

## **Commission internationale du peuplier**

### **DIRECTIVES POUR LES RAPPORTS NATIONAUX**

#### **Activités relatives à la culture et l'utilisation des peupliers et saules**

## **Commission nationale du peuplier de France**

### **Période 2012 – 2015**

Ont contribué à l'élaboration de ce rapport national :

- Catherine BASTIEN, INRA-AGPF, Centre Val de Loire
- Pierre BOUILLON, Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, DGPE-SDFE-SDFCB-BGeD (Bureau de la Gestion Durable de la forêt et du bois)
- Eric PAILLASSA, CNPF-IDF (Institut du Développement forestier)
- Emmanuel NAUDIN (Conseil National du peuplier), UIPC (Union des Industries du Panneau), CODIFAB (Comité Professionnel de Développement Economique), acteurs et financeurs de l'étude prospective réalisée en 2016 sur la sécurisation des approvisionnements en peuplier.
- Bernard MOURLAN (Chambre du Peuplier)
- Alain BERTHELOT, FCBA
- Bénédicte FABRE, INRA-IAM Nancy Lorraine
- Olivier BAUBET, Pôle Santé des Forêts, DRAAF Auvergne-Rhône-Alpes

**Coordination** : Catherine Bastien, INRA-AGPF, membre du comité exécutif de la Commission Internationale du peuplier représentant la France.

## I. POLITIQUE ET CADRE JURIDIQUE

La peupleraie française constitue une valeur sûre dans la production nationale de bois avec une productivité élevée à l'hectare de plantation. En effet, avec une surface nationale stabilisée à près de 212 000 ha, un volume de bois sur pied de 30 millions de m<sup>3</sup>, un accroissement annuel de 2,5 millions de m<sup>3</sup> et une récolte annuelle moyenne d'environ 1,3 million de m<sup>3</sup> de bois (25% de la récolte de bois feuillus), les peupleraies croissent à une moyenne de 12m<sup>3</sup>/ha/an. S'agissant de l'industrie de transformation du peuplier, après une diminution de l'activité à la suite de la crise financière de 2009, une reprise est intervenue à partir de 2013. L'activité se stabilise aux alentours de 800 000 m<sup>3</sup> de peupliers destinés au sciage et de 500 000 m<sup>3</sup> pour le déroulage. La filière peuplier lutte dans un contexte de marché très concurrentiel, alors que les grands acheteurs de l'industrie et du bâtiment peinent à retrouver leur niveau d'activité d'avant la crise de 2009. Les tensions sur les approvisionnements dans certains bassins de production sont liées à une moins bonne disponibilité qualitative et quantitative en grumes lorsque les bassins de production sont proches des industries. Ils sont aussi liés à un flux de grumes vers l'export (Italie, Espagne) et au grand export (principalement Asie du Sud-Est, Inde).

L'effondrement du prix du pétrole (130 dollars US en 2012, 30 \$ en janvier 2016) a par ailleurs ralenti le développement du bois énergie et plus encore celui des cultures de taillis à courte rotation à but énergétique, notamment de peuplier et de saule.

On observe en 2015 des signaux positifs de reprise dans le secteur du bois-construction, ce qui ne peut qu'être favorable au peuplier, un bois dont les débouchés sont diversifiés.

La France se dotera en 2016 d'un nouveau Programme National de la Forêt et du Bois (PNFB), construit après consultation de l'ensemble des parties prenantes de la filière forêt-bois, avec des acteurs aussi divers que les associations de protection de l'environnement, les sylviculteurs ou les industries de transformation du bois. Ce programme définit les grandes priorités nationales de développement du secteur forêt-bois pour les 10 prochaines années. Parmi les priorités mises en avant figure la dynamisation du puits de carbone forestier, dans laquelle le peuplier peut jouer un rôle important, pour atténuer le changement climatique par séquestration de carbone. Le carbone atmosphérique peut être stocké en forêt grâce à des espèces à croissance rapide telles que le peuplier, mais aussi hors forêt, sous forme de bois d'oeuvre ou de bois d'industrie. Cette dynamisation du puits de carbone ligneux, en forêt et hors forêt, sera déployée dans le cadre d'une gestion durable intégrant une stratégie d'adaptation au changement climatique (après prise en compte des risques climatiques). Les peupleraies sont toutefois assez peu exposées à ces risques, car elles bénéficient des révolutions les plus courtes (âge moyen d'exploitabilité à 18 ans).

Un effort national de mobilisation du bois a également été fixé dans le PNFB, visant à atteindre graduellement un supplément de récolte de bois, correspondant à +12 millions de m<sup>3</sup> de bois commercialisé par an d'ici 2026. La filière populicole française devrait pouvoir contribuer sans difficulté à cet effort national de mobilisation. Les parcelles de peuplier sont bien desservies et plus facilement récoltables que la majorité des parcelles forestières. Mais pour que cet effort réponde durablement aux besoins de la filière, il faudra corrélativement améliorer au cours de la prochaine décennie le taux de renouvellement des peupleraies exploitées. En effet, aujourd'hui en France, un tiers des surfaces exploitées n'est pas reboisé.

Consciente de cet enjeu stratégique et craignant une raréfaction de la ressource disponible dès la

prochaine décennie, la filière de transformation s'est engagée, depuis 2012 à soutenir la reconstitution des peupleraies après coupe, en participant au coût d'acquisition des plançons par les populteurs (opération « Merci le peuplier », détails sur [www.mercilepeuplier.org](http://www.mercilepeuplier.org)). En 2014, 60 transformateurs de bois de peuplier se sont engagés dans ce dispositif, qui depuis, ne cesse de se développer. Les industriels, à travers cette charte ont déjà participé au financement de près de 1000 ha de peupleraies.

L'investissement dans le renouvellement des peupleraies est en effet un point faible pour la filière. Les plantations de futaies ont baissé régulièrement pendant la dernière décennie, la période 2012-2015 ne dérogeant pas à cette tendance lourde.

Le nombre de plançons utilisés pour ces plantations est ainsi passé de 1 250 000 en 2004 à 840 000 en 2007, à 775 000 en 2012 et à 650 000 en 2015, soit une baisse de moitié en 10 ans.

Le clone le plus vendu en France au cours des 3 dernières années est *Koster*, avec une part de marché constante d'environ 22%. Le second clone le plus utilisé détient également une part de marché constante (15%) sur la période 2012-2015 : il s'agit d'*I45-51*. Le troisième plus utilisé est *Polargo*, dont la part de marché a connu une légère érosion, de 10 à 9%. Avec le 4ème clone au classement des ventes (*Trichobel*, part de marché de 9%), les 4 clones les plus utilisés en France représentent plus de la moitié du marché français du renouvellement des peupleraies.

Entre 2012 et 2015, le marché de la bouture pour taillis à courte rotation a connu une baisse spectaculaire, passant d'1 million de boutures commercialisées en 2012 à seulement 150 000 en 2015. La forte baisse du prix des énergies fossiles a découragé les investisseurs face à un investissement initial élevé à la plantation.

Un certain nombre de chaufferies-bois, mises en service ces dernières années afin de développer la part des énergies renouvelables dans la production et la consommation énergétique française, utiliseront néanmoins une petite part d'approvisionnement issu de taillis à courte rotation. Ces plantations font l'objet d'un suivi expérimental, à la fois technique et financier, pour étudier les conditions de leur plus large développement.

Dans le secteur agroforestier, la France dispose d'une équipe de recherche et d'un réseau de plantations expérimentales suivi par l'INRA Montpellier. Ce réseau n'a cependant pas encore essaimé sur des surfaces agricoles significatives au niveau national.

Pour la conservation des ressources génétiques forestières, la France s'est dotée fin 2006 d'une stratégie nationale pour la conservation de la biodiversité, comprenant un volet forestier. Au sein de ce volet forestier, des stratégies nationales de conservation ont été définies pour les principales espèces indigènes présentes sur le territoire français, dont une stratégie pour le peuplier noir. Cette politique a été amplifiée dans le cadre du volet forestier du plan national d'adaptation au changement climatique, qui prévoyait notamment un renforcement de la conservation des ressources génétiques forestières, en particulier celles qui étaient menacées dans leur habitat (cas des peupliers noirs dans des bassins fluviaux canalisés et dont les débits sont régulés).

Un conservatoire génétique national du peuplier noir a été installé à la pépinière conservatoire de Guéméné-Penfao (Pays-de-la-Loire). A partir de cette collection nationale, des mélanges clonaux représentatifs des différents bassins hydrographiques ont été constitués. Ils permettent de régénérer

artificiellement des surfaces où le peuplier noir est en disparition, faute d'avoir pu se régénérer naturellement. Sous l'impulsion du ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, cette politique est menée par l'INRA Orléans, en partenariat avec la pépinière ONF de Guéméné-Penfao, ainsi que le réseau des réserves naturelles gestionnaires de populations sauvages de peuplier noir.

Dans le domaine de l'amélioration génétique, le ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt soutient le GIS peuplier, un groupement d'intérêt scientifique créé en 2001 et rassemblant trois instituts de recherches : l'INRA, FCBA et IRSTEA. Le GIS Peuplier conduit un ambitieux programme de recherche appliquée, destiné à renouveler les peupleraies françaises avec des clones améliorés issus de nouveaux croisements. Ces clones deltoïdes et euraméricains seront pleinement adaptés aux conditions de croissance des peupliers sur le territoire français, car ils ont été testés exclusivement dans les conditions françaises.

## II. RENSEIGNEMENTS TECHNIQUES

### 1. Identification, enregistrement et contrôle variétal

#### Révision du règlement technique d'admission en catégorie testée des clones de peuplier

En octobre 2013, le règlement technique d'admission en catégorie testée des clones de peuplier destinés à la production a été révisé ([http://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/documents/05-4\\_revision2013\\_RT\\_Peuplier\\_08102013\\_cle83914e.pdf](http://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/documents/05-4_revision2013_RT_Peuplier_08102013_cle83914e.pdf)). Les modifications apportées à ce règlement sont essentiellement liées à l'évolution du contexte sanitaire et à la prise en compte d'itinéraires techniques à bas intrants dans le cadre du plan national Ecophyto (enjeu qui ne concerne les peupliers que lors de la première ou de la deuxième année après plantation). La révision de ce règlement technique d'admission a permis également de différencier les listes de critères d'évaluation pour un usage traditionnel de bois d'œuvre par une production en futaie et pour un usage en biomasse par une production en taillis à courte rotation.

Pour être admis au registre national, un clone de peuplier ne doit pas présenter de résistance complète à la rouille foliaire à *Melampsora larici-populina* non encore contournée par une ou plusieurs des 8 virulences connues à ce jour dans les populations de cet agent pathogène. Aucun clone totalement immun à la rouille foliaire à *Melampsora larici-populina* ne peut ainsi être admis au registre national de façon à éviter tout risque de nouveau contournement de résistance aux conséquences économiques importantes. Par ailleurs, un clone ne pourra être admis que s'il manifeste un niveau de sensibilité faible à la rouille foliaire après infection naturelle.

Il est également devenu obligatoire de présenter des informations sur le niveau de sensibilité au puceron lanigère des clones à inscrire. A cette fin, il est recommandé d'utiliser le test d'évaluation de sensibilité au puceron lanigère mis au point en laboratoire par le laboratoire de biologie des ligneux de l'Université d'Orléans (Sallé et al., 2015) et de compléter ces informations par un relevé de sensibilité en plantation lors d'une infestation attestée par la sensibilité du clone témoin sensible I-214.

Pour une admission provisoire ou définitive, il convient que les sites d'expérimentation en plantation, au minimum de trois, soient installés dans des conditions de milieu aussi variées que possible, selon un gradient écologique explicite. Par ailleurs, au moins un site expérimental en plantation doit intégrer sur une partie du dispositif, une modalité de culture à faibles intrants, c'est-à-dire avec un nombre d'entretiens mécaniques ou chimiques réduit voire nul et une fertilisation

réduite voire nulle (exigence liée au plan Ecophyto).

Inscription au registre national de nouveaux clones de peuplier en catégorie testée et d'une variété multiclonale en catégorie qualifiée, autorisant leur commercialisation en France et à l'intérieur du marché commun européen :

Dans la dernière période 2012-2015, huit nouveaux clones de peuplier ont été inscrits au registre national français sur la base du règlement technique d'admission en vigueur en Octobre 2012 (Tableau 1).

**Tableau 1** : Liste des 8 clones de peuplier admis sur le registre national français entre 2012 et 2016 et pour lesquels l'admission sur le registre national français correspond à une première admission dans l'Union européenne.

Clone	Admission au registre national		Espèce	Sexe	Obtenteur(s)	COV
	Type	Date				
Dano	Provisoire	16/11/2012	<i>P. ×canadensis</i>	M	3C2A	EU 29310
Garo	Provisoire	16/11/2012	<i>P. ×canadensis</i>	F	3C2A	EU 29308
Rona	Provisoire	16/11/2012	<i>P. ×canadensis</i>	F	3C2A	EU 29311
Dellinois	Provisoire	08/04/2013	<i>P. deltoides</i>	M	INRA,FCBA,IRSTEA	EU 34573
Delvignac	Provisoire	08/04/2013	<i>P. deltoides</i>	M	INRA,FCBA,IRSTEA	EU 34572
Delgas	Provisoire	08/04/2013	<i>P. deltoides</i>	F	INRA,FCBA,IRSTEA	EU 34574
Delrive	Provisoire	08/04/2013	<i>P. deltoides</i>	F	INRA,FCBA,IRSTEA	EU 34571
Ludo	provisoire	15/05/2015	<i>P. ×canadensis</i>	M	3C2A	EU 29309

Durant la même période, plusieurs clones, déjà admis par d'autres pays de l'Union européenne ont été également enregistrés sur le registre national français, car présentant un intérêt pour une utilisation en France (Tableau 2). Au total, la France propose en 2016 à ses populeculteurs une panoplie de 58 clones dont l'utilisation est intéressante dans les conditions populecoles françaises.

**Tableau 2** : Liste des 10 clones de peuplier admis sur le registre national français entre 2012 et 2016 et antérieurement admis dans un autre pays de l'Union Européenne.

Clone	Admission au registre national		Espèce	Sexe	Obtenteur(s)/ Pays de 1 <sup>ère</sup> admission
	Type	Date			
AF2	Provisoire	29/11/2013	<i>P. ×canadensis</i>	M	Alasia F., Italie
Albelo	Provisoire	29/11/2013	<i>P. ×canadensis</i>	M	WUR-3C2A, Pays-bas
Bakan	Provisoire	29/11/2013	<i>P. maximowiczii x P. trichocarpa</i>	M	INBO, Belgique
Bianco Lomellina	Provisoire	29/11/2013	<i>P. ×canadensis</i>	F	CREA, Italie
Blanc de Garonne	Provisoire	29/11/2013	<i>P. nigra</i>	M	-
Canadese	Provisoire	29/11/2013	<i>P. ×canadensis</i>	F	CREA, Italie
Jean Pourtet	Provisoire	29/11/2013	<i>P. nigra</i>	M	CREA, Italie
Oglio	Provisoire	29/11/2013	<i>P. ×canadensis</i>	M	CREA, Italie
Polargo	Provisoire	29/11/2013	<i>P. ×canadensis</i>	F	WUR-3C2A, Pays-bas
Skado	Provisoire	29/11/2013	<i>P. maximowiczii x P. trichocarpa</i>	F	INBO, Belgique

Le 9 Octobre 2014, le mélange clonal de peuplier noir dénommée "Seine-plaine" a été admis au registre national des matériels de base des essences forestières en catégorie qualifiée et est commercialisé par plusieurs pépiniéristes depuis cette date. Comme les trois autres variétés de ce type ('Loire plaine', 'Garonne plaine' et 'Rhin plaine'), le mélange est composé de 25 clones issus de récoltes effectuées dans des peuplements naturels de la vallée de la Seine et de l'Oise. Ils ont été choisis pour leur pureté spécifique et de façon à être représentatif de la diversité génétique présente dans le bassin hydrographique : sexe-ratio équilibré, phénologie florale et foliaire, architecture, croissance et diversité génétique neutre estimée à l'aide de 15 marqueurs microsatellites (SSR). Les 25 clones doivent figurer en proportion équivalente dans les lots de plants commercialisés. Ces différents mélanges clonaux n'ont pas pour finalité la production de bois, ils se placent dans un contexte de re-végétalisation de berges et d'aménagements paysagers et peuvent participer à des actions de phytoremédiation, de protection des sols et d'amélioration de la qualité des ressources en eau. Un mélange clonal pour le bassin « Rhône » est en cours de constitution.

Protection commerciale des droits des obtenteurs (droit à percevoir des redevances en tant qu'obteneur) fondée sur les critères d'identification variétale de l'UPOV « DHS » (Distinction, Homogénéité, Stabilité) :

Des interrogations sur l'adéquation des critères définis en 1981 par l'UPOV (<http://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg021.pdf>) pour l'épreuve de Distinction, homogénéité et stabilité avaient été formulées en 2012 par le GIS Peuplier à partir d'observations réalisées sur deux tests clonaux incluant 31 clones inscrits au registre européen dans deux sites différents (Orléans-45 et Guémené-Penfao-35). Ces clones regroupaient 9 clones *P. deltoides*, 15 clones euraméricains, 2 clones interaméricains, 3 clones *P. nigra* et 2 clones *P. trichocarpa x P. maximowiczii*. L'objectif de ces dispositifs était de mettre en oeuvre l'ensemble des protocoles d'observation de référence du document UPOV et d'évaluer pour chacun de ces critères les qualités de distinction (entre types botaniques et intra-type botanique), d'homogénéité intra-clone dans un site donné et de stabilité (intersite et inter-année). Compte-tenu du temps de mesure, seuls les 58 premiers critères établis par l'UPOV pour de jeunes plants de peuplier ont été évalués sur l'ensemble des plants des tests de Guémené-Penfao et Orléans. Les temps moyens passés par critère ainsi qu'une synthèse des propriétés de distinction, homogénéité et stabilité sont reportés dans le tableau 3. Les critères relatifs à la morphologie foliaire se sont révélés les plus faciles à observer. A l'inverse, ceux relatifs à la description de la tige principale ou à la forme des bourgeons demandent plus d'expérience et semblent varier davantage selon la partie de la plante observée. Tous les critères faisant référence à une couleur (tige, bourgeon, limbe, nervure) sont très difficiles à apprécier car souvent peu stables dans le temps. En l'absence d'indication précise sur la période d'observation, on peut à deux dates différentes conclure ou ne pas conclure à une distinction clonale. Il semble que ces critères permettent surtout une très bonne distinction des différentes espèces de peuplier. La distinction entre clones d'une même espèce nécessite quant à elle de prendre en compte une liste importante de caractères. Les caractères phénologiques tels que le débourrement végétatif et l'arrêt de croissance sont évalués très sommairement et peuvent être fortement influencés par les conditions climatiques des sites d'étude. En effet, des climats continentaux où les sommes de température augmentent très rapidement au printemps peuvent ne pas permettre la différenciation de certains clones plutôt tardifs. De même, en fin de saison, les différences entre clones tardifs pour l'arrêt de croissance seront plus difficiles à détecter. Cette étude a mis en évidence également un effet « site de test » significatif pour plusieurs critères.

En 2015, le GIS Peuplier a transmis au représentant français de l'OCVV, un avis sur la nouvelle

version du protocole d'observation préparée par le BSA (Bundessortenamt en Allemagne). Un avis favorable est émis à la réduction significative du nombre d'observations à réaliser (19 des 58 premiers descripteurs sont repris dans la nouvelle version) et à la simplification des barèmes pour plusieurs notations. L'élargissement de la liste de clones témoins pour les différentes valeurs possibles d'une notation donnée est très apprécié. Il est à noter toutefois que plusieurs critères basés sur la couleur de la tige, des nervures ou des bourgeons peuvent présenter une certaine hétérogénéité intra-clonale et ne se révèlent pas toujours très pertinents à la fois pour une différenciation des espèces ou des clones d'une même espèce.

**Tableau 3** : Critères UPOV observés sur les tests clonaux d'Orléans et de Guémené-Penfao. Le temps de mesure pour 100 plants (10 clones x 10 arbres) a été estimé à Guémené-Penfao. Ont été estimées l'hétérogénéité des observations intra-clone (10 ramets), les possibilités de distinction entre espèces et entre clones d'une même espèce, la stabilité des observations entre les deux sites de test.

N°UPOV	Organe	Critère	Echelle	Temps de mesure (100 plants)	Hétérogénéité intra-clone	distinction type botanique	distinction clonale intra-type botanique	stabilité intersite
UPOV-1	Plante entière	aspect général	fin/moyen/grossier	20mn	faible	oui	faible	moyenne
UPOV-2	Tige principale	Forme	1-droit à 5-flexueux	15mn	raisonnable	faible	faible	bonne
UPOV-3	Tige principale	Section 3/4 hauteur	1-circulaire/anguleux/4-ailé	15mn	faible	oui	faible	bonne
UPOV-4	Tige principale	Cannelures	1-nulles à 9-très grandes	non réalisé, difficile à mesurer				
UPOV-5	Tige principale	Couleur face ensoleillée	1-jaune à 7-marron	15 mn	bonne	non	oui	moyenne
UPOV-6	Tige principale	Couleur face à l'ombre	1-jaune à 7-marron	20 mn	bonne	non	oui	moyenne
UPOV-7	Tige principale	Section 1/2 hauteur	1-circulaire/anguleux/4-ailé	10 mn	très faible	oui	moyenne	bonne
UPOV-8	Tige principale	Couleur face ensoleillée	1-jaune à 7-marron	12 mn	bonne	non	oui	moyenne
UPOV-9	Tige principale	Couleur face à l'ombre	1-jaune à 7-marron	12 mn	bonne	non	oui	moyenne
UPOV-10	Tige principale	Feutre	1-absent/ 2-présent	10 mn	bonne	non	non	bonne
UPOV-11	Tige principale	Pilosité	1-nulle à 9-très forte	20 mn	très faible	faible N	faible	bonne
UPOV-12	Tige principale	Forme des lenticelles	1 à 4	30 mn	raisonnable	faible	moyenne	moyenne
UPOV-13	Tige principale	Répartition des lenticelles	1 à 4		raisonnable	faible	moyenne	moyenne
UPOV-14	Ramification	rameaux sylleptiques >=5cm	1-nul à 9-beaucoup	20 mn	moyenne	oui	oui	moyenne
UPOV-15	Ramification	Angle de branche	1-très aigu à 4-obtus	15 mn	faible	non	oui	oui
UPOV-16	Ramification	Port	1 à 3	20 mn	moyenne	moyenne	faible	faible
UPOV-17	Bourgeon	Longueur	1- très court à 9-très long	15 mn	raisonnable	moyenne	oui	moyenne
UPOV-18	Bourgeon	Forme	1 à 3	10 mn	moyenne	oui	faible	bonne
UPOV-19	Bourgeon	couleur	1-vert à 5-marron	15 mn	assez forte	non	faible	faible
UPOV-20	Bourgeon	Forme du sommet	1 à 4	15 mn	faible	non	moyenne	moyenne
UPOV-21	Bourgeon	Position par rapport à la tige	1-appliqué à 3-divergent	15 mn	faible	oui	faible	bonne
UPOV-22	Feuille/Limbe	Couleur du limbe , face supérieure	1-blanc à 7-brun	non réalisé en 2010				
UPOV-23	Feuille/Limbe	Intensité de la couleur, face supérieure	3-faible à 7-forte	non réalisé en 2010				
UPOV-24	Feuille/Limbe	Port par rapport à la tige	1 à 3	non réalisé, difficile si vent.....				
UPOV-25	Feuille/Limbe	Longueur du limbe	1- très court à 9-très long	60 mn	raisonnable	oui	oui	moyenne
UPOV-26	Feuille/Limbe	Largeur maximale du limbe	1- très étroit à 9-très large	60 mn	raisonnable	oui	oui	moyenne
UPOV-27	Feuille/Limbe	rapport long nervure principale/largeur maximale	1- très petit à 9-très gros	60 mn	faible	oui	oui	oui
UPOV-28	Feuille/Limbe	Pigmentation de la nervure principale	1-absent 9-présent	60 mn	faible	oui	non	oui
UPOV-29	Feuille/Limbe	Répartition de la pigmentation de la nervure principale	1 à 3	60 mn	moyenne	oui	faible	moyenne
UPOV-30	Feuille/Limbe	Intensité de la pigmentation	1-très faible à 9-très forte	60 mn	moyenne	oui	oui	moyenne
UPOV-31	Feuille/Limbe	Angle entre la nervure principale et la deuxième nervure latérale à partir de la base	1- très petit à 9-très grand	non réalisé en 2010				
UPOV-32	Feuille/Limbe	Pubescence	1 à 3	critère non évalué en 2010 - pas de pubescence				
UPOV-33	Feuille/Limbe	Pubescence	1 à 3	critère non évalué en 2010 - pas de pubescence				
UPOV-34	Feuille/Limbe	Intensité de la pilosité	3-faible à 7-forte	critère non évalué en 2010 - pas de pubescence				
UPOV-35	Feuille/Limbe	Profil de la surface	1 à 5	40 mn	faible	non	oui	moyenne
UPOV-36	Feuille/Limbe	Courbure de la surface entre les nervures	1-absent à 9-très forte	abandon de mesure, très difficile à apprécier si feuille pas turgescente				
UPOV-37	Feuille/Limbe	Forme générale de la base	1 à 11	20 mn	faible	oui	oui	bonne
UPOV-38	Feuille/Limbe	Forme de la jonction avec le	1 à 8	20 mn	faible	oui	moyenne	bonne
UPOV-39	Feuille/Limbe	Forme du sommet	1-aigu à 9-obtus	30mn	moyenne	faible	moyenne	moyenne
UPOV-40	Feuille/Limbe	Paire de lobes	1-absent 9-présent	critère non évalué en 2010 - pas de lobes				
UPOV-41	Feuille/Limbe	Netteté des deux lobes supérieurs	1-nulle à 9-très forte	critère non évalué en 2010 - pas de lobes				
UPOV-42	Feuille/Limbe	Netteté des deux lobes médians	1-nulle à 9-très forte	critère non évalué en 2010 - pas de lobes				
UPOV-43	Feuille/Limbe	Netteté des deux lobes inférieurs	1-nulle à 9-très forte	critère non évalué en 2010 - pas de lobes				
UPOV-44	Feuille/Limbe	Forme de l'extrémité des	1-arrondie à 9-très pointue	critère non évalué en 2010 - pas de lobes				
UPOV-45	Feuille/Limbe	Ondulation du bord	1-absente 9-présente	critère non évalué en 2010				
UPOV-46	Feuille/Limbe	Amplitude de l'ondulation du bord	3-faible à 7-forte	critère non évalué en 2010				
UPOV-47	Feuille/Limbe	Période de l'ondulation du	3-courte à 7-longue	critère non évalué en 2010				
UPOV-48	Feuille/Limbe	Glandes à la base de la feuille	1-absentes à 5-nb variable	critère non évalué en 2010 - pas de glandes				
UPOV-49	Feuille/Pétiole	Longueur	1-très court à 9-très long	60 mn	faible	oui	moyenne	bonne

UPOV-50	Feuille/Pétiole	rapport longueur pétiole/longueur nervure principale	1-très petit à 9-très grand	60 mn	moyenne	oui	moyenne	moyenne
UPOV-51	Feuille/Pétiole	Forme de la section transversale	1 à 3	20 mn	faible	oui	moyenne	bonne
UPOV-52	Feuille/Pétiole	Pilosité	1-nulle à 9-très forte	critère non évalué en 2010				
UPOV-53	Feuille/Pétiole	Répartition de la pilosité	1 à 3	critère non évalué en 2010				
UPOV-54	Feuille/Pétiole	Couleur de la face ensoleillée	1-vert à 6-violet	15 mn	faible	non	moyenne	moyenne
UPOV-55	Feuille/stipules	Persistence sur la tige	3-courte à 7-longue	critère non évalué en 2010 - pas stipules				
UPOV-56	Feuille/stipules	Port	1-appliqué à 2-divergent	critère non évalué en 2010 - pas stipules				
UPOV-57	Bourgeon terminal	apparition stade 2	1-très précoce à 9-très tardif	40 mn	faible	date de mesure très importante		
UPOV-58	Plante entière	Arrêt de croissance	1-très précoce à 9-très tardif	40 mn	faible	date de mesure très importante		

Une mise à jour de l'identité moléculaire des clones inscrits au registre national français est en cours à l'aide de 10 marqueurs microsatellites choisis pour leur niveau de polymorphisme au sein des espèces *P. deltoides*, *P. trichocarpa*, *P. nigra* et *P. maximowiczii*. Cet outil d'identification individuelle est très fiable du fait du niveau de polymorphisme élevé disponible. Il présente par ailleurs l'avantage de pouvoir être mobilisé quel que soit le stade de développement végétatif en échantillonnant des feuilles, des bourgeons, des racines voire du cambium. En plus d'une identification individuelle, il permet également de vérifier la généalogie déclarée et de mesurer l'apparentement génétique entre clones, un indicateur qui n'est pas accessible à l'aide de marqueurs phénotypiques.

## Systèmes de production et culture

### a. Applications des biotechnologies

En France, le peuplier noir représente une ressource naturelle importante des ripisylves et les peupliers cultivés occupent une place importante dans l'économie de la filière nationale forêt-bois. C'est pourquoi les différents secteurs de la filière et les gestionnaires d'espaces naturels espèrent que les progrès acquis en matière de **génomique** des peupliers permettront (1) d'améliorer l'efficacité des activités de sélection-recombinaison pour les principaux objectifs de sélection, (2) de raccourcir les délais de sélection pour répondre à de nouveaux enjeux tout en permettant (3) une gestion durable de la diversité génétique présente dans les populations naturelles et dans le matériel déployé en plantations.

En matière de **biotechnologies**, la seule plantation expérimentale de peupliers OGM installée sur le domaine INRA d'Orléans a été détruite par l'INRA le 13 Juillet 2013 faute d'autorisation administrative à poursuivre ces travaux scientifiques en plein champ. Cet essai installé en 2007 avait pour objectifs de produire des connaissances sur les processus biologiques intervenant dans la formation du bois, d'évaluer le potentiel technologique lié à ces connaissances et de comprendre les interactions entre le peuplier et le sol, notamment en évaluant l'impact des plantes génétiquement modifiées sur la biodiversité microbienne du sol. Il avait d'ores et déjà produit des résultats scientifiques notables sur la validation de plusieurs acteurs moléculaires (gènes, miRNA) impliqués dans l'élaboration des propriétés chimiques et mécaniques du bois. Ainsi, des clones OGM à faible activité CCR, conduits en taillis à courte rotation ont présenté un rendement en bioéthanol augmenté de +36% à +160% (Van Acker et al., *PNAS* 2014). L'étude environnementale réalisée sur ce même essai n'a pu mettre en évidence aucun effet significatif des clones OGM sur les populations d'insectes et les communautés fongiques associées (Danielsen et al., 2013).

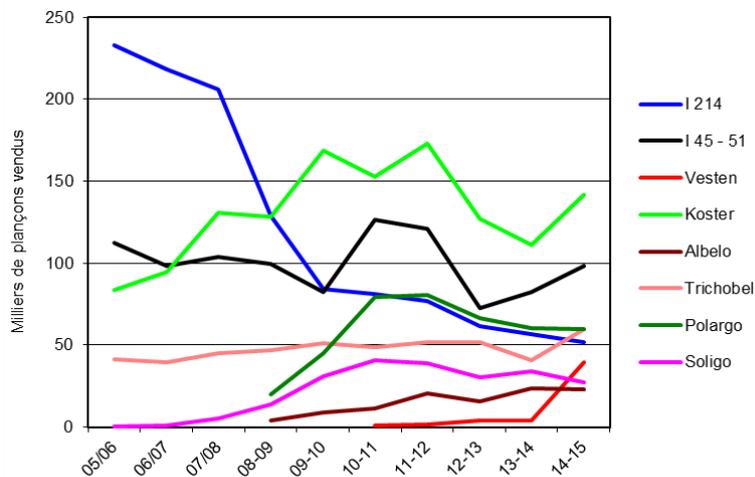
Dans le cadre du projet d'investissement d'avenir GENIUS (Genome ENgineering Improvement for Useful plants of a Sustainable agriculture, <http://www.genius-project.fr>), les efforts de recherche de l'INRA sur le peuplier se portent sur le développement de méthodes de transformation génétique *in planta* s'affranchissant de la culture *in vitro* (floral dip transformation) et sur le remplacement d'allèle par édition du génome (CRISPR-Cas9).

## b. Forêts plantées (choix de clones, type de plants, espacement, dispositif de plantation, entretien, gestion)

Statistiques annuelles sur l'évolution du marché des clones de peuplier destinés à des plantations en futaie (IRSTEA/Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt).

L'enquête portant sur la campagne de ventes 2014-2015 a produit les résultats suivants. Cette enquête porte sur les plançons de peuplier destinés à la plantation en futaie, les boutures destinées au TCR n'étant pas prises en compte.

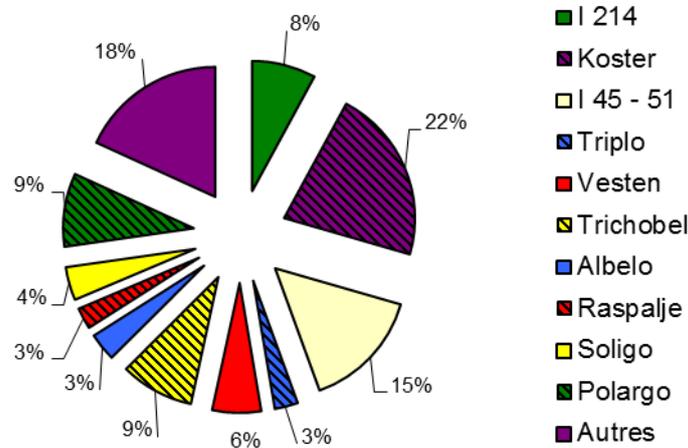
**Figure 1 :** Evolution des ventes en France des huit principaux clones de peuplier de 2005 à 2015.



Koster est pour la sixième année consécutive, le clone le plus vendu en France. La part qu'il représente sur le marché national est stable par rapport à la campagne précédente (22%). Notons que pour cette campagne le clone Blanc du Poitou n'est plus dans le classement des dix premiers clones vendus, il est remplacé par Vesten, qui, avec dix fois plus de plançons vendus, passe de la 18<sup>ème</sup> position à la sixième. En plus du clone Vesten, sur les dix cultivars les plus vendus en France, les clones Koster, I45-51, Trichobel, Raspalje enregistrent une augmentation de leurs ventes. Le cultivar I-214 qui avant 2008 était largement représenté, continue de reculer (-9%), il se retrouve au 5<sup>ème</sup> rang des cultivars les plus vendus en France. Cette chute continue des ventes de I-214 s'explique en grande partie par la multiplication des attaques de puceron lanigère (*Phloemyzus passerinii*) qui l'affectent tout particulièrement.

La liste des 10 clones les plus vendus subit très peu de modifications (Figure 2). Les cultivars Koster, I 45-51, Polargo, conservent leur rang de 2013-14, respectivement de la 1<sup>ère</sup> à la 3<sup>ème</sup> place. Trichobel et I214 inversent leur place entre la 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> place. Soligo, Albelo, Triplo et Raspalje descendent chacun d'une place pour occuper les places 7 à 10, tandis que le clone Vesten prend la 6<sup>ème</sup> place. Le cultivar Blanc du Poitou situé au 10<sup>ème</sup> rang l'an dernier se retrouve 12<sup>ème</sup> lors de cette campagne malgré une augmentation de 22% sur ses ventes.

**Figure 2 :** Répartition des ventes en France des 10 clones les plus vendus en 2014/2015.



**Tableau 4:** Ventes en France des 18 principaux cultivars de peupliers depuis 2009-2010 (en nombre de plançons).

Cultivars vendus en France	2014-2015		Var. 13/14-14/15		2013-2014		2012-2013		2011-2012		2010-2011		2009-2010	
	Ventes en France	Part en %	En plançons	En %	Ventes en France	Part en %	Ventes en France	Part en %	Ventes en France	Part en %	Ventes en France	Part en %	Ventes en France	Part en %
1 Koster	141893	22.7%	30 499	+27.4%	111 394	20.8%	126 297	22.5%	173 242	23.5%	153 010	20.4%	168 730	24.6%
2 I 45 - 51	98379	15.8%	16 157	+19.7%	82 222	15.3%	71 279	12.7%	121 179	16.4%	126 319	16.8%	82 088	12.0%
3 Polargo	59838	9.6%	-608	-1.0%	60 446	11.3%	65 939	11.8%	80 433	10.9%	79 357	10.6%	44 735	6.5%
4 Trichobel	59676	9.6%	19 023	+46.8%	40 653	7.6%	51 643	9.2%	52 040	7.1%	48 744	6.5%	51 185	7.5%
5 I 214	51630	8.3%	-5 137	-9.0%	56 767	10.6%	61 327	10.9%	76 965	10.4%	81 371	10.9%	84 261	12.3%
6 Vesten	39536	6.3%	35 654	+918.4%	3 882	0.7%	4 009	0.7%	1 743	0.2%	1 040	0.1%	1 245	0.2%
7 Soligo	27202	4.4%	-6 948	-20.3%	34 150	6.4%	25 858	4.6%	38 828	5.3%	40 810	5.4%	31 078	4.5%
8 Albelo	22750	3.6%	-1 114	-4.7%	23 864	4.5%	15 432	2.8%	20 517	2.8%	11 550	1.5%	8 607	1.3%
9 Triplo	18850	3.0%	92	+0.5%	18 758	3.5%	26 307	4.7%	40 246	5.5%	42 620	5.7%	55 506	8.1%
10 Raspalje	17421	2.8%	3 051	+21.2%	14 370	2.7%	21 138	3.8%	20 305	2.8%	29 758	4.0%	17 749	2.6%
11 Fritz Pauley	17195	2.8%	6 366	+58.8%	10 829	2.0%	22 348	4.0%	24 685	3.3%	32 859	4.4%	21 734	3.2%
12 Blanc du Poitou	15387	2.5%	2 794	+22.2%	12 593	2.3%	17 488	3.1%	24 728	3.4%	26 621	3.6%	32 791	4.8%
13 Dorskamp	14876	2.4%	6 198	+71.4%	8 678	1.6%	14 688	2.6%	20 210	2.7%	31 744	4.2%	42 371	6.2%
14 Degrosso	9348	1.5%	4 971	+113.6%	4 377	0.8%	6 872	1.2%	6 773	0.9%	7 209	1.0%	4 929	0.7%
15 Flevo	8321	1.3%	639	+8.3%	7 682	1.4%	12 492	2.2%	14 097	1.9%	24 802	3.3%	25 921	3.8%
16 Brenta	7601	1.2%	-2 322	-23.4%	9 923	1.9%	6 096	1.1%	10 842	1.5%	4 360	0.6%	3 768	0.5%
17 Dano	7098	1.1%	6 147	+646.4%	951	0.2%								
18 Alcinde	6955	1.1%	633	+10.0%	6 322	1.2%	5 268	0.9%	8 571	1.1%	7 606	1.0%	8 496	1.2%
Les 18 cultivars les plus vendus en 2014-2015	623956	100%	116 095	23%	507 861	100%	554 481	100%	735 404	100.0%	749 780	100%	685 194	100%

NB : Dans le tableau 4, les parts de marché sont calculées sur la base du total des ventes des 18 cultivars mentionnés d'où la différence avec les valeurs du graphique 19.

Liste régionalisée des clones de peuplier éligibles aux aides de l'Etat

Le Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la forêt s'est engagé auprès du Conseil National du Peuplier à actualiser tous les deux ans la liste régionalisée des clones de peuplier éligibles aux aides de l'Etat. Ces listes sont reprises dans les arrêtés régionaux définissant les listes de matériels forestiers de reproduction éligibles aux aides de l'Etat (liste de clones, normes de qualité extérieure des plants) en fonction des zones d'utilisation. Elles visent à orienter les choix clonaux des investisseurs populeculteurs vers les clones présentant les meilleurs résultats agronomiques et sanitaires dans les différents tests d'évaluation suivis par la R&D publique

française dans le domaine du peuplier. Les dernières évolutions de listes régionalisées ont eu lieu en Juillet 2012, Juillet 2014, Août 2015 et Juillet 2016. La liste valable jusqu'en Juin 2016 est donnée dans le tableau 4. Entre 14 et 20 clones sont éligibles aux aides de l'Etat dans chacune des régions populières françaises. Cet effectif permet de maintenir l'effort de diversification souhaité en matière d'utilisation de clones homologués. Les évolutions constatées sur la période 2011-2015 concernent la suppression de clones particulièrement sensibles à la rouille foliaire (Unal) ou au puceron lanigère (Triplo) et la mise sous surveillance sanitaire de plusieurs clones ayant montré des signes de sensibilité à ces mêmes ravageurs dans plusieurs régions françaises (A4A, Flevo, Vesten).

De nouveaux clones sont entrés dans le même temps sur cette liste pour une ou plusieurs régions populières (Albelo, Muur, Oudenberg). Plusieurs clones sont présents en liste annexe comme clone expérimental subventionnable dans le cadre de dérogation (Rona, Dano, Dellinois, Delgas, Delvignac, Delrive). Lorsque leur comportement en plantation sera mieux connu, ils pourront éventuellement être proposés en liste principale.

**Tableau 5.** Clones de peuplier éligibles aux aides de l'Etat pour la culture en Futaie valable pour la période d'Août 2015 à Juin 2016.

MAAF/DGPE/SDFE/SDFCB/Bureau Gestion Durable de la forêt et du bois		Période : AOÛT 2015 – JUIN 2016																					
CULTIVARS DE PEUPLIER ELIGIBLES AUX AIDES DE L'ETAT POUR LA CULTURE EN FUTAIE Libre de droits = sans parenthèse, sinon Terme de la protection commerciale communautaire – Nom d'obtenteur et/ou de son représentant		Sud-Est				Sud-Ouest				Nord-Ouest				Nord			Nord-Est						
		Corse	PACA	Languedoc-Roussillon	Rhône-Alpes	Auvergne	Midi-Pyrénées	Aquitaine	Limousin	Poitou-Charentes	Pays-de-la-Loire	Bretagne	Basse-Normandie	Centre	Ile-de-France	Haute-Normandie	Picardie	Nord-Pas-de-Calais	Champagne-Ardenne	Bourgogne	Franche-Comté	Alsace	Lorraine
<b>1. Peupliers euraméricains</b>																							
A4A (2035 – Alasia)		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S					
ALBELO (2039 – Alterra/Poloni)																							
BLANC DU POITOU																							
BRENTA (2034 – CRA)																							
DORSKAMP			S	S	S	S	S	S	S			S	S	S	S				S	S	S	S	S
FLEVO		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
KOSTER (2021 – Alterra/Poloni)																							
I-45/51																							
LAMBRO (2034 – CRA)																							
MUUR (2032- INBO)																							
OUDENBERG (2032- INBO)																							
POLARGO (2037 – Alterra/Poloni)																							
SOLIGO (2034 -CRA)																							
TARO (2034 – CRA)																							
VESTEN (2032 – INBO)		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>2. Peupliers interaméricains</b>																							
RASPALJE																							
<b>3. Peupliers trichocarpa</b>																							
FRITZI-PAULEY																							
TRICHOBEL																							
<b>4. Peupliers deltoides</b>																							
ALCINDE																							
DVINA (2031 – CRA)																							
LENA (2031 – CRA)																							
OGLIO																							
Nombre de cultivars utilisables		16	17	17	20	15	18	18	15	17	19	17	17	21	16	14	14	14	14	19	15	14	14
S		Cultivar subventionnable dans la région Cultivar subventionnable placé "sous surveillance", dont la culture est exposée à d'importants risques sanitaires, ou à des performances agronomiques en-deça des attentes initiales.																					
Liste "annexe" (cultivar expérimental subventionnable dans le cadre strict des dérogations et dont l'inscription en liste principale sera étudiée dans 2 ans) :																							
France métropole		Rona et Dano (3C2A, 2041).																					
Régions du Sud-Est et du Sud-Ouest		Muur, Oudenberg (INBO - 2032)																					
Régions du Sud-Est, du Sud-Ouest et du Nord-Ouest		Dellinois, Delgas, Delvignac, Delrive (GIS Peuplier, 2043)																					
Régions du Nord et du Nord-Est		Bakan et Skado (INBO, 2037).																					

### Diversification des cultivars en plantation

Cette objectif, destiné à limiter au maximum l'impact des risques biotiques et abiotiques sur les peupleraies de production française, se poursuit et se développe par des travaux de recherche et de R&D permanents. Le réseau expérimentation peuplier de la Forêt Privée (CNPF-IDF, CETEF, Chambre d'Agriculture) suit fin 2015, plus de 450 essais de comparaison de cultivars, répartis sur la

totalité du territoire national. Entre 2012 et 2015, 76 dispositifs expérimentaux de R&D ont été mis en place avec les cultivars nouvellement homologués, ou en cours d'homologation, en Europe. Ces très nombreux dispositifs permettent de préciser les conditions d'utilisation de ces cultivars européens dans les contextes pédo-climatiques de la production française, mais aussi de les présenter lors de nombreuses réunions de vulgarisation.

### Les pépinières

Avec la réduction des plantations, et donc du nombre de plants vendus (771 000 en 2012 et seulement 529 000 en 2014), les pépinières peupliers françaises sont en difficulté. De ce fait, les reprises de pépinière sont rares, ce qui induit une diminution régulière de leur nombre lors des cessations d'activité pour raison de retraite.

De plus, la mise en place de contrat de diffusion entre des pépiniéristes français et les Instituts obtenteurs européens engendre, pour certains, des difficultés d'accès à au progrès génétique. Il convient de signaler aussi que cette nouvelle dimension commerciale interfère négativement sur une diffusion optimale de la diversité génétique et sur une adaptation optimale des cultivars aux stations.

Enfin, la réduction des coûts de production des plançons reste un objectif pour les pépiniéristes, et donc la recherche de solutions pour la mécanisation de la préparation des plants est toujours d'actualité.

### Le recul des plantations

Si le recul des plantations en France existe depuis de nombreuses années, une accélération de ce recul est à noter ces dernières années. Trois causes principales peuvent être avancées : le prix des bois qui n'assure plus une rentabilité suffisante à la production de bois, les contraintes de la réglementation environnementale, mais aussi une évolution sociale (Paillassa, 2014).

### Relance des plantations

Pour tenter de limiter le recul des plantations, des industriels français ont mis en place en 2012 la Charte " Merci le Peuplier " afin d'aider les populteurs à replanter. Cette charte consiste à apporter une aide financière pour l'achat des plants destinés à la replantation. Cette aide est payée par l'industriel qui achète les bois.

Toutes les informations sur cette charte sont disponibles à l'adresse suivante :

<http://www.peupliersdefrance.org/n/la-charte-merci-le-peuplier/n:1597>

### Itinéraires techniques de production pour le bois d'œuvre

Pas d'évolution sur les techniques utilisées pour la production de bois d'œuvre. L'utilisation de plançons est généralisée. Les densités de plantation restent majoritairement à 7m x 7m, avec des plantations à 8m x 8m, plutôt au Nord de la France. Les entretiens du sol sont adaptés aux besoins et aux risques de stress hydrique. Les désherbages sont principalement localisés sur la ligne. Aucune irrigation n'est utilisée et la fertilisation est peu utilisée. La hauteur d'élagage préconisée reste à 6 m, avec pour certains populteurs des élagages à 8 m. L'exploitation des peupleraies intervient actuellement, en fonction des stations et des régions, entre 15 et 22 ans.

### Les taillis à courte rotation

Dans le cadre d'un traitement en taillis à courte ou très courte rotation (TCR et TTCR), le projet SYLVABIOM s'est appuyé sur le suivi de la croissance et de l'efficacité avec laquelle les arbres de trois espèces (Peuplier, Robinier et Saule) utilisent l'eau et l'azote dans un réseau de quatre sites

ateliers, situés dans des sites contrastés. Des différences significatives ont été mises en évidence, tant en TCR qu'en TTCR, entre les trois espèces, et entre clones au sein d'une espèce, pour la production en biomasse, ses déterminants phénologiques, foliaires et architecturaux et l'efficacité d'utilisation des ressources. Les relations complexes entre ces caractères sont modulées en fonction des conditions pédoclimatiques et de la densité de plantation (Bastien et al., 2015, Toillon et al., 2013)

En matière de besoins en éléments minéraux des plantations à courtes rotations, FCBA a pu compléter, grâce à un projet de recherche intitulé REGIX (PNRB 2007), les échantillonnages de biomasse dans des systèmes de Taillis à très courte rotation (TTCR) de peuplier. Ainsi, les exportations minérales (N, P, K, Ca, Mg) ont pu être précisées en fonction du niveau de production de biomasse et en fonction de l'âge des tiges récoltées (Berthelot et al., 2010).

## 2. Conservation et amélioration génétiques

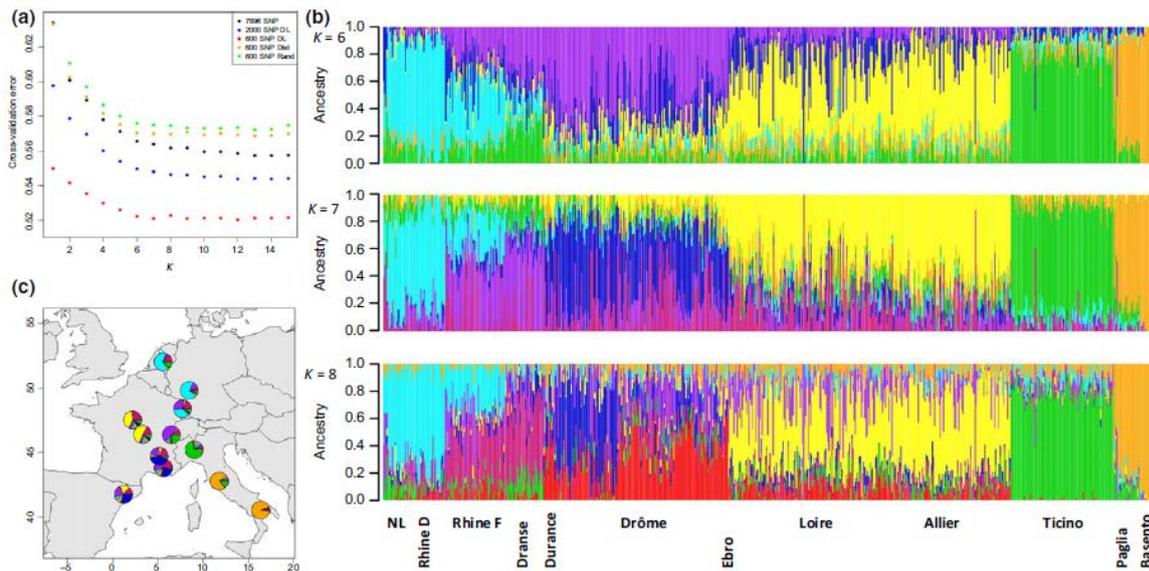
### a. Section Aigeiros et Tacamahaca

#### Génomique et Caractérisation de la diversité génétique du peuplier noir en France et en Europe

D'importants efforts ont été consacrés ces cinq dernières années à la caractérisation de la diversité génétique de populations naturelles françaises et européennes de peuplier noir grâce à des soutiens financiers de projets nationaux (CRGF) et européens (FP7-EvolTree, FP7-NovelTree, FP7- Energy-poplar). Sur le plan génomique, de gros efforts de séquençage de génomes entiers de peuplier noir représentatifs de la diversité géographique française et européenne ont permis de développer un très grand nombre de marqueurs SNP et des outils de génotypage haut-débit associés (Faivre-Rampant et al. 2016). Ces ressources sont disponibles pour la communauté scientifique internationale. Un faible niveau de différenciation génétique entre populations naturelles présentes dans un même bassin hydrologique est confirmé (Figure 3). Une structuration plus nette entre peuplements français et italiens peut s'expliquer par la présence de barrières importantes à l'hybridation. Une introgression significative du compartiment cultivé est détectée dans plusieurs populations naturelles.

La caractérisation de la diversité génétique de ces populations a également concerné plusieurs caractères phénotypiques, soit morphologiques, soit adaptatifs (phénologie de l'arrêt de croissance, efficacité d'utilisation de l'eau, vulnérabilité à la cavitation) (Rhode et al., 2011 ; Chamaillard et al., 2011 ; Vanholme et al., 2013 ; Guet et al., 2015 (a) ; Guet et al., 2015 (b), Viger et al. , 2016). Ces études ont bénéficié de plusieurs partenariats scientifiques européens mobilisant de façon complémentaire les compétences de plusieurs partenaires, ainsi que la diversité des conditions environnementales présentes dans les différents pays. Une collection de référence de plus de 600 individus de peuplier noir originaires de différentes populations naturelles françaises a été mise à disposition de plusieurs organismes de recherche nationaux et européens, pour des développements particuliers de recherches sur un matériel végétal identifié et génotypé à de nombreux marqueurs.

**Figure 3** : Analyse de la structuration de la diversité génétique de 706 individus de *P. nigra* échantillonnés en populations naturelles en Europe. La diversité génétique est étudiée à l'aide de 600 marqueurs SNP choisis pour être représentatifs de la diversité génétique le long du génome. D'après Faivre et al. 2016.



### Conservation des ressources génétiques de peuplier noir

Suite à la conférence ministérielle sur la protection des forêts en Europe (Strasbourg 1990), et à cause des menaces exercées sur les ressources génétiques forestières (destruction d'habitats, fragmentation, pollution, utilisation de matériel forestier de reproduction non adapté), un Programme National de Conservation des Ressources Génétiques de peuplier noir a été engagé dès 1991 par le Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt au sein de la Commission Ressources Génétiques Forestières. Pour mener à bien ce programme deux stratégies de conservation ont été adoptées dans le contexte français : la conservation statique en **collections installées *ex-situ***, sous forme de parc à pied-mères ou de populetum et la conservation dynamique en **unités conservatoires *in-situ*** pour les populations naturelles bénéficiant de conditions propices à une régénération naturelle.

La conservation statique en collections *ex-situ* a pour objectif de rassembler et de conserver un échantillon représentatif de la diversité de l'espèce en s'attachant à échantillonner les deux niveaux de structuration de variabilité génétique : le niveau population et le niveau individuel. La collection *ex-situ* gérée est constituée d'environ **2000 individus** couvrant la totalité des bassins versants français. Elle est gérée sous forme de parc à pied-mères par le Pôle National des Ressources Génétiques Forestières de l'ONF situé à Guéméné-Penfao. Dans le cadre de contrats d'élevage avec des pépiniéristes locaux, plusieurs populetums regroupant les individus représentatifs de la diversité génétique régionale ont pu être mis en place afin de participer à ces opérations de conservation (populetum des îles du Haut Rhône en 2011, populetum de Fondoire en 2012).

La conservation *in-situ* permet de préserver le potentiel d'adaptation de l'espèce sur le long terme. La mise en place et le suivi de ce réseau de conservation *in-situ* repose sur une étroite collaboration entre la Commission Nationale des Ressources Génétiques Forestières, le réseau national des Réserves Naturelles de France et d'autres structures de protection de la nature (CREN, ONF, communautés de communes). Quatre unités conservatoires de peuplier noir ont été inscrites au

registre national de matériels de base destinés à la conservation in situ depuis 2012 (tableau 6).

**Tableau 6** : Caractéristiques des 4 unités conservatoires de peuplier noir inscrites au registre national français.

Type de matériel de base	Code Référence Registre	Nom de Référence Registre	Date d' Admission	Région administ.	Dép.	Commune	Surface totale (ha)	Surface avec présence de l'espèce (ha)	Altitude mini.	Altitude maxi.	Type d' origine	Objectif de conservation	Potentiel de régénération	Service gestionnaire (R.N. = Réserve naturelle)
Peuplement	PN.01	Saint-Mesmin	01/12/2012	CENTRE	45	SAINT-HILAIRE-SAINTE-MESMIN	263	52,6	100	100	Indigène	2	B	R.N. de Saint-Mesmin
Peuplement	PN.02	Les Ramières de la Drôme	01/12/2012	RHONE-ALPES	26	ALEX	371	259,7	50	50	Indigène	2	A	R.N. des Ramières
Peuplement	PN.03	Le Val d'Allier	20/04/2015	AUVERGNE	03	BESSAY-SUR-ALLIER	700	203	215	215	Indigène	1	A	R.N. du Val d'Allier
Peuplement	PN.04	Delta de la Dranse	04/04/2016	RHONE-ALPES	74	PUBLIER	52	10,4	370	390	Indigène	2	B	R.N. du Delta de la Dranse

### Activités d'hybridation et de sélection en vue de création variétale

Les activités d'hybridation et de sélection en vue de création variétale pour une populiculture en futaie ou en taillis à courte rotation sont menées en France d'une part par les établissements 3C2A à Nérac (L. Poloni) et d'autre part par le GIS Peuplier qui rassemble les moyens et compétences de FCBA, l'Irstea et de l'INRA depuis 2001.

Les établissements 3C2A ont poursuivi leurs efforts d'évaluation et de sélection de clones *P. x canadensis*. Ce travail a conduit à l'homologation au registre national français de 4 nouveaux clones. D'autres candidats à l'homologation sont annoncés pour les années à venir.

Compte tenu de la diversité des conditions écologiques et sanitaires de la populiculture française, le GIS « Peuplier » a choisi d'exploiter essentiellement la variabilité génétique présente naturellement ou créée par hybridation au sein des trois espèces *P. deltoides*, *P. trichocarpa* et *P. nigra*.

Les premiers croisements intraspécifiques *P. deltoides* réalisés dans les années 1985-1990 (environ 600 clones) ont poursuivi leur évaluation pour la croissance et la forme des tiges dans différentes plantations en futaie en France. Ils ont également fait l'objet d'observations de sensibilité à différents ravageurs et de premières évaluations de qualité du bois. Ainsi, 4 clones ont été sélectionnés pour être proposés à l'inscription au catalogue national et ont été inscrits au registre national en 2013. Ces 4 cultivars (Delrive, Delvignac, Delgas et Dellinois) ont tous fait l'objet d'une protection communautaire. Le GIS « Peuplier » a mis à disposition de l>IDF-CNPF plusieurs centaines de plants de ces clones, pour développer le réseau d'évaluation et de démonstration sur une grande partie du territoire français. Ces variétés sont actuellement préconisées pour les stations populières des 2/3 Sud du pays, leur adaptation à des conditions plus septentrionales est en cours d'évaluation.

Parallèlement, le GIS peuplier a déployé d'importants efforts sur l'évaluation approfondie des hybridations *P. deltoides x P. nigra* réalisées entre 2001 et 2004 (1800 clones issus de 42 familles de plein-frères). Une centaine de ces clones ayant franchi la phase de sélection en pépinière ont été mis en tests agronomiques sur le terrain, à la fois dans des dispositifs à forte densité (TCR) ou en futaie classique (204 tiges/ha). Dans ces essais culturels, ils sont comparés à des témoins connus et évalués pour leur vitesse de croissance, mais aussi sur leur forme et leur branchaison. Parallèlement, ils ont fait l'objet d'une évaluation de leur sensibilité et de leur tolérance à *Melampsora larici-populina*, à *Marssonina brunnea*, au chancre bactérien et au puceron lanigère. Des premières évaluations de densité de bois mais aussi de leur efficacité d'utilisation de l'eau sont d'ores et déjà disponibles. Depuis 2011, une deuxième phase de sélection permet de concentrer les efforts d'évaluation sur 26 clones couvrant une assez large diversité génétique parentale. Plusieurs d'entre eux devraient prochainement être proposés à l'homologation.

Le GIS « Peuplier » a décidé, dès sa création, de poursuivre la voie des hybrides interaméricains

(*P.xgenerosa*), car ceux-ci présentaient, avant les contournements de résistance de *M. larici-populina*, des avantages incontestables en terme de productivité, plasticité et qualité du bois, notamment dans la moitié Nord de la France. Cette voie reste difficile à valoriser du fait de niveaux de sensibilité à la rouille foliaire à *Melampsora larici-populina* très élevés dès que les résistances complètes portées par le parent *P. deltoïdes* sont contournées par l'agent pathogène. Quelques rares hybrides F1 et plusieurs clones obtenus par rétrocroisement vers l'espèce *P. deltoïdes* sont en cours d'évaluation approfondie sur une période de temps relativement longue afin de vérifier la durabilité de leur niveau de tolérance à la rouille foliaire.

Depuis 2007, le GIS « Peuplier » a entrepris un programme de recombinaisons intraspécifiques *P. deltoïdes*, *P. trichocarpa* et *P.nigra* afin de renouveler sa population de géniteurs élites à des fins d'hybridation interspécifique. Des sélections réalisées sur une mesure de l'appareillement et sur des performances en croissance et sensibilités aux différents ravageurs ont été installées ces dernières années en plantations afin de fournir dès que possible des rameaux florifères pour réalisation de nouveaux croisements.

Afin de continuer à optimiser le processus de recombinaison-sélection, l'INRA s'intéresse depuis quelques années au développement de la sélection génomique. Les premiers essais développés au sein de l'espèce peuplier noir avec près de 8000 marqueurs SNP couvrant les 19 chromosomes du peuplier sont encourageants pour plusieurs caractères tels que la croissance, la sensibilité aux ravageurs et différentes propriétés du bois.

#### b. Section Leuce

Les travaux conduits sur les peupliers Tremble correspondent essentiellement aux travaux de recherche conduits sur les clones modèles utilisés en transformation génétique pour valider l'implication de différents gènes candidats dans des fonctions physiologiques majeures.

Le clone modèle 717-1B4, propriété de l'INRA fait toujours l'objet d'une large diffusion internationale à différents organismes de recherche. Chaque année, entre 5 et 10 demandes d'accès à des vitro-plants sont honorées. De nombreuses publications scientifiques listées à la fin de ce rapport reposent sur l'utilisation de ce matériel végétal de référence.

### 3. Protection des forêts

La France bénéficie d'un suivi sanitaire forestier par le Département de la Santé des Forêts (DSF, Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt): la populiculture fait partie intégrante de ce dispositif. Incluse dans ce dispositif, la stratégie de surveillance possède différents indicateurs collectés sur le terrain par les 220 Correspondants Observateurs du Département de la Santé des Forêts.

Pour les peupleraies françaises, on dispose d'informations sur :

- la veille sanitaire et les différents incidents subis dans le cadre d'un diagnostic intégrant les aspects sylvicoles,
- les pathogènes foliaires des peupliers, à l'origine des principales réorientations du paysage populicole,
- le puceron lanigère du peuplier qui occasionne d'importants dépérissements depuis 1995 et qui continue à s'étendre sur le territoire,
- la réussite des plantations de l'année.

Dans ce document, sont détaillés les principaux problèmes sanitaires impactant la santé des peupleraies ainsi que leurs indicateurs dont la précision est fonction de l'intensité des suivis réalisés.

### Les signalements dans la base de données du DSF

Dans le cadre de la surveillance générale, ce sont plus de 150 observations qui sont réalisées annuellement. La surveillance menée en populiculture est intensive et relativement constante. On peut comparer et extraire les principaux problèmes affectant la peupleraie française en utilisant cette donnée.

Le tableau 7 représente les 12 problèmes impactant la populiculture française, les plus fréquemment signalés sur les périodes 2008-2011 et 2012-2015. On remarque que le puceron lanigère du peuplier, les dépérissements et les rouilles sur peupliers continuent à faire partie des problèmes les plus signalés en peupleraie. Les différents incidents climatiques ressortent aussi de façon systématique. Les atteintes par les xylophages des peupliers font partie des atteintes régulières et ne provoquent que des dommages concentrés sur certaines parcelles.

**Tableau 7:** Réseau de surveillance DSF, Fiches Veille sanitaire, *source base DSF.*

Ordre	Problème observé	Nombre de signalements		Indice d'attaque <sup>1</sup>	
		2008-2011	2012-2015	2008-2011	2012-2015
1	Puceron lanigère du peuplier	140	164	24,2	20,2
2	Dépérissement (causes multiples)	81	36	41,5	49,3
3	Rouille du peuplier (espèce indéterminée)	33	77	26,3	44,8
4	Dégât dû au vent	27	65	30,1	29,2
5	Dégât dû au gel	18	34	38,4	8,7
6	Grande sésie	14	25	6,7	15,1
7	Problème lié à la plantation	23	10	39,1	46,6
8	Dégât lié à la sécheresse	19	7	54,0	45,0
9	Dothichiza du peuplier	17	7	41,4	46,0
10	Grande saperde	12	15	21	17,1
11	Charançon de la patience	18	10	24,2	7,0
12	Dégât lié à un excès d'eau	6	13	56,0	19,0

<sup>1</sup> : indice d'attaque (base100)=% tiges affectées \* sévérité<sup>2</sup>

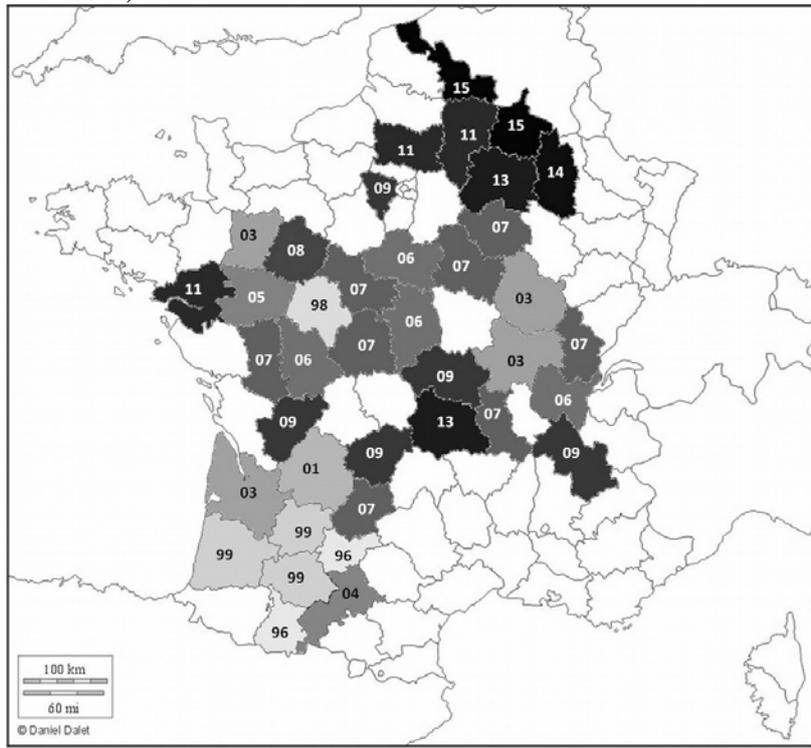
<sup>2</sup> : sévérité en 5 classes (0=nulle, 1=faible, 2=moyenne, 3=forte, 4=très forte)

#### a. Facteurs biotiques

##### Le puceron lanigère continue d'étendre son aire ; des dégâts en bruit de fond.

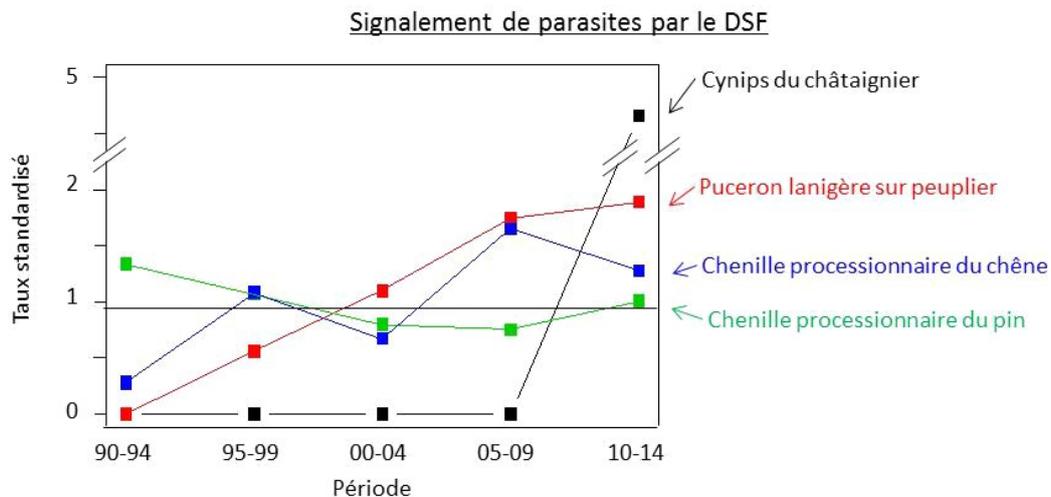
Les premiers dégâts attribués au puceron lanigère (*Phloeomyzus passerinii*) ont été signalés dans le Sud-Ouest de la France dans les années 1995, où les attaques se sont développées tous les deux ans jusqu'en 2003. Après détection de ce puceron en 2002 en Bourgogne, des mortalités significatives ont été notées l'année suivante sur le cultivar I-214. La découverte de l'insecte dans de nouveaux départements de la basse vallée de la Loire s'est effectuée plus tardivement (Figure 4). En 2011, l'insecte a été détecté en Picardie et plus récemment sur la partie nord de la France.

**Figure 4** : Carte représentant l'année de détection de *Phloeomyzus passerinii* par département français (Source base DSF).



Les dégâts occasionnés par ce puceron sont importants puisqu'ils concernent des peuplements non commercialisables, faute de produits présentant des caractéristiques dimensionnelles suffisantes. Néanmoins, depuis 5 ans, le cycle bisannuel des attaques n'est plus une constante (Figure 5).

**Figure 5** : Nombre de mentions standardisées de 1990 à 2014 de différents insectes. Les mentions standardisées correspondent aux nombres de signalements pour un insecte donné et sur une période donnée, rapportés aux nombres de mentions totales sur la période donnée.



Le cultivar I-214 représente 80 % des signalements. Les cultivars Dorskamp et Triplo font l'objet de 7 % des signalements chacun. La présence ponctuelle du puceron lanigère est constatée et identifiée sur les cultivars Polargo et I-45-51 en l'absence de dommage.

Les peupleraies ayant préalablement résisté à une attaque, ne subissent généralement que peu de dommages. On peut noter que le cycle estival du puceron peut être bloqué par des épisodes caniculaires.

Le laboratoire de Biologie des Ligneux de l'Université d'Orléans a mis au point une méthode permettant d'évaluer précocement la sensibilité des cultivars par une série de tests en laboratoire et sous serre (Pointeau et al., 2011, Sallé et al., 2015). De plus, après une attaque, la mesure des teneurs en amidon dans l'écorce en fin de saison de végétation peut permettre de mesurer l'impact et le risque de dépérissement à la suite d'une attaque.

### **Les rouilles des peupliers, la sélection et la diversification.**

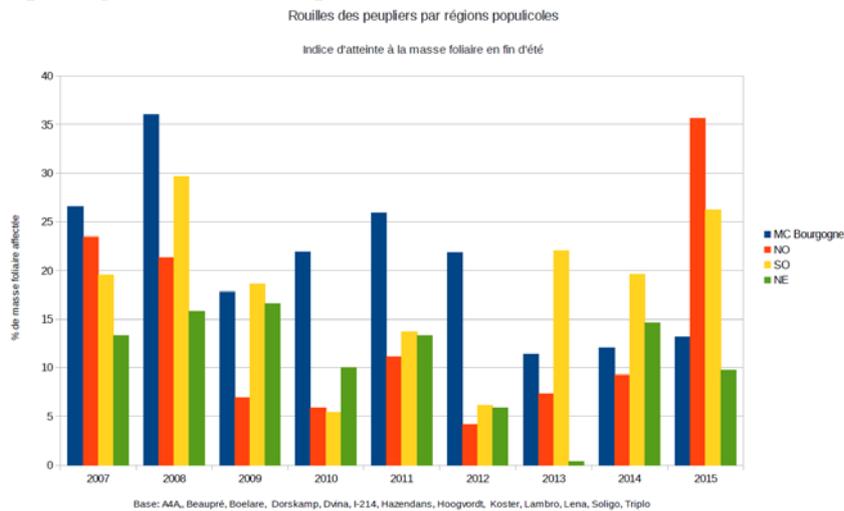
En France, les rouilles des peupliers cultivés sont causées par deux espèces de *Melampsora* : *M. larici-populina* et *M. allii-populina*. Même si ces deux espèces cohabitent sur notre territoire, *Melampsora allii-populina* est plutôt inféodée au Sud de la France. De plus, cette dernière n'engendre pas de dégâts. En revanche, les rouilles foliaires causées par *Melampsora larici-populina* affectent régulièrement les peupliers interaméricains depuis le contournement des résistances par la virulence 7 identifiée chez *Melampsora larici-populina*, contournement signalé en France en 1994. Les défoliations occasionnées par les rouilles s'étalent de la mi-juillet à la fin août selon les années et les régions. Les conséquences des attaques de *Melampsora larici-populina* sur la croissance des peupleraies sont importantes, puisque cette croissance peut être réduite de 30 à 75 % par rapport à la période où les rouilles n'affectent pas le cultivar.

Cultivar très sensible aux rouilles *Melampsora larici-populina* possédant la virulence 7, Beaupré a été le cultivar le plus planté dans les années 1990 à 2000, notamment dans la moitié nord de la France. Sur Beaupré, les dépérissements occasionnés par *Melampsora larici-populina* sont fréquents. Les autres cultivars interaméricains sont touchés à des degrés divers. Le cultivar Hunneghem est autant atteint que Beaupré. Des mortalités sont parfois notées (fréquentes sur Hunneghem), et les peupleraies présentant des mortalités de branches sont communes.

Les évolutions récentes indiquent une diminution de la sévérité des attaques de rouille en fin d'été dans la partie Bourgogne et Nord-Est de la France (Figure 6). La modification du paysage populeux est sans doute pour beaucoup dans cette évolution. En effet, après les fortes attaques de rouille sur les peupliers interaméricains, les populeux se sont tournés vers des peupliers euraméricains peu sensibles à *Melampsora larici-populina* (notamment les cultivars I-214 et Dorskamp). La majorité des peupliers plantés depuis une dizaine d'années sont des cultivars dont la résistance a déjà été contournée par les rouilles et dont la sensibilité à *Melampsora larici-populina* est connue et faible. L'établissement et la révision régulière de listes régionalisées de cultivars de peuplier éligibles aux aides de l'Etat pour la culture en futaie : [http://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/listeregionaliseepeuplier\\_juillet2016-jun2018.pdf](http://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/listeregionaliseepeuplier_juillet2016-jun2018.pdf) ont participé à cette évolution.

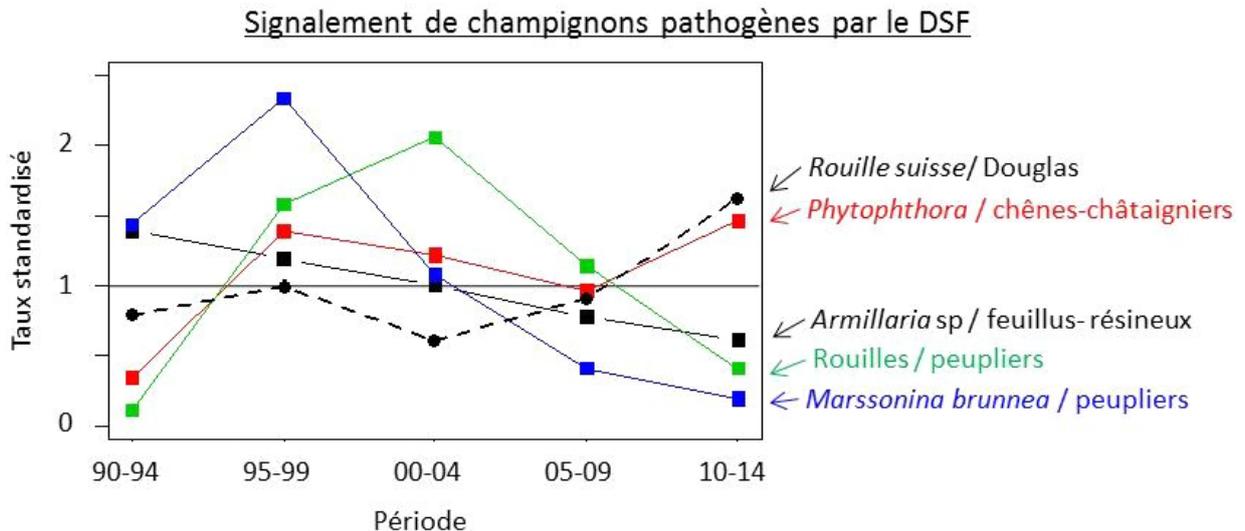
La situation est plus contrastée dans la partie Ouest de la France, où il semble que depuis quelques années, on observe une augmentation du niveau des attaques sur les peupliers euraméricains.

**Figure 6:** Indice d'atteinte de la masse foliaire en fin d'été par grande région populicole ; source : suivi spécifique « pathogènes foliaires » par le DSF



Un indicateur annuel a permis d'établir un indice de la sévérité des attaques des pathogènes foliaires rencontrés en peupleraies cultivées. Pour l'instant, concernant les agents pathogènes fongiques, les rouilles dominent encore le paysage sanitaire national, *Marssonina brunnea* est présent mais n'occasionne que peu de dommages comme l'illustre la figure 7.

**Figure 7:** Nombre de mentions standardisées de 1990 à 2014 de différents agents pathogènes. Les mentions standardisées correspondent aux nombres de signalements pour un agent pathogène donné et sur une période donnée, rapportés aux nombres de mentions totales sur la période donnée.



Xylophages, le charançon de la patience...

Le cortège d'insecte xylophage est large et reste bien appréhendé sur les peupliers. Les signalements les plus fréquents concernent la grande sésie (*Aegeria apiformis*), la grande saperde (*Saperda carcharias*) et le charançon de la patience (*Cryptorhynchus lapathi*). Ces xylophages ont un impact d'autant plus important dans les premières saisons de végétation que le peuplier subit une concurrence forte.

Concernant les menaces qui pèsent sur les peupleraies, les rouilles, et en particulier la rouille à *Melampsora medusae*, sont identifiées et elles font l'objet d'une surveillance spécifique dans le Sud-Ouest de la France. Actuellement, même si ponctuellement *Melampsora medusae* est détectée en pépinière de production, ce parasite de quarantaine est considérée comme absent du territoire.

Le capricorne asiatique représente une menace sur la populiculture. Pour l'instant, la surveillance continue de nos peupleraies prend en compte ce ravageur mais aucune détection n'est effectuée.

## **b. Facteurs abiotiques**

### Impacts de divers accidents climatiques

En 2013 et 2014, divers coups des vents survenus en période estivale ont occasionné des chablis et volis ponctuellement forts. C'est principalement dans l'Ouest de la France que ces dommages ont été observés.

Le mois de février 2012 a été marqué par une vague de froid exceptionnelle qui a duré une dizaine de jours. Durant cette période les températures sont tombées en dessous des  $-15^{\circ}\text{C}$ . Des dégâts ont pu être observés en peupleraies : les troncs présentaient des fentes à cœur sur plusieurs mètres, souvent orientées au Sud-Ouest. Les clones euraméricains étaient plus particulièrement affectés. Ces dommages concernent en moyenne 30 % des tiges et déclassent la partie de la grume. Les fentes sur les troncs n'occasionnent pas de perte de vitalité pour les arbres atteints.

La sécheresse est rarement identifiée en tant que problème principal ; les stations populicoles permettent aux arbres de passer cette période sans trop de conséquences défavorables. La sécheresse est essentiellement liée à des problèmes de reprise pour de jeunes plantations, et reste souvent citée comme facteur déclenchant de dépérissement en présence de ravageurs (*Agrilus sp*) ou de pathogène (*Dothichiza*) de faiblesse.

### Des problèmes de reprise...

Sur le dispositif de suivi de la « réussite des plantations de l'année », le taux annuel moyen de mortalité s'établit entre 2 et 4 % ce qui confirme la bonne technicité des itinéraires techniques. Les quelques échecs flagrants sont liés à des failles dans la technique de plantation.

Des problèmes de reprises ont été constatés sur Soligo en 2011 et 2012. Les faibles développements des plants concernés laissent supposer qu'un problème physiologique n'aurait pas permis leur bonne installation. Un problème de mise en réserve des éléments nécessaires à une reprise correcte pourrait expliquer les mortalités constatées.

## **c. Des dépérissements complexes**

Les dépérissements représentent un ensemble de signalements permanents sur la période, mais depuis 2012, le nombre de signalements a considérablement diminué.

Ces dépérissements concernent :

- Beupré essentiellement. L'impact des rouilles affecte les arbres qui présentent corrélativement des mortalités de branches significatives et une masse foliaire très réduite. Les traitements contre les rouilles ont fortement diminué. Ces traitements, dans la mesure où ils étaient appliqués régulièrement, ont permis de mener certaines peupleraies à leur terme dans un état sanitaire satisfaisant.

- Sur Dorskamp, de nombreux suintements bruns noirâtres étaient souvent visibles sur le tronc dans l'Ouest de la France. Non orientés, ils étaient essentiellement présents dans la partie élaguée du tronc. Ces écoulements révélèrent la présence de nécroses sous corticales, dont la plupart étaient entourées d'un bourrelet cicatriciel actif. Le houppier de ces arbres était souvent clair et quelques arbres étaient morts.
- Sur Luisa Avanzo dans l'Ouest de la France, on constate un dépérissement marqué sur des peuplements âgés de plus de 15 ans, ainsi qu'une nette baisse de croissance après la phase d'entrée en concurrence.

Concernant les autres cultivars euraméricains : sur I-214, des périodes de remontée du plan d'eau auraient été fatales à des peupleraies installées sur station tourbeuse dans la partie Nord de la France. Le cultivar A4A présente dans de nombreux secteurs du Nord-Est des dépérissements marqués dès la phase d'entrée en concurrence.

Pour conclure, le paysage populicole français est en pleine mutation, la diversification des cultivars choisis en plantation, poussée par les organismes de recherche et de développement forestiers est en cours. Il reste encore des cultivars fortement utilisés qui présentent des sensibilités élevées au puceron lanigère. Les utilisateurs de ces cultivars le font en connaissance de cause.

Les itinéraires techniques sont construits et structurés, ils permettent une excellente réussite des plantations.

#### **4. Exploitation et utilisation**

##### **a. Exploitation des peupliers et des saules**

**Futaie** : peu de modifications en matière d'exploitation des peupliers de futaie, même si on observe une augmentation de la mécanisation des opérations d'abattage. Depuis une vingtaine d'années, le rythme des replantations du Peuplier est devenu très insuffisant pour assurer l'approvisionnement futur des industries de transformation. Malgré une offre de bois qui reste encore supérieure à la demande, les premiers signes de tensions sur les approvisionnements se font déjà sentir dans certains bassins. A l'initiative de l'Union des Industries du Panneau Contreplaqué (UIPC), le Conseil National du Peuplier (CNP) a réalisé une étude prospective de la ressource française afin de disposer d'éléments précis sur l'état de la ressource actuelle et future et de mieux préparer une sécurisation des approvisionnements en Peuplier. L'étude complète est accessible sur le site suivant (<http://www.codifab.fr/actions-collectives/bois/article/securisation-des-approvisionnements-en-peuplier-1633>). L'étude montre que l'on peut estimer la surface de la peupleraie française à 210 000 ha, dont environ 124 000 ha ont été effectivement exploités puis reboisés ces 20 dernières années avec une composition très bien connue. La surface restante, inconnue, pourrait en partie être exploitée, mais est composée majoritairement de bois de faible qualité. Depuis plus de vingt ans, le manque de reboisement des peupleraies exploitées représente une perte d'au-moins 25 000 ha. Si une part de ce manque de reboisement s'explique par des facteurs structurels, ce recul est une tendance lourde due essentiellement à des facteurs économiques (faible prix de vente des bois, disparition des aides) et des contraintes réglementaires. Parallèlement, le besoin en bois d'œuvre de peuplier dans les années à venir est estimée au minimum comme stable à 1.3 M m<sup>3</sup>/an en moyenne, et probablement en hausse à plus de 1.5 M m<sup>3</sup>/an. Les entreprises françaises devront faire face dès 2020-2025, à un déficit de matière première qui s'accroîtra jusqu'à atteindre 30 % du besoin, et qui devrait toucher plus tôt et plus profondément les entreprises utilisant du bois de qualité. Ce déficit, qui représentera 300 000 m<sup>3</sup>/an dans les premiers temps pour atteindre 500 000 à 600 000 m<sup>3</sup> de bois par an, pourrait être aggravé par la concurrence d'autres usages non nobles du bois, tels le bois-

énergie, d'autant plus que le déficit en bois d'oeuvre aura en corollaire la disparition d'une partie de matière normalement utilisée en bois énergie ou en trituration (têtes de peupliers et produits connexes).

Aujourd'hui, et malgré des prises de position parfois négatives exprimées par les industriels français, l'exportation au sens large est profitable aux régions dans lesquelles le tissu industriel est moindre et la ressource encore abondante. A l'avenir, l'amenuisement de la ressource disponible pourrait générer des tensions envers les activités tournées vers l'exportation hors UE - pourtant de faible importance en termes de quantité et de qualité. Ces tensions pourraient également toucher la vente de ressources brutes vers d'autres pays de l'UE, en particulier vers l'Italie, surtout si les conditions de production industrielle sont défavorables pour l'industrie française.

**Taillis à courte rotation (TCR) et à très courte rotation (TTCR):** Dans le cadre d'un projet (Fondation Tuck) intitulé Biomagri, une veille technologique a été conduite sur les matériels de récolte potentiellement utilisables dans les TCR et TTCR (Berthoud et Ruch, 2010). Par la suite, dans le cadre d'un projet (ANR) intitulé Mécabiofor, 5 machines (ou têtes de récolte) ont été testées dans des TTCR, avec des productivités observées très diverses (Ruch, 2014). L'équipement le plus performant techniquement et économiquement reste encore l'ensileuse équipée d'une tête de récolte spécifique, mais il nécessite de grandes parcelles et de forts rendements à l'ha. Les autres outils testés présentent une productivité faible. La conception d'un outil performant, attelable sur tracteur agricole, et adapté à de petites parcelles reste un défi technologique.

## **b. Utilisation des peupliers et des saules pour différents produits ligneux**

### Bois d'oeuvre :

- Au cours de la période, le Conseil National du Peuplier et l'Institut pour le Développement Forestier (IDF) ont conduit deux études successives visant à caractériser précisément les propriétés du bois de 23 cultivars de peuplier cultivés en France (Berthelot et al., 2009 ; Berthelot et al., 2013). Les principales utilisations du bois (déroulage, sciage, papeterie) ont fait l'objet d'une caractérisation en laboratoire, complétée parfois, par des tests en usine. Les résultats sont présentés dans deux fascicules disponibles sur internet.

<http://www.peupliersdefrance.org/referentiel-qualites-du-bois-des-cultivars-de-peuplier-755801.html>

<http://www.peupliersdefrance.org/qualites-du-bois-des-nouveaux-cultivars-de-peuplier-401542.html>

- Le GIS Peuplier a étudié certaines propriétés du bois de 55 cultivars de peuplier, sur des échantillons de bois juvénile (2 et 4 ans) et sur des arbres adultes (> 23 ans). Ces travaux ont permis de rechercher l'existence de prédicteurs précoces des propriétés du bois qui pourraient être utilisés à un stade précoce en sélection (Berthelot et al., 2014)

- En 2010, la création d'un consortium Emabois, regroupant 10 partenaires (écoles d'ingénieurs, instituts techniques, France-Bois-Forêt (FBF) et syndicats professionnels) a permis de lancer un programme de recherche pour répondre aux demandes de ses adhérents et des autorités sanitaires françaises sur la confirmation de l'aptitude du matériau Bois au contact alimentaire. Il s'agissait de développer des outils d'analyses permettant d'identifier et de quantifier les migrations chimiques et microbiologiques entre supports en bois brut et matrices alimentaires (Aviat et al., 2013 ; Ismaïl et al., 2014 ; Montibus et al., 2016).

### **c. Utilisation des peupliers et des saules comme source renouvelable d'énergie**

- Futaie : en France, depuis environ 5 ou 6 ans, on constate un fort développement de l'utilisation des houppiers de peuplier à destination du bois énergie. La disparition de plusieurs sites papetiers (débouché traditionnel des houppiers), combinée à la forte progression des besoins en plaquettes forestières (augmentation du nombre de chaufferies) ont conduit les opérateurs forestiers à développer ce mode de récolte. S'agissant de coupe rase, avec de forts volumes à l'ha et bénéficiant généralement d'une bonne desserte routière, les peupleraies sont bien adaptées à la fourniture de plaquettes forestières dans de bonnes conditions économiques.

- Taillis à courte rotation (TCR) / Taillis à très courte rotation (TTCR) :

o Installation de TCR/TTCR de salicacées : depuis une dizaine d'années, près de 3000 ha de plantations à courte rotation ont été implantées en France. Les espèces utilisées étaient le robinier (60%), le peuplier (35%) et les saules (5%). Ces plantations énergétiques se sont arrêtées presque totalement à partir de l'année 2012, suite à de mauvais résultats techniques et économiques des premières plantations, combinés à la conjoncture économique générale.

o En 2009, deux conférences ont été organisées en France, au moins en partie, sur le thème des cultures ligneuses dédiées à l'énergie :

- 8-10 juin 2009, Journées REGEFOR de l'INRA « La forêt face aux défis énergétiques », à Nancy (Bastien et al, 2009 et 2011).

- 16 juin 2009, journée technique FCBA « Les taillis à courte rotation : une biomasse pour demain », à Paris (Berthelot et al., 2009).

o Plusieurs organismes de recherche, principalement l'INRA et FCBA, ont conduit plusieurs projets de recherche ayant pour thème les plantations à courtes rotations. Ainsi les projets Biomagri et Culiexa (Fondation Tuck), Sylvabiom (ANR), EnergyPoplar (UE) et LogistEC (UE) ont permis d'installer et de suivre des parcelles expérimentales de taillis à courtes rotations. Les thèmes principaux étudiés étaient la sylviculture et la génétique (peuplier, saule et robinier).

- En sylviculture, la plupart des expérimentations comparaient, sur les mêmes sites, des densités de plantation fortes – > 6000 tiges/ha – et des rotations courtes – 2 à 3 ans – (= TTCR) et des densités de plantation faibles – < 2000 tiges/ha – et des rotations plus longues – 8 à 10 ans – (= TCR). Les premiers résultats ne sont pas en faveur des TTCR qui ne produisent pas plus que les TCR et sont plus coûteux à l'installation (Bastien et al., 2015).

- En génétique, les expérimentations portaient sur des clones du commerce ou sur des hybrides italiens (CRA et Alasia), belges (INBO) ou français (GIS peuplier). Les essais génétiques ont permis d'avoir accès à des données sur la vitesse de croissance, l'aptitude au recépage, l'efficacité d'utilisation de l'eau et de l'azote et quelques propriétés du bois (Toillon et al., 2013).

## **5. Applications environnementales**

### **a. Amélioration des sites et du paysage**

Une étude de la biodiversité présente dans les peupleraies de la région Champagne-Ardenne a été conduite entre 2007 et 2010 par FCBA, Irstea et le CRPF de Champagne-Ardenne. Ce travail a comparé la biodiversité, selon plusieurs taxons (végétation, insectes, oiseaux), présente dans les

prairies, les peupleraies et les forêts sub-naturelles de trois grandes vallées alluviales du Nord-Est de la France (Archaux et al., 2010 ; Berthelot et al., 2010 ; Berthelot et al., 2011).

### **b. Phytoremédiation des sols et de l'eau pollués**

Ces dernières années, deux projets successifs, pilotés par le Professeur Michel Chalot, ont bénéficié d'une aide de l'ANR : PHYTOPOP (ANR-06-ECOT-O15-01) pour l'Université de Lorraine et BIOFILTEREE (ANR-10-INTB-1703-01) pour l'Université de Franche-Comté, portaient sur la phytoremédiation à base de culture de peuplier. Près de 6 ha ont été plantés en TCR et TCCR de peuplier, avec 14 géotypes différents, sur trois sites contaminés en France.

## **III. RENSEIGNEMENTS GENERAUX**

### **1. Administration et fonctionnement du Conseil national du peuplier**

Le Conseil National du Peuplier (CNP) est une interprofession représentant la filière populicole française. Ses membres sont issus de chaque maillon de la filière (populiculteurs, gestionnaires, transformateurs, pépiniéristes), ainsi que des organismes professionnels et de recherche.

Il a pour principaux objectifs : l'organisation de la filière populicole, la représentation de la populiculture française en France et à l'international, la connaissance des sylvicultures, l'amélioration de la qualité du bois, la lutte contre les maladies du peuplier, la promotion de l'usage du peuplier, et la gestion durable des peupleraies.

### **2. Littérature produite durant la période 2011-2016**

Les publications référencées ci-dessous sont toutes des publications référencées dans les bases de données Web of Science et Agricola pour la période 2011-2016 qui comportent un auteur d'un organisme de recherche ou de développement français. Les travaux présentés concernent de façon générale le genre *Populus* et le genre *Salix*. Elles sont classées par ordre alphabétique du premier auteur. Les travaux concernent de nombreux champs disciplinaires : biologie générale, biochimie, physiologie, écologie, entomologie, pathologie, génétique, sciences du bois

Abedini R., Clair B., Pourtahmasi K., Laurans F., Arnould O. 2015. Cell wall thickening in developing tension wood of artificially bent poplar trees. *IAWA Journal* 36(1), 44-57.

Anderson-Skold Y., Bardos P., Chalot M., Bert V., Crutu G., Phanthavongsa P., Delplanque M., Track T., Cundy A-B., 2014. Developing and validating a practical decision support tool (DST) for biomass selection on marginal land. *Journal of Environmental Management* 145, 113-121.

Archaux F., Chevalier R., Berthelot A., 2010. Towards practises favourable to plant diversity in hybrid poplar plantations. *Forest Ecology and Management* 259, 2410-2417.

Arnaud D., Déjardin A., Leplé JC., Lesage-Descauses MC., Boizot N., Villar M., Bénédicti H., Pilate G., 2012. Expression analysis of LIM gene family in poplar, toward an updated phylogenetic classification. *BMC Research Notes* 5:10. DOI: 10.1186/1756-0500-5-102.

Aviat F., Ismaïl R., Friant-Perrot M., Federighi M., 2013a. Le bois comme matériau au contact des denrées alimentaires : point réglementaire. *La revue de l'observatoire des IAA de Bretagne* 109, 12-15.

Aviat F., Ismaïl R., Federighi M., 2013b. Le bois en agroalimentaire : utilisations et qualités. *La revue de l'observatoire des IAA de Bretagne* 109, 7-11.

Awad H., Herbette S., Brunel N., Tixier A., Pilate G., Cochard H., Badel E., 2012. No trade-off between hydraulic and mechanical properties in several transgenic poplars modified for lignins metabolism. *Environmental and Experimental Botany* 77, 185-195.

- Bagard M., Jolivet Y., Hasenfratz-Sauder MP., Gerard J., Dizengremel P., Le Thiec D. 2015. Ozone exposure and flux-based response functions for photosynthetic traits in wheat maize and poplar. *Environmental Pollution* 206 411-420.
- Barigah TS., Charrier O., Douris M., Bonhomme M., Herbette S., Ameglio T., Fichot R., Brignolas F., Cochard H., 2013. Water stress-induced xylem hydraulic failure is a causal factor of tree mortality in beech and poplar. *Annals of Botany* 112(7), 1431-1437.
- Barigah TS., Bonhomme M., Lopez D., Traore A., Douris M., Venisse JS., Cochard H., Badel E., 2013. Modulation of bud survival in *Populus nigra* sprouts in response to water stress-induced embolism. *Tree Physiology* 33(3), 261-274.
- Bastien JC., Berthelot A., Brignolas F., Marron N., Maury S., Bodineau G., Gauvin J., Toillon J., Dallé E., Delaunay A., Le Jan I., Charnet F., Maine P., Merzeau D., 2015. Augmenter le niveau de production de biomasse des cultures ligneuses dédiées ou semi-dédiées. Principaux enseignements du projet SYLVABIOM. *Revue Forestière Française* LXVII, 3-2015, 249-262.
- Bastien J-C., Marron N., Berthelot A., Brignolas F., Maury S., Charnet F., Merzeau D., 2013. Sylvabiom : Nouveaux concepts de cultures ligneuses durables pour la production de biomasse à des fins énergétiques. Compte-Rendu de fin du projet Sylvabiom (ANR 08-BIOE-006), 29 p.
- Bastien J-C., Marron N., Berthelot A., Leplus A., 2011. Les systèmes dédiés à la production de bois énergie en France. Travaux de recherche et projets en cours. *Revue Forestière Française* LXIII, 2-2011, Numéro spécial Ateliers REGEFOR 2009 : la forêt face aux défis énergétiques, 217-228.
- Bertheau L., Djeghdir I., Foureau E., Chefdor F., Glevarec G., Oudin A., Depierreux C., Morabito D., Brignolas F., Courdavault V., Héricourt F., Auguin D., Carpin S., 2015. Insights into B-type RR members as signaling partners acting downstream of HPT partners of HK1 in the osmotic stress response in *Populus*. *Plant Physiology and Biochemistry* 94, 244-252.
- Berthelot A., Reuling D., Robert G., Bouvet A., Lanvin J-D., Legrand G., Moreau J., Denaud L., Paillassa E., 2013. Qualités du bois des nouveaux cultivars de peuplier. Résultats de l'étude IDF/FCBA/Arts et Métiers ParisTech de Cluny, Ed. IDF/CNPF, 54 p.
- Berthelot A., Maine P., Bouvet A., Nougier P., Da Silva Perez D., Reuling D., 2013. Caractéristiques du bois et des fibres de peuplier. Dossier Qualités du bois des nouveaux cultivars de peuplier, *Forêt-Entreprise* 213, 20-24.
- Berthelot A., Chevalier R., Archaux F., Gaudin S., 2011. Biodiversité floristique dans les peupleraies cultivées de Champagne-Ardenne. *Revue Forestière Française* LXIII, 1-2011, 33-44.
- Berthelot A., Maine P., Bouvet A., Da Silva Perez D., 2010. Caractéristiques générales du bois et des fibres. Dossier Qualités du bois de peuplier, *Forêt-Entreprise* 191, 22-26.
- Berthelot A., Nguyen-The N., 2010. Les taillis à courte rotation. Produire de la biomasse avec des arbres. *Perspectives agricoles* 371, octobre 2010, 32-34.
- Berthelot A., Nguyen-The N., Fraysse J-Y., 2010. Le réseau d'essai « biomasse » de FCBA. *FCBA Info*, février 2010, 14 p.
- Bizet F., Bogeat-Triboulot MB., Montpied P., Christophe A., Ningre N., Cohen D., Hummel I., 2015. Phenotypic plasticity toward water regime: response of leaf growth and underlying candidate genes in *Populus*. *Physiologia Plantarum* 154(1), 39-53.
- Bresson A., Jorge V., Dowkiw A., Guerin V., Bourgait I., Tuskan G.A., Schmutz J., Chalhoub B., Bastien C., Faivre Rampant P., 2011. Qualitative and quantitative resistances to leaf rust finely mapped within two nucleotide-binding site leucine-rich repeat (NBS-LRR)-rich genomic regions of chromosome 19 in poplar. *New Phytologist* 192(1), 151-163.
- Chalot M., Blaudez D., Rogaume Y., Provent A-S., Pascual C., 2012. Fate of trace elements during the combustion of phytoremediation wood. *Environmental Science & Technology*, 46, 13361-13369.
- Chamaillard S., Fichot R., Vincent-Barbaroux C., Bastien C., Depierreux C., Dreyer E., Villar M., Brignolas F., 2011. Variations in bulk leaf carbon isotope discrimination, growth and related leaf traits among three *Populus nigra* L. populations. *Tree Physiology* 31(10), 1076-1087.
- Chamaillard S., 2011. Efficience d'utilisation de l'eau chez le peuplier noir (*Populus nigra* L.) : variabilité et

plasticité en réponse aux variations de l'environnement. Thèse de l'Université d'Orléans, Ecole doctorale « Santé, sciences biologiques et chimie du vivant », 188 pp.

Charles JG., Nef L., Allegro G., Collins CM., Delplanque A., Gimenez R., Høglund S., Jiafu H., Larsson S., Luo Y., Parra P., Singh AP., Volney WJA., Augustin S., 2014. Insect and Other Pests of Poplars and Willows (Chapter 9). *In Poplars and Willows: Trees for Society and the environment*. Eds. J.G. Isebrands and J. Richardson. CAB International. pp 459-526.

Chenault N., Arnaud-Haond S., Juteau M., Valade R., Almeida JL., Villar M., Bastien C., Dowkiw A. 2011. SSR-based analysis of clonality, spatial genetic structure and introgression from the Lombardy poplar into a natural population of *Populus nigra* L. along the Loire River. *Tree Genetics & Genomes* 7(6), 1249-1262.

Chevalier R., Archaux F., Berthelot A., Carnnot-Milard L., Duprez M., Gaudin S., Villemey A., 2013. Le concept de forêt ancienne s'applique-t-il aux peupleraies cultivées ? Test de pertinence avec la flore des vallées de Champagne. *Revue Forestière Française* LXV, 4-2013, 375-388.

Cohen D., Bogeat-Triboulot MB., Vialet-Chabrand S., Merret R., Courty PE., Moretti S., Bizet F., Guillot A., Hummel I., 2013. Developmental and Environmental Regulation of Aquaporin Gene Expression across Populus Species: Divergence or Redundancy? *PLoS ONE* 8(2): e55506. DOI:10.1371/journal.pone.0055506

Courty P.E., Labbé J., Kohler A., Marçais B., Bastien C., Churin J.L., Garbaye J., Le Tacon F., 2011. Effect of poplar genotypes on mycorrhizal infection and secreted enzyme activities in mycorrhizal and non-mycorrhizal roots. *Journal of Experimental Botany* 62(1), 249-260.

Danielsen L., Lohaus G., Sirrenberg A., Karlovsky P., Bastien C., Pilate G., Polle A. Ectomycorrhizal Colonization and Diversity in Relation to Tree Biomass and Nutrition in a Plantation of Transgenic Poplars with Modified Lignin Biosynthesis. *PLoS ONE* 8(3):e59207. DOI: 10.1371/journal.pone.0059207

Dardeau F., Deprost E., Laurans F., Lieutier F., Sallé A., 2013. Aspects histologiques des interactions entre le puceron lanigère du peuplier et sa plante-hôte. *Symbioses*, 23-29.

Dardeau F., Pointeau S., Ameline A., Laurans F., Cherqui A., Lieutier F., Salle A 2014. Host manipulation by a herbivore optimizes its feeding behaviour. *Animal Behaviour* 95, 49-56.

Dardeau F., Deprost E., Laurans F., Lainé V., Lieutier F., Sallé A., 2014. Resistant poplar genotypes inhibit pseudogall formation by the woolly poplar aphid, *Phloeomyzus passerinii* Sign. *Trees* 28(4), 1007-1019.

Dardeau, F; Berthier, A; Feinard-Duranceau, M; Brignolas, F; Laurans, F; Lieutier, F; Salle, A., 2015. Tree genotype modulates the effects of water deficit on a plant-manipulating aphid. *Forest Ecology and Management* 353, 118-125.

Da Silva Perez D., Berthelot A., Nguyen-The N., Guillemain A., de Morogues F., Petit-Conil M., 2011. Qualité bioénergétique de la biomasse forestière en vue de la production de biocarburants de deuxième génération. *Revue Forestière Française* LXIII, 2-2011, Numéro spécial Ateliers REGEFOR 2009 : la forêt face aux défis énergétiques, 135-148.

de Morogues F., Nguyen-The N., Berthelot A., Melun F., 2011. Réflexions sur la rentabilité des taillis à courte et très courte rotation d'eucalyptus et de peuplier. *Revue Forestière Française* LXIII, 6-2011, 705-721.

Dillen S.Y., Monclus R., Barbaroux C., Bastien C., Ceulemans R., Dreyer E., Villar M., Brignolas F., Marron N., 2011. Is the ranking of poplar genotypes for leaf carbon isotope discrimination stable across sites and years in two different full-sib families? *Annals of Forest Science* 68: 1265. DOI:10.1007/s13595-011-0092-0.

Dowkiw A., Frey P., Voisin E., Dievart V., Andrieux A., Xhaard C., Guerin V., Poursat P., Tissot J., Viguier B., Bastien C., 2014. Aptitude au contournement d'un gène majeur de résistance quantitative à *Melampsora larici-populina* : dispositif de criblage rapide, constitution de collections de souches et fréquence du phénomène. *Innovations agronomiques* 35, 39-47.

Dowkiw A., Chenault N., Guerin V., Borel C., Bastien C., Villar M., 2014. Post-pollination paternal reproductive success in *Populus nigra*: a male affair. *Tree Genetics & Genomes* 10(3), 565-572.

Dumont J., Cohen D., Gérard J., Jolivet Y., Dizengremel P., Le Thiec D., 2014. Distinct responses to ozone of abaxial and adaxial stomata in three Euramerican poplar genotypes. *Plant Cell & Environment* 37(9), 2064-2076.

Dumont J., Keski-Saari S., Keinanen M., Cohen D., Ningre N., Kontunen-Soppela S., Baldet P., Gibon Y., Dizengremel P., Vaultier MN., Jolivet Y., Oksanen E., Le Thiec D., 2014. Ozone affects ascorbate and glutathione biosynthesis as well as amino acid contents in three Euramerican poplar genotypes. *Tree Physiology* 34(3), 253-266.

- Dupont C., Rougé S., Berthelot A., Da Silva Perez D., Graffin A., Labalette F., Laboubée C., Mithouard J-C., Pitocchi S., 2010. Bioenergy II: Suitability of wood chips and various biomass types for use in plant of BtL production by gasification. *International Journal of Chemical Reactor Engineering* 8, 1-21.
- Durand TC., Sergeant K., Carpin S., Label P., Morabito D., Hausman JF., Renaut J., 2012. Screening for changes in leaf and cambial proteome of *Populus tremula* x *P. alba* under different heat constraints. *Journal of Plant Physiology* 169, 1698-1718.
- Durand T.C., Sergeant K., Renaut J., Planchon S., Hoffman L., Carpin S., Label P., Morabito D., Hausman JF., 2011. Poplar under drought: Comparison of leaf and cambial proteomic responses. *Journal of Proteomics* 74(8), 1396-1410.
- Faivre-Rampant F., Zaina G., Jorge V., Giacomello S., Segura V., Scalabrin S., Guérin V., De Paoli E., Aluome C., Viger M., Cattonaro F., Payne A., PaulStephenRaj P., Le Paslier M.C., Berard A., Allwright M.R., Villar M., Taylor G., Bastien C., Morgante M., 2016. New resources for genetic studies in *Populus nigra*: genome wide SNP discovery and development of a 12k Infinium array. *Molecular Ecology Resources* 16(4), 1023-1036.
- Fichot R., Chamailard S., Depardieu C., Le Thiec D., Cochard H., Barigah T.S., Brignolas F. Hydraulic efficiency and coordination with xylem resistance to cavitation, leaf function, and growth performance among eight unrelated *Populus deltoides*x*Populus nigra* hybrids. *Journal of Experimental Botany* 62(6), 2093-2106.
- Fichot R., Brignolas F., Cochard H., Ceulemans R., 2015. Vulnerability to drought-induced cavitation in poplars: synthesis and future opportunities. *Plant Cell & Environment* 38(7), 1233-1251.
- Guet J., Fabbrini F., Fichot R., Sabatti M., Bastien C., Brignolas F. 2015. Genetic variation for leaf morphology, leaf structure and leaf carbon isotope discrimination in European populations of black poplar *Populus nigra* L. *Tree Physiology*, doi: 10.1093/treephys/tpv056.
- Guet J., Fichot R., Lédée C., Laurans F., Cochard H., Delzon S., Bastien C., Brignolas F, 2015. Stem xylem resistance to cavitation is related to xylem structure but not to growth and water-use efficiency at the within-population level in *Populus nigra* L. *Journal of Experimental Botany* 66(15), 4643-4652.
- Hedde M., van Oort F., Renouf E., Thenard J., Lamy I. 2013. Dynamics of soil fauna after plantation of perennial energy crops on polluted soils. *Applied Soil Ecology* 66, 29-39.
- Herbette S. Bouchet B. Brunel N. Bonnin E. Cochard H. Guillon F. 2015. Immunolabelling of intervessel pits for polysaccharides and lignin helps in understanding their hydraulic properties in *Populus tremula* x *alba*. *Annals of Botany* 115 (2) 187-199.
- Hjalten J., Axelsson EP., Julkunen-Tiitto R., Wennstrom A., Pilate G., 2013. Innate and Introduced Resistance Traits in Genetically Modified Aspen Trees and Their Effect on Leaf Beetle Feeding. *PLoS ONE* 8(9): e73819. doi:10.1371/journal.pone.0073819.
- Hjalten J., Axelsson EP., Whitham TG., LeRoy CJ., Julkunen-Tiitto R., Wennstrom A., Pilate G., 2012. Increased Resistance of Bt Aspens to *Phratora vitellinae* (Coleoptera) Leads to Increased Plant Growth under Experimental Conditions. *PLoS ONE* 7(1):e30640. DOI: 10.1371/journal.pone.0030640
- Ismail R. Le Bayon I. Michel V. Jequel M. Kutnik M. Aviat F. Fédérighi M. 2014. Comparative study of three methods for recovering microorganisms from wooden surfaces in the food industry. *Food Analytical Methods* 8: 1238. DOI 10.1007/s12161-014-0008-3.
- Ismail R. Aviat F. Michel V. Le Bayon I. Gay-Perret P. Kutnik M. Fédérighi M. 2013. Methods for Recovering Microorganisms from Solid Surfaces Used in the Food Industry: A Review of the Literature. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 10(11) 6169-6183.
- Kersten B. Faivre-Rampant P. Mader M. Le Paslier MC. Bounon R. Bérard A. Vettori C. Schroeder H. Leplé JC. Fladung M. 2016. Genome Sequences of *Populus tremula* Chloroplast and Mitochondrion: Implications for Holistic Poplar Breeding. *Plos One* 11(1): e0147209. doi:10.1371/journal.pone.0147209
- Labbé J., Jorge V., Kohler A., Vion P., Marçais B., Bastien C., Tuskan G.A., Martin F., Le Tacon F., 2011. Identification of quantitative trait loci affecting ectomycorrhizal symbiosis in an interspecific F1 poplar cross and differential expression of genes in ectomycorrhizas of the two parents: *Populus deltoides* and *Populus trichocarpa*. *Tree Genetics & Genomes* 7(3), 617-627.
- Lacerdat-Didier L. Berthelot C. Foulon J. Errard A. Martino E. Chalot M. Blaudez D. 2016. New mutualistic fungal endophytes isolated from poplar roots display high metal tolerance. *Mycorrhiza* DOI 10.1007/s00572-016-0699-y

- Lafon-Placette C., Faivre-Rampant P., Delaunay A., Street N., Brignolas F., Maury S., 2013. Methylome of DNase I sensitive chromatin in *Populus trichocarpa* shoot apical meristematic cells: a simplified approach revealing characteristics of gene-body DNA methylation in open chromatin state. *New Phytologist* 197(2), 416-430.
- Lopez D. Venisse JS. Fumanal B. Chaumont F. Guillot E. Daniels MJ. Cochard H. Julien JL. Gousset-Dupont A. 2013. Aquaporins and Leaf Hydraulics: Poplar Sheds New Light. *Plant Cell Physiology* 54(12) 1963-1975.
- Marron N; Gielen B; Brignolas F; Gao J; Johnson JD; Karnosky DF; Polle A; Scarascia-Mugnozza G; Schroeder WR; Ceulemans R. 2013. Abiotic stresses (Chapter 7). In *Poplars and Willows: Trees for Society and the environment*. Eds. J.G. Isebrands and J. Richardson. CAB International. pp 337-442.
- Marron N. 2015. Agronomic and environmental effects of land application of residues in short-rotation tree plantations: A literature review. *Biomass and Bioenergy* 81 378-400.
- Martin L. Decourteix M. Badel E. Huguet S. Mouliat B. Julien JL. Leblanc-Fournier N. 2014. The zinc finger protein PtaZFP2 negatively controls stem growth and gene expression responsiveness to external mechanical loads in poplar. *New Phytologist* 203 168-181.
- Martin-Garcia J., Barbaro L., Diez JJ., Jactel H., 2013. Contribution of poplar plantations to bird conservation in riparian landscapes. *Silva fennica* 47(4), <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1043>.
- Mauriat M. Leplé JC. Claverol S. Bartholomé J. Negroni L. Richet N. Lalanne C. Bonneau M. Coutand C. Plomion C. 2015. Quantitative Proteomic and Phosphoproteomic Approaches for Deciphering the Signaling Pathway for Tension Wood Formation in Poplar. *Journal of Proteome Research* 14(8) 3188-3203.
- Mauriat M. Petterle A. Bellini C. Moritz T. 2014. Gibberellins inhibit adventitious rooting in hybrid aspen and *Arabidopsis* by affecting auxin transport. *Plant Journal* 78(3) 372-384.
- Monclus R., Leple JC., Bastien C., Bert PF., Villar M., Marron N., Brignolas F., Jorge V., 2012. Integrating genome annotation and QTL position to identify candidate genes for productivity, architecture and water-use efficiency in *Populus* spp. *BMC Plant Biology* 12:173. DOI: 10.1186/1471-2229-12-173.
- Montibus M. Ismaïl R. Michel V. Federighi M. Aviat F. Le Bayon I. 2016. Assessment of *Penicillium expansum* and *Escherichia coli* transfer from poplar crates to apples. *Food Control* 60 95-102.
- Paillassa E., 2014. Les peupleraies : quels enjeux pour l'avenir de la populiculture française ? *Revue forestière française* LXVI – 3-2014, 301-311.
- Perré P. Dinh AT. Assor C. Frank X. Pilate G. 2013. Stiffness of normal opposite and tension poplar wood determined using micro-samples in the three material directions. *Wood Science and Technology* 47(3) 481-498.
- Petre B. Hacquard S. Duplessis S. Rouhier N. 2014. Genome analysis of poplar LRR-RLP gene clusters reveals RISP a defense-related gene coding a candidate endogenous peptide elicitor. *Frontiers in Plant Science* 5:111 DOI. 10.3389/fpls.2014.00111.
- Pierre F. Almeida G. Huber F. Jacquin P. Perré P. 2013. An original impact device for biomass characterisation: results obtained for spruce and poplar at different moisture contents. *Wood Science and Technology* 47(3) 537-555.
- Pilate G., Déjardin A., Leplé JC., 2012. Field trials with Lignin-Modified Transgenic Trees. Chapter 1. *Advances in Botanical Research* 61, 1-36.
- Pinon J. Berthelot A. Fabre B. 2011. Comportement des cultivars de peuplier envers la rouille. *Revue Forestière Française* LXIII 3-2011 333-346.
- Pointeau S., Sallé A., Lesieur V., Bankhead-Dronnet S., Bonnaffoux M., Lieutier F., 2011. Estimating the effect of poplar resistance on the performance of the woolly poplar aphid, *Phloeomyzus passerinii*, in various experimental conditions. *Canadian Journal of Forest Research* 41 (6), 1233-1241.
- Pointeau S., Ameline A., Laurans F., Sallé A., Rahbé Y., Bankhead-Dronnet S., Lieutier F., 2012. Exceptional plant penetration and feeding upon cortical parenchyma cells by the woolly poplar aphid. *Journal of Insect Physiology* 58(6), 857-866.
- Pot G. Toussaint E. Coutand C. Le Cam JB. 2013. Experimental study of the viscoelastic properties of green poplar wood during maturation. *Journal of Materials Science* 48(17) 6065-6073.
- Pot G., Coutand C., Le Cam JB., Toussaint E., 2013. Experimental study of the mechanical behaviour of thin slices of maturing green poplar wood using cyclic tensile tests. *Wood Science and Technology* 47, 7-25.

- Pottier M. Garcia de la Torre V-S. Victor C. David L-C. Chalot M. Thomine S. 2015. Genotypic variations in the dynamics of metal concentrations in poplar leaves: a field study with a perspective on phytoremediation. *Environmental Pollution* 199 (2015) 73-82.
- Rasheed F., Dreyer E., Richard B., Brignolas F., Montpied P., Le Thiec D., 2013. Genotype differences in C-13 discrimination between atmosphere and leaf matter match differences in transpiration efficiency at leaf and whole-plant levels in hybrid *Populus deltoides x nigra*. *Plant Cell & Environment* 36(1), 87-102.
- Rasheed F., Dreyer E., Richard B., Brignolas F., Brendel O., Le Thiec D., 2015. Vapour pressure deficit during growth has little impact on genotypic differences of transpiration efficiency at leaf and whole-plant level: an example from *Populus nigra* L. *Plant Cell & Environment* 38(4) 670-684.
- Richet N., Afif D., Tozo K., Pollet B., Maillard P., Huber F., Priault P., Banvoy J., Gross P., Dizengremel P., Lapierre C., Perré P., Cabane M., 2012. Elevated CO<sub>2</sub> and/or ozone modify lignification in the wood of poplars (*Populus tremula x alba*). *Journal of Experimental Botany*. DOI: 10.1093/jxb/ers118.
- Rigal A., Yordanov YS., Perrone I., Karlberg A., Tisserant E., Bellini C., Busov VB., Martin F., Kohler A., Bhalerao R., Legué V., 2014. The AINTEGUMENTA LIKE1 Homeotic Transcription Factor PtAIL1 Controls the Formation of Adventitious Root Primordia in Poplar. *Plant Physiology* 160(4), 1996-2006.
- Rodhe A., Storme V., Jorge V., Gaudet M., Vitacolonna N., Fabbrini F., Ruttink T., Zaina G., Marron N., Dillen S., Steenackers M., Sabatti M., Morgante M., Boerjan W., Bastien C., 2011. Bud set in poplar – genetic dissection of a complex trait in natural and hybrid populations. *New Phytologist* 189(1), 106-121.
- Rohde A., Bastien C., Boerjan W., 2011. Temperature signals contribute to the timing of photoperiodic growth cessation and bud set in poplar. *Tree Physiology* 31 (5), 472-482.
- Ruch P. 2014. Evaluation de matériels existants pour la récolte des TTCR (Taillis à Très Courte Rotation). Livrable n° 15 du projet MECABiofor (ANR 10-BIOE-006) 42 p + annexes.
- Sallé A., Maison C., Baubet O., 2015. Sensibilité, tolérance et résistance des peupliers au puceron lanigère. *Forêt-entreprise* 225, 58-63.
- Séguin A., Lahance D., Déjardin A., Leplé JC., Pilate G., 2014. Scientific research related to genetically modified trees. In Fanning, T., ed. *Challenges and Opportunities for the World's Forests in the 21st Century*, Springer, pp. 525-548.
- Thitithanakul S., Petel G., Chalot M., Beaujard F., 2012. Supplying nitrate before bud break induces pronounced changes in nitrogen nutrition and growth of young poplars. *Functional Plant Biology* 39(9), 795-803.
- Tixier A. Badel E. Franchel J. Lakhal W. Leblanc-Fournier N. Moulia B. Julien JL. 2014. Growth and molecular responses to long-distance stimuli in poplars: bending vs flame wounding. *Physiologia Plantarum* 150(2) 225-237.
- Toillon J. Rollin B. Dalle E. Feinard-Duranceau M. Bastien JC. Brignolas F. Marron N. 2013. Variability and plasticity of productivity water-use efficiency and nitrogen exportation rate in *Salix* short rotation coppice. *Biomass and Bioenergy* 56 392-404.
- Toillon J. Fichot R. Dallé E. Berthelot A. Brignolas F. Marron N. 2013. Planting density affects growth and water-use efficiency depending on site in *Populus deltoides x P. nigra*. *Forest Ecology and Management* 304 (2013) 345-354.
- Toillon J. Dalle E. Bodineau G. Berthelot A. Bastien J.C. Brignolas F. Marron N. 2016. Plasticity of yield and nitrogen removal in 56 *Populus deltoides x P. nigra* genotypes over two rotations of short-rotation coppice. *Forest Ecology and Management* 375 55-65.
- Tuskan G.A., DiFazio S., Faivre-Rampant P., gaudet M., Harfouche A., Jorge V., Labbé J., Ranjan P., Sabatti M., Slavov G., Street N., Tschaplinski T.J., Yin T., 2012. The obscure events contributing to the evolution of an incipient sex chromosome in *Populus*: a retrospective working hypothesis. *Tree Genetics and Genomes* 8(3), 559-571.
- Van Acker R. Leplé JC. Aerts D. Storme V. Goeminne G. Ivens B. Legee F. Lapierre C. Piens K. Van Montagu MCE. Santoro N. Foster CE. Ralph J. Soetaert W. Pilate G. Boerjan W. 2014. Improved saccharification and ethanol yield from field-grown transgenic poplar deficient in cinnamoyl-CoA reductase. *PNAS* 111(2) 845-850.
- Vanden-Broeck A., Cox K., Michiels B., Verschelde P., Villar M., 2012 a. With a little help from my friends: hybrid fertility of exotic *Populus x canadensis* enhanced by related native *Populus nigra*. *Biological Invasions* 14(8), 1683-1696.

- Vanden-Broeck, A; Cox, K; Villar, M., 2012 b. Natural hybridization and potential seed set of sympatric *Populus nigra* and *Populus x canadensis* along the river IJzer in Flanders (Belgium). *Plant Ecology and Evolution* 145 (3), 341-349.
- Vanholme B., Cesarino I., Goeminne G., Kim H., Marroni F., Van Acker R., Vanholme R., Morreel K., Ivens B., Pinosio S., Morgante M., Ralph J., Bastien C., Boerjan W., 2013. Breeding with rare defective alleles (BRDA): a natural *Populus nigra* HCT mutant with modified lignin as a case study. *New Phytologist* 198(3), 765-776.
- Vayssières A., Pěňčík A., Felten J., Kohler A., Ljung K., Martin F., Legué V., 2015. Development of the Poplar-*Laccaria bicolor* Ectomycorrhiza Modifies Root Auxin Metabolism Signaling and Response. *Plant Physiology* 169 (1) 890-902.
- Viger M., Smith H.K., Cohen D., Dewoody J., Trewin H., Steenackers M., Bastien C., Taylor G., 2016. Adaptive mechanisms and genomic plasticity for drought tolerance identified in European black poplar (*Populus nigra* L.). *Tree Physiology*, DOI: 10.1093/treephys/tpw017
- Wintenberger C.L., Rodrigues S., Bréhéret JG., Villar M., 2015. Fluvial islands: First stage of development from nonmigrating (forced) bars and woody-vegetation interactions. *Geomorphology* 246, 305-320.
- Wintenberger C.L., Rodrigues S., Claude N., Jugé P., Bréhéret JG., Villar M., 2015. Dynamics of a non-migrating mid-channel bar and superimposed dunes in a sandy-gravelly river (Loire River, France). *Geomorphology* 248, 185-204.
- Yoshinaga A., Kusumoto H., Laurans F., Pilate G., Takabe K., 2012. Lignification in poplar tension wood lignified cell wall layers. *Tree Physiology* 32(9), 1129-1136.

#### **IV. BILAN STATISTIQUE (cf fichier statistiques)**