1-41 met en place 50% de ses racines sous 50 cm de profondeur en condition « non irrigué » contrairement à l'autre clone (18-50) qui met en place plus de racines (les fines en particulier) en surface dans les mêmes conditions. Paradoxalement, sous irrigation, le clone 18-50 met en place plus de racine en profondeur alors que le clone 1-41 « profite » des horizons superficiels humides pour les coloniser. Le nombre de racines primaires issus des boutures n'est pas significativement modifié par le traitement irrigation pour le clone 1-41 qui apparaît assez plastique par contre c'est le cas pour le clone 18-50 qui réagit bien sur ce paramètre à l'apport d'eau. Concernant l'évolution de la densité des ramifications d'ordre 2, ce paramètre augmente significativement avec l'apport d'eau chez les deux clones, cependant, 3 mois après le retour des pluies, chez le clone 18-50 la différence n'est plus significative et la densité de ramification reste 30% inférieure à celle observée chez le clone 1-41. D'autres paramètres architecturaux sont analysés et ne sont pas présentés dans ce résumé.

**ETUDE COMPARATIVE DE LA CROISSANCE RADIALE DE
CUPRESSUS DUPREZIANA A. CAMUS SOUS CLIMATS SAHARIEN ET
MEDITERRANEEN**

Abdoun F.¹, Thinon M.²

¹ Laboratoire d'écologie et environnement, Université des sciences et technologie Houari Boumediene, Alger.
Email : fatabdoun@yahoo.fr

² Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléoécologie, Université Paul Cézanne, Marseille.
Email : Michel.Thinon@univ-cezanne.fr

Le cyprès du Tassili est l'unique gymnosperme vivant encore au Sahara central. Elle est en danger d'extinction dans son aire naturelle. Des plantations sous climat méditerranéen ont été réalisées avec succès depuis plusieurs années. La croissance radiale de jeunes cyprès a été étudiée sur des individus vivants au Tassili des Ajjers, leur aire naturelle où les précipitations moyenne annuelle sont estimées à 30 mm/an, et comparée à celle d'autres individus plantés en Provence dans une forêt de Pin d'Alep.

L'ENREGISTREMENT BOIS DE LA PLASTICITE PHENOTYPIQUE , OU *DENDROPLASTICITE*

P. Rozenberg, A. Martinez, M.E. Gauchat, G. Dalla-Salda, L. Pâques, L. Sanchez

INRA-Centre d'Orléans, Unité Amélioration, Génétique et Physiologie Forestières. 2163 Avenue de la Pomme de Pin, CS 40001 ARDON, 45075 ORLEANS Cedex 2
e-mail : rozenberg@orleans.inra.f

Parmi les composantes du climat qui varient durant une saison de végétation, la photopériode affecte la quantité de lumière reçue par l'arbre tandis que les précipitations et la température modifient la disponibilité en eau dans le sol et l'évapotranspiration au niveau des houppiers. On a largement montré que les caractéristiques des cellules de xylème produites durant une saison de végétation dépendaient de ces variations environnementales. La relation entre les variations des caractéristiques des cellules de xylème d'un génotype et celles d'une de ces variables environnementale est une *norme de réaction*, mesurant la *plasticité phénotypique*.

La variation entre sites des caractères du bois d'un génotype multiplié végétativement mesure la plasticité *géographique*, alors que la variation dans le temps de ceux d'un génotype donné mesure la plasticité *temporelle*. L'enregistrement bois de la plasticité a été peu étudié (Sultan 2004) bien qu'il présente des caractéristiques intéressantes : par exemple, il permet l'étude rétrospective de la réponse de l'arbre à des événements climatiques particuliers. De plus, l'enregistrement bois de la plasticité se répète cerne après cerne, augmentant ainsi fortement la puissance des expériences. Toutefois, d'autres facteurs influencent la formation du bois, dont les effets peuvent se confondre avec ceux du climat.

Notamment, les caractéristiques des 15 à 30 premiers cernes depuis la moelle changent avec l'effet ontogénique *âge cambial*. D'autre part, dans un peuplement forestier, les arbres sont en compétition les uns avec les autres pour l'accès à la lumière, à l'eau et aux éléments minéraux. L'intensité de la compétition varie avec le développement des arbres et la sylviculture et influence la quantité et les caractéristiques du xylème mis en place dans les cernes. Donc l'interprétation de la variation inter-cernes est délicate en l'absence d'un ajustement efficace des effets âge cambial et compétition.

A l'intérieur du cerne, la situation est plus favorable : les effets âge cambial et compétition peuvent être raisonnablement négligés. De plus, on a montré que le niveau intra-cerne est la première source de variation, tous niveaux confondus, pour des caractères de base comme la microdensité, augmentant ainsi la probabilité d'observer et de mesurer la plasticité de la réponse bois.

Durant cet exposé, nous présentons et discutons quelques méthodes, tentatives et résultats récents de mesure de la plasticité phénotypique chez les arbres forestiers à partir de caractères de base du bois.

DENDROPLASTICITE : L'UTILISATION DU BOIS POUR ETUDIER LA PLASTICITE PHENOTYPIQUE CHEZ DES ARBRES FORESTIERS

A. Martinez-Meier, G. Dalla-Salda, L. Sanchez, P. Rozenberg

INRA-Centre d'Orléans, Unité Amélioration, Génétique et Physiologie Forestières. 2163 Avenue de la Pomme de Pin,
CS 40001 ARDON, 45075 ORLEANS Cedex 2

E-mail: amartinez@orleans.inra.f

Les modèles climatiques les plus optimistes pronostiquent une augmentation de la température et des modifications du régime et de la distribution des précipitations. Dans ce contexte, des événements extrêmes de sécheresse et chaleur seront plus fréquents et intenses. Si le changement climatique global est plus rapide que la durée d'une génération d'arbres, la seule façon de s'adapter est la plasticité phénotypique. La largeur de cerne a été largement utilisée en dendrochronologie comme caractère de réponse des arbres aux variations environnementales. Toutefois, peu d'auteurs ont interprété les variations intra-cerne de la densité du bois comme un enregistrement de la réponse du cambium aux variations climatiques. Encore moins ont estimé la variabilité génétique de cette réponse. En climat tempéré le bois, formé au cours de la saison de végétation, s'accumule sous la forme de cernes concentriques. L'anatomie du bois varie fortement du début (bois initial) vers la fin (bois final) du cerne : les cellules à parois fines et lumens de grands diamètres laissent la place à des cellules à parois plus épaisses et à lumens de plus petits diamètres. Ces variations coïncident avec les fortes variations climatiques intra-saison de végétation. A ces variations correspondent chez le douglas, notre espèce d'étude, des propriétés hydrauliques différentes. Nous avons montré que, chez le douglas, la microdensité du bois est impliquée dans la capacité de survie à la canicule de l'année 2003. En utilisant les profils de microdensité on peut donc mesurer la plasticité phénotypique intra cerne de la densité du bois : pour cela on synchronise l'enregistrement microdensitométrique de l'activité cambiale avec des événements climatiques particuliers de la saison de végétation provoquant des stress hydriques (dendroplasticité).

Des normes de réactions individuelles ont été ajustées à un modèle non linéaire pour mesurer la dendroplasticité. Les paramètres de cet ajustement non linéaire ont une signification biologique. Les mêmes clones plantés dans trois sites différents nous ont permis de quantifier la variation environnementale et génétique des paramètres des normes de réactions. Le contrôle génétique de la dendroplasticité est similaire à celui des caractères de microdensité et supérieur à celui de la largeur de cerne. Les implications de nos résultats pour la sélection de génotypes ayant une plasticité désirable et les conséquences pour l'adaptation du douglas au changement climatique seront discutées.

PLASTICITE RAMEALE ET QUALITE TECHNOLOGIQUE DU CHÊNE SESSILE

Colin F.¹, Mothe F.¹, Morisset J.-B.¹, Ningre F.¹, Fontaine F.², Leban J.-M.¹, Freyburger C.¹

¹UMR 1092 INRA-ENGREF Nancy "Laboratoire d'Etude des Ressources Forêt-Bois"

² Université Reims Champagne-Ardennes, Laboratoire " Stress, Défense et Reproduction des Plantes"

La sylviculture a consisté depuis toujours à tirer profit ou au contraire à contenir les expressions de la plasticité phénotypique notamment liée au système ramifié. Le chêne est à cet égard une espèce emblématique puisque sa capacité à rejeter de souche a permis la mise en œuvre du taillis, pourvoyeur de bois domestique et industriel pendant des siècles, tandis que toute la sylviculture de futaie dédiée à la production de bois d'œuvre consiste à confiner le système raméal (l'ensemble des différents types de rameaux du tronc) au dessus de la future grume et à l'intérieur de son cœur branchu. Dans le contexte actuel de diversification des scénarii sylvicoles, la plasticité du système ramifié (plasticité raméale) peut s'exprimer plus largement. Elle nécessite donc d'être plus soigneusement étudiée au moyen de plusieurs descripteurs externes et/ou internes.

Dans l'objectif général de caractériser l'impact des différentes sylvicultures sur la plasticité raméale et la qualité technologique, cette communication présente les méthodes mises en œuvre pour décrire les chênes sessiles des réseaux INRA et ONF d'expérimentations sylvicoles, dont la tomographie à Rayons X.

La plasticité raméale concerne non seulement la ramification séquentielle mais également la fourchaison ainsi que l'émergence et la persistance des gourmands et autres épïcormiques. Aussi sont d'abord rappelées les principales caractéristiques de la ramification du chêne puis sont présentées les notions de potentiel épïcormique, cortège épïcormique, projection de houppier, fourchaison, profil raméal vertical, traces raméales et filiations entre types de rameaux, et également les moyens de les mesurer. Après la présentation de la tomographie à rayons X, est introduite la notion de voie ou séquence ontogénétique (succession des différents types de rameaux de la moelle vers l'écorce à partir d'un bourgeon axillaire).

La mise en œuvre et la quantification de ces notions est illustrée par les résultats obtenus dans différentes expérimentations sylvicoles testant différentes situations de croissance initiale, différentes intensités d'ouvertures et la présence de sous-étage.

Sont enfin listées les perspectives d'étude visant à répondre aux principales questions technico-économiques et scientifiques émergentes.

RÔLE DES RESERVES N SUR LA CROISSANCE PRECOCE DU JEUNE PÊCHER

M.O. Jordan,

UR1115 Plantes et systèmes de culture horticoles, INRA, F-84000 Avignon e-mail : moj@avignon.inra.fr

Chez le pêcher, la croissance précoce (qui se produit pendant les deux à trois mois qui suivent le débourrement) dépend directement de la quantité de réserves accumulées à l'automne. L'absorption racinaire reste en effet très inférieure aux besoins pendant cette période. Or, c'est pendant ces premiers mois que se détermine d'une part, l'architecture de la couronne et d'autre part, la phase de croissance rapide des fruits pendant laquelle la division cellulaire définit le calibre potentiel à la récolte. Mais, malgré son importance, la dynamique des réserves, est encore mal comprise. C'est pourquoi, nous avons entrepris de relier la cinétique de remobilisation post-débourrement de l'azote, (i) aux quantités accumulées l'automne précédent, (ii) à la croissance précoce et (ii) à la restauration de l'absorption racinaire. Pour cela, des pêchers âgés de 1 à 3 ans ont été cultivés en pots ou en hydroponie stricte. Un traitement de fertilisation (2 ou 5 modalités selon les essais), appliqué en fin d'automne, entre la fin de la croissance aérienne et la chute des feuilles a permis d'obtenir des lots d'arbres bien différenciés par leurs niveaux de réserves N mais ayant tous le même potentiel de croissance, i.e. le même nombre de bourgeons sur la structure ligneuse.

A l'automne, après la chute des feuilles, nous avons établi une cartographie précise des teneurs en azote dans la structure pérenne. Les concentrations sont les plus élevées dans les rameaux courts (i.e. composés de moins de 15 phytomères). Elles sont plus faibles de 20% dans les rameaux longs et de 70% dans les troncs. Un rameau inséré à la périphérie de la couronne est plus riche qu'un organe équivalent situé au centre. Une fertilisation en fin d'été augmente significativement les concentrations des rameaux longs (+ 90%), et dans une moindre mesure celle des rameaux courts (+30%) et des troncs (+12%). Au printemps suivant, la mise en place des parties aériennes a été suivie pendant la première phase de croissance. La position de chaque bourgeon a été définie par (i) sa position (i.e. le rang du phytomère dont il est issu) sur l'axe père, (ii) l'ordre et le rang de son axe père. Le nombre de feuilles étalées par bourgeon a été compté une fois par semaine, et le diamètre et la longueur des pousses mesurées début juin, à la récolte. La fertilisation n'affecte pas le nombre de bourgeons qui débourrent, mais la proportion de ces bourgeons qui se transforment en axes proleptiques, i.e. dont le méristème apical devient actif. L'activité ultérieure de ces méristèmes est indépendante du traitement, le nombre de feuilles étalées par axe est le même pour tous les arbres. A la récolte, le diamètre des axes, leur longueur totale et la longueur moyenne d'un entrenœud sont inversement proportionnels aux apports N de l'automne précédent. La répartition des axes dans la structure présente de fortes disparités. Une privation en azote se traduit par une ramification plus importante des parties médianes au détriment des parties hautes de la couronne. Les premiers axes sylleptiques apparaissent deux mois après le débourrement. Leur nombre est inversement proportionnel à celui des axes proleptiques, i.e. diminuent avec la fertilisation. L'effet du traitement sur la ramification sylleptique est limité aux parties distales des rameaux longs. Le nombre de fruits par arbre varie entre 25 et 62. Il augmente avec les apports N à partir de la nouaison. Le diamètre et le poids d'un fruit ne sont pas affecté par le traitement. Ceci est sans doute de la conséquence de la stabilité du rapport nombre de feuilles étalées/nombre de fruits (égal à 11 au 29 mai).

Une privation à l'automne induit également une reprise plus précoce, quoique faible de l'absorption racinaire. La vitesse d'absorption des arbres limités reste élevée pendant la période d'observation.

In fine, la remobilisation des réserves n'a que peu d'influence sur la production de biomasse totale mais modifie la forme de l'arbre; nombre et position des axes proleptiques et sylleptiques.

**PHYSIOLOGIE HIVERNALE ET CHANGEMENT CLIMATIQUE :
RÔLE DES CELLULES ASSOCIEES AUX VAISSEAUX**

Guilliot A.

UMR 547 PIAF, 24 Av des Landais, 63177 Aubière e-mail : Agnes.GUILLIOT@univ-bpclermont.fr

Au cours de la période non feuillée, nous avons mis en évidence des échanges latéraux de sucres au sein du xylème en relation avec la réparation locale de l'embolie hivernale et le débourrement des bourgeons végétatifs. Chez le noyer (*Juglans regia* L. cv Franquette) les concentrations hivernales en saccharose dans les vaisseaux du xylème s'avèrent principalement influencées par différents facteurs tels que la mobilisation de l'amidon du parenchyme xylémien, les basses températures et l'intensité de l'influx des sucres vers les Cellules Associées aux Vaisseaux (CAVs). Nous avons montré (Améglio *et al.* 2004) que l'efflux de saccharose vers les vaisseaux du xylème se fait, au moins en partie, par une diffusion facilitée. Il existe d'autre part une réabsorption active des sucres par les CAVs pour des températures douces (>+5°C). L'influx de saccharose a ensuite été caractérisé aux échelles physiologique et moléculaire. La part active de cette absorption augmente significativement en hiver lorsque le noyer est soumis à des cycles gel-dégel. Nous avons ensuite étudié la contribution de l'ATPase H⁺ du plasmalemme et des transporteurs de sucres dans le processus de débourrement chez le noyer, une espèce à ramification acrotone. Il en découle une régulation spatio-temporelle de ces transporteurs qui serait en relation avec la physiologie de l'arbre (Alves *et al.* 2007, Decourteix *et al.* 2008) et les températures extérieures.

Améglio *et al.*, Tree Physiol. 2004 Jul;24(7):785-93.

Alves *et al.*, Tree Physiol. 2007 Oct;27(10):1471-80.

Decourteix *et al.*, Tree Physiol. 2008 Feb;28(2):215-24.

DIVERSITE INTRASPECIFIQUE DES CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES DU HÊTRE

S.T. Barigah¹, S. Herbette², R. Huc³, M. Ducrey³ and H. Cochard¹

¹Unité Mixte de Recherche PIAF, INRA Clermont-Ferrand

Institut National de la Recherche Agronomique, 63039 Clermont-Ferrand, France;

²Unité Mixte de Recherche 547, Physiologie Intégrée de l'Arbre Fruitier et Forestier, Université Blaise Pascal, 63170 Aubière, France;

³Unité de Recherches forestières méditerranéennes, INRA Avignon, 84000 Avignon, France

La capacité à maintenir un système conducteur de sève brute fonctionnel (et donc des tissus irrigués) pendant une sécheresse semble être une caractéristique importante des espèces résilientes à la sécheresse. Un certain nombre de travaux ont montré que les espèces moins vulnérables à la cavitation sont adaptées à des conditions écologiques plus xériques.

Nous avons émis l'hypothèse que l'existence d'une forte variabilité naturelle de la résilience à la sécheresse chez le hêtre serait corrélée à la variabilité de la résistance à la cavitation au sein de cette espèce. Pour évaluer la diversité intraspécifique de la vulnérabilité à la cavitation chez le hêtre, nous avons utilisé le potentiel hydrique (P_{50}) induisant 50% de perte de conductance hydraulique dans des rameaux ou tiges. Ces analyses ont été réalisées sur des hêtres provenant de populations échantillonnées dans le mont Ventoux (84), à Allagnat (63), à Graoully (57) et à Hesse (57).

Nous avons caractérisé la variabilité intraspécifique des caractéristiques hydrauliques du hêtre en déterminant le P_{50} de différentes populations de hêtre selon un gradient altitudinal de xéricité au mont Ventoux (versant Nord) et un gradient géographique Nord-Sud (Moselle / Puy-de-Dôme / Ventoux).

Les résultats obtenus ont montré qu'il existe une grande diversité de sensibilité à la sécheresse entre populations ($-3.77 < P_{50} < -2.40$ MPa) de même qu'un gradient Nord-Sud et une absence de gradient latitudinal.

**CHANGEMENTS CLIMATIQUES GLOBAUX ET LEVEE D'ENDODORMANCE :
OPTIMISATION DES MODELES DE LEVEE D'ENDODORMANCE EN UTILISANT UNE
LONGUE SERIE DE DONNEES DE DATES DE SORTIE D'ENDODORMANCE ISSUES
DU TEST BOUTURE DE NOEUD ISOLE.**

Bonhomme M., Rageau R., Lacoïnte A.

UMR PIAF, INRA Domaine de Crouelle 234 avenue du Brézat F63100 Clermont-Ferrand France
Email : bonhomme@clermont.inra.fr

Dans le contexte de changements climatiques globaux, un certain nombre d'études indiquent de possibles problèmes d'insuffisance de froid hivernal pour lever correctement l'endodormance dans des zones jusque là hors champ de cette problématique. Or, à ce jour, nous ne disposons pas de modèles de levée d'endodormance optimisés et suffisamment fiables, ni pour les espèces fruitières ni pour les principales espèces forestières.

Ceci tient en partie au fait que, chez les espèces fruitières, l'évaluation des modèles de levée d'endodormance a généralement été très indirecte, étant considérée comme une partie d'une évaluation globale de modèles de prévision de date de débourrement intégrant un module 'levée d'endodormance'. A cause du manque de données, leur évaluation directe basée sur la connaissance des évolutions d'état des méristèmes a été souvent succincte. Par voie de conséquence, ces modèles n'ont pas été optimisés, à l'exception du niveau de températures fraîches nécessaires pour levée l'endodormance (besoin de froid) considéré alors comme un paramètre génétique spécifique.

Issue de différentes études concernant l'état des bourgeons pendant la période automno-hivernale, nous disposons d'une série d'environ 30 dynamiques de l'état d'endodormance de bourgeons végétatifs de pêcher 'Redhaven' en conditions naturelles, données obtenues à partir du test 'bouture de nœud isolé' en conditions standards (25°C, jours longs)

Ces données ont été utilisées pour optimiser les modèles classiques de levée d'endodormance (Weinberger-W; Utah-U; Bidabé-B; Dynamic-D ...) d'espèces fruitières avec la température comme seule variable d'entrée afin de comparer leurs ajustements et leur valeurs prédictives

Les paramètres ajustés ont été le niveau de température fraîche nécessaire à la sortie d'endodormance', les paramètres associés à la fonction $F(T)$ décrivant la réponse de l'endodormance à la température, et pour certains modèles, la date de départ de l'action des températures fraîches pour lever l'endodormance.

La méthode d'optimisation utilisée consiste en la minimisation du MSE entre les valeurs observées (la date de sortie d'endodormance donnée par le test bouture de nœud) et la date obtenue par le modèle, en utilisant le module NLS du logiciel R.

Comme principaux résultats, on peut citer :

- une action effective des températures très basses sur la levée d'endodormance (bien plus basses que celles données par le modèle Utah standard)
- une transition très rapide entre les températures ayant un effet positif ou négatif sur la levée d'endodormance pour le modèle Utah optimisé qui fait que ce modèle est alors très proche d'un modèle de type Weinberger
- une valeur seuil des températures ayant une action sur la levée d'endodormance plus élevée que dans le modèle Weinberger standard.

Ces résultats seront discutés et placés en perspectives dans le contexte des changements climatiques.

COMMENT AIDER, SANS IRRIGATION, CERTAINS ARBRES A FAIRE FACE A LA SECHERESSE

D. BIENFAIT, agronome,

Quartier les Cheminades, 84 410 Bédoin, 04 90 62 47 82 – e-mail : d.bienfait-geolpaysage@laposte.net

Introduction

Nous ressortons une vieille étude sur le dépérissement « branche par branche » du cerisier en vergers non irrigués, pensant que ses résultats permettent de proposer des essais d'adaptation des arbres à la sécheresse. Cette étude, INRA-CTIFL, a été menée par enquête dans le Gard et le Vaucluse entre 1980 et 1983. Elle nous a permis de dégager une relation entre la croissance des arbres, une symptomatologie de dépérissement très progressif et certains paramètres du milieu.

1) Méthode

Le choix des vergers enquêtés s'est fait de manière à avoir la plus grande diversité possible, tant au niveau du comportement des arbres que des conditions de milieu. L'individu d'enquête est une placette de quelques arbres, homogène à l'œil. 51 placettes ont été traitées : 23 saines et 28 dépérissantes, à raison d'une, voire deux par verger. Par placette ont été consignées des informations sur :

- quelques variables phénotypiques de l'arbre (périmètre de tronc et état : sain ou plus ou moins dépérissant) et son âge (entre 11 et 40 ans, exceptionnellement 60 ans) ;
- les structures de verger et les itinéraires techniques de production (densité de plantation, entretien du sol, fertilisation...) ;
- les données environnementales autres qu'édaphiques (exposition au mistral, pente...) ;
- le profil pédo-culturel et l'enracinement : description et données analytiques par horizon, jusqu'à concurrence de 2,50 m si possible (une fosse par placette) ; (sols en majorité alcalins et même calcaires ; taux d'argile dans le premier mètre variant entre 10 et 30 %) ;
- les teneurs des feuilles en minéraux (macro et oligo-éléments) ;
- la présence de virus dans l'arbre (indexages virologiques) et de nématodes suspects dans le sol, sur une partie de la population seulement, pour ces derniers.

2) Principaux résultats

Nous n'avons pas trouvé de causes biotiques primaires (virus, nématodes, champignons, insectes¹) au syndrome étudié. Les conditions et facteurs de milieu qui conduisent à un dépérissement « branche par branche » commencent par réduire la croissance des arbres. Les causes essentielles du phénomène tourneraient autour de l'alimentation hydrique :

- a) l'offre en eau, définie par la profondeur d'enracinement, elle même déterminée par les caractéristiques physiques du sol (il s'agit donc bien d'une cause et non d'une conséquence) ;
- b) la demande en eau, augmentée par l'exposition au mistral ;
- c) la gestion de l'eau par la plante : des teneurs élevées en **potassium**² dans les horizons supérieurs du sol semblent pouvoir **compenser une offre en eau faible**. Mais les fortes teneurs en K du sol ne se retrouvent pas dans les feuilles.

¹ Postérieurement à cette étude, nous avons néanmoins découvert un parasite susceptible d'entraîner localement un dépérissement « branche par branche ».

² Le magnésium pourrait aussi tenir une place dans les phénomènes étudiés, mais de façon plus complexe.

3) *Discussion et perspectives*

Aucune expérimentation n'a été menée en aval de cette enquête, le progrès de l'irrigation ayant fortement réduit le type de dépérissement étudié, ce qui a conforté l'une de nos conclusions. Mais pourra-t-on toujours irriguer ad libitum les vergers ? Par ailleurs, ne peut-on pas envisager de protéger de la sécheresse des « arbres isolés » (définition dans GEA mai 2006), rarement irrigables ? La physiologie nous dit que le potassium est en mesure d'aider la plante à gérer l'eau dans un contexte de pénurie. Notre enquête semble confirmer la chose en vergers de cerisiers où elle donne des ordres de grandeur du phénomène. Mais, d'un genre botanique à l'autre, les mécanismes peuvent varier (Valancogne, GEA 1994). L'efficacité du potassium serait donc à vérifier sur différentes espèces. Préciser où (feuilles, rameaux, racines ?) et comment agit le potassium permettrait de proposer des outils de diagnostic et de pilotage.

INTEGRATION D'UN MODULE DE DETOXICATION METABOLISME-DEPENDANT DANS UN MODELE D'EVALUATION DES RISQUES ENCOURUS PAR LES ARBRES SOUMIS A L'OZONE

P. Dizengremel, D. Le Thiec, Y. Jolivet et M.P. Hasenfratz-Sauder

UMR 1137 INRA/UHP Ecologie et Ecophysiologie Forestières, Nancy Université, BP 239, 54506 Vandoeuvre, France
e-mail : dizengre@scbiol.uhp-nancy.fr

La concentration atmosphérique en ozone ne cesse de croître depuis le début de l'ère industrielle. Les effets phytotoxiques de l'ozone sont patents et les institutions européennes se dotent d'indices de toxicité qui sont actuellement critiqués. Le seuil de risque utilisé pour déterminer une atteinte à la biomasse est basé sur la somme saisonnière des concentrations du polluant au-dessus d'un seuil de 40 nL.L^{-1} (AOT 40). Or, les expositions long-terme des plantes à des concentrations réalistes d'ozone affectent les processus biochimiques (dommages cachés) avant tout symptôme visible (nécroses) ou mesurable (croissance, rendement). Un concept plus proche des réalités physiologiques des plantes a récemment été développé, tenant compte de la quantité réelle d'ozone entrant dans les feuilles au niveau des stomates (CUO = cumulative uptake of ozone).

Cependant, ce nouvel indice est encore imparfait car il ignore la capacité intrinsèque de défense intracellulaire : il faut donc introduire ce que l'on peut appeler le « flux effectif ou réel d'ozone » (effective ozone flux) qui est la balance entre le flux d'entrée stomatique et l'intensité de la détoxification cellulaire.

A ce sujet, même si la quantité présente d'ascorbate cellulaire joue un rôle essentiel pour réduire les ROS (Reactive Oxygen Species) issues de l'ozone, la concentration de ce métabolite ne se révèle pas être un bon indicateur du pouvoir détoxifiant. La régénération de l'ascorbate est en effet nécessaire et elle implique la présence d'un pouvoir réducteur suffisant sous forme de NADPH. La production intracellulaire de NADPH est facilitée grâce à l'augmentation reconnue des voies cataboliques renfermant des enzymes NADP-dépendantes lors d'une attaque par l'ozone. De plus, une modification importante du rapport entre les activités rubisco (qui décroît) et PEPcase (qui augmente) conduit à des changements de discrimination isotopique du carbone qui pourraient, en retour, influencer sur l'efficacité d'utilisation de l'eau et, par conséquent, sur la conductance stomatique. Tous ces points méritent d'être vérifiés expérimentalement ainsi que la validité de la concentration en NADPH comme moteur d'un modèle de prévision des risques basé sur la régénération NADPH-dépendante de l'ascorbate.

CONTRIBUTION DU RESEAU NATIONAL DES ARBORETA PUBLICS A L'ETUDE DU COMPORTEMENT ET DE L'ADAPTATION DES LIGNEUX

S. Brachet

AgroParisTech ENGREF, Arboretum national des Barres, 45290 Nogent sur Vernisson
e-mail : stephanie.brachet@agroparistech.fr

Le Réseau National des Arboreta Publics regroupe depuis 2005 une quinzaine d'arboreta rattachés aux cinq organismes publics que sont l'AgroParisTech ENGREF, l'ONF, l'INRA, le Muséum national d'histoire naturelle et l'Université Paris-Sud 11.

Ses principaux objectifs sont :

- l'évaluation globale des ressources ligneuses des arboreta résultant souvent de plus d'un siècle d'acclimatation,
- la mise en place d'une gestion concertée dynamique et raisonnée de ceux-ci,
- une meilleure valorisation scientifique, technique et pédagogique.

Ce réseau s'appuie sur une importante base de données développée conjointement par l'Arboretum national des Barres et le Centre de Ressources Informatiques de l'Université Paris-Sud 11. Cette base a pour but de rassembler et d'homogénéiser toutes les données existantes sur chaque ligneux ou groupe de ligneux de chacun des arboreta du réseau. Elle constituera alors un outil d'information sur la flore ligneuse tempérée et permettra en particulier la mise en commun de connaissances sur le comportement et l'adaptation des ligneux dans les différents contextes pédoclimatiques des arboreta du réseau.

Le Réseau National des Arboreta Publics est d'ores et déjà impliqué dans différents programmes portant en particulier sur la phénologie des ligneux.

Nous présenterons en particulier ici la contribution du réseau au projet de recherche « Quantification des effets des changements globaux sur la diversité végétale » financé par l'Agence Nationale de la Recherche ainsi que ses apports potentiels à la réflexion sur le devenir des forêts face aux enjeux du changement climatique.

**NOUVELLES PERSPECTIVES DANS L'ETUDE DE LA PLASTICITE
PHENOTYPIQUE CHEZ LES ESPECES FORESTIERES :
LES MESURES DE PLASTICITE INDIVIDUELLE EN MILIEU NATUREL ET
LES APPROCHES DE MODELISATION GENETIQUE**

L. Sanchez, P. Rozenberg, A. Martinez, M.E. Gauchat, G. Dalla-Salda, L. Pâques, C. Bastien

INRA-Centre d'Orléans, Unité Amélioration, Génétique et Physiologie Forestières. 2163 Avenue de la Pomme de Pin,
CS 40001 ARDON, 45075 ORLEANS Cedex 2
E-mail : leopoldo.sanchez@orleans.inra.fr

Dans un contexte de changements environnementaux trop rapides, la pérennité des populations d'arbres forestiers dépendra de leur capacité d'adaptation et initialement de leur plasticité. La longévité des espèces ligneuses favorise particulièrement la plasticité comme mécanisme d'acclimatation à leur environnement. Cette plasticité peut interagir avec l'évolution des populations et être soumise aussi à la sélection. Les nombreuses réussites de transfert de ressources génétiques forestières le long de vastes étendues climatiques suggèrent le rôle prépondérant de la plasticité. Nonobstant, la nature génétique de la plasticité, et donc le potentiel évolutif de cette plasticité restent méconnus pour la plupart des caractères adaptatifs.

La plasticité au niveau des populations a fait l'objet de nombreuses études. Cependant, aucune de ces analyses ne permet d'estimer explicitement la part de la variation individuelle masquée par ces estimations globales. La plasticité est une propriété de l'individu, qui peut se manifester pour certains caractères dans le temps ou dans l'espace. En partant de cette définition restrictive, nous discutons dans une première partie de cet exposé des avantages et des inconvénients des approches globales au niveau population, avec l'illustration de quelques exemples issus de la littérature scientifique récente. Nous présentons des alternatives réalistes pour l'estimation de la plasticité individuelle en conditions naturelles, basées sur l'utilisation de l'enregistrement bois.

Dans une deuxième partie, nous présentons les initiatives autour de l'étude de la plasticité au sein de l'unité de recherche AGPF d'Orléans, et plus explicitement, dans le cadre du projet européen FP7 NOVELTREE. Ces activités se déclinent en deux parties. Dans une première partie, on trouve la valorisation du réseau d'évaluation génétique de l'amélioration pour l'étude de la composante héritable de la plasticité de certains caractères adaptatifs. Dans la deuxième partie, nous nous engageons dans les approches de simulation pour l'étude des mécanismes génétiques sous-jacents à l'expression de la plasticité phénotypique. Ces approches nous permettront de quantifier la pertinence des mesures de plasticité globale au niveau population par rapport à des estimations individuelles.

ADAPTATIONS LOCALES ET PLASTICITE PHENOTYPIQUE DE DEUX ESSENCES FORESTIERES LE LONG D'UN GRADIENT ALTITUDINAL DANS LES PYRENEES

C. Bresson, Y Vitasse, A Kremer, R Michalet et S Delzon

37 avenue Pierre Corneille, 33600 Pessac e-mail : c.bresson@ecologie.u-bordeaux1.fr

Le changement climatique est susceptible d'entraîner des modifications dans les aires de répartition des espèces notamment dans les écosystèmes montagnards où il existe des variations thermiques importantes sur de faibles distances. Ces modifications se feront par 3 processus principaux : la migration, l'adaptation et la plasticité des populations. Le long de gradients altitudinaux, les essences forestières montrent de fortes variations phénotypiques de leurs traits morphologiques, physiologiques et phénologiques. Toutefois, nous ne savons pas à l'heure actuelle si ces différences phénotypiques sont la conséquence d'une forte plasticité des espèces et/ou d'adaptations locales des populations. En effet, dans une population et pour un caractère donné, la variabilité phénotypique (V_p) a une double origine : la variabilité génétique (V_g), correspondant aux variations des effets des génotypes gouvernant le caractère d'intérêt, et d'autre part la plasticité phénotypique, elle-même divisée en deux composantes : la variabilité liée à l'environnement (V_E) et l'interaction entre les facteurs génétiques et environnementaux ($V_{G \times E}$) : $V_p = V_g + V_E + V_{G \times E}$.

Pour quantifier cette plasticité phénotypique, il est nécessaire d'obtenir des normes de réaction via l'utilisation de tests de provenances répétés dans divers environnements. Ces expérimentations de transplantations réciproques consistent à transplanter chaque population dans tous les environnements dont sont issues ces populations. Ces expérimentations constituent également un outil approprié pour tester l'avantage adaptatif d'un phénotype dans son propre environnement en comparant sa performance dans les différents environnements.

Cette étude se propose de caractériser la plasticité phénotypique de populations de chêne sessile (*Quercus petraea*) et de hêtre (*Fagus sylvatica*) issues de différentes altitudes via l'utilisation de transplantations réciproques dans les Pyrénées. Les deux objectifs principaux sont : (i) tester s'il existe une différenciation phénotypique entre les populations au sein de chaque test de provenance. (ii) caractériser et comparer la plasticité phénotypique des 2 espèces étudiées.

Mots clés : plasticité phénotypique, adaptation, gradient altitudinal, chêne sessile, hêtre.

**ETUDE DE LA PLASTICITE PHENOTYPIQUE DES CAFEIERS
EN CONDITIONS DE STRESS HYDRIQUE**

P. Marraccini, C. Jourdan, T. Leroy, J.M. Gion

CIRAD-Bios, TA-A 96/03, 34398 Montpellier Cedex 5 e-mail : thierry.leroy@cirad.fr

Dans le cadre d'une ATP Cirad sur la plasticité des plantes pérennes, une expérimentation a été mise en place sur caféier au Brésil. Des plantules de caféiers mises au champ pour deux ans vont être suivies en conditions de stress différentes. Les deux génotypes utilisés sont reconnus comme ayant des réactions différentes à la sécheresse. Des analyses de développement des plantes et d'expression des gènes seront menées au cours de l'expérimentation. Des résultats en cours sur d'autres expérimentations nous permettent déjà de travailler sur des gènes potentiellement intéressants pour la réaction des caféiers à la sécheresse.

Ces travaux sont à replacer dans les travaux menés par l'équipe sur la production de café de qualité en conditions de stress hydrique.

**ANALYSE DE LAPLASTICITE PHENOTYPIC DE DEUX CLONES D'EUCALYPTUS
EN REPONSE A UNE CONTRAINTE HYDRIQUE AU CHAMP**

A. Ndeko, S. Terrier, E. Villar, M. Laurens, A. De Grancourt, J.L. Verdeil, P. Deleporte, A. Saya, C. Jourdan, J.M. Gion

CIRAD, UPR39 - BIOS Department, Montpellier France
e-mail : gion@cirad.fr

Dans le contexte des changements climatiques, la capacité d'adaptation des plantations pérennes à la contrainte hydrique devient une composante majeure de leur productivité. Elle dépend de la diversité génétique des populations et de leur plasticité phénotypique. Dans le cadre d'un projet d'ATP CIRAD, nous décrivons les mécanismes d'adaptation, sous contrainte hydrique, de deux clones d'eucalyptus grâce à l'analyse combinée de l'expression du génome, des caractères architecturaux et physiologiques. Les résultats devraient permettre d'identifier les dynamiques temporelles de déterminants moléculaires, morphologiques et écophysiologiques de l'adaptation, d'analyser leurs corrélations, de révéler s'ils présentent de l'interaction GxE et s'il existe des mécanismes communs aux trois plantes. Des critères adaptatifs pertinents (gènes, caractères) sont nécessaires à la gestion et l'amélioration des ressources génétiques pérennes. Ce projet réunit des chercheurs du CIRAD, de l'INRA, du CNRS, des chercheurs congolais et brésiliens autour d'une thématique essentielle au développement durable des plantations pérennes.

ETUDE DES ETAPES PRECOCES DE LA MECANOPERCEPTION CHEZ LE PEUPLIER : APPROCHES BIOMECHANIQUE ET MOLECULAIRE

¹L. Martin, ²C. Coutand, ¹N. Leblanc, ¹C. Lenne and ¹J.L.Julien

1 Université BLAISE PASCAL, UMR547 PIAF, F-63177 AUBIERE e-mail : Ludovic.Martin@univ-bpclermont.fr
2 INRA, UMR547 PIAF, F-63100 CLERMONT-FERRAND

Les plantes répondent aux stimulations mécaniques environnementales, comme le vent, en modifiant leur croissance et leur développement. La réponse de croissance se caractérise généralement par une diminution de la croissance longitudinale et une augmentation de la croissance radiale.

Une approche biomécanique étudiant l'effet d'une flexion de la tige sur la croissance longitudinale de plants de tomate a révélé que la variable mécanique perçue est la somme des déformations longitudinales subies (Coutand et Moulia, 2000). Récemment, un gène codant un facteur de transcription à deux doigts de zinc de type Cys2/His2 et présentant une induction rapide suite à une flexion contrôlée de la tige a été isolé chez le noyer (Leblanc-Fournier *et al.*, 2008).

Notre étude a consisté, d'une part à étudier l'effet de flexions contrôlées de la tige sur la croissance en diamètre de jeunes peupliers (*Populus tremula* x *Populus alba*, clone INRA 717-1B4), et d'autre part à comprendre le rôle d'une protéine à deux doigts de zinc de peuplier (PtaZFP2) dans cette réponse de croissance. Un dispositif expérimental original a été conçu afin de contrôler le niveau de déformation appliquée et de mesurer la croissance radiale en continu avant, pendant et après la flexion. Pour vérifier une possible acclimatation des plantes aux sollicitations mécaniques, l'effet de flexions successives a également été étudié.

Les résultats ont révélé que *PtaZFP2* présente une expression rapide et transitoire suite à la stimulation mécanique et que cette expression est limitée à la partie de la tige où la flexion a été appliquée. Une corrélation entre la somme des déformations longitudinales subies et le niveau d'expression de *PtaZFP2* aussi bien qu'à la réponse de croissance a été mise en évidence. Nos travaux ont également montré une acclimatation rapide des plantes aux sollicitations mécaniques.

Coutand et Moulia 2000, **Journal of Experimental Botany**, 51, 1813-1824.

Leblanc-Fournier *et al.* 2008, **Plant, Cell and Environment**, 31, 715-726.

ETUDE MOLECULAIRE DE LA PLASTICITE RACINAIRE CHEZ *CASUARINA GLAUCA*, UN ARBRE TROPICAL ACTINORHIZIEN

H. Gherbi¹, V. Hocher¹, M. Nambiar-Veetil², S. Svistoonoff¹, F. Auguy¹, V. Vaissayre¹, P. Doumas¹, L. Laplaze¹, D. Bogusz¹ et C. Franche¹

1- Equipe Rhizogène, UMR DIAPC, IRD (Institut de Recherche pour le Développement), 911 avenue Agropolis, BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France. <http://www.mpl.ird.fr/rhizo>.

2- Plant Biotechnology Division, Institute of Forest Genetics and Tree Breeding, Forest Campus, R. S. Puram, Coimbatore 641 002, Inde.

Casuarina glauca est un arbre originaire d'Australie qui joue un rôle essentiel dans les zones tropicales pour la production de biomasse et de bois de chauffage, la restauration de la fertilité des sols, et leur protection contre les formes d'érosion (fixation des dunes ou des sols érodés).

Ces propriétés sont liées à la plasticité racinaire remarquable de cet arbre qui adapte son programme de développement en fonction de son environnement :

- En condition de carence azotée, *Casuarina* s'associe à l'actinomycète du sol *Frankia* et développe des nodules racinaires (ou actinorhizes) dans lesquels le microorganisme *Frankia* va transformer l'azote atmosphérique en ammoniac assimilable par la plante hôte

- *Casuarina* s'associe également avec des champignons endomycorhiziens arbusculaires et ectomycorhiziens dont les rôles sont multiples : fournir des nutriments tels que le phosphore, améliorer l'absorption de l'eau dans le sol, et assurer une protection contre certains pathogènes racinaires ; cette association est bénéfique à la fois à la fixation d'azote (augmentation de la biomasse des nodules) et à la croissance de la plante hôte

- Enfin, en condition de carence en phosphore ou en fer, un nouveau type racinaire se différencie sur *Casuarina* : les racines protéoïdes ou racines touffes ; ces structures, qui peuvent représenter jusqu'à 5% de la biomasse racinaire, améliorent l'absorption d'éléments peu solubles dans le sol comme le phosphore et le fer.

Notre équipe a entrepris de décrypter le dialogue moléculaire qui aboutit à la formation des nodules actinorhiziens, en recherchant d'une part les molécules signal de *Frankia* qui déclenchent la réponse symbiotique chez la plante hôte, et d'autre part les gènes de la voie de perception et de transduction de ces signaux. Dans le cadre d'une approche gène-candidat, nous avons récemment caractérisé le récepteur kinase *CgSymRK* et montré qu'il est essentiel, comme chez les légumineuses, à l'établissement des symbioses fixatrice d'azote et endomycorhizienne (Gherbi *et al.*, 2008). Une analyse comparative des transcriptomes de racines et de nodules est également en cours (Hocher *et al.*, 2006). Les premiers résultats indiquent que les gènes fortement exprimés dans les nodules appartiennent au métabolisme primaire, à la synthèse de protéines, à la division cellulaire et aux processus de défense. L'ensemble de ces données nous permettra de comprendre les transformations induites dans le système racinaire de *Casuarina* en réponse au microorganisme symbiotique *Frankia*.

Gherbi, H., Markmann, K., Svistoonoff, S., Estevan, J., Autran, D., Giczey, G., Auguy, F., Péret, B., Laplaze, L., Franche, C., Parniske, M. and Bogusz, D. 2008. *SymRK* defines a common genetic basis for plant root endosymbioses with AM fungi, rhizobia and *Frankia* bacteria. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 105: 4928–4932.

Hocher, V., Auguy, F., Argout, X., Laplaze, L., Franche, C. and Bogusz, D. 2006. Expressed sequence –tag analysis in *Casuarina glauca* actinorhizal nodule and root. New Phytol. 169: 681–688.

LES ESSENCES DE PAYS

Canet A.

Arbre & Paysage 32, 10 avenue de la Marne, 32000 Auch e-mail : a.canet@arbre-et-paysage32.com

Des arbres et des haies champêtres au sein des cultures agricoles (agroforesterie) qui nous paraissent indispensables pour créer des corridors de circulation entre les milieux naturels, pour favoriser et diffuser la biodiversité et le brassage génétique, fondement de l'adaptation aux évolutions du milieu. L'arbre champêtre comme outil d'aménagement, une solution simple, peu coûteuse pour répondre au quotidien aux attentes sociétales et aux objectifs de l'agriculture de demain : préserver les ressources naturelles et les paysages tout en produisant des produits agricoles et sylvicoles.

Alors que le changement climatique amplifie les phénomènes de désertification, d'inondation, de sécheresse, il est urgent de redonner une place de choix à l'arbre hors forêt, mais pas de n'importe quelle manière. Il est temps de tirer des leçons des erreurs du passé et de reconnaître les limites de la monoculture et des plantations à base d'essences inadaptées aux spécificités pédo-climatiques locales.

Oui à la diversité génétique de plantes « locales » les plus aptes à s'adapter car résultant de la sélection naturelle. Non aux arbres « éprouvette » et aux plants aux origines douteuses, hybridées, consanguines et affaiblies !

Plus peur d'utiliser des essences locales et mélangées qui se plaisent à pousser ensemble. L'expérience de nos plantations agroforestières montrent qu'elles résistent mieux et poussent aussi vite voire plus vite que leurs congénères forestiers monospécifiques. N'ayons pas peur non plus d'utiliser des espèces jusqu'alors peu favorisées : frêne, cormier, érable champêtre, poirier...

Nos campagnes regorgent de ressources. Il n'y a qu'à s'y promener pour s'en rendre compte, la végétation spontanée en bordure de route, ruisseau, chemins et champs, ne manque pas. Il faut seulement apprendre à reconnaître et exploiter ce potentiel de régénération naturelle en menant un important travail de réflexion et de sensibilisation.

Concernant les initiatives de plantation d'arbres hors forêt, des freins réglementaires et techniques (problèmes d'approvisionnement en plants, critères de plantation et de gestion...) rendent encore parfois compliqué la réalisation et le bon fonctionnement de ces projets. Dans ce contexte, il paraît plus que nécessaire de faire évoluer la réglementation, de définir un référentiel technique et d'organiser la production de matériel végétal d'origine locale et contrôlée. Biodiversité in situ, notamment par des plantes inexistantes sur le marché et pourtant bien présentes et nécessaires.

L'Association Française des Arbres et des Haies Champêtres (AFAHC), interlocuteur privilégié concernant les questions d'arbres et de haies champêtres, met en œuvre à travers ses membres, des recherches, des expérimentations et des actions concrètes autour de l'arbre hors forêt et bénéficie de plus de 20 ans d'expérience de terrain sur les questions d'aménagement par les arbres champêtres.

Dans une optique d'élargissement et d'enrichissement du débat, l'AFAHC se propose d'intervenir lors du séminaire GEA, en abordant plus vastement le thème des essences de pays. Entre autres, nous pourrions exposer nos préoccupations et présenter nos expériences de terrain en matière de haies champêtres et d'agroforesterie, des solutions simples et peu coûteuses, développées à grande échelle.

RÉSUMÉS DES POSTERS

INTERACTIONS POUR LA LUMIERE EN FORÊT

P. Balandier^{1,2}, Y. Dumas¹, A. Marquier², G. Philippe¹, D. Da Silva³, N. Gaudio¹, C. Ginisty¹, H. Sinoquet²

¹ Cemagref, U.R. EFNO, Domaine des Barres, 45290 Nogent-sur-Vernisson

² INRA, UMR547 PIAF, F-63100 Clermont-Ferrand

³ Virtual plants, UMR DAP, 34398 Montpellier

En forêt, doser la lumière c'est intervenir sur la régénération des arbres, le développement de la végétation du sous-bois et sa composition. La lumière est tour à tour interceptée ou transmise par les différentes strates végétales, en interaction les unes avec les autres : couvert des arbres adultes, sous étage ligneux, végétation de la strate herbacée incluant les semis des arbres. Nous étudions ces interactions depuis plusieurs années afin de proposer des sylvicultures répondant à divers objectifs : production de bois, biodiversité, gestion cynégétique, santé de l'écosystème.

En peuplement régulier équienne, la prédiction et la simulation de la lumière transmise par le couvert arboré peuvent se faire assez facilement : l'âge du peuplement, sa surface terrière, le temps écoulé depuis la dernière éclaircie et l'identité de l'essence sont de bons indicateurs de la transmittance du couvert. En structure irrégulière et/ou mélangée, d'autres variables sont nécessaires pour prédire l'éclaircissement dans le sous bois. Elles sont actuellement à l'étude.

Le climat lumineux dans le sous-bois (entre autres facteurs) contrôle le développement de la flore, son couvert, sa diversité. Les optima lumineux ne sont pas les mêmes pour toutes les espèces. Nous étudions ces liens, notamment de manière à pouvoir piloter cette végétation en fonction de divers objectifs : production de biomasse pour le gibier, diversité maximale en espèces, régénération des jeunes arbres. Pour ce dernier aspect, l'interception de la lumière par des espèces très monopolistes (par exemple *Rubus fruticosus*, *Cytisus scoparius*, *Pteridium aquilinum*, *Molinia cearulea*, *Calluna vulgaris*) peut compromettre le développement des jeunes semis d'arbre, notamment si leur couvert est dense, ce qui dépend aussi de la lumière transmise par la canopée haute. La réponse des jeunes semis d'arbre à cette disponibilité en lumière est également caractérisée.

Nous utilisons une approche de modélisation pour simuler l'effet de diverses opérations sylvicoles sur cette chaîne d'interactions, en espérant à moyen terme y inclure le facteur eau.

**APPROCHE PROTEOMIQUE POUR L'IDENTIFICATION DE PROTEINES
IMPLIQUEES DANS L'ADAPTATION A LA CONTRAINTE HYDRIQUE
CHEZ L'EUCALYPTUS**

Bedon F., Villar E., Lalanne C., Plomion C. and Gion J.M.

CIRAD UPR39 / UMR BIOGECO 1202 - INRA, Equipe de Génétique, 69 route d'Arcachon, 33612 - CESTAS Cedex
e-mail : bedon@pierroton.inra.fr

L'Eucalyptus est l'arbre feuillu le plus planté au monde, plus particulièrement dans les régions tropicales et sous tropicales, en raison d'une croissance rapide, de sa large capacité d'adaptation et les diverses utilisations de son bois. Dans le cadre d'un projet Européen (EUCANET*) une approche protéomique est développée pour identifier des marqueurs moléculaires impliqués dans la qualité du bois et dans l'adaptation de l'Eucalyptus face au manque d'eau. La protéomique consiste à étudier un ensemble de protéines exprimé par un génome (i.e. gènes), celles-ci représentent les effecteurs moléculaires directs de la cellule impliqués dans un processus biologique. Dans le but d'étudier la réponse moléculaire protéique de l'Eucalyptus face à la contrainte hydrique nous avons utilisé un dispositif expérimental au champ localisé au Congo et impliquant deux clones d'Eucalyptus déjà utilisé en plantations : le clone 1850, *E. urophylla* x *E. grandis*, et le clone 1-41, hybride *E. Platyphylla*. Ces deux clones présentent des caractéristiques anatomiques et architecturales différentes (cf poster 3 & 4). Des feuilles, des jeunes tiges et des racines ont été prélevés sur ces deux clones à deux points de prélèvements (saisons sèche et pluvieuse) et dans deux conditions hydriques (irrigué *versus* non irrigué). Des résultats préliminaires de l'effet de la contrainte hydrique sur les feuilles seront présentés. L'extraction des protéines solubles et la réalisation de gels de polyacrylamide 2-dimensions permettent d'ores et déjà la visualisation de différences qualitatives et quantitatives entre les deux clones d'Eucalyptus. De plus la construction d'une banque de séquences nucléiques de plus de 200 000 séquences provenant de ressources publiées et non publiées (Univ. Florida, USA) nous permettront d'identifier les fonctions moléculaires des protéines différentiellement exprimées entre les traitements et *a priori* impliquées dans les mécanismes de tolérance à la sécheresse.

***EUCANET** : *Eucalyptus genomics research Network for improved wood properties and adaptation to drought*

INTEGRER LA RESISTANCE AU FROID DANS DES MODELES DE PREDICTION DES AIRES DE REPARTITION DES ARBRES

G. Charrier, T. Améglio

U.M.R. PIAF (INRA - Univ. Blaise Pascal), Site INRA de crouelle, 234 av. du Brezet, F-63100 Clermont-Ferrand
Cedex 2, France

Les modèles actuels prédisent l'évolution de l'évolution des aires de répartition des arbres selon les *scénarii* probables de changement climatique. Parmi ceux-ci, les plus mécanistes (ex. Phénofit, Chuine et Beaubien, 2001) utilisent la résistance maximale au gel sans appréhender la dynamique au cours de l'hiver de cette résistance. Or, celle-ci évolue au cours de l'hiver, on parle d'endurcissement puis de désendurcissement. Prendre en compte cette évolution devrait permettre de mieux prédire les gels aux marges de l'hiver (gels automnaux et printaniers).

La température gélive provoque des dégâts est estimable par la résistance des rameaux de l'année (organes aériens les plus sensibles) ; c'est un paramètre physiologique dynamique au cours de l'hiver estimé par la LT50 ou température létale pour 50% des cellules :

- les arbres s'endurcissent à l'approche de l'automne sous l'effet de la diminution de la photopériode et de la baisse des températures.

- avant le débourrement une phase de désendurcissement se produit toujours sous l'effet de la température.

Il a été montré par corrélation que la résistance au froid chez le noyer peut être prédite à partir des 4 paramètres suivants : moyenne des températures minimales des 15 jours précédents, contenu en amidon, contenu en sucres solubles, humidité pondérale.

Le premier objectif de ce travail est donc de quantifier la réponse de l'ensemble de ces paramètres par rapport à la température. Pour cela, il convient de déterminer la loi d'action de la température sur l'hydrolyse de l'amidon et par conséquent la formation de sucres solubles (Morin *et al.*, 2007). Il faut également déterminer la capacité de réhydratation des rameaux, principalement sous l'effet de la température édaphique au niveau de l'activité du système racinaire (Améglio *et al.*, 2002). Ces mesures sont effectuées sur des arbres soumis aux températures extérieures mais aussi en conditions contrôlées.

Le second objectif de ce travail consiste en l'étude des relations entre phénologie et capacité d'endurcissement. Pour cela, plusieurs variétés de noyer à précocité de débourrement différentes sont suivies de l'automne au printemps pour la résistance au gel, l'évolution des réserves glucidiques, les besoins de froid pour lever la dormance et les besoins de chaleur pour permettre la croissance des bourgeons.

Ainsi, à partir de ces mesures, nous souhaitons développer un modèle réellement mécaniste de la biologie hivernale du noyer (dans un premier temps) afin de prédire les risques de gel à tous instants.

Chuine I., & Beaubien E. (2001). Phenology is a major determinant of temperate tree distributions. *Ecology Letters*, 4, 500-10.

Morin X., Améglio T., Ahas R., Kurz-Besson C., Lanta V., Lebourgeois F., Miglietta F. & Chuine I. (2007). Variation in cold hardiness and carbohydrate concentration from dormancy induction to bud burst among provenances of three European oak species *Tree Physiol.*, 27, 817-25.

Améglio T., Bodet C., Lacoïnte A. & Cochard H. (2002). Winter embolism, mechanisms of xylem hydraulic conductivity recovery and springtime growth patterns in walnut and peach trees. *Tree Physiol.*, 22, 1211-1220.

**PLASTICITE PHENOTYPIQUE DE LA RESISTANCE A LA SECHERESSE
A 2 ANS CHEZ PINUS PINASTER**

Danjon F., Gonzalez G., LeProvost G., Raffin A., Lagardère O., Meredieu C., Bert D., Gion J-M

INRA – BIOGECO, 69 route d'arcachon, BP 45, 33611 Gazinet Cedex
e-mail : fred@pierroton.inra.fr

La plasticité phénotypique de la réaction à une sécheresse est étudiée sur trois espèces ligneuses pérennes (pin eucalyptus caféier), en pleine terre dans le cadre d'une ATP CIRAD. Le poster présente les premiers résultats de l'expérimentation pin, c'est à dire une analyse des mesures de biomasse et de l'architecture des racines et partie aérienne après 3 mois de sécheresse, comparé au traitement témoin irrigué.

DES RESSOURCES POUR UN PROJET EN PARTENARIAT : LA VILLA THURET

C. DUCATILLION³ et J. DONVEZ⁴

¹. Villa Thuret INRA 90, chemin Raymond, 06160 Juan-les-Pins e-mail : ducat@antibes.inra.fr

² EPLEFPA d'Antibes - INRA Villa Thuret, 1285, Avenue Jules Grec, 06602 ANTIBES Cedex
e-mail : johanna.donvez@educagri.fr

Depuis un siècle et demi, Gustave Thuret et ses successeurs ont introduit, expérimenté et décrit des milliers de plantes exotiques, faisant de la Villa Thuret un centre historique de recherche scientifique, en particulier de domestication des végétaux. Ces travaux ont largement contribué à la diversification des plantes ornementales, en amont de l'amélioration génétique, et à la fabrication du paysage de la Côte d'Azur.

Aujourd'hui, grâce à ses ressources végétales et à ses activités scientifiques, l'équipe de botanique de la Villa Thuret effectue des notations phénologiques dans le cadre de plusieurs réseaux et programmes auxquels elle participe : le réseau national des arboretums publics, le réseau national de surveillance aérobiologique.

La pression touristique et l'urbanisation de la côte méditerranéenne, auxquelles s'ajoutent le changement climatique et ses conséquences sur la ressource en eau, font apparaître de nouveaux besoins. Il est aujourd'hui nécessaire de trouver des méthodes, des techniques et des végétaux adaptés à l'aménagement du territoire : paysage, espaces verts, jardins.

Le projet Thuret a pour objectif de créer un centre multi partenarial dédié aux végétaux méditerranéens, au paysage et à l'écologie urbaine, avec 3 missions :

- recherche, expérimentation, expertise
- formation supérieure initiale et continue
- médiation

L'affiche présente de manière synthétique : le patrimoine, les défis identifiés pour le futur, les missions et les partenaires actuels du projet.

³ Ingénieur INRA, Unité Institut, Villa Thuret

⁴ Ingénieur du GREF, chef de partenariat pour l'expérimentation et la formation

ETUDE DES ETAPES PRECOSES DE LA MECANOPERCEPTION CHEZ LE PEUPLIER

D.e Gourcilleau¹, B. Moulia², J.L. Julien¹ et N. Leblanc-Fournier¹

¹ UMR PIAF 547, Université Blaise Pascal, Les Cézeaux, 24 avenue des Landais, 63177 Aubière

² UMR PIAF 547, INRA Site de Crouël, 234 avenue du Brézet, 63100 Clermont-Ferrand

Les végétaux sont soumis, dans leur environnement, à des **sollicitations mécaniques** dues à des facteurs climatiques naturels (vent, impact des gouttes de pluie, grêle, neige), à des facteurs biotiques (insectes, passage d'animaux), mais aussi aux interventions humaines pour les plantes cultivées (palissage, arrosage par aspersion, arcure). Il a été démontré chez de nombreuses espèces que ces sollicitations mécaniques, même non lésantes, provoquent une **diminution de la hauteur** des plantes et, chez certaines espèces, une **augmentation du diamètre des axes**. Ainsi, ayant un impact sur les rendements des espèces cultivées, l'étude des stress mécaniques peut présenter un grand intérêt.

Au sein du PIAF, un gène précoce s'exprimant fortement dès 5 minutes après une flexion a été mis en évidence chez le peuplier : **le gène PtaZFP2**. Ce gène code pour une protéine à deux doigts de zinc et il a été démontré chez d'autres espèces que ces protéines seraient des facteurs de transcription. L'objectif du travail de thèse est d'étudier les étapes précoces du stress mécanique et remonter la voie de transduction du signal à partir de ce gène. Pour cela une **étude du promoteur** du gène est envisagée. Le but est de trouver quel(s) facteur(s) (hormones, calcium, calmoduline, blessure...) régule(nt) son expression. On pourra ainsi essayer de découper la voie de réponse au stress mécanique et tenter de comprendre sa perception par la plante.

EVOLUTION TEMPORELLE DES RELATIONS CROISSANCE RADIALE – CLIMAT CHEZ LE SAPIN EN LIMITE MERIDIONALE DE SON AIRE DE DISTRIBUTION

SAULNIER M., GUIBAL F.

Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléocécologie, Europôle Méditerranéen de l'Arbois, Pavillon Villemin, BP 80,
13545 Aix-en-Provence Cedex 4
E-mail : Mel-saulnier@caramail.com et Frederic.guibal@univ-cezanne.fr

L'évolution temporelle des relations existant entre la croissance radiale du sapin (*Abies alba* Mill.) et le climat au cours des 140 dernières années a été recherchée sur 2 populations localisées dans le sud de la France, en limite de la région méditerranéenne.

Une analyse dendrochronologique réalisée sur 2 populations d'une vingtaine de sapins de statut dominant a permis, après interdatation, de construire 2 chronologies synthétiques d'épaisseurs de cernes, l'une pour une sapinière de la face nord du Mont-Ventoux (Vaucluse), l'autre pour une sapinière de la haute vallée du Verdon (Alpes de Haute-Provence). Les chronologies synthétiques débutent respectivement en 1768 et 1640.

Après élimination des variations de basse et moyenne fréquences attribuables à d'autres facteurs que le climat, les chronologies synthétiques standardisées ont été confrontées aux paramètres climatiques pour le calcul des fonctions de réponse (régression orthogonalisée). Les régresseurs climatiques mensuels pris en compte sont les précipitations et les températures (données réelles ou anomalies par rapport à la moyenne) du mois d'octobre de l'année précédant l'élaboration du cerne à septembre de l'année de formation.

Des relations significatives ont été établies avec les températures estivales de juin (haute vallée du Verdon) et juillet (Mont-Ventoux) sur toute la chronologie étudiée.

Une évolution des fonctions de réponse effectuées sur des intervalles chronologiques mobiles au cours des 140 dernières années significative a été mise en évidence au cours du 20^{ème} siècle. On constate une relation positive de plus en plus marquée aux précipitations des mois de mai et juillet pour la population de la haute vallée du Verdon et aux précipitations des mois de juin et juillet pour celle du Mont-Ventoux qui pourrait être liée à un déficit hydrique de plus en plus précoce et de plus en plus intense.

Les résultats des fonctions de réponse amènent à penser que la sensibilité des arbres à la quantité d'eau disponible intervient de façon plus précoce qu'auparavant et dure plus longtemps à l'échelle de l'année, ce qui semblerait révéler une sensibilité à une dégradation du bilan hydrique local liée à une diminution des précipitations et à une augmentation significative des températures tout au long de l'année.

PLASTICITE MOLECULAIRE DE L'EUCALYPTUS SOUS CONTRAINTE HYDRIQUE AU CHAMP

E. Villar, C. Plomion, J.M Gion

CIRAD UPR39 / UMR BIOGECO 1202, INRA, Equipe de Génétique , 69 route d'Arcachon , F-33612 CESTAS Cedex
E-mail : villar@cirad.fr

Dans le cadre d'un projet d'ATP sur la plasticité phénotypique des plantations pérennes, l'analyse de la plasticité moléculaire de 2 géotypes d'eucalyptus soumis à deux régimes hydriques différents (irrigués ou non irrigués) a été réalisée pour 7 gènes candidats. Deux catégories de gènes ont été sélectionnées : i/ des gènes structure et de régulation de la voie de biosynthèse des lignines (CAD, CCoAOMT, CCR, MYB2), ii/ des gènes intervenant dans la régulation de la transpiration (erecta, MYB60, MYB61) ainsi que trois gènes de référence utilisés pour la normalisation des données (EF1- , cyclophilin, G3PDH). L'analyse des profils d'expression de ces gènes sera réalisée par PCR quantitative dans les feuilles et les tiges, pour les deux clones et les deux régimes hydriques à différents stades de développement durant les deux premières années de plantation. Une première étape de séquençage des régions 3' des gènes a permis de définir des amorces spécifiques à chaque membre (dans le cas de familles multigéniques), qui permettent d'amplifier les 2 allèles du gène pour les deux géotypes. Le niveau d'expression des gènes est alors mesuré par PCR quantitative en temps réel pour chaque point de prélèvements. L'analyse des normes de réactions des deux clones d'eucalyptus pour les gènes candidats ainsi que pour des mesures phénotypiques (architecture aérienne, physiologie, anatomie cellulaire) permettra d'identifier les mécanismes moléculaires et/ou écophysiological mis en jeu dans la(es) réponse(s) à la contrainte hydrique.

Mots-clés : Eucalyptus, réponse à la contrainte hydrique, variation d'expression de gènes.

PLASTICITE PHENOTYPIQUE DE LA RAMIFICATION CHEZ DE JEUNES SAPINS PECTINES (*ABIES ALBA* MILL.)

O. Taugourdeau ¹, S. Sabatier ² et Y. Caraglio ²

¹ UM2, UMR AMAP, Montpellier F-34000, France

² CIRAD, UMR AMAP, Montpellier F-34000, France

Le sapin pectiné est une espèce qui se rencontre en forêt de montagne méditerranéenne. Cette étude cherche à comprendre la plasticité phénotypique de sapins âgés de 4 ans aux contraintes combinées de lumière et de sécheresse, afin de mieux appréhender la dynamique forestière de cette espèce dans le contexte changeant de la région méditerranéenne. Le dispositif expérimental, sur lequel l'analyse architecturale a été réalisée, est constitué de 2 modalités d'arrosage croisé avec 2 modalités d'ombrage.

Il a pu être mis en évidence une variabilité de la ramification du sapin entre les modalités d'ombrage en terme de : taille, nombre, position et symétrie des branches mises en place par les sapins. Cette variabilité est interprétée comme étant une modulation de ses capacités d'interceptions lumineuses : le sapin maximise ses capacités d'interception à l'ombre et les minimise à la lumière pour tenter de gérer le manque ou l'excès de lumière.

STRATEGIES BIOLOGIQUES D'UNE PLANTE INVASIVE (*CORNUS STOLONIFERA* MICHX) EN MILIEUX ANTHROPISES ET NATURELS AU SUD DU QUEBEC.

T. Charles-Dominique¹, A. Bouchard² et C. Edelin^{3,4}

1. CIRAD, UMR AMAP, Montpellier, F-34000 France
2. IRBV, Montréal, Canada
3. Univ Montpellier2, UMR AMAP, Montpellier, F-34000 France
4. CNRS, UMR AMAP, Montpellier, F-34000 France

Cette étude a été menée pour révéler l'existence de liens entre le mode de développement du Cornouiller stolonifère (*Cornus sericea* L. syn *Cornus stolonifera* MichX, Cornaceae) et sa capacité invasive. Pour ce faire, nous avons comparé le mode de développement du cornouiller en situations envahissante et non envahissante au sud-ouest du Québec. Cette étude a été menée en utilisant les descripteurs architecturaux classiques et en validant les observations par des analyses statistiques. Les cornouillers, dans les deux situations mettent en place des structures similaires. La plante est structurée selon deux niveaux d'organisation : le premier niveau est l'unité architecturale, composée par trois catégories d'axes. Cette unité se répète ensuite pour former des complexes ramifiés. Ces deux niveaux d'organisation sont fortement modulés par l'environnement. Nous avons pu définir deux stratégies biologiques en fonction de l'environnement dans lequel la plante se développe. Dans les milieux perturbés, où elle est envahissante, la plante émet rapidement des structures verticales imposantes qui produisent un grand nombre de graines. Dans son milieu naturel, la plante émet des structures horizontales peu florifères qui rampent sur le sol. La première stratégie permettrait au Cornouiller d'exclure les espèces voisines, de se disséminer dans le paysage et de devenir envahissant. La seconde lui permet de survivre en sous-bois et de migrer vers les zones ensoleillées.

LISTE DES PARTICIPANTS

ABDOUN, Fatiha
Université Houari Boumediene - Faculté des
Sciences Biologiques
Ecologie et Environnement
BP 3
El-Alia 16111 Alger - Algérie
fatabdoun@yahoo.fr

AUCLAIR, Daniel
INRA, UMR AMAP - TA A-51/PS2
Boulevard de la Lironde
34398 - Montpellier cedex 5
auclair@cirad.fr

BARTHELEMY, Daniel
INRA, UMR AMAP - TA A-51/PS2
Boulevard de la Lironde
34398 - Montpellier cedex 5
daniel.barthelemy@cirad.fr

BIENFAIT, Dominique
quartier les Cheminades
84 410 - Bédoin
d.bienfait-geolpaysage@laposte.net

BIGOT, Claude
3 rue de Mercantour
78310 - Maurepas

BRACHET, Stéphanie
ARBORETUM NATIONAL DES BARRES
45290 - Nogent sur Vernisson
stephanie.brachet@agroparistech.fr

CANET, Alain
Arbre & Paysage 32
10 avenue de la Marne
32000 - Auch
a.canet@arbre-et-paysage32.com

CHARLES-DOMINIQUE, Tristan
566 avenue de la Justice de Castelnau
34090 - Montpellier
charles-dominique@cirad.fr

AMEGLIO, Thierry
UMR PIAF, INRA site de Crouel
234 avenue du Brezet
63100 - Clermont Ferrand
ameglio@clermont.inra.fr

BARIGAH, Têtè Sévérien
234, avenue du Brézet
63100 - Clermont Ferrand
barigah@clermont.inra.fr

BEDON, Franck
CIRAD UPR39 / UMR BIOGECO 1202 - INRA,
Equipe de Génétique
69 route d'Arcachon
33612 - CESTAS Cedex
bedon@pierroton.inra.fr

BIGEL, Robert
Le Mont Joie - CIDEX 43
3341 route des Granges
06420 - La Tour
robert.bigel@orange.fr

BONHOMME, Marc
UMR PIAF, INRA site de Crouel
234 avenue du Brezet
63100 - Clermont Ferrand
bonhomme@clermont.inra.fr

BRESSON, Caroline
37 Avenue Pierre Corneille
33600 - Pessac
c.bresson@ecologie.u-bordeaux1.fr

CARAGLIO, Yves
UMR AMAP - TA A-51/PS2
Boulevard de la Lironde
34398 - Montpellier cedex 5
yves.caraglio@cirad.fr

CHARPENTIER, Jean-Paul
INRA Centre d'Orléans - Unité AGPF
2163 Avenue de la Pomme de Pin
CS 40001 ARDON
45075 - Orléans Cedex 2
jean-paul.charpentier@orleans.inra.fr

CHARRIER, Guillaume
UMR PIAF
234 avenue du Brezet
63100 - Clermont Ferrand
charrier@clermont.inra.fr

COCHARD, Hervé
UMR PIAF, INRA site de Crouel
234 avenue du Brezet
63100 - Clermont Ferrand
cochard@clermont.inra.fr

CORNU, Daniel
545 route de Bellegarde
45460 - Bray en Val
unroc.lienad@wanadoo.fr

DAINA, Patrizio
Via sella 5
24015 San Giovanni Bianco
Bergame
Italie
patriziodaina@hotmail.com

DIZENGREMEL, Pierre
UMR 1137 INRA/UHP Nancy 1 "Ecologie et
Ecophysiologie Forestières"
Faculté des Sciences et Techniques
BP 239
54506 - Vandoeuvre les Nancy Cedex
dizengre@sbiol.uhp-nancy.fr

DOUMAS, Patrick
IRD - UMR DIAPC
911 avenue Agropolis
BP 64501
34394 Montpellier cedex 5
doumas@mpl.ird.fr

DUFOUR, Lydie
UMR SYSTEM – Bâtiment 27
2 place Pierre Viala
34060 Montpellier Cedex 1
dufourl@supagro.inra.fr

EDELIN, Claude
UMR AMAP TA A-51/PS2
Boulevard de la Lironde
34398 - Montpellier cedex 5
claud.edelin@cirad.fr

CHUINE, Isabelle
CEFE
1919 route de Mende
34293 Montpellier
isabelle.chuine@cefe.cnrs.fr

COLIN, Francis
UMR 1092 INRA/CNRS - LERFOB, Croissance et
Production
Centre INRA de Nancy
54280 6 Champenoux
Colin@nancy.inra.fr

CRUIZIAT, Pierre
La Vialle
63160 - Montmorin
pierre.cruiziat@wanadoo.fr

DANJON, Frédéric
INRA - BIOGECO
69, route d'arcachon
BP45
33611 Gazinet Cedex
fred@pierroton.inra.fr

DONVEZ, Johanna
EPLEFPA d'Antibes - INRA Villa Thuret
1285, Avenue Jules Grec
06602 ANTIBES Cedex
johanna.donvez@educagri.fr

DUCATILLON, Catherine
Villa Thuret INRA 90
chemin Raymond
06160 Juan-les-Pins
ducat@antibes.inra.fr

DUPRAZ, Christian
Equipe Agroforesterie – Bâtiment 27
2 place Pierre Viala
34060 Montpellier Cedex 2
Dupraz@supagro.inra.fr

FOURCAUD, Thierry
UMR AMAP - TA A-51/PS2
Boulevard de la Lironde
34398 - Montpellier cedex 5
thierry.fourcaud@cirad.fr

GALOPIN, Gilles
INHP
2 rue le Nôtre
49045 Angers
Gilles.galopin@agrocampus-ouest.fr

GEY, Benjamin
20 Chemin des Arbres
Direction des espaces verts
Ville de Nice
06364 - Nice cedex 46364
benjamin.hey@ville-nice.fr

GION, Jean-Marc
CIRAD UPR39 / UMR BIOGECO 1202 - INRA,
Equipe de Génétique
69 route d'Arcachon
33612 CESTAS Cedex
gion@cirad.fr

GUIBAL, Frédéric
Institut Méditerranéen d'Ecologie et de
Paléoécologie
Europôle méditerranéen de l'Arbois
BP 80
13545 - Aix en Provence Cedex 4
frederic.guibal@univ-cezanne.fr

HACHETTE, François
Arboretum de Chèvreloup
1 rue de Chèvreloup
78150 - Roquencourt
arbor@mnhn.fr ou frhachette@mnhn.fr

HAMON, Xavier
AGROOF Développement
120 impasse des 4 vents
30140 ANDUZE
xhamon@yahoo.fr

JAFFUEL, Sylvie
CIRAD - UR 75 " Multiplication Végétative" - TA
71/09
Avenue Agropolis
34398 Montpellier Cedex 5
Jaffuel@cirad.fr

JOURDAN, Christophe
CIRAD TA B-80/D
Avenue Agropolis
34398 Montpellier cedex 5
jourdand@cirad.fr

GAUDIO, Noémie
CEMAGREF
Domaine des Barres
45290 Nogent-sur-Vernisson
noemie.gaudio@cemagref.fr

GHERBI, Hassen
IRD - UMR DIAPC "Equipe Rhizogène"
911 avenue Agropolis
34394 - Montpellier cedex 5
hassen.gherbi@ird.fr

GOURCILLEAU, Delphine
24 avenue des Landais
63177 Aubière Cedex
Delphine.gourcilleau@univ-bpclermont.fr

GUILLIOT, Agnès
UMR 547 PIAF
24 Avenue des Landais
63177 - Aubière
Agnes.GUILLIOT@univ-bpclermont.fr

HALLE, Francis
109 Avenue de Lodève
34070 - Montpellier
Francis.halle@wanadoo.fr

HEURET, Patrick
INRA - UMR AMAP - TA40/PS2
Boulevard de la Lironde
34398 - Montpellier cedex 5
patrick.heuret@cirad.fr

JORDAN, Marie-Odile
INRA PSH - Site Agroparc
Domaine Saint Paul
84 914 AVIGNON Cedex 9
moj@avignon.inra.fr

LAURANS, Maryline
UMR AMAP
Boulevard de la Lironde
34398 - Montpellier cedex 5
laurans@cirad.fr

LEBLANC-FOURNIER, Nathalie
U.M.R. 547 PIAF (INRA-Univ. Blaise-Pascal)
24 Avenue des Landais
63177 Aubière Cedex
nathalie.leblanc@univ-bpclermont.fr

LEROY, Thierry
CIRAD-Bios - TA-A 96/03
Boulevard de la Lironde
34398 - Montpellier cedex 5
thierry.leroy@cirad.fr

MAIRE, Francis
Les Lombards
84400 Gargas
frmaire@wanadoo.fr

MARRACCINI, Pierre
EMBRAPA –Cenargen, Centre des Ressources
Génétiques et Biotechnologie
Parque Estação Biologia
70770-900 Brasilia DF - Brésil
pierrem@cenargen.embrapa.br

MARTINEZ-MEIER, Alejandro
INRA Centre d'Orléans - Unité AGPF
2163 Avenue de la Pomme de Pin
CS 40001 ARDON
45075 Orléans Cedex 2
amartinez@orleans.inra.fr

MOORE, William
1 allée des Grandes Jorasses
31770 Colomiers
wmoore@arbre.net

NICOLINI, Eric
Cirad, délégation de Guyane
Campus agronomique
BP 701
97387 Kourou
eric-andre.nicolini@cirad.fr

SAFON, Claude
118, route de Frouzet
34380 Saint-Martin-de-Londres
agripacte@wanadoo.fr

LEGAVE, Jean-Michel
INRA-supAgro UMR DAP
2 place Viala
34060 - Montpellier
legave@supagro.inra.fr

LIAGRE, Fabien
AGROOF Développement
120 impasse des 4 vents
30140 ANDUZE
liagre@agroof.net

MANDIN, Jean-Paul
Les Juliennes
07110 - Chassiers
jean-paul.mandin@educagri.fr

MARTIN, Ludovic
UMR 547 PIAF
24 avenue des Landais
63177 Aubière Cedex
Ludovic.Martin@univ-bpclermont.fr

MOLINARO, Daniel
3 rue des Thérons
34150 - Montpeyroux
molinaro.daniel@wanadoo.fr

NGO BIENG, Marie Ange
UMR SYSTEM - Sup Agro - Bât 27
2 Place Viala
34060 Montpellier Cedex 1
marie-ange.ngo_bieng@cirad.fr

SABATIER, Sylvie-Annabel
UMR AMAP TA 40/PS2
Boulevard de la Lironde
34398 - Montpellier cedex 5
sylvie-annabel.sabatier@cirad.fr

SANCHEZ, Léopoldo
INRA Centre d'Orléans - Unité AGPF
2163 Avenue de la Pomme de Pin
CS 40001 ARDON
45075 Orléans Cedex 2
Leopoldo.Sanchez@orleans.inra.fr

SAULNIER, Mélanie
Institut Méditerranéen d'Ecologie et de
Paléoécologie
Europôle méditerranéen de l'Arbois
BP 80
13545 - Aix en Provence Cedex 4
Mel-saulnier@caramail.com

VIADER, Véronique
IRD
911 avenue Agropolis
BP 64501
34394 Montpellier cedex 5
veronique.viader@ird.fr

VITASSE, Yann
37 Avenue Pierre Corneille
33600 Pessac
y.vitasse@ecologie.u-bordeaux1.fr

TAUGOURDEAU, Olivier
App 942 - Bat K9bis
248 rue Adrien Proby
34090 - Montpellier
olivier.taugourdeau@cirad.fr

VILLAR, Emilie
CIRAD UPR39 / UMR BIOGECO 1202 - INRA,
Equipe de Génétique
69 route d'Arcachon
33612 CESTAS Cedex
villar@cirad.fr

ZALAMEA, Paul-Camilo
INRA - UMR AMAP - TA40/PS2
Boulevard de la Lironde
34398 - Montpellier cedex 5
camilozalamea@gmail.com

