



HAL
open science

Evaluation et homologation de variétés issues des vergers à graines de l'Etat - programme 2014

Gwenaël Philippe, Patrick Baldet, Stéphane Matz, Eric Collin, Frédérique Santi, Yves Rousselle, Sabine Girard

► To cite this version:

Gwenaël Philippe, Patrick Baldet, Stéphane Matz, Eric Collin, Frédérique Santi, et al.. Evaluation et homologation de variétés issues des vergers à graines de l'Etat - programme 2014. [Contrat] Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture (IRSTEA); Office National des Forêts (ONF); Centre National de la Propriété Forestière (CNPf). 2015. hal-02794412

HAL Id: hal-02794412

<https://hal.inrae.fr/hal-02794412>

Submitted on 5 Jun 2020

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

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

Evaluation et homologation de variétés issues des vergers à graines de l'Etat Programme 2014

RAPPORT FINAL

Convention DGPAAT/Irstea/INRA/ONF/
CNPFP suf IDF n° E05/2014

FEVRIER 2015

Coordination : G. Philippe
Irstea : G. Philippe, P. Baldet, S. Matz,
E. Collin

INRA : F. Santi (coord.)

ONF : Y. Rousselle (coord.)

CNPFP : S. Girard (coord.)

DEPARTEMENT GESTION DES TERRITOIRES
UNITE DE RECHERCHE ECOSYSTEMES
FORESTIERS

DOMAINE DES BARRES

45290 NOGENT-SUR-VERNISSON

Tél. 02 38 95 03 30 – Fax 02 38 95 03 46



PARTICIPANTS

Irstea

- Eric Collin, Gwenaël Philippe, Stéphane Matz, Aurélien Brochet, Patrick Baldet, Hilaire Martin, Cécile Joyeau, Pascal Croizet, Camille Couteau (CDD), Sandrine Bacle (CDD), Léa Angst (stagiaire) (GeeDAAF, Nogent-sur-Vernisson)

INRA

- Frédérique Santi, Jean-Charles Bastien, Luc Pâques, Arnaud Dowkiw, Jean-Paul Charpentier, Vincent Segura, Dominique Veisse, Kevin Ader, Vincent Iejeune (Orléans)
- Denis Vauthier (Avignon)
- Thierry Ameglio, Christophe Serre, Têtè S. Barigah, Hervé Cochard, S. Herbette, R. Souchal, P. Conchon (UMR PIAF Clermont-Ferrand)

ONF

- Yves Rousselle (Dép. RDI, CGAF Orléans)
- Jean Ladier, Charles Tessier (Dép. RDI, Avignon)
- Bruno Chopard, Jean-Michel Fargeix, François Conrard, Didier Bier, Didier François (Dép. RDI, Dole)
- Nicolas Gomez (Dép. RDI, Nancy)
- Sébastien Guérinet et Patrice Brahic (PNRGF, pôles de Peyrat-le-Château et Cadarache)
- Christian Blazy (vergers à graines de l'Etat)

CNPF

- Sabine Girard, Christophe Vidal, Gregory Sajdak (SUF CNPF, Lyon)

RESUME

Ce rapport d'activité présente les actions entreprises en 2014 par Irstea, l'INRA, l'ONF et le CNPF dans le cadre de l'évaluation des variétés issues des vergers à graines de l'Etat. Elles concernent six espèces : Douglas, mélèzes, pin laricio, épicéa commun, merisier et frêne.

Douglas

Constitution et valorisation d'un réseau d'évaluation des vergers français

Ce réseau, qui évalue l'ensemble des vergers français de Douglas et les compare à un témoin de l'aire naturelle, compte à présent 25 tests d'évaluation et de démonstration et couvre une grande variété de contextes pédoclimatiques. Les quatre organismes partenaires se sont accordés pour réaliser une première évaluation globale des variétés cinq ans après plantation. Dans cette perspective, les huit dispositifs plantés au printemps 2010 ont été mesurés.

Ces données fraîchement acquises confirment les difficultés d'adaptation de la variété Californie dans certains sites sujets aux gels. Deux caractères la pénalisent : son débourrement précoce qui la rend sensible aux gelées de printemps (Peyrat-le-Château, Sémelay), et peut-être un aoûtement imparfait qui se traduit une plus grande vulnérabilité face aux gelées d'automne (Sémelay). Ces problèmes d'adaptation peuvent générer des cimes sèches, des défauts de forme, des jaunissements/rougissements d'aiguilles (Girard et al. 2013) et, dans les cas les plus extrêmes, un affaiblissement général pouvant provoquer la mort du plant. D'autre part, Californie est souvent caractérisée par un faible indice de rétention foliaire, ce qui doit limiter son activité photosynthétique.

Pour ce qui concerne la vigueur, les nouveaux résultats ne remettent pas en cause la hiérarchie observée sur les premiers tests : le témoin Washington 403 se situe en position intermédiaire entre, d'une part, la variété Californie qui est dotée d'une faible croissance juvénile et, d'autre part, les 7 vergers constitués de matériels du nord de l'aire naturelle (Etat du Washington) et/ou français. Si l'on excepte Darrington qui est souvent proche du témoin, il n'est pas possible pour l'instant de séparer les vergers restants car leur classement varie beaucoup d'un site à l'autre.

Pour la forme enfin, les toutes premières mesures effectuées à Peyrat-le-Château différencient une nouvelle fois la variété Californie. Ses représentants présentent un angle d'insertion des branches plus aigu, ce qui leur confère un port plus fastigié. S'il venait à être confirmé dans d'autres essais, ce caractère serait défavorable car il a un impact négatif sur la surface des nœuds.

Nous disposons à présent d'un état des lieux au niveau « site » pour 19 essais du réseau. La prochaine étape consistera à regrouper ces données dans une analyse multisite ; elle sera réalisée en 2016, lorsque tous les dispositifs auront atteint cet âge de cinq ans. Cette analyse permettra d'évaluer les performances des variétés dans les quatre types de milieu prospectés (cœur de l'aire, altitude, marges climatiques) et de mettre en évidence d'éventuelles interactions variété x milieu. Les résultats de cette analyse, couplés aux données collectées ponctuellement lors d'accidents climatiques (gel) ou dans des expérimentations

complémentaires plus ciblées (résistance au froid, à la cavitation, essais sous serre), alimenteront les recommandations qui seront fournies aux reboiseurs dans le cadre de la refonte des fiches de conseils d'utilisation des MFR de Douglas.

Si le réseau est à présent conforme au schéma imaginé lors du lancement du projet, il n'en a pas pour autant atteint sa configuration définitive. Une étude menée par l'ONF montre en effet que le réseau existant n'échantillonne qu'imparfaitement les gradients pédologiques et climatiques de la ressource et que de larges parties du territoire où le Douglas est déjà cultivé avec succès ou susceptible de se développer restent non couvertes. C'est en particulier le cas de situations pédoclimatiques des domaines atlantiques et continentaux qui constituent un potentiel indéniable d'expansion de l'essence. Le groupe « évaluation VFA Douglas » a décidé de combler ces lacunes et d'étendre le réseau dans ces régions « orphelines » : montagnes de Franche Comté et plateaux calcaires de l'Est, massifs continentaux des Ardennes et des Vosges, Normandie, Bretagne. Des campagnes de semis ont été réalisées en 2013 et 2014 au PNRGF de Peyrat-le-Château et 4 terrains de Champagne-Ardenne et Franche-Comté ont été préparés par l'ONF en prévision d'une plantation au printemps 2015. Des prospections ont également été organisées par les organismes partenaires en vue d'une seconde et dernière extension programmée en 2016.

Investigations complémentaires sur l'adaptation des variétés

En dépit du suivi "rapproché" qui leur est appliqué, les plantations du réseau ne sont pas aptes à répondre à toutes les questions posées. Des essais spécifiques ont donc été mis en place pour caractériser la résistance aux aléas climatiques de certaines variétés.

En ce qui concerne l'acclimatation au froid, les tests de l'INRA réalisés fin octobre montrent que la variété Californie est moins endurcie que Washington 2 et France 1 dans un site d'altitude. La méthode utilisée (LT50, température générant 50% de lyse cellulaire, déterminée par le test de conductivité) ne permet cependant de tester qu'un nombre limité de géotypes. Irstea a donc étudié la faisabilité d'une méthode couramment utilisée outre-Atlantique et basée sur une estimation visuelle des dégâts après passage au froid. Elle est certes plus rustique mais aussi plus rapide et donc mieux adaptée au screening de grandes populations. Les premiers résultats montrent des convergences entre les résultats obtenus par les deux techniques mais des progrès devront être réalisés pour affiner l'estimation des dégâts. Un bilan sera établi après analyse des données collectées au cours des trois séries de tests réalisées durant l'intersaison 2014/15.

Des tests ont été effectués par l'INRA pour étudier la résistance du xylème à la cavitation pour trois variétés (Californie, France 1, Washington 2) échantillonnées dans deux sites climatiquement contrastés. Le résultat majeur de cette étude est l'absence de différence significative entre variétés. Le potentiel hydrique induisant 50% de perte de conductivité (Ψ_{50}), bon marqueur de résistance à la sécheresse à l'échelle interspécifique, se révèle stable au niveau intraspécifique et donc non pertinent pour discriminer des provenances de Douglas. Considérant d'autres travaux menés sur plusieurs espèces, cette absence de variabilité semble être générique.

D'autre part, les données recueillies dans le cadre d'un essai sous serre permettront à Irstea d'étudier la résilience des variétés Californie et Washington 2 en analysant la croissance de jeunes plants soumis l'année précédente à un gradient de stress hydrique.

Enfin, les notations de phénologie réalisées par l'INRA dans un test de descendance du verger Californie montrent une très faible variabilité familiale pour la tardiveté de

débourrement. Toutes les familles testées débourent très tôt et s'avèrent beaucoup plus précoces que les témoins. Il n'est donc pas envisageable d'obtenir des gains significatifs pour ce caractère par une éclaircie génétique.

Mélèze

Qualité du bois de variétés hybrides européennes

De manière à compléter notre information des performances de divers vergers d'hybridation, l'INRA a caractérisé des descendances hybrides produites dans 5 vergers européens pour le module d'élasticité (MOE), propriété la plus importante pour les usages du bois en structure. Ces mesures ont été effectuées dans un test du Limousin (Peyrat-le-Château) et sur des arbres ayant préalablement fait l'objet d'une identification taxonomique. Les résultats font apparaître de fortes différences entre descendances de vergers (de 5500 à 9000 MPa), mais aussi entre taxons (7100, 8200 et 10100 respectivement pour les mélèzes du Japon, les hybrides et les mélèzes d'Europe). Le classement de la variété FH201 produite dans le verger des Barres est flatteur si l'on considère les descendances dans leur totalité, hybrides et espèces pures, mais se révèle médiocre quand on ne s'intéresse qu'aux hybrides. Par ailleurs, le MOE est négativement corrélé à la croissance radiale pour tous les vergers étudiés.

Confirmation de l'origine *Sudetica* des clones des vergers français

Seuls les matériels originaires d'Europe centrale (*Sudetica* et *Polonica*) ont été validés pour leur résistance au chancre du mélèze. Devant la recrudescence de la maladie, il importe de vérifier l'origine des clones présents dans les vergers Sudètes. Des échantillons d'ADN ont été récoltés sur toute la population d'amélioration du mélèze d'Europe de l'INRA et analysés via 13 marqueurs microsatellites.

Merisier

En 2014, les trois cultivars de merisier ont été multipliés, mais les résultats étant toujours insuffisants, des multiplications par bouturage de racines ont été engagées par les pépinières Lemonnier durant l'hiver 2014-2015. La descendance triploïde du verger à graines Avessac récoltée en 2012, qui avait été partiellement gardée en pépinière, n'était pas plantable en 2014 (plants morts ou non conformes). Toutes les merises produites en 2014 par le triploïde 2095 ont été récoltées et mises en pré-traitement à Orléans : une importante production de plants est attendue en 2015. Deux plantations agroforestières ont été réalisées avec les témoins Gardeline et des descendances d'Avessac.

Frêne

L'INRA a mesuré 5 plantations comparatives renfermant des provenances françaises, et parfois étrangères, structurées en descendances demi-frères. Outre les caractères dendrométriques et phénologiques, les mesures et notations prenaient en compte la sensibilité à *Chalara*. La maladie a été mise en évidence dans un site du Cher. Dans les essais faisant déjà l'objet d'attaques de *Chalara*, la variabilité inter-familiale se révèle nettement supérieure à la variabilité inter-provenances pour l'état sanitaire. En outre, les effets individuels sont encore plus importants que les effets famille dans un essai.

SOMMAIRE

	Pages
<u>DOUGLAS</u>	9
I- RESEAU D'EVALUATION DES VERGERS FRANÇAIS	9
1- Comportement des variétés pour la survie, l'état sanitaire et la croissance	9
1.1 – Performances 5 ans après plantation	9
1.1.1- Peyrat-le-Château	9
1.1.2- Les Barres	14
1.1.3- Sémelay	19
1.1.4- Guéry	26
1.1.5- Valsonne	32
1.1.6- Meaux-la-Montagne	35
1.1.7- Montregard	36
1.1.8- Fraysse-sur-Agout	37
1.1.9- Soussat et Fourtou (démonstration)	38
1.2- Performances avant 5 ans	38
1.3- Tests en marge du réseau	
1.3.1- Les Barres (démonstration)	39
1.3.2- Les Battées	46
1.3.3- St Georges-en-Couzan	50
1.3.4- Sylvanes	51
2- Résistance au froid	53
3- Résistance à la cavitation	60
4- Référencement dans la BD Treebreedex	63
5- Extension du réseau d'évaluation	63
5.1- Contexte	63
5.2- Elevage de plants à la pépinière de Peyrat	63
5.2.1- Semis de juillet 2013	63
5.2.2- Semis du printemps 2014	67
5.2.3- Utilisation des plants pour la poursuite du réseau	69
5.3- Préparation des terrains (plantation P2015)	69
5.4- Recherche de terrains (plantation P2016)	70
5.5- Mobilisation de lots de graines	70

II- ETUDE DE LA RESISTANCE AU STRESS HYDRIQUE EN CONDITIONS CONTROLEES	71
1- Poursuite de l'essai initié en 2013	71
1.1 – Effet retard des traitements sur la croissance et l'état sanitaire	71
1.2- Traitement des images « proxy-détection »	72
2- Préparation d'un nouvel essai	75
III- MESURES DANS DES DISPOSITIFS AGES	76
1- Tests homologues ONF-Irstea	76
2- Tests de descendance du verger Washington 2	76
3- Tests de descendance du verger France 2	76
IV- TESTS DE DESCENDANCES DU VERGER CALIFORNIE	76
<u>MELEZES</u>	78
I- PERFORMANCES DE VARIETES HYBRIDES	78
1- Variétés hybrides F1	78
1.1- Croissance de variétés françaises et étrangères	78
1.2- Qualité du bois	78
2- Hybrides F2 : évaluation des tests de descendance diallèle F2	81
II- IDENTIFICATION SPECIFIQUE PAR SPECTROMETRIE INFRA-ROUGE	82
III- CONFIRMATION DE L'ORIGINE <i>SUDETICA</i> DES CLONES DES VERGERS FRANÇAIS	82
<u>PINS LARICIO</u>	83
<u>EPICEA COMMUN</u>	83
<u>MERISIER</u>	83

<u>FRENE</u>	85
1- Dispositif de Castillon	85
2- Dispositif de Moulins-sur-Yèvres	85
3- Dispositif de Grainville-Ymauville	87
4- Dispositif de Planches	87
5- Dispositif de Fontenoy-les-Monbozon	88
6- Dispositif de Devecey	88

DOUGLAS

I- RESEAU D'EVALUATION DES VERGERS FRANÇAIS (Irstea, ONF, INRA, CNPF)

1- Comportement des variétés pour la survie, l'état sanitaire et la croissance

1.1 – Performances 5 ans après plantation

7 essais plantés au printemps 2010 ont atteint l'âge de 5 ans : Sémelay, Soussat (Irstea), Guéry (ONF), Valsonne, Meaux-la-Montagne, Montregard et Fraysse/Agout (CNPF). Nous présentons en outre les résultats en retard des mesures effectuées à l'intersaison 2013/14 dans deux essais plantés au printemps 2009 : Peyrat-le-Château et Les Barres (Irstea).

1.1.1- Peyrat-le-Château (EV_DF_2009.02 – cœur de l'aire - Irstea)

Ce test précoce mono-arbre a été planté à forte densité en mars 2009. Ses caractéristiques ont été présentées dans le rapport d'activité 2009 (p.154). Les résultats exposés ci-dessous concernent les campagnes de mesure de 2012/13 et 2013/14.

1.1.1.1 - Interventions 2012 et 2013

- 30 mai 2012 : évaluation de l'impact des gels d'avril et mai 2012 (résultats dans le rapport d'activité 2012, pp 23-26)
- 11 mars 2013 : notations d'état sanitaire et mesure de hauteur (Irstea)
- automne 2013 : dégagement du dispositif
- fin novembre 2013 : notations d'état sanitaire et mesure de hauteur (ONF)

1.1.1.2 – Protocole de mesure

** Etat général*

0- plant sain 2- cime sèche 5- abrouiti 6- frotté
7- endommagé lors du/des dégagement(s) 8- problème particulier 9- mort

Seules les notes 0, 2, 6 et 9 ont été utilisées dans cet essai.

** Décoloration du feuillage :* 0- plant vert 1- jaune 2- rouge

Le rougissement de feuillage est extrêmement rare (un individu en 2013).

** Déficit foliaire apprécié via le nombre d'années d'aiguilles présentes sur les ramifications (1, 2 ou 3 années).*

** Hauteur totale*

La hauteur 2011 a été rectifiée en cas de changement de dominance et/ou avortement du bourgeon terminal ayant entraîné une perte de hauteur pour calculer l'accroissement 2012.

** Angle d'insertion des branches en 2013/14*

L'angle est estimé en dizaine de degrés par rapport à la verticale. La note (de 5 à 8) est attribuée après observation du 3^{ème} verticille sommital.

1.1.1.3 – Analyse statistique

- Les proportions (pourcentages) ont été analysées à l'aide du test de Khi-deux.

- Les données de hauteur ont été traitées par analyse de variance à deux facteurs (variété, bloc) sans interaction et les moyennes ont été comparées en utilisant le test de Tukey. Les variables ont dû être transformées (puissance) pour satisfaire aux conditions de normalité et d'égalité des variances.

Pour la hauteur 2013, mesurée cinq ans après plantation, des analyses distinctes ont été réalisées, d'une part, sur la totalité des arbres vivants de chaque variété (hauteur réelle) et, d'autre part, sur les populations n'ayant pas subi de dégât accidentel (frottis, cime cassée, blessé, plants endommagés repartis du pied). On parlera alors de hauteur « potentielle ».

NB1- manquent 16 valeurs pour la hauteur réelle (arbres jugés « non mesurables », essentiellement de la variété Californie).

NB2- Les très nombreux individus présentant des dégâts et problèmes de croissance liés au gel (rougissement de feuillage, dessèchement de pousses, descente de cime, avortement du bourgeon terminal) ont été conservés pour le calcul de la hauteur potentielle car les dégâts de gel sont récurrents et inhérents au site.

- Les notes, variables prenant un nombre limité de valeurs, ont été analysées par le test de Khi-deux et de Kruskal-Wallis.

1.1.1.4 – Résultats

* *Bilan général*

Variable étudiée	Effet provenance	Effet bloc
% nouveaux morts (2012-2013)	**	NS
% mortalité fin 2013	***	***
% cimes sèches 2012	***	***
% avortement du bourgeon terminal 2011	NS	***
% arbres à deux leaders	NS	NS
% arbres jaunes 2012	***	***
% arbres jaunes 2013	***	NS
Déficit foliaire 2012	***	NS
Déficit foliaire 2013	***	NS
Angle de branchaison 2013	***	*
Hauteur réelle 2012	***	***
Hauteur réelle 2013	***	***
Accroissement en hauteur 2012	***	***
Accroissement en hauteur 2013	***	***
Hauteur potentielle 2013	***	***

(*), *, **, *** effet significatif au seuil de 10%, 5%, 1%, 1%

NS : non significatif

* *Survie et état sanitaire*

Provenance	% mortalité cumulé 2012-13 (2)	% mortalité fin 2013 (1)	% cimes sèches 2012 (3)	% arbres jaunes 2012 (3)	% arbres jaunes 2013 (4)
WA 403	0 (a)	0 (a)	6.2 (a)	62.4 (bc)	3.1 (a)
Darrington	1.0 (ab)	1.0 (a)	2.1 (a)	40.4 (a)	2.1 (a)
Luzette non écl.	0 (a)	1.0 (a)	4.2 (a)	68.8 (bcd)	2.1 (a)
Luzette éclairci	1.1 (ab)	3.1 (a)	1.1 (a)	54.3 (ab)	0 (a)
France 1 (2006)	0 (a)	1.0 (a)	6.3 (a)	55.9 (ab)	0 (a)
France 1 (2007)	0 (a)	0 (a)	8.3 (a)	50.0 (ab)	0 (a)
France 2	0 (a)	0 (a)	10.4 (a)	63.4 (bc)	0 (a)
France 3	0 (a)	0 (a)	8.3 (a)	63.4 (bc)	1.1 (a)
Washington 2	1.0 (ab)	1.0 (a)	2.1 (a)	55.3 (ab)	0 (a)
Californie com.	4.8 (b)	15.6 (b)	27.2 (b)	78.6 (d)	11.0 (b)
Californie expé	5.7 (b)	12.5 (b)	37.7 (b)	80.6 (d)	0 (a)
Total	12 morts (1,2%)	34 morts (3,2%)	101 ind. (9,9%)	582 ind. (60,2%)	16 ind. (1,5%)

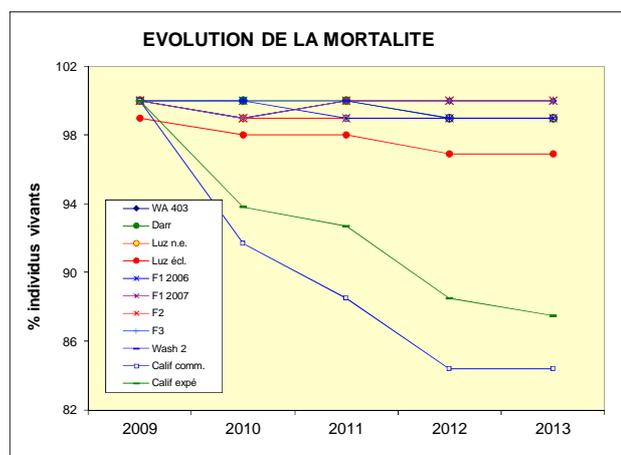
(1) pourcentage calculé par rapport à l'effectif planté

(2) pourcentage calculé par rapport à l'effectif vivant fin 2011

(3) pourcentage calculé par rapport à l'effectif vivant à l'intersaison 2012-13

(4) pourcentage calculé par rapport à l'effectif vivant à l'intersaison 2013-14

Onze individus sont morts en 2012 mais un seul en 2013. Il s'agit pour la plupart de représentants de la variété Californie. Ces nouveaux morts étaient dans leur grande majorité répertoriés comme gravement endommagés par le gel du 16 mai 2012. Cinq ans après la plantation, le taux de survie global est excellent (96,8%) mais les deux unités génétiques californiennes (lot commercial et récolte expérimentale de 2007) se distinguent par un taux de mortalité élevé. Par ailleurs, la mortalité est plus forte dans la partie nord-est du dispositif, qui correspond précisément à la zone fertilisée où sont concentrés les dégâts de gel.



A l'intersaison 2012-13, on dénombre 101 individus à cime sèche, soit 10% des arbres vivants. Ces descentes de cime s'expliquent par le gel de mai 2012 (58,5% de cimes sèches parmi les arbres gravement endommagés par le gel). Logiquement, ce défaut de croissance concerne particulièrement les populations californiennes et la zone nord-est du dispositif, qui avaient été particulièrement touchées par le gel (cf rapport d'activité 2012 pp. 23-26). Ces problèmes sont en nette régression en 2013-14 puisqu'on ne recense plus que 8 individus à cime sèches (dont 5 d'origine Californie).

125 arbres présentent un avortement du bourgeon terminal 2011 (12,2% des arbres vivants). Ces dégâts résultent principalement du gel du 24 avril 2012 (70,4% et 4,8% de bourgeons avortés dans les populations gelées et non gelées) et, dans une moindre mesure, du gel du 16 mai de la même année (2,1%, 9,2%, 17,0% et 19,7% de bourgeons avortés pour les arbres

affectés des notes 0, 1, 2 et 3 qui caractérisent l'intensité des dégâts de gel). Ce gel tardif du mois de mai a également généré la formation de « doubles leaders ». Ce défaut concerne respectivement 0,5%, 6,1%, 5,7% et 17,0% des arbres notés 0, 1, 2 et 3. Pour ces deux caractères, l'effet provenance n'est pas significatif.

Des jaunissements de grande ampleur sont observés durant l'hiver 2012/13. Ils concernent en moyenne 60% des arbres du dispositif et près de 80% des individus du verger Californie. Ces décolorations de feuillage sont imputables au gel de mai 2012 mais seulement pour partie car une forte proportion des individus indemnes ou faiblement gelés présente aussi des jaunissements (39%, 57%, 71% et 82% des arbres notés 0, 1, 2 et 3). Un an plus tard, les arbres ont bien reverdi puisqu'on ne comptabilise plus que 15 individus jaunes et 1 rouge. La moitié d'entre eux appartiennent à la variété Californie (récolte commerciale).

Provenance	déficit foliaire 2012		déficit foliaire 2013		angle de branches (note moy.)
	note moyenne	% arbres très défoliés (1)	note moyenne	% arbres très défoliés (1)	
WA 403	1.28 (abc)	72.6 (bc)	1.28 (a)	71.9 (b)	7.08 (c)
Darrington	1.39 (bc)	61.0 (ab)	1.47 (ab)	53.2 (ab)	7.04 (c)
Luzette non écl.	1.44 (c)	55.8 (a)	1.38 (ab)	62.1 (ab)	7.09 (c)
Luzette éclairci	1.37 (bc)	63.0 (ab)	1.49 (b)	51.1 (a)	7.09 (c)
France 1 (2006)	1.33 (abc)	67.4 (ab)	1.51 (b)	49.5 (a)	6.95 (bc)
France 1 (2007)	1.31 (abc)	69.5 (ab)	1.41 (ab)	58.9 (ab)	6.97 (bc)
France 2	1.39 (bc)	61.5 (ab)	1.43 (ab)	57.3 (ab)	6.83 (abc)
France 3	1.49 (c)	51.1 (a)	1.53 (b)	46.8 (a)	6.91 (bc)
Washington 2	1.48 (c)	51.6 (a)	1.52 (b)	48.4 (a)	7.13 (c)
Californie com.	1.12 (a)	88.0 (c)	1.34 (ab)	65.7 (ab)	6.67 (ab)
Californie expé	1.16 (ab)	84.0 (c)	1.27 (a)	72.5 (b)	6.57 (a)
Moyenne	1,35	65,2%	1,42	57,6%	6,96

(1) arbres ne conservant qu'une année d'aiguilles

Les défoliations ont fortement progressé depuis 2011 : de 2,66, l'indice de rétention foliaire a chuté à 1,35 et 1,42 respectivement en 2012 et 2013. La majorité des individus ne conservent que les aiguilles de l'année (65% et 58% en 2012 et 2013) et les arbres possédant trois années d'aiguilles sont quasiment inexistantes. Le gel de mai 2012 a contribué aux défoliations observées durant l'hiver 2012-13 mais il n'est pas seul en cause car nombre d'arbres non ou peu atteints sont également très défoliés (53%, 63%, 71%, 77% pour les arbres affectés des notes 0, 1, 2 et 3). Les variétés présentant le plus fort déficit foliaire sont Californie et le témoin Washington 403.

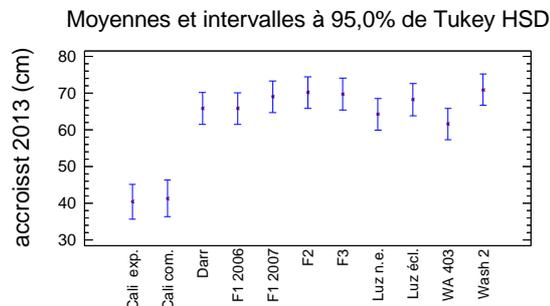
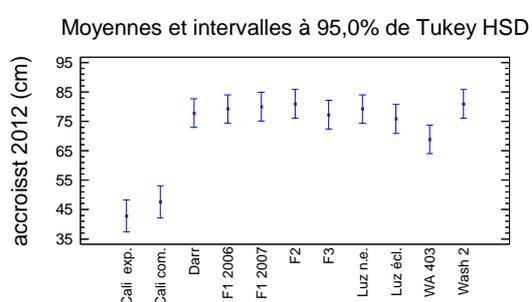
* *Forme : angle de branchaison*

Californie est caractérisée par un angle plus aigu, et donc un port plus fastigié, que la plupart des autres provenances. Les angles les plus « plats » se retrouvent dans les variétés Washington 2, La Luzette, Darrington et le témoin Washington 403.

* Croissance en hauteur

Provenance	accroissement en hauteur (cm)		hauteur réelle (cm)		hauteur potentielle 2013 (cm)
	2012	2013	2012	2013	
WA 403	68.9 (b)	61.6 (b)	193.9 (b)	254.0 (b)	254.9 (b)
Darrington	77.8 (bc)	65.8 (bc)	208.5 (bc)	274.4 (bc)	274.0 (bc)
Luzette non écl.	79.2 (c)	64.2 (bc)	219.1 (c)	283.3 (c)	283.9 (cd)
Luzette éclairci	75.8 (bc)	68.2 (bc)	208.3 (bc)	279.1 (c)	278.9 (cd)
France 1 (2006)	79.2 (c)	65.8 (bc)	218.5 (c)	284.3 (c)	286.3 (cd)
France 1 (2007)	80.0 (c)	69.0 (bc)	218.7 (c)	287.9 (c)	291.4 (cd)
France 2	81.0 (c)	70.2 (c)	216.6 (c)	286.7 (c)	287.9 (cd)
France 3	77.2 (bc)	69.7 (bc)	217.6 (c)	288.3 (c)	289.4 (cd)
Washington 2	80.9 (c)	70.9 (c)	225.5 (c)	296.4 (c)	297.3 (d)
Californie com.	47.6 (a)	41.3 (a)	142.6 (a)	186.8 (a)	187.2 (a)
Calif expé	42.9 (a)	40.4 (a)	137.0 (a)	177.5 (a)	177.6 (a)
Moyenne	73 cm	64 cm	204 cm	268 cm	269 cm

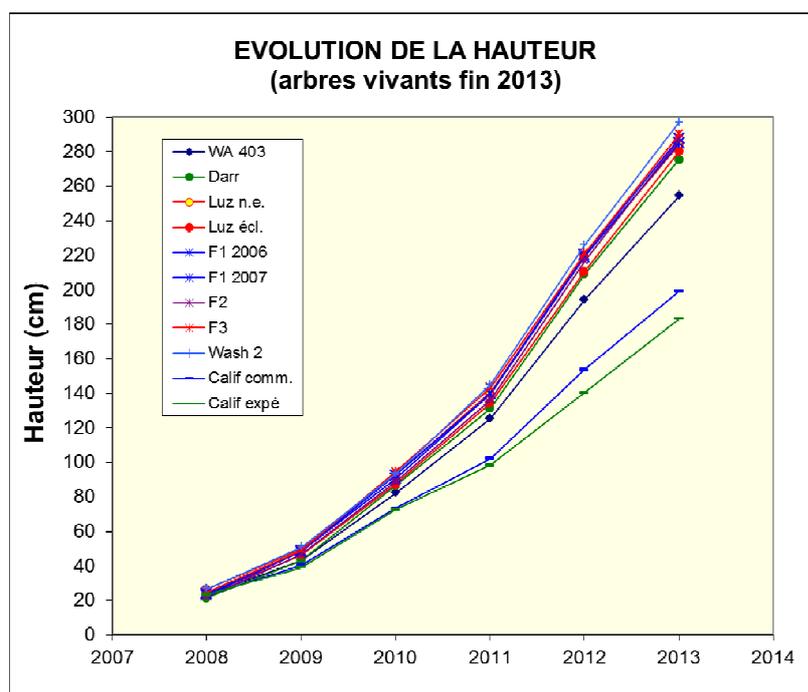
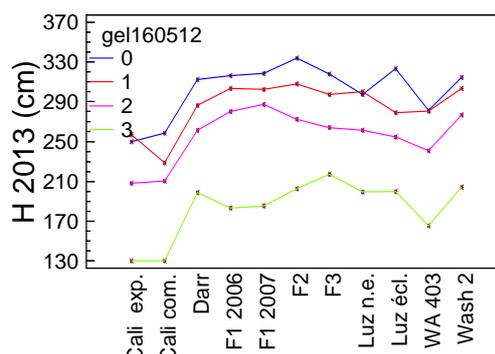
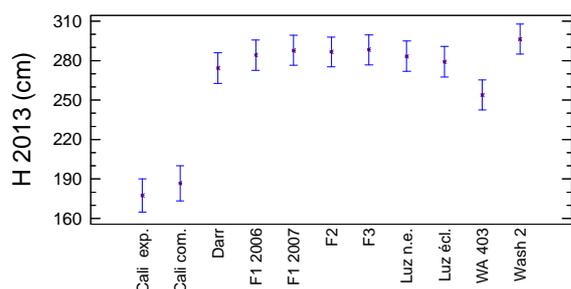
Les accroissements annuels augmentent par rapport aux années précédentes et tendent à se stabiliser (47 cm, 73 cm, 64 cm en 2011, 2012 et 2013). Les produits du verger Californie confirment leur faible vigueur (accroissements en retrait de 40-43% par rapport à l'ensemble des autres variétés issues de vergers et de 34% par rapport à Washington 403). A l'opposé, France 2 et Washington 2 sont significativement supérieurs au témoin en 2012 et 2013 (+16%).



Cinq ans après la plantation, la hauteur "réelle" s'établit à 268 cm. Tous les vergers, hormis Californie et Darrington, diffèrent de la seed zone Washington 403. Ils lui sont supérieurs de 12% en moyenne (de 10% pour La Luzette éclairci à 17% pour Washington 2). Compte tenu du faible nombre d'arbres éliminés pour le calcul de la hauteur potentielle (18 individus, soit 2%), le classement diffère peu pour les deux hauteurs.

La vigueur, caractérisée par les accroissements annuels et la hauteur totale, est liée à l'indice de rétention des aiguilles. Fort logiquement, les individus ne possédant plus que les aiguilles de l'année présentent une croissance réduite. D'autre part, le gel de mai 2012 a un impact significatif sur l'accroissement 2012, mais aussi sur celui de l'année suivante et sur la hauteur totale.

Moyennes et intervalles à 95,0% de Tukey HSD



1.1.2- Les Barres (EV DF 2009.03 – marge 1 - Irstea)

Ce dispositif mono-arbre a été planté en mars 2009, sur le domaine des Barres. Ses caractéristiques ont été présentées dans le rapport d'activité 2009 (p.158). Il compare 9 provenances (témoin Washington 403, vergers français excepté Washington – 96 individus/provenance) auxquelles s'ajoutent deux récoltes commerciales de vergers sur une partie de la surface (France 1 récolte 2006 avec présomption de pollution pollinique et Californie 2007 – 64 individus/variété).

Cet essai a connu de nombreux avatars : une forte mortalité enregistrée l'année de plantation qui a motivé un regarni au printemps 2010 et des dégâts de chevreuils récurrents (frottis), auxquels il a été partiellement remédié en février 2011 en installant des piquets de protection autour des plants. En dépit des dégagements annuels, les plants ont aussi souffert de la concurrence de la végétation, extrêmement dense et vigoureuse (comme l'indique le nom du lieu-dit « champ de la ronce »). Enfin, leur croissance a été perturbée par la sécheresse du

printemps 2011, compensée en partie par un arrosage manuel, des dégâts de gel et une hydromorphie localisée.

Les résultats exposés ci-dessous concernent les campagnes de mesure de 2012/13 et 2013/14.

1.1.2.1 - Interventions 2012 et 2013

- juillet 2012 : gyrobroyage d'une ligne sur deux
- consolidation des piquets de protection contre le gibier
- janvier 2013 et février 2014 : notations et mesures

1.1.2.2 – Protocole de mesure

* *Etat général*

0- plant sain 2- cime sèche 5- abrouiti 6- frotté
7- endommagé lors du/des dégagement(s) 8- problème particulier 9- mort

La note 6 est affectée à des arbres présentant un frottis de l'année ou une blessure plus ancienne non refermée.

Divers problèmes de croissance ont aussi été consignés en observation : avortement du bourgeon terminal de l'année n-1, arbres multi-têtes ou à double leader, ...

* *Décoloration du feuillage :* 0- plant vert 1- jaune 2- rouge

Aucun rougissement de feuillage n'a été observé dans cet essai

* *Rétention foliaire* appréciée en 2012/13 via le nombre d'années d'aiguilles présentes sur les ramifications (1, 2 ou 3 années).

* *Hauteur totale* 2012 et 2013 et *longueur des pousses primaires et secondaires* en 2012.

1.1.2.3 – Analyse statistique

- Les proportions (pourcentages) ont été analysées à l'aide du test de Khi-deux.
- Compte tenu de la forte mortalité enregistrée dans cet essai, les données de hauteur ont été traitées par analyse de variance à un seul facteur (provenance) et les moyennes ont été comparées en utilisant le test de Bonferroni. Les conditions de normalité et d'égalité des variances étaient satisfaites sans transformation de variables.
- Les notes, variables prenant un nombre limité de valeurs, ont été analysées par le test de Kruskal-Wallis.

1.1.2.4 – Conditions climatiques (stations météo des Barres)

	2012	2013	1981-2010
T°C annuelle	11.4 °C	10.7°C	11.3°C
Pluvio annuelle	686 mm	1063 mm	741 mm
Pluvio mai-sept	256 mm	413 mm	306 mm

En dépit de trois mois secs (février, mars et août), l'année 2012 est caractérisée par une température et une pluviométrie proches des normales. En 2013, année très arrosée, la pluviométrie est supérieure de 43% à la moyenne trentenaire.

1.1.2.5 – Résultats

* *Etat général du dispositif*

- *Regarnis*

Zone	mortalité fin 2010	mortalité fin 2011	mortalité fin 2012	mortalité fin 2013	nb vivants fin 2013
1	3.0%	42.0%	80.5%	84.6%	26
2	10.3%	28.6%	55.6%	63.6%	36
3	1.6%	19.0%	46.9%	57.8%	27
Total	4.8% 16 morts	33.6% 111 morts	66.6% 221 morts	73.2% 243 morts	89 plants

Malgré l'arrosage du printemps 2011, les protections contre le chevreuil et les entretiens annuels, la population regarnie a vu son effectif fondre en 2011 et 2012, tout spécialement dans la zone 1 (sud). Le nombre d'individus vivants est à présent trop limité (5 à 16 plants par provenance) pour permettre un suivi fiable. Les données 2012 et 2013 n'ont donc pas été analysées.

- *Arbres de place (plantés au printemps 2009)*

Zone	mortalité fin 2012 (1)	mortalité fin 2013 (1)	nb vivants fin 2013 (1)
1	25.6%	36.7%	57
2	10.5%	15.3%	194
3	10.9%	14.2%	235
Total	13.0% 77 morts	18.0% 107 morts	486 arbres

(1) mortalité depuis le bilan effectué à l'issue de la première année sur le terrain

La zone 1, qui ne renferme pas la totalité des provenances, se caractérise par un taux de mortalité élevé et une faible croissance (hauteur totale 2013 de 151 cm, 189 cm et 211 cm respectivement dans les zones 1, 2, 3). Nous avons pris le parti de l'éliminer et de restreindre les analyses aux zones 2 et 3 où sont concentrés les arbres les mieux-venants et où toutes les provenances sont représentées.

* *Bilan général des analyses (arbres d'origine des zones 2 et 3)*

Variables étudiées	Effet provenance
% mortalité en 2012 et total fin 2012	NS
% mortalité en 2013 et total fin 2013	NS
Rétention foliaire 2012	(*)
% polycyclisme 2012	NS
Accroissement en hauteur 2012	***
Longueur des pousses primaires 2012	***
Longueur des pousses secondaires 2012	NS
Hauteur totale 2012	**
Accroissement en hauteur 2013	NS
Hauteur totale 2013	*

(*), *, **, *** : effet significatif au seuil de 10%, 5%, 1%, 1%

NS : non significatif

* *Survie et état sanitaire*

Provenance	% morts 2012 (1)	% morts 2013 (1)	nb vivants 2013	rétenion foliaire (note moy.)
WA 403	9.5	14.3	36	1.97
Darrington	7.0	11.6	38	2.20
Luzette non éclairci	5.8	9.6	47	2.25
Luzette éclairci	10.0	16.0	42	2.20
France 1 (2006)	6.7	8.9	41	2.19
France 1 (2007)	16.7	20.8	38	1.95
France 2	5.8	5.8	49	2.12
France 3	12.8	15.4	33	2.18
Washington 2	10.8	16.2	31	2.22
Californie (expé)	13.6	18.2	36	2.00
Californie (commerce)	19.6	25.5	38	1.95
Moyenne	54 arbres 10,7%	74 arbres 14,7%	429 arbres 61% des plantés	2,11

(1) depuis le regarni (intersaison 2009/10)

On déplore la perte de 33 individus en 2012 (6,8% des vivants fin 2011) et de 20 individus en 2013 (4,4% des vivants 2012). La mortalité est attribuée principalement aux frottis de chevreuil des premières années et à l'étouffement par la végétation des individus peu vigoureux. Fin 2013, le taux de survie s'établit à 85,3% depuis le regarni (et à 61% depuis la plantation). Les effectifs sont faibles mais demeurent suffisants pour évaluer les variétés (39 arbres en moyenne par provenance, fourchette de 31 à 49).

L'état sanitaire est correct dans l'ensemble, compte tenu des dégâts de gibier survenus au cours des premières années. En particulier, rares sont les cimes sèches (2,2% et 2,8% de l'effectif en 2012 et 2013) et les jaunissements de feuillage (1,1% et 3,9%). On recense néanmoins de nouveaux frottis malgré les protections (10,5% et 4,2% des arbres en 2012 et 2013). Ces dégâts de gibier sont à l'origine d'une partie des « doubles têtes » observées (7-8% en 2012 et 2013).

L'indice de rétenion foliaire 2012 est comparable à celui de l'année précédente (2,01 et 2,11 en 2011 et 2012). La majorité des arbres possèdent deux années d'aiguilles (68%) ou trois (22%). Aucune provenance ne se distingue pour ce caractère.

* *Croissance en hauteur et polyclisme*

En 2012, les arbres se sont allongés de 67 cm, ce qui porte la hauteur totale à 142 cm. Pour ces deux variables, les variétés France 2 et 3 sont significativement supérieures aux deux lots de plants récoltés dans le verger Californie. Le classement est similaire si l'on considère la longueur de la pousse primaire.

60% des individus ont formé une seconde pousse, soit 4 fois plus qu'en 2011, année caractérisée par un printemps sec. En moyenne, cette seconde pousse mesure 21 cm. Les provenances ne diffèrent pas significativement pour ces deux caractères.

Provenance	2012					2013
	accroissement (cm)	% poly-cyclisme	pousse 1 (cm)	pousse 2 (cm)	H totale (cm)	H totale (cm)
WA 403	57.2 (ab)	57.9	46.8 (ab)	16.1	129.5 (abc)	188.6
Darrington	68.4 (ab)	67.5	52.6 (ab)	20.7	144.0 (abc)	204.1
Luzette n.e.	69.4 (ab)	67.3	53.9 (ab)	21.6	145.9 (abc)	205.9
Luzette éclairci	68.7 (ab)	48.9	54.7 (ab)	26.0	145.7 (abc)	212.2
France 1 (2006)	67.3 (ab)	61.9	52.8 (ab)	21.3	143.6 (abc)	205.9
France 1 (2007)	69.6 (ab)	62.5	53.0 (ab)	22.6	149.9 (abc)	206.1
France 2	76.1 (b)	63.3	59.8 (b)	21.9	159.4 (c)	215.1
France 3	78.9 (b)	73.5	60.5 (b)	22.9	160.9 (bc)	220.4
Washington 2	71.0 (ab)	51.5	59.8 (b)	18.5	140.2 (abc)	207.0
Californie (expé)	53.2 (a)	50.0	42.4 (a)	18.1	117.5 (a)	165.3
Californie (comm.)	52.6 (a)	56.1	39.8 (a)	20.7	123.4 (ab)	177.1
Moyenne	67 cm	60%	52 cm	21 cm	142 cm	201 cm

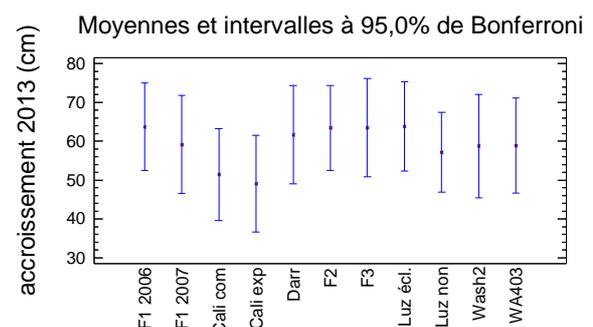
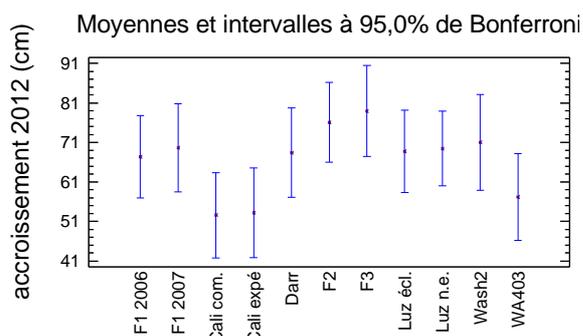
Les valeurs suivies de lettres différentes diffèrent significativement au seuil de 5% (moyennes comparées à l'aide du test de Bonferroni)

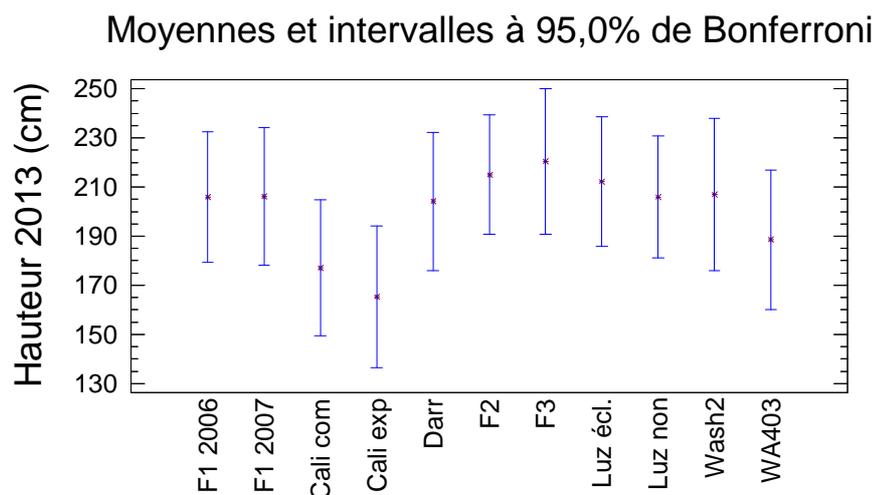
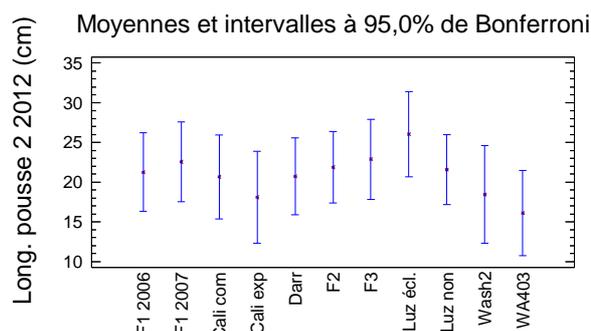
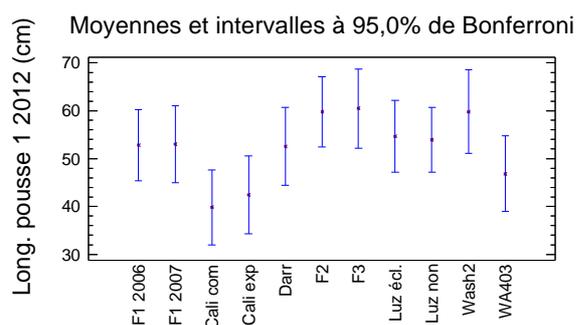
L'accroissement en hauteur de 2013 apparaît faible (59 cm) compte tenu de la forte pluviosité du printemps et de l'été. De façon surprenante, on n'observe pas d'effet génétique significatif. La hauteur totale 2013 s'établit à 201 cm. L'Anova met en évidence un effet provenance significatif mais le test de Bonferroni classe toutes les unités génétiques dans le même groupe. Néanmoins, on retrouve peu ou prou la hiérarchie obtenue dans la plupart des autres sites, notamment la faible croissance de Californie et, à un degré moindre, du témoin de l'aire naturelle.

D'une manière générale, on observe dans cet essai une forte variabilité intra-provenance pour les caractères de croissance (coefficients de variation de 30% à 50% selon les provenances et les caractères). Cette hétérogénéité, assurément due aux nombreux problèmes rencontrés par la plantation dans le jeune âge, nuit à la différenciation des provenances.

Enfin, il n'est pas paru pertinent d'analyser la hauteur potentielle (hauteur des arbres n'ayant jamais subi de dégât) car les effectifs vivants sont limités et la plupart des arbres ont souffert du gibier et/ou de la concurrence de la végétation au cours de leur vie.

Compte tenu de son lourd passif, cet essai sera vraisemblablement clos à l'issue de cette dernière campagne de mesure à 5 ans.





1.1.3- Sémelay (EV DF 2010.01 – coeur de l'aire - Irstea)

Ce dispositif mono-arbre a été planté en mars 2010, dans la Nièvre. Ses caractéristiques ont été présentées dans le rapport d'activité 2010 (rapport de février 2011, pp. 10-11). Les résultats exposés ci-dessous concernent les campagnes de mesure de 2012/13, 2013/14 et 2014/15.

1.1.3.1- Interventions 2012-13

- Novembre 2012 : dégagement sur les lignes de plantation (Société forestière CDC)
- Novembre 2013 : Dégagement en plein au tracteur avec gyrobroyeur et finition à la main sur les lignes de plantation (SF CDC)
- 14 novembre 2012, 7 novembre 2013 et 9 octobre 2014 : notations d'état sanitaire et mesure de la hauteur totale.

1.1.3.2- Protocole de mesure

* *Etat général :*

- | | | | |
|--|-------------------------|-------------|-----------|
| 0- plant sain | 2- cime sèche | 5- abrouiti | 6- frotté |
| 7- endommagé lors du/des dégagement(s) | 8- problème particulier | 9- mort | |

Le code 8 n'a pas été utilisé mais des accidents ou anomalies de développement ont été consignés en observation : bourgeon terminal avorté, jeune pousse terminale grillée par un gel tardif (P2012), extrémité de pousses latérales gelées à l'automne 2012, cime sèche

développée postérieurement aux mesures de l'année n-1, cime cassée, perte d'aiguille sommitales, présence de deux leaders, arbre multi-tête, ...

* *Décoloration du feuillage :*

0- plant vert 1- jaune 2- rouge

La note 2 n'a pas été attribuée sur ce dispositif.

* *Déficit foliaire* apprécié via le nombre d'années d'aiguilles présentes sur le 3^{ème} verticille à partir du sommet de l'arbre (1, 2 ou 3 années).

- *Hauteur* totale.

1.1.3.3- Analyse statistique

- Les proportions (pourcentages) ont été analysées à l'aide du test de Khi-deux.

- Les données de hauteur ont été traitées par analyse de variance à deux facteurs (variété, bloc) sans interaction et les moyennes ont été comparées en utilisant le test de Tukey. Seules les variables « hauteur 2013 » et « hauteur 2014 » ont dû être transformées (puissance) pour satisfaire aux conditions de normalité et d'égalité des variances.

Les analyses des hauteurs 2012 et 2013 portent sur l'ensemble des arbres vivants ; il s'agit donc de la « hauteur réelle ». Pour la hauteur 2014, mesurée cinq ans après plantation, des analyses distinctes ont été réalisées, d'une part, sur la totalité des arbres vivants de chaque variété (hauteur réelle) et, d'autre part, sur les populations n'ayant pas subi de dégât accidentel (cime sèche ou cassée, dégât de gibier ou d'entretien, blessure).

- Les notes, variables prenant un nombre limité de valeurs, ont été analysées par le test de Kruskal-Wallis.

1.1.3.4- Résultats

* *Bilan général*

Variable étudiée	Effet provenance	Effet bloc
% mortalité 2012	NS	**
% mortalité 2013	NS	***
% mortalité 2014	NS	**
% cimes sèches 2012	***	NS
% frottis 2012	NS	***
Dégâts de gel précoce 2012	***	*
Dégâts de gel tardif 2012	***	(*)
% plants à double leader 2012	NS	NS
Rétention aiguilles 2012 (note moy.)	***	***
% note 3 (2012)	***	***
Rétention aiguilles 2013	***	**
Rétention d'aiguilles 2014	***	***
Accroissement hauteur 2012	***	***
Accroissement hauteur 2013	***	***
Accroissement hauteur 2014	***	***
Hauteur totale 2012	***	***
Hauteur totale 2013	***	***

Hauteur totale 2014 (réelle)	***	***
Hauteur potentielle 2014	***	***

(*), *, **, *** effet significatif au seuil de 10%, 5%, 1%, 1‰

NS : non significatif

* *Etat sanitaire*

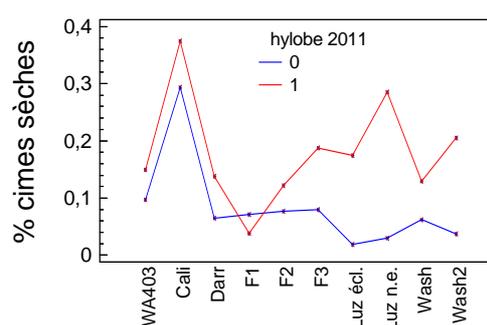
Variété	% morts fin 2014 (1)	% cimes sèches 2012 (2)	dégâts de gels 2012 (% de plants) (2)	
			précoces	tardifs
WA 403	7.3	10.9 (a)	8.7 (ab)	4.3 (a)
Californie	5.2	30.8 (b)	17.6 (b)	27.5 (b)
Darrington	5.2	8.9 (a)	2.2 (a)	0 (a)
France 1	0	6.2 (a)	5.2 (a)	7.3 (a)
France 2	3.1	9.7 (a)	1.1 (a)	9.7 (a)
France 3	2.1	11.6 (a)	3.2 (a)	5.3 (a)
Luzette éclairci	2.1	8.5 (a)	2.1 (a)	2.1 (a)
Luzette non écl.	2.1	10.6 (a)	2.1 (a)	7.4 (a)
Washington	1.0	8.4 (a)	0 (a)	2.1 (a)
Washington 2	3.1	10.7 (a)	0 (a)	0 (a)
moyenne	29 ind. 3,0%	108 ind. 11,6%	39 ind. 4,2%	61 ind. 6,5%

(1) pourcentage calculé par rapport à l'effectif planté

(2) pourcentage calculé par rapport à l'effectif vivant fin 2012

La mortalité enregistrée au cours des trois saisons est très faible : perte de 3 plants en 2012 (2 WA 403, 1 Californie) et 2013 (2 WA 403, 1 France 3) puis un seul arbre en 2014 (WA 403). La majorité des individus nouvellement disparus avaient précédemment été endommagés (cime sèche, dégâts d'entretien ou d'hylobes). La forte attaque d'hylobe, qui avait touché le tiers des plants en 2011, n'a pas d'effet significatif sur la mortalité et l'impact des dégâts dus à la chaleur durant l'élevage en pépinière (été 2009) s'estompe au cours du temps (non significatif à partir de 2013). Fin 2014, le taux de survie s'établit à 96,9%, ce qui est remarquable. Bien que l'effet bloc soit significatif, on n'observe pas de structuration spatiale.

Le nombre d'individus à cime sèche a fortement progressé en 2012 (de 1,0% en 2011 à 11,6%) puis régressé au cours des deux années suivantes (<1%). En 2012, ces dégâts sont plus fréquents dans la population attaquée par les hylobes l'année précédente (17,2% d'individus à cime sèche contre 8,9%). Toutefois, le mauvais classement de Californie n'est pas imputable aux hylobes car cette variété avait été peu touchée en 2011 et la hiérarchie reste inchangée si on considère les populations exemptes d'attaques.



Les dégâts de gibier, quasi exclusivement des frottis, concernent 55 plants en 2012, soit 5,9% de l'effectif (de 3,2% à 10,4% selon la provenance), sans effet variété significatif. Ils sont en nette régression en 2013 (29 arbres, soit 3,1%) et 2014 (13 arbres, 1,4%).

Les jaunissements d'aiguilles sont marginaux puisqu'ils ne concernent respectivement qu'un, six et cinq individus en 2012, 2013 et 2014.

En 2012, plus du quart des plants présentaient deux ou plusieurs leaders (22,5% et 4,3% respectivement), sans qu'on note d'effet de la provenance ni de l'attaque d'hylobes de 2011. Ces défauts chutent à des taux plus raisonnables en 2013 et 2014 (6,1% et 6,7% en total cumulé).

La sensibilité aux gels tardifs et précoces a pu être étudiée en 2012. A l'époque des notations, les dégâts se manifestent, dans le 1^{er} cas, par les restes desséchés de la jeune pousse 2012 et, dans le 2^{ème} cas, par le flétrissement d'extrémités de pousses latérales. La variété Californie se caractérise par des dégâts de gel tardif plus fréquents, ce qui s'explique par son débourrement précoce, mais aussi par une plus grande sensibilité aux gels précoces. Ce dernier résultat est conforme aux observations de Th. Guyot, chef de culture de la pépinière Naudet (Girard et al. 2013, Forêt Entreprise). A Soussat (2011) en revanche, l'effet provenance n'était pas significatif. Pour mémoire, les résultats obtenus par le PIAF de Clermont-Ferrand à l'automne 2012 ne montraient pas non plus de différence entre Californie et La Luzette pour la LT50. Cependant, les tests avaient été réalisés sur des pousses monocycliques alors que, dans le cas présent, les dégâts concernent vraisemblablement des pousses secondaires.

Variété	rétention des aiguilles en 2012		rétention des aiguilles en 2013	rétention des aiguilles en 2014
	note moy.	% notes 3	note moy.	note moy.
WA 403	2.62 (bc)	66.3 (bc)	2.16 (ab)	1.98 (abc)
Californie	2.25 (a)	34.1 (a)	2.10 (a)	1.81 (a)
Darrington	2.80 (c)	81.1 (c)	2.28 (b)	2.16 (c)
France 1	2.75 (c)	75.8 (c)	2.24 (ab)	2.16 (c)
France 2	2.69 (bc)	69.9 (bc)	2.16 (ab)	2.01 (abc)
France 3	2.64 (bc)	69.1 (bc)	2.26 (b)	2.04 (abc)
Luzette éclairci	2.52 (b)	54.3 (b)	2.07 (a)	1.98 (abc)
Luzette non écl.	2.81 (c)	80.6 (c)	2.25 (ab)	1.92 (ab)
Washington	2.71 (bc)	70.5 (bc)	2.18 (ab)	1.99 (abc)
Washington 2	2.78 (c)	79.3 (c)	2.21 (ab)	1.98 (abc)
Ensemble essai	m = 2,66	m = 68,3%	m = 2,19	m = 2.00

En 2012, les aiguilles des trois années précédentes restent présentes sur la majorité des plants (68,3%) et très rares sont les individus ne conservant que les aiguilles de l'année (2,1%). L'effet provenance, hautement significatif, est essentiellement dû à la variété Californie qui possède un faible indice de rétention. On note également la performance médiocre du verger La Luzette après éclaircie.

En 2013, la note baisse de 2,66 à 2,19. Les plants possédant deux années d'aiguilles sont prépondérants. Les notes 1, 2, 3 ont respectivement été affectées à 2,2%, 76,6% et 21,2% des individus. Une nouvelle fois, Californie se caractérise par un faible indice mais elle est rejointe par La Luzette éclairci qui présente un faible pourcentage d'arbres à trois années d'aiguilles.

La chute de l'indice de rétention des aiguilles se poursuit en 2014, tout particulièrement pour les variétés Luzette non éclairci et Californie qui confirme son mauvais classement pour ce caractère. La proportion de note 2 évolue peu par rapport à l'année précédente (72%) mais celle de la note 1 augmente (14%) au détriment de la note 3 (14%). Les indices annuels sont faiblement corrélés, ce qui indique des variations temporelles importantes.

On observe d'autre part un effet site assez net, les meilleures notes se retrouvant dans les deux inter-andains situés au sud du dispositif.

* *Croissance en hauteur*

Hauteur « réelle »

Variété	Accroissement annuel (cm)			Hauteur (cm)		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014
WA 403	56.3 (b)	68.0 (b)	62.9 (b)	110.2 (b)	176.9 (b)	242.0 (b)
Californie	41.9 (a)	47.3 (a)	51.5 (a)	89.6 (a)	135.2 (a)	186.9 (a)
Darrington	64.0 (bc)	72.7 (bc)	69.1 (bcd)	123.5 (c)	195.1 (c)	264.2 (c)
France 1	66.1 (c)	75.9 (c)	72.5 (cd)	134.9 (cd)	209.5 (cde)	279.6 (cd)
France 2	67.6 (c)	75.6 (c)	75.0 (d)	139.2 (d)	213.9 (de)	288.9 (d)
France 3	64.9 (bc)	73.4 (bc)	68.6 (bc)	127.8 (cd)	200.3 (cde)	268.9 (cd)
Luzette éclairci	61.7 (bc)	70.2 (bc)	68.5 (bc)	128.1 (cd)	198.3 (cd)	266.8 (c)
Luzette non écl.	63.7 (bc)	75.0 (bc)	70.9 (bcd)	128.1 (cd)	200.4 (cde)	271.3 (cd)
Washington	68.7 (c)	76.9 (c)	74.4 (cd)	137.2 (d)	214.1 (de)	288.5 (d)
Washington 2	69.6 (c)	76.9 (c)	72.6 (cd)	138.9 (d)	215.9 (e)	288.5 (d)
Moyenne	63 cm	71 cm	69 cm	126 cm	197 cm	266 cm

En moyenne, les plants se sont allongés de 63 cm, 71 cm et 69 cm en 2012, 2013 et 2014. A l'issue de la 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} année sur le terrain, la hauteur moyenne s'établit respectivement à 1,26 m, 1,97 m et 2,66 cm.

Le classement varie peu pour les accroissements des trois années : Californie se distingue par sa faible croissance, réduite d'un tiers par rapport à l'ensemble des autres provenances, et le témoin « seed zone 403 » est significativement inférieur à France 1, France 2, Washington et Washington 2. On note par ailleurs la bonne performance de France 2 en 2014, qui devient significativement supérieure à France 3 et Luzette non éclairci.

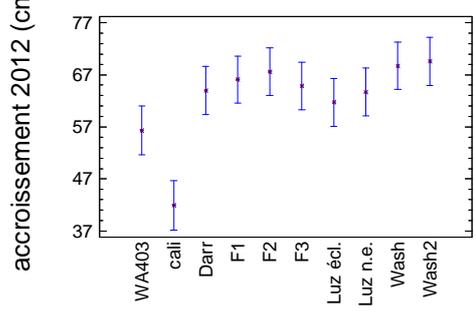
On retrouve les mêmes tendances pour la hauteur totale mais, cette fois, le témoin Washington 403 est moins vigoureux que l'ensemble des vergers excepté Californie. D'autre part, le trio de tête constitué de France 2, Washington et Washington 2 est significativement supérieur à Darrington, rejoint en 2014 par La Luzette éclairci.

L'attaque d'hylobes de 2011 a freiné la croissance des plants endommagés qui étaient plus vigoureux à l'origine mais la situation tend à se rétablir en 2013 et 2014. Comparés aux plants indemnes, les plants attaqués présentent en effet des accroissements supérieurs de 17% en 2010, 12% en 2011, 0% en 2012, 8% en 2013 et 6% en 2014.

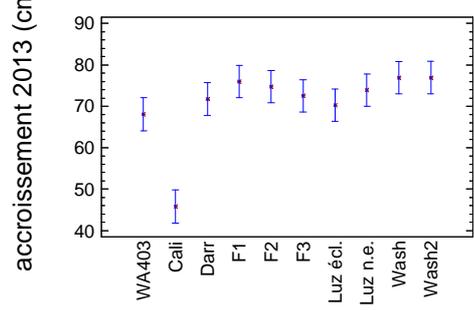
Logiquement, on note une relation positive entre l'indice de rétention foliaire et la croissance en hauteur.

Enfin, l'effet de la chaleur durant l'élevage à la pépinière des Mille n'est plus perceptible quelle que soit la variable étudiée.

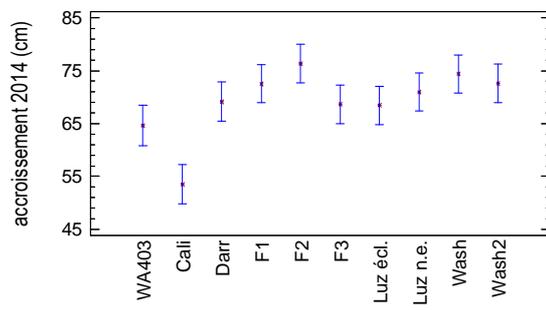
Moyennes et intervalles à 95,0% de Tukey HSD



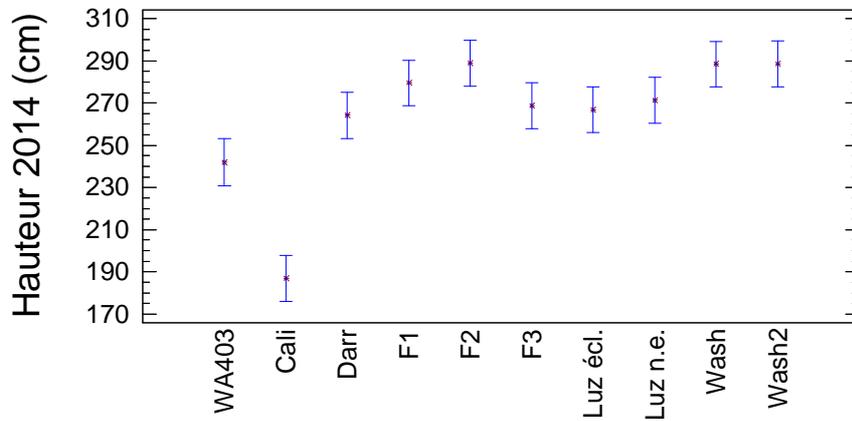
Moyennes et intervalles à 95,0% de Tukey HSD

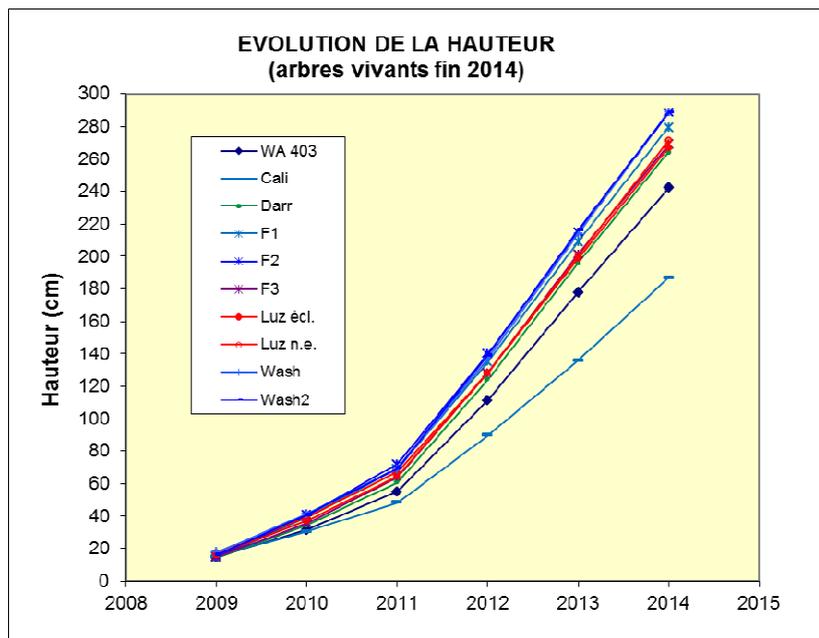


Moyennes et intervalles à 95,0% de Tukey HSD



Moyennes et intervalles à 95,0% de Tukey HSD





Hauteur « potentielle »

Ont été éliminés les individus ayant présenté durant leur parcours une cime sèche, un frottis ou un abroutissement, une blessure accidentelle (dégât d'entretien, bris de cime) ainsi que quelques plants fortement endommagés par l'attaque d'hylobes de l'été/automne 2011. Pour ce dernier caractère, nous avons évincé les arbres dont l'accroissement 2012 était inférieur à l'accroissement moyen des deux années précédentes. La vulnérabilité aux gelées précoces et tardives étant inhérente à chaque variété, les dégâts de gel n'ont pas été pris en compte en tant que tels. Une sélection sur ce caractère a néanmoins été effectuée indirectement car certains dessèchements de cime étaient dus au gel.

Variété	Nb arbres étudiés (% des vivants 2014)	Hauteur potentielle 2014
WA 403	69 (77.5%)	249.1 (b)
Californie	49 (53.8%)	200.9 (a)
Darrington	74 (81.3%)	271.7 (bc)
France 1	73 (76.0%)	287.9 (cd)
France 2	71 (76.3)	293.9 (d)
France 3	73 (77.7%)	278.6 (cd)
Luzette éclairci	71 (75.5%)	276.1 (cd)
Luzette non écl.	71 (75.5%)	279.4 (cd)
Washington	75 (79.0%)	295.1 (d)
Washington 2	76 (81.7%)	291.8 (cd)
Moyenne	702 arbres (75.5%)	275 cm

Bien que le quart des individus ait été éliminés, le classement diffère très peu de celui présenté pour la hauteur réelle.

1.1.4- Guéry (EV DF 2010.03 – altitude - ONF)

Les caractéristiques du site et de ce dispositif de type « monoarbre », planté en avril 2010, sont présentées dans le CR d'installation (CRA 2010, pp 12-13).

1.1.4.1 - Interventions 2014

- juin 2014 : dégagement en plein
- 4 et 15 décembre 2014 : notation d'état sanitaire et mesure hauteur totale de tous les plants vivants.

1.1.4.2 – Protocole de mesure

Les observations et mesures concernent l'état physiologique des plants et leur hauteur totale en fin de saison de végétation 2014.

- *Système de notation de l'état général :*

0- plant sain	2- cime sèche	5- abrouiti	6- frotté
7- endommagé lors du dégagement	8- divers	9- mort.	

Le code 8 est attribué à des plants présentant une perte d'aiguilles. Dans ce cas, une note complémentaire a été attribuée pour préciser le phénomène :

1 : une seule année d'aiguilles restante ; 2 : deux années d'aiguilles restantes.

A noter qu'en 2014, aucun plant n'a reçu cette note.

- *Hauteur totale fin 2014*

- De plus, ont été notés en observation les plants présentant des défauts de forme : fourches, baïonnettes, cimes doubles ou multiples, cimes cassées, plants jaunissants etc
Ce dispositif étant engrillagé, il n'y a pas de dégâts de gibier. Il n'a jamais été non plus constaté d'attaque d'hylobe.

1.1.4.3 – Analyse statistique

- Les proportions (pourcentages) ont été analysées à l'aide du test de Khi-deux.
- Variables continues : analyse de variance à deux facteurs (provenance + répétition, considérés respectivement comme fixe et aléatoire) sans interaction. Les groupes homogènes sont déterminés à l'aide du test de Newman-Keuls.

NB- Les individus présentant des cimes sèches ou cassées, ainsi que les individus ayant été coupés lors des dégagements de 2013 et 2014 ont été retirés des analyses de hauteur et d'accroissement.

1.1.3.4 – Résultats

* Bilan général

Variable étudiée	Effet provenance	Effet répétition
% mortalité	NS	*
Défauts de forme	*	NS
Hauteur 2012	***	*
Hauteur 2014	***	***
Accroissement moyen annuel en hauteur 2009-2012	***	**
Accroissement moyen annuel en hauteur 2012-2014	***	***

(*), *, **, *** effet significatif au seuil de 10%, 5%, 1%, 1%

NS : non significatif

Note : l'analyse du taux de mortalité a été effectuée sur la mortalité cumulée depuis l'installation du dispositif. Il n'en est pas de même pour les autres critères d'état sanitaire, pour lesquels seuls ont été pris en compte les défauts constatés lors de la présente campagne de notation (ex : un plant présentant une cime sèche en 2013, s'il a reconstitué une pousse en 2014, n'a pas de nouveau été noté cime sèche en 2014).

Le nombre de plants coupés lors du dégagement est indiqué à titre d'information, et n'a pas non plus fait l'objet d'analyse statistique.

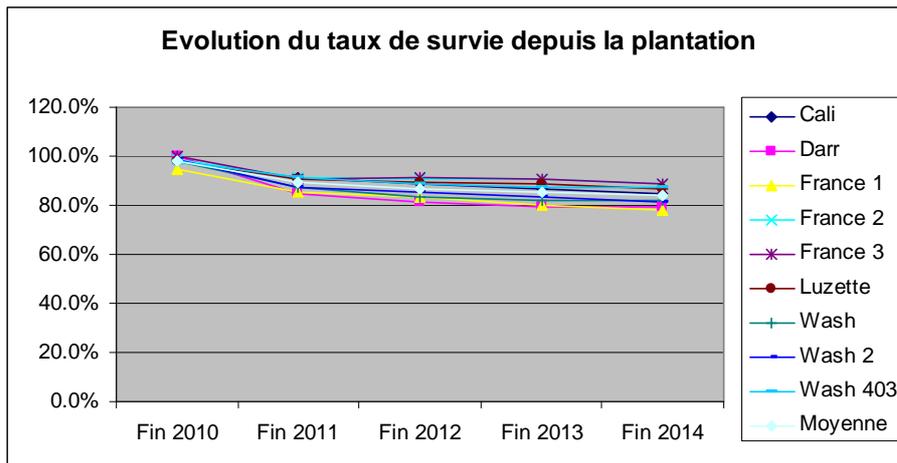
* Etat sanitaire

Provenances		Cali	Darr	France 1	France 2	France 3	Luzette	Wash	Wash 2	Wash 403	Total Moyenne	
Mortalité cumulée	2010	Nombre	2	0	5	1	0	2	2	1	2	15
		%	2.1%	0.0%	5.2%	1.0%	0.0%	2.1%	2.1%	1.0%	2.1%	15.6%
	2011	Nombre	8	15	14	8	9	9	12	12	8	95
		%	8.3%	15.6%	14.6%	8.3%	9.4%	9.4%	12.5%	12.5%	8.3%	12.4%
	2012	Nombre	11	18	16	9	8	10	16	14	11	113
		%	11.5%	18.8%	16.7%	9.4%	8.3%	10.4%	16.7%	14.6%	11.5%	13.1%
	2013	Nombre	13	20	19	9	9	11	17	16	12	126
		%	13.5%	20.8%	19.8%	9.4%	9.4%	11.5%	17.7%	16.7%	12.5%	14.6%
	2014	Nombre	15	20	21	11	11	13	17	18	12	138
		%	15.6%	20.8%	21.9%	11.5%	11.5%	13.5%	17.7%	18.8%	12.5%	18.0%
Cimes sèches	2014	Nombre	0	0	0	0	1	0	1	0	2	
		%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.2%	0	1.3%	0.0%	0.3%	
Plants coupés	2013	Nombre	6	1	2	3	3	3	0	3	4	25
		%	6.3%	1.0%	2.1%	3.1%	3.1%	3.1%	0.0%	3.1%	4.2%	2.9%
	2014	Nombre	2	1	3	0	2	2	0	3	2	15
		%	2.1%	1.0%	3.1%	0.0%	2.1%	2.1%	0.0%	3.1%	2.1%	1.7%
Défauts de forme	2013	Nombre	31	33	34	42	38	23	29	37	43	310
		%	37.3%	43.4%	44.2%	48.3%	43.7%	27.1%	36.7%	46.3%	51.2%	42.0%
	2014	Nombre	11	25	22	30	24	12	19	29	30	202
		%	13.6%	32.9%	29.3%	35.3%	28.2%	14.5%	24.1%	37.2%	35.7%	32.1%

- Pour la mortalité et les plants coupés, le pourcentage est calculé par rapport au nombre de plants installés (96 par provenance).

- Pour les autres variables (cimes sèches, défauts de forme), les pourcentages sont calculés sur le nombre de plants vivants fin 2014.

- Dans la catégorie « défauts de forme » ont été regroupés tous les plants présentant des fourches (simples ou multiples), baïonnettes, cimes tordues.



Commentaires sur l'état sanitaire :

- Mortalité/taux de survie : L'effet provenance n'est pas statistiquement significatif pour ce critère, alors que l'effet répétition l'est au seuil de 5%.

On dénombre 5 répétitions comportant 5 plants morts, et 5 répétitions en comportant 4. Les répétitions R1, R2 et R3 en font partie, ce qui peut s'expliquer par le fait qu'elles sont installées dans une zone relativement mouilleuse (présence de source en amont). En revanche, rien n'explique la mortalité sur les 7 autres répétitions, qui sont réparties sur l'ensemble du dispositif (R30, R31, R42, R43, R45, R66, R72).

On note toutefois une mortalité nettement supérieure dans la partie « basse » du dispositif, avec un taux de survie de 79% (de R1 à R52), par rapport à la partie « haute » (R53 à R96) dans laquelle ce taux de survie est de 90%. Le gel, et la végétation concurrente plus abondante peuvent expliquer cette différence. Sur cette partie basse uniquement, la mortalité va de 7 plants (sur 52) pour Wash 403, à 18 plants pour France 1 (10 pour Californie). Malgré tout, l'effet provenance n'est, là non plus, pas significatif (test de Khi 2).

Sur l'ensemble du dispositif, la mortalité « naturelle » est maintenant quasi inexistante. En effet, sur les 12 nouveaux plants morts comptabilisés fin 2014, 8 sont des plants coupés lors du dégagement de 2013, 4 seulement étant morts « naturellement ».

- Cimes sèches : Deux plants seulement présentant des cimes sèches, aucune analyse n'est réalisée sur ce critère.

- Défauts de forme : 32% des plants présentent des défauts de forme (contre 42% en 2013). L'effet provenance est significatif au seuil de 5% pour ce critère. Californie et Luzette sont les provenances qui présentent le moins de défauts (environ 14% des plants vivants), à l'opposé, on trouve France 2, Wash 2 et Wash 403, avec environ 35 % des plants présentant des défauts. Les défauts les plus courants sont les baïonnettes (114 plants) et les fourches (75 plants).

* *Croissance en hauteur*

Note 1 : les valeurs du tableau ci-dessous sont calculées sur le même échantillon pour toutes les variables.

Rappel : ont été retirés des analyses de hauteur et d'accroissement :

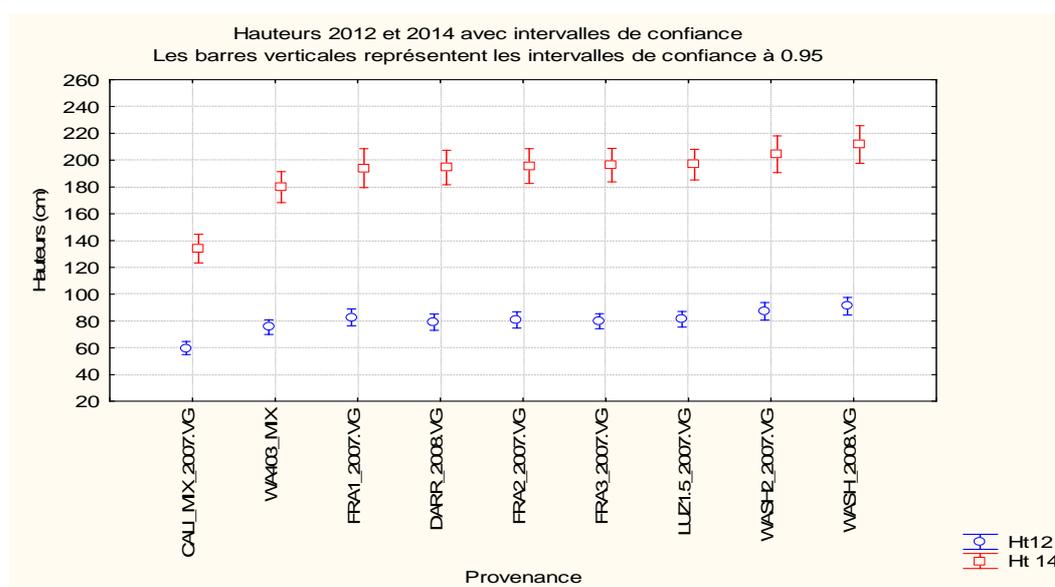
- les plants morts (138)
- les plants présentant en 2014 des cimes sèches ou cassées (6).
- les plants coupés lors du dégagement de 2013 et « repartis » à partir d'une branche et qui ont été mesurés (17).
- les plants coupés lors du dégagement de 2014 (14).

Les calculs portent donc sur 689 plants au total (détail par provenance dans le tableau).

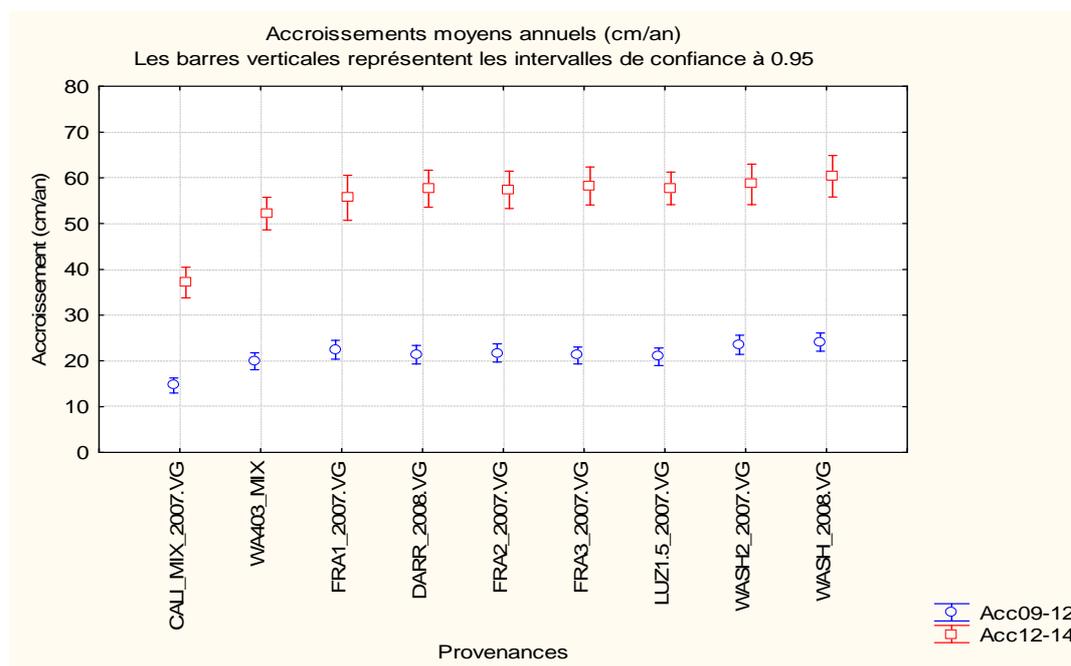
Note 2: l'effet provenance est très significatif (au seuil de 1‰) pour les 4 critères étudiés : hauteurs 2012 et 2014, accroissements 2009-2012 et 2012-2014.

Provenance	Hauteur totale fin 2012 (cm)	Hauteur totale fin 2014 (cm)	Accroissement annuel moyen 2009-2012 (cm/an)	Accroissement annuel moyen 2012-2014 (cm/an)	Nombre de plants considérés
Californie	59.8 (a)	134,0 (a)	14.6 (a)	37.1 (a)	75
Wash 403	75.4 (b)	179.8 (b)	19.9 (b)	52.2 (b)	78
France 1	82.6 (bc)	193.9 (bc)	22.5 (bc)	55.7 (b)	70
Darrington	79.1 (bc)	194.4 (bc)	21.3 (bc)	57.6 (b)	74
France 2	80.7 (bc)	195.5 (bc)	21.7 (bc)	57.4 (b)	83
France 3	79.8 (bc)	196.3 (bc)	21.2 (bc)	58.2 (b)	82
Luzette	81.3 (bc)	196.7 (bc)	20.9 (bc)	57.7 (b)	77
Wash 2	87.2 (bc)	204.3 (bc)	23.5 (bc)	58.6 (b)	73
Wash	91.0 (c)	211.7 (c)	24.1 (c)	60.4 (b)	77
Moyenne	79.7	189.7	21.1	55.0	689

Graphique des hauteurs 2012 et 2014 avec intervalles de confiance :



Graphique des accroissements moyens annuels 2009-2012 et 2012-2014 avec intervalles de confiance :

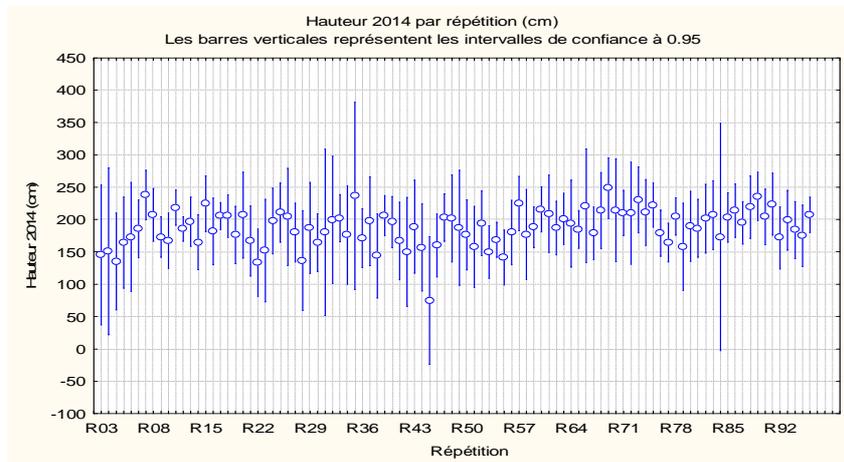


Ce tableau et ces graphiques font apparaître, 5 ans après la plantation, pour ces critères de hauteur :

- une nette accélération de l'accroissement annuel au cours de la période 2012-2014 par rapport à la période 2009-2012 (+ 160% en moyenne). Il est du même ordre pour toutes les provenances.
- la supériorité de tous les vergers à graines, à l'exception de Californie, sur le témoin Washington 403. Toutefois, pour la hauteur fin 2014, cette supériorité n'est statistiquement significative que pour le VG Washington, avec + 18% par rapport à Wash 403.
- Une certaine homogénéisation des accroissements 2012-2014 entre les provenances puisque toutes, à l'exception de Californie, se trouvent dans le même groupe homogène, ce qui n'était pas le cas pour la période précédente. Là aussi, seule Californie se distingue statistiquement des autres provenances dont Wash 403.
- Les faibles performances, donc, de la provenance Californie par rapport aux autres vergers à graines, et même, dans une moindre mesure, par rapport à Washington 403.
- Bien que ce ne soit pas significatif, on peut signaler, pour la hauteur totale fin 2014, la légère supériorité des deux provenances Washington VG et Washington 2 sur le groupe formé de FR1, FR2, FR3, Darr et Luzette qui présentent, eux, des croissances extrêmement similaires. Ces deux provenances continuent par ailleurs à accroître leur différence en présentant les deux plus fortes valeurs d'accroissements annuels sur la période 2012-2014. De nouvelles mesures à 8 ans permettront peut-être de confirmer cette supériorité, au moins dans les conditions pédo-climatiques de ce site.
- Le comportement un peu étrange de la provenance France 1 VG, qui présentait l'une des meilleures valeurs d'accroissement annuel pour la période 2009-2012, et l'une des plus mauvaises pour la période 2012-2014. A noter que la même constatation avait été faite en 2013 sur le dispositif de Murat.

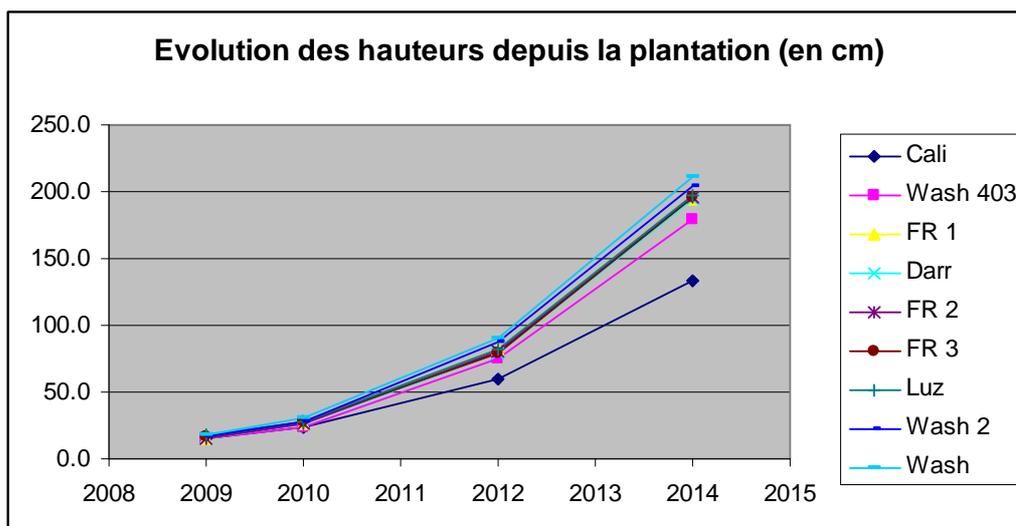
Effet répétition :

L'étude statistique fait apparaître un effet répétition significatif au seuil de 1‰ pour la hauteur 2014 et pour l'accroissement 2012-2014. Il est alors intéressant d'établir un graphique représentant ces hauteurs :



La significativité de l'effet répétition est vraisemblablement générée par la présence de quelques valeurs qui sortent assez nettement des valeurs moyennes. Il s'agit notamment de R07, R35 et R69 pour les valeurs supérieures, et R45 pour la valeur inférieure. Leur position dispersée dans le dispositif ne permet pas d'expliquer ces différences. De plus, la répétition R45 ne comporte que 3 plants vivants dont deux très petits. On ne peut donc rien déduire de cet effet répétition.

Le même graphique pour l'accroissement 2012-2014 (non représenté ici) donne les mêmes résultats.



Ce graphique fait ressortir l'accélération de la croissance en hauteur depuis 2012. Il montre aussi que la hiérarchie établie en 2012 s'est maintenue, et même accentuée en 2014.

Conclusion générale provisoire :

A ce stade, soit après 5 ans de plantation, on constate :

- des différences faibles entre provenances en ce qui concerne les taux de survie. Notamment, la provenance Californie, qui présente des taux de survie médiocres sur d'autres dispositifs, en particulier Murat, se comporte ici aussi bien que les autres provenances, voire mieux que certaines.
- En revanche, cette provenance Californie affiche des performances très inférieures aux autres pour les critères de hauteur et d'accroissement.
- Il sera intéressant de suivre le comportement futur de la provenance France 1 par rapport aux autres provenances « comparables », à savoir les VG France 2, France 3, Washington et Washington 2. En effet, comme indiqué ci-dessus, cette provenance a un comportement un peu différent des autres, constaté aussi bien sur le site de Guéry que sur celui de Murat.

Poursuite de l'essai :

Un dégagement « ciblé » sur les plus petits plants sera nécessaire au cours de l'été 2015.

L'étiquetage devra également être vérifié. Notamment il sera nécessaire de « remonter » la plupart des étiquettes sur des branches supérieures afin qu'elles ne se trouvent pas enfouies dans la végétation basse.

L'état de la clôture est à priori bon, mais devra être contrôlé.

Prochaines mesures : La date des prochaines mesures devra être déterminée par les membres du groupe responsable du réseau. A priori, elles devraient avoir lieu à $n + 8$, soit fin 2017, avec : notation de l'état sanitaire + nombre d'années d'aiguilles + hauteur totale + éventuellement circonférence à 1,30 m et notation de branchaison.

1.1.5- Valsonne (EV_DF_2010.04 – marge 1 - CNPF)

Ce dispositif en grandes parcelles unitaires a été planté en avril 2010 dans les Monts du Beaujolais (cf compte rendu d'activité 2010, p.13).

Pour mémoire :

- suite à une erreur dans l'identification des plants, les variétés Washington et Washington 2 sont représentées respectivement par 23 plants et 73 plants (au lieu de 49) dans le bloc 1
- dans les mois qui ont suivi la plantation, plusieurs modalités du bloc 1 ont été parcourues par des sangliers qui ont arraché des plants ; les dégâts les plus importants (observations du 19 juillet 2010) ont été notés dans les parcelles unitaires Calif, WA2 et FR2et WA 403.

1.1.5.1- Interventions depuis 2013

Le dispositif a fait l'objet d'un dégagement au printemps 2013 (passage décalé de 0.5 à 1 mètre par rapport à la ligne de plants) et en janvier 2015 (passage de la débroussailleuse sur la ligne de plants).

Les dernières mesures ont été effectuées en janvier 2015. Aucun problème particulier n'a été signalé (mis à part quelques plants coupés par la débroussailleuse). L'analyse statistique n'a pu être réalisée faute de temps, les résultats sont donc présentés par bloc.

1.1.5.2- Résultats pour la survie, l'état sanitaire et la croissance

Résultats 2014 : Mortalité (%) des 9 variétés après 5 années de croissance

	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3	Bloc 4	Moyenne
Calif	23	20	12	6	15 %
Darr	10	8	2	12	8 %
FR1	6	6	6	0	5 %
FR2	37	8	0	0	11 %
FR3	6	4	2	6	5 %
Luz	6	8	4	6	6 %
WA 403	23	27	2	4	14 %
WA1	4	6	0	6	4 %
WA2	22	10	14	10	15 %
Moyenne	11 %	11 %	5 %	6.5 %	9.3 %

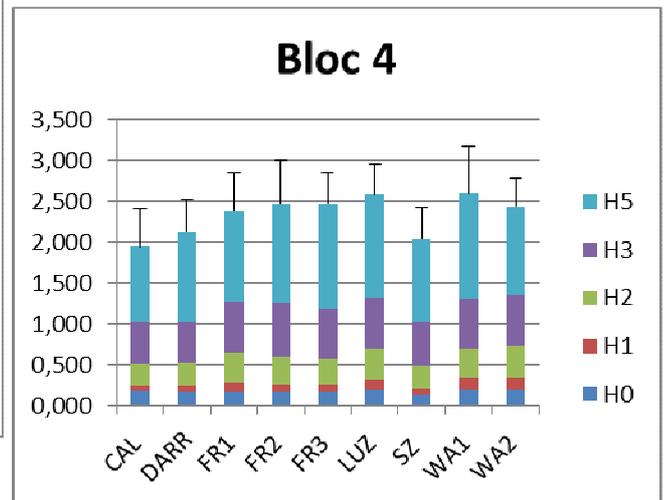
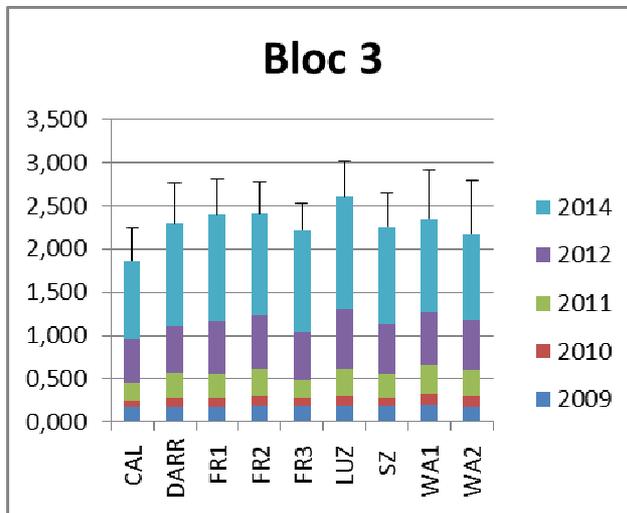
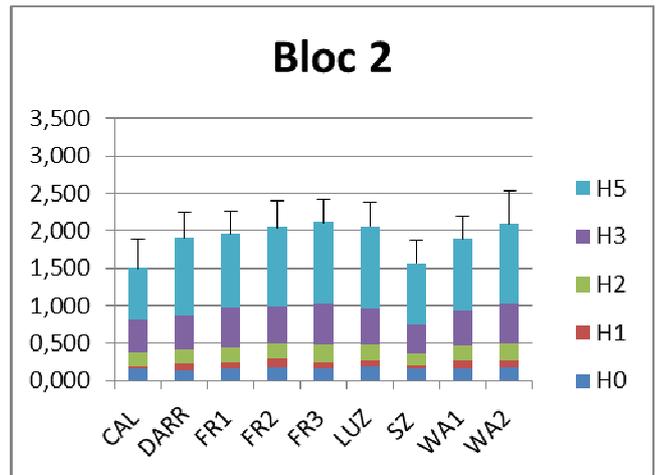
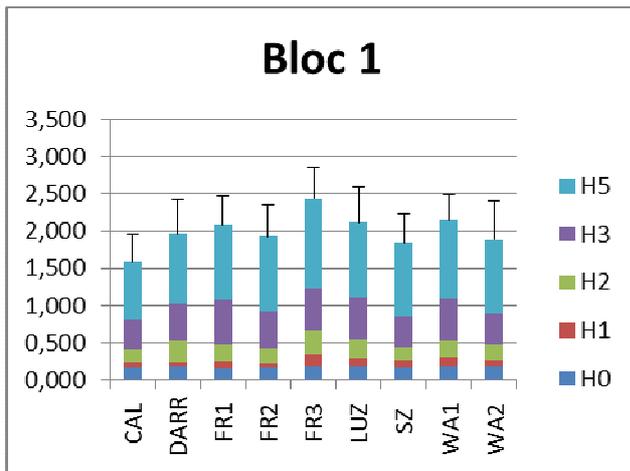
Résultats 2014 : Effectifs des parcelles unitaires analysables en 2015 (ces plants n'ont jamais subi d'altération de leur croissance).

	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3	Bloc 4	Total
Calif	32	34	41	45	152
Darr	38	37	44	43	162
FR1	39	34	43	50	166
FR2	27	45	50	47	169
FR3	38	46	46	46	176
Luz	39	44	48	38	169
WA 403	28	32	47	45	152
WA1	22	40	48	41	151
WA2	43	39	42	43	167
Total	308	351	409	398	1464

1.1.5.2- Résultats pour la survie, l'état sanitaire et la croissance

Résultats 2014 : Hauteur (m) et écart type des 9 variétés, 5 ans après plantation.

	Moy B1	Ec B1	Moy B2	Ec B2	Moy B3	Ec B3	Moy B4	Ec B4	Moy Tous	Ec Tous
Calif	1,586	0,368	1,495	0,381	1,859	0,388	1,942	0,471	1,745	0,446
Darr	1,967	0,453	1,906	0,341	2,296	0,474	2,125	0,390	2,084	0,443
FR1	2,084	0,384	1,952	0,313	2,397	0,414	2,389	0,462	2,230	0,443
FR2	1,929	0,422	2,044	0,358	2,414	0,368	2,469	0,534	2,253	0,477
FR3	2,435	0,418	2,111	0,308	2,217	0,317	2,470	0,374	2,302	0,382
Luz	2,120	0,470	2,048	0,335	2,606	0,409	2,588	0,374	2,344	0,473
WA 403	1,840	0,388	1,560	0,312	2,257	0,389	2,047	0,380	1,971	0,449
WA1	2,152	0,333	1,887	0,304	2,349	0,568	2,600	0,576	2,266	0,550
WA2	1,886	0,522	2,089	0,449	2,172	0,621	2,436	0,345	2,147	0,530
Total	2,007	0,480	1,958	0,804	2,294	0,481	2,336	0,492	2,155	0,499



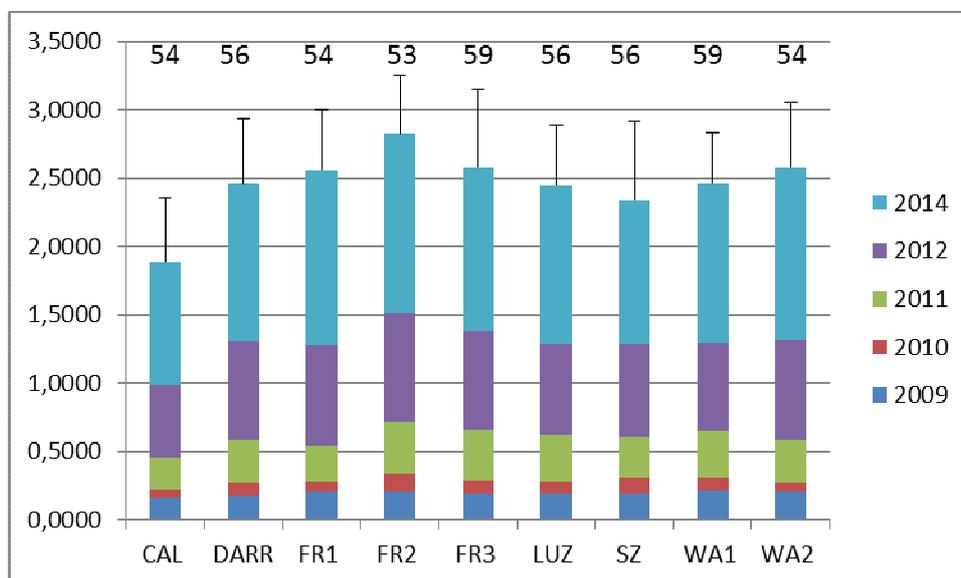
1.1.6- Meaux-la-Montagne (DE DF 2010.01 – cœur de l'aire - CNPF)

Ce dispositif de démonstration a été installé au printemps 2010 (cf compte rendu d'activité 2010, p.13).

Résultats 2014 : Croissance comparée des 9 variétés sur les 5 premières années

	% morts 2014	Effectif analysé	Haut. 2012 (écart type) en cm	Haut. 2014 (écart type) en cm
WA 403	3	54	1.288 (0.35)	2.33 (0.58)
Darr	7	56	1.303 (0.31)	2.46 (0.48)
Luz	3	54	1.282 (0.27)	2.45 (0.44)
FR1	5	53	1.266 (0.30)	2.55 (0.44)
FR2	2	59	1.498 (0.30)	2.82 (0.42)
FR3	2	56	1.383 (0.325)	2.58 (0.57)
WA	3	56	1.300 (0.29)	2.47 (0.37)
WA2	2	59	1.318 (0.29)	2.58 (0.48)
Calif	2	54	0.990 (0.24)	1.89 (0.47)
Moyenne	3 %	501 soit 93%	1.287 (0.30)	2.46 (0.47)

Cette représentation concerne les plants qui n'ont jamais subi d'altération de leur croissance (blessures diverses). Les effectifs pris en compte sont mentionnés au-dessus des barres d'histogramme.



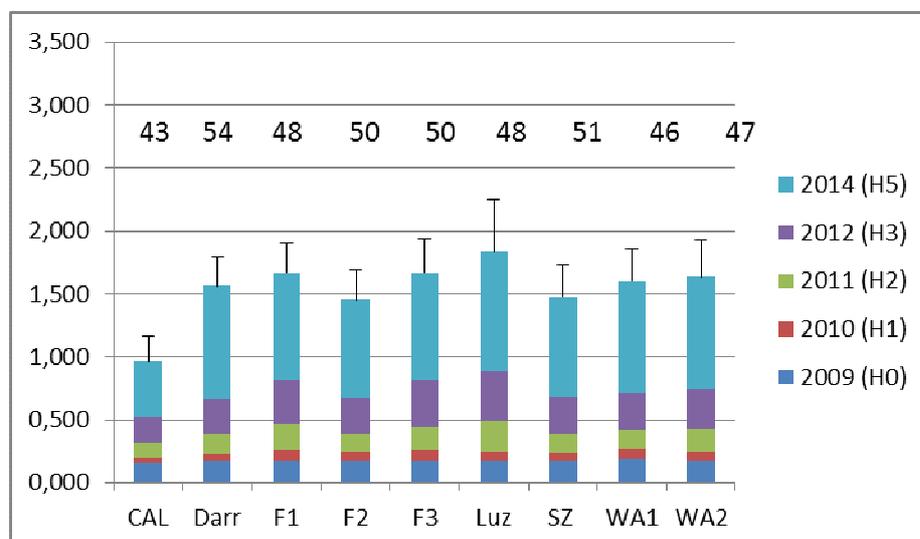
1.1.7- Montregard (DE DF 2010.02 – altitude - CNPF)

Résultats 2014 : Croissance comparée des 9 variétés sur les 5 premières années

	% morts 2011	% morts 2012	% morts 2014	Effectif analysé	Haut. 2014 (m)	Ec H 2014
Calif	0	0	2	43	0,965	0,276
Darr	2	2	3	54	1,561	0,313
FR1	3	3	5	48	1,667	0,377
FR2	3	3	3	50	1,452	0,310
FR3	0	0	0	50	1,667	0,354
Luz	0	0	3	48	1,836	0,492
WA 403	3	3	5	51	1,474	0,372
WA1	3	3	3	46	1,595	0,331
WA2	5	5	5	47	1,631	0,406
Total	2 %	2 %	3 %	437 soit 81 %	1,545	0,423

Croissance

Cette représentation concerne les plants qui n'ont jamais subi d'altération de leur croissance (blessures diverses). Les effectifs pris en compte sont mentionnés au-dessus des barres d'histogramme.



1.1.8- Fraysse/Agout (DE DF 2010.03 – marge 1 - CNPF)

Ce dispositif de démonstration a été installé au printemps 2010 (cf compte rendu d'activité 2010, p.14).

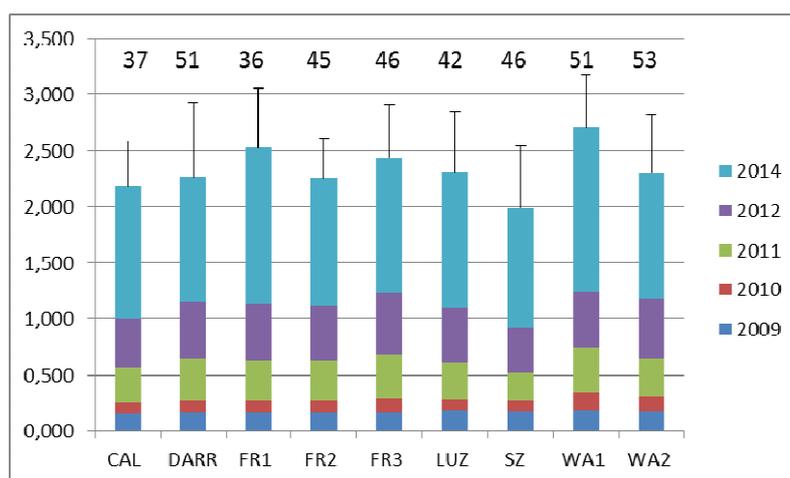
Rappel : Le dégageant à la débroussailleuse réalisé l'été 2012 sur la ligne a été à l'origine de dégâts significatifs (section ou blessures). La mortalité a progressé en 2014 notamment chez les plants blessés lors de cette opération.

Résultats 2014 : Croissance comparée des 9 variétés sur les 5 premières années

	% morts 2011	% morts 2012	% morts 2014	Effectif analysé	Haut. 2014 (écart type) en m
WA 403	17	17	17	46	1.99 (0.55)
Darr	8	8	12	51	2.19 (0.66)
Luz	13	13	23	42	2.31 (0.55)
FR1	13	15	18	36	2.52 (0.53)
FR2	8	13	25	45	2.20 (0.36)
FR3	5	7	13	46	2.43 (0.47)
WA1	5	12	20	51	2.61 (0.47)
WA2	8	10	15	53	2.34 (0.53)
Calif	13	20	37	37	2.18 (0.40)
Moyenne	10 %	13 %	20%	407 soit 75 %	2.31 (0.50)

Croissance

Cette représentation concerne les plants qui n'ont jamais subi d'altération de leur croissance (blessures diverses). Les effectifs pris en compte sont mentionnés au-dessus des barres d'histogramme.



1.1.9- Autres essais ayant atteint 5 ans

Sont concernés deux tests ayant atteint l'âge fixé pour la première évaluation globale du réseau (plantation au printemps 2009 ou 2010) mais dont les données n'ont pas encore été analysées : Soussat (Irstea) et le test de démonstration de Fourtou (INRA).

Le dispositif de Soussat a été mesuré les 20-21 octobre 2014 (survie, état sanitaire, jaunissement d'aiguilles, rétention d'aiguilles, hauteur), celui de Fourtou les 18-22 novembre 2013 (mêmes caractères + fourchaison et branchaison).

1.2 – Performances avant 5 ans

1.2.1- La Versanne (EV_DF_2011.01 – altitude - Irstea)

Ce dispositif mono-arbre a été installé en avril 2011, à 1220 m d'altitude (cf rapport d'activité 2011, pp 12-13). Il a été mesuré les 21-22 octobre 2014 mais les données n'ont pas encore été analysées. Les résultats obtenus 4 et 5 ans après plantation seront présentés dans le compte rendu d'activité 2015.

1.2.2- Saulieu (EV_DF_2011.02 – cœur de l'aire - ONF)

1.2.3- Avant-Monts (EV_DF_2011.03 – marge 1 - ONF)

1.2.4- Gardons (EV_DF_2011.04 – marge 1 - ONF)

Ces trois dispositifs n'ont pas fait l'objet de mesures en 2014.

1.3 – Tests en marge du réseau

1.3.1- Les Barres (DE DF 2009.08 – marge 1 - Irstea)

Ce dispositif, structuré en quatre blocs complets, est décrit dans le compte rendu d'activité 2009 (p.162). Il compare trois modalités : i) La Luzette (récolte après éclaircie), ii) Californie (récolte expérimentale 2007) et iii) un mélange pied à pied de ces deux variétés. Nous présentons ici les résultats des campagnes de mesure 2012/13 et 2013/14.

1.3.1.1. Interventions 2012 et 2013

- septembre 2012 : dégagement de quelques interlignes pour la visite du groupe « évaluation Douglas »
- septembre et décembre 2012 : consolidation des piquets de protection contre le gibier
- février-mars 2013 : notations et mesures
- juin 2013 : dégagement d'une interligne sur deux au broyeur
- juillet 2013 : élimination des rejets de feuillus en concurrence avec les Douglas sur les interlignes non dégagées
- 4 et 7 octobre 2013 : notations et mesures.

NB- les mesures de novembre 2014 n'ont pas encore été analysées.

1.3.1.2. Protocole de mesure

* *Etat général :*

0- plant sain 2- cime sèche 5- abrouti 6- frotté
7- endommagé lors du dégagement 8- problème particulier 9- mort

La note 6 a été affectée à des plants frottés l'année de la notation ou à des plants anciennement frottés dont la blessure n'était pas refermée. La note 8 a été attribuée à des plants présentant un bourgeon terminal évidé par un insecte type mineuse. De plus, diverses informations complémentaires ont été consignées dans une colonne « observations » : présence de fourches ou de plusieurs leaders, avortement du bourgeon terminal de l'année n-1, cime cassée, ...

* *Décoloration du feuillage :*

0- plant vert 1- jaune 2- rouge

Le dispositif ne renferme qu'un seul arbre rouge en 2012, aucun en 2013.

* *Déficit foliaire* évalué en 2012 par le nombre d'années d'aiguilles présentes sur les ramifications âgées d'au moins trois ans (1, 2 ou 3 années).

* *Hauteur totale* (mesure annuelle), *hauteur des pousses primaires et secondaires* de l'année 2012.

1.3.1.3. Etude globale du dispositif

* Analyse statistique

L'analyse statistique a été conduite de la façon suivante :

- Pourcentages : analyse de variance à deux facteurs (modalité, bloc) sur les moyennes par parcelle unitaire, puis comparaison des moyennes à l'aide du test LSD (modalité) ou Tukey (bloc).

- Variables continues : analyse de variance à deux facteurs (modalité, bloc considérés respectivement comme fixe et aléatoire) sur les données individuelles, puis comparaison des moyennes à l'aide du test LSD ou Tukey. Quelle que soit la variable, les conditions de normalité et d'égalité des variances étaient satisfaites sans transformation.

Pour la hauteur 2013, mesurée cinq ans après plantation, des analyses distinctes ont été réalisées, d'une part, sur la totalité des arbres vivants de chaque variété (hauteur réelle) et, d'autre part, sur les populations n'ayant pas subi de dégât (frottis, cime sèche ou cassée, blessure accidentelle).

* Résultats

- Bilan général

Caractère	Effet modalité	Effet bloc	Interaction mod x bloc
<u>2012</u>			
Mortalité totale	NS	NS	n.a.
Mortalité de l'année	NS	NS	n.a.
% cimes sèches	NS	NS	n.a.
Déficit foliaire (note moy.)	NS	***	NS
Accroissement en hauteur 2012	*	***	NS
Hauteur totale (réelle)	*	***	NS
Longueur 1 ^{ère} pousse	**	*	NS
Longueur 2 ^{ème} pousse	NS	NS	NS
% polycyclisme	NS	*	n.a.
<u>2013</u>			
Mortalité totale	NS	NS	n.a.
% cimes sèches	NS	NS	n.a.
Accroissement en hauteur 2013	(*)	***	**
Hauteur totale (réelle)	*	***	(*)
Hauteur potentielle	*	**	*

(*) *, **, *** effet significatif au seuil de 10%, 5%, 1%, 1%

NS : non significatif

- Etat sanitaire 2012/13

Modalité	% mortalité		% cimes sèches (3)	nb moyen d'années aiguilles
	total (1)	2012 (2)		
Luzette	12.7	3.4	9.3	1.93
Californie	11.7	5.4	6.9	1.88
mélange	9.1	1.1	7.8	2.01
Nb individus (%)	66 ind. (11,2%)	18 ind. (3,3%)	42 ind. (8,0%)	m = 1,94

(1) pourcentage calculé par rapport aux effectifs plantés

(2) pourcentage calculé par rapport au nombre d'individus vivants en décembre 2011

(3) pourcentage calculé par rapport au nombre d'individus vivants en mars 2013

La mortalité de l'année 2012 s'établit à 3,3%, ce qui porte le taux de mortalité global à 11,2%. Pour plus de la moitié des 18 plants nouvellement disparus, la mortalité a été causée par des frottis de chevreuil. Les modalités et blocs ne diffèrent pas significativement pour ces caractères.

L'état de santé de la plantation tend à s'améliorer. Si le pourcentage de cimes sèches a sensiblement augmenté depuis 2011 (de 2% à 8%), les attaques de gibier ont très fortement régressé durant cette même période grâce à l'installation des piquets de protection contre le chevreuil ; le nombre d'arbres endommagés chute de 123 à 17. De façon surprenante, l'indicateur de rétention foliaire a subi une forte baisse depuis les notations de 2011 (1,94 année d'aiguilles contre 2,84). Les meilleurs résultats sont obtenus dans le bloc 1 (2,21 années) et les plus mauvais dans le bloc 3 (1,62 année). Les autres dégâts ou anomalies de croissance sont peu fréquents : évidemment du bourgeon terminal 2011 par un insecte (2% de l'effectif) ou avortement de ce bourgeon (6%), facteurs parfois à l'origine de petites cimes sèches, arbres présentant deux ou plusieurs leaders (respectivement 8,0% et 3,4%), jaunissement ou rougissement de feuillage (3%).

- Etat sanitaire 2013/14

Modalité	% mortalité (1)	% cimes sèches (2)
La Luzette	14.1	6.7
Californie	11.7	5.1
mélange	9.6	2.8
Nb individus (%)	70 ind. (11,8%)	25 ind. (4,8%)

(1) pourcentage calculé par rapport aux effectifs plantés

(2) pourcentage calculé par rapport au nombre d'individus vivants fin 2013

La mortalité 2013 se limite à 5 individus (2 Californie et 3 Luzette), ce qui représente 1% de la population vivante à l'intersaison 2012/13. Ces nouveaux morts avaient une hauteur proche de la moyenne en 2012 (139 cm versus 152 cm) mais deux d'entre eux présentaient une descente de cime. Si l'on tient compte d'un individu de petite taille « ressuscité », le taux de survie s'établit à 88,2% cinq ans après la plantation ; il ne varie pas significativement en fonction de la variété et du bloc.

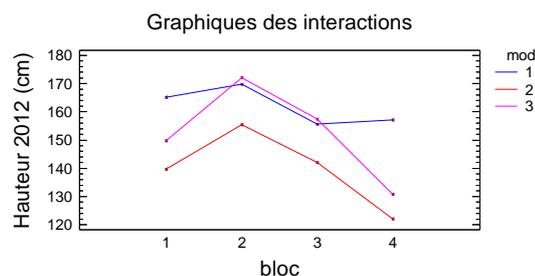
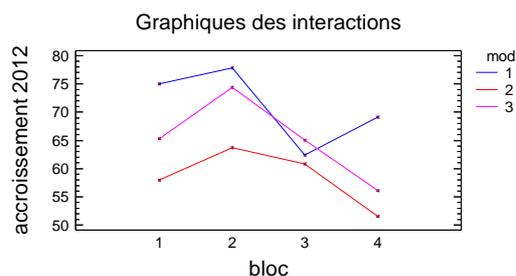
La plupart des arbres ont atteint une taille qui les rend moins vulnérables aux dégâts de gibier et moins sensibles à la concurrence de la végétation. L'état sanitaire continue à s'améliorer puisqu'on ne dénombre que 7 individus frottés (1,3% de l'effectif), 25 individus à cime sèche (4,8%) et 7 individus jaunes (1,3%). D'autre part, le pourcentage d'arbres présentant deux ou plusieurs leaders évolue peu en 2013 (11,1% et 3,1% respectivement).

- Croissance en hauteur 2012

Modalité	accroissement 2012 (cm)	% poly-cyclisme	longueur pousse 1 (cm)	longueur pousse 2 (cm)	hauteur totale 2012 (cm)
Luzette	71.1 (b)	62.1 (a)	60.0 (b)	17.2 (a)	161.9 (b)
Californie	58.5 (a)	64.6 (a)	46.4 (a)	19.7 (a)	139.8 (a)
mélange	65.2 (ab)	58.7 (a)	54.3 (b)	18.4 (a)	152.5 (ab)
Moyenne	65 cm	61%	54 cm	18 cm	152 cm

En 2012, année relativement bien arrosée (précipitations de 256 mm de mai à septembre), les arbres se sont allongés de 65 cm, ce qui représente plus du double de l'accroissement 2011 (30 cm). A l'hiver 2012/13, la hauteur totale s'établit en moyenne à 152 cm. Pour ces deux variables, la modalité « Luzette pure » est significativement supérieure à la modalité « Californie pure » et, logiquement, la modalité « Luzette/Californie mélangées pied à pied » se caractérise par des valeurs intermédiaires. D'autre part, la croissance la plus forte et la plus faible sont obtenues respectivement dans les blocs 2 et 4.

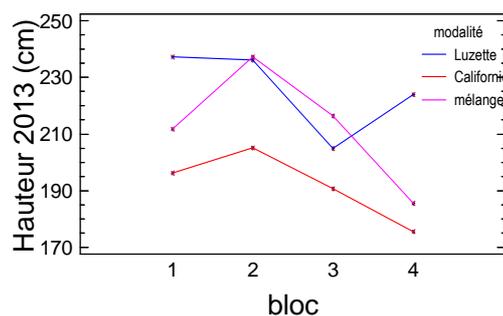
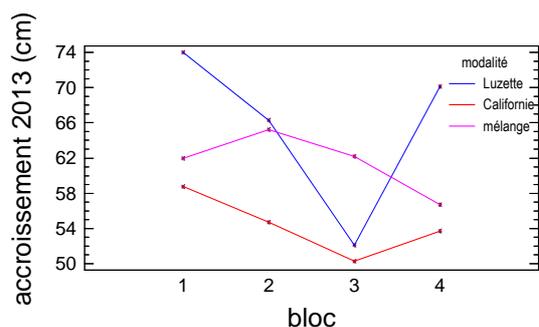
61% des arbres ont formé une seconde pousse, sans effet significatif de la modalité. Il est intéressant de constater que les différences d'accroissement annuel entre modalités s'expliquent seulement par des différences de longueur des pousses primaires puisque les pousses secondaires ont sensiblement la même longueur dans les trois modalités.



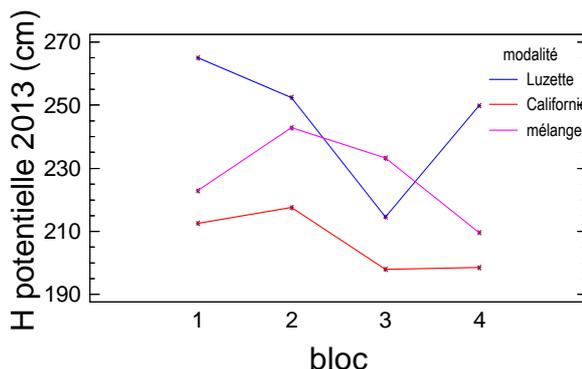
- Hauteur fin 2013

Modalité	accroissement 2013 (cm)	hauteur réelle 2013 (cm)	hauteur potentielle 2013 (cm)
La Luzette	65.6 (b)	225.5 (b)	245.5 (b)
Californie	54.4 (a)	191.9 (a)	206.7 (a)
mélange	61.5 (ab)	212.7 (ab)	227.1 (ab)
Moyenne	61 cm	211 cm	226 cm

En dépit d'une forte pluviosité printanière et annuelle (précipitations de 413 mm de mai à septembre), l'accroissement en hauteur 2013 s'avère légèrement inférieur à celui de 2012 (61 cm). Après cinq années de végétation sur le terrain, les arbres ont une hauteur moyenne de 211 cm. La modalité « mélange » occupe une situation intermédiaire entre les modalités « La Luzette pure » et « Californie pure » qui diffèrent significativement. La croissance la plus forte est obtenue dans les blocs 1 et 2. On note également des interactions modalité x bloc significatives, dues à des hétérogénéités stationnelles intra-blocs. Il s'agit d'effets « placette » plutôt que de réelles interactions.



La hauteur potentielle a été calculée sur les populations exemptes de dégâts rédhibitoires depuis la plantation (cime sèche, abroustissement, frottis, blessures lors des travaux de dégagement, bris de cime). En moyenne, 35% des individus ont été éliminés (30% dans les modalités Californie et mélange, 46% dans la modalité La Luzette ; 27% à 47% selon le bloc). L'analyse de cette hauteur potentielle aboutit à des classements analogues (modalités, blocs) à ceux présentés pour la hauteur « réelle ».



1.3.1.4. Comparaison des variétés Luzette et Californie dans les placettes mélangées

* Analyse statistique

L'analyse statistique se limite aux données collectées dans les 4 placettes où les représentants des variétés La Luzette et Californie sont mélangés pied à pied, ce qui permet d'éliminer l'effet du milieu intra-bloc. Elle a été conduite de la même façon que précédemment, en remplaçant la modalité par le facteur « variété ».

* Résultats

- Bilan général

Caractère	Effet variété	Effet bloc	Interaction variété x bloc
2012			
Mortalité totale	NS	(*)	n.a.
% cimes sèches	NS	NS	n.a.
Déficit foliaire (note moy.)	*	***	NS
% arbres défoliés (1 année d'aiguilles)	*	*	n.a.
% arbres jaunes et rouges	(*)	NS	n.a.
Accroissement en hauteur	*	**	NS
Hauteur totale « réelle »	**	***	NS
Longueur 1^{ère} pousse	*	*	NS
Longueur 2 ^{ème} pousse	NS	NS	NS
% polycyclisme	NS	*	n.a.

2013			
Mortalité totale	NS	NS	n.a.
% cimes sèches	NS	NS	n.a.
Accroissement en hauteur	**	NS	NS
Hauteur totale « réelle »	**	***	NS
Hauteur « potentielle »	***	*	NS

(*) *, **, *** effet significatif au seuil de 10%, 5%, 1%, 1%

NS : non significatif

- Etat sanitaire 2012/13

variété	% mortalité		% cimes sèches (3)	nb années d'aiguilles	% arbres très défoliés (4)	% arbres jaunes (et rouges)
	total (1)	2012 (2)				
Luzette	8.2	1.1	9.7	2.16 (b)	11.8 (a)	1.3 (a)
Californie	10.1	1.1	5.5	1.87 (a)	24.4 (b)	8.0 (b)
Nb individus (%)	18 ind. (9,1%)	2 ind. (1,1%)	14 ind. (7,8%)	m = 2.0	33 ind. 18,1%	8 ind. 4,5%

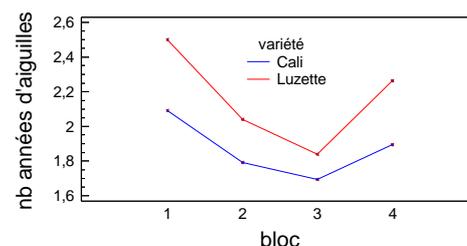
(1) pourcentage calculé par rapport aux effectifs plantés

(2) pourcentage calculé par rapport au nombre d'individus vivants en décembre 2011

(3) pourcentage calculé par rapport au nombre d'individus vivants en mars 2013

(4) une seule année d'aiguilles

Le taux de survie est élevé et similaire pour les deux variétés. En revanche, Californie se distingue de La Luzette par un plus fort pourcentage d'arbres jaunes et, ce que les analyses précédentes ne permettaient pas de déceler, une moins bonne rétention foliaire (respectivement 24% et 12% d'arbres ne possédant plus que les aiguilles de l'année; 11% et 28% d'arbres conservant les aiguilles des trois dernières années).



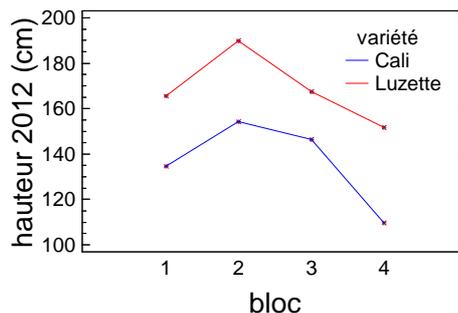
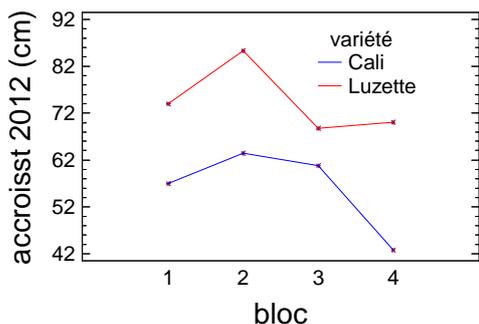
- Etat sanitaire 2013/14

On ne recense qu'un nouvel individu mort en 2013 dans la modalité « mélange », ce qui amène le taux de mortalité global à 8,2% et 11,1% pour La Luzette et Californie. Le pourcentage de cimes sèches est faible et ne diffère pas significativement entre La Luzette (2,2%) et Californie (3,4%).

- Croissance en hauteur 2012

Modalité	accroissement 2012 (cm)	% poly-cyclisme	longueur pousse 1 (cm)	longueur pousse 2 (cm)	hauteur totale 2012 (cm)
Luzette	74.5 (b)	60.7	63.0 (b)	18.7	168.7 (b)
Californie	56.0 (a)	56.8	45.8 (a)	18.0	136.3 (a)
Moyenne	65 cm	59%	54 cm	18 cm	152 cm

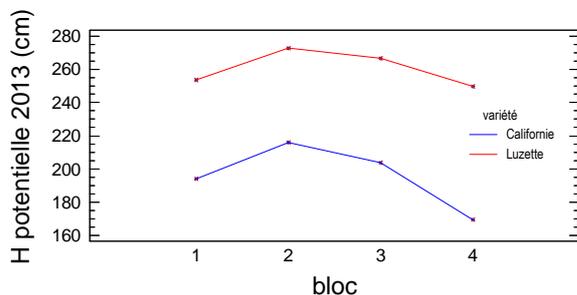
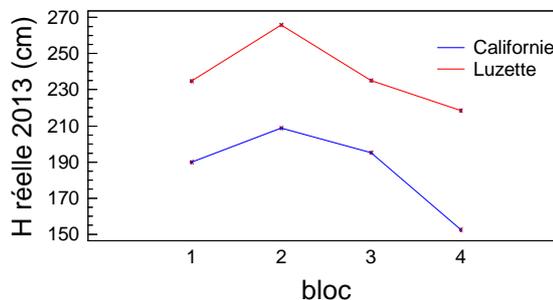
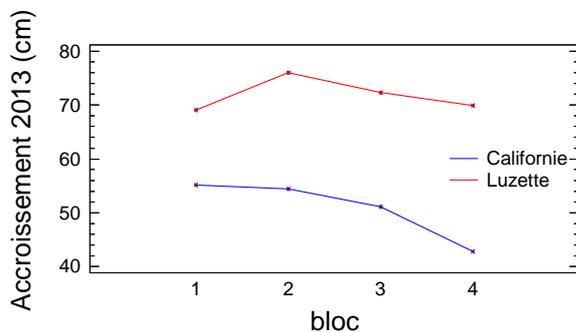
Les résultats sont conformes à ceux obtenus en analysant les modalités mais le différentiel de croissance entre La Luzette et Californie est ici sensiblement plus important. Cela correspond certainement mieux à la réalité car une partie des effets stationnels est éliminée. La supériorité des représentants de La Luzette, évidente à la fois pour l'accroissement 2012 et la hauteur totale, se vérifie dans les quatre blocs. L'écart de hauteur entre les deux variétés continue à s'accroître d'année en année pour atteindre 24% début 2013.



- Hauteur fin 2013

Modalité	accroissement 2013 (cm)	hauteur réelle 2013 (cm)	hauteur potentielle 2013 (cm)
Luzette	71.8 **	238.5 **	260.6 ***
Californie	50.9	186.5	195.8
Moyenne	62 cm	214 cm	230 cm

Les interactions variété x bloc ne sont plus significatives quand les deux variétés sont cultivées dans les mêmes stations. Dans ces conditions, La Luzette possède un net avantage sur la variété Californie : +41%, +28%, +33% pour l'accroissement 2013, la hauteur réelle et la hauteur potentielle. D'autre part, les hauteurs sont significativement plus fortes dans le bloc 2 que dans le bloc 4.



1.3.2- Les Battées (DE DF 2012.01 – marge 1 - ONF)

Cet essai compare La Luzette et Californie, en placettes pures ou mélangées. Les caractéristiques du site et de ce dispositif en placettes unitaires, planté le 11 avril 2012 (rappel: plants en godet de 2 ans), sont présentées dans le CR d'installation (rapport 2012, pp. 14-18).

1.3.2.1- Dispositif

Unités expérimentales : placeaux rectangulaires de 6*7=42 plants, installés à 3m*3m (soit une surface de 378 m²).

Répétitions : 4, organisées **en blocs** (disposés dans le sens Nord-Sud)

Surface totale du dispositif : environ 90 ares, zone tampon de 4 lignes/rangs autour des blocs comprise (zone centrale de mesures de 45 ares environ)

1.3.2.2- Opérations 2014

- Mesures et notations le 13 novembre 2014 (ONF)

- Deux dégagements ont été effectués durant la saison de végétation 2014 : fin juin, début juillet et en septembre.

1.3.2.3- Protocole de mesure

Les observations et mesures concernent l'état physiologique des plants, et leur croissance en hauteur.

- *Etat général* estimé via un système de notation récemment révisé par les partenaires du réseau :

0- plant sain

2- cime sèche

5- abrouiti

6- frotté (blessure non refermée)

7- endommagé lors du dégagement

8- problème particulier (à préciser en observation)

9- mort (2 plants)

10- plant absent (ni souche ni étiquette) attribué à 6 plants vivants en 2013 dont 5 secs en cime en 2013 et non retrouvés en 2014

Sur ce site non enclos, toutes les notes ont été utilisées excepté 8 (problème particulier).

- *Décoloration du feuillage* : 0- plant vert

1- jaune

2- rouge

Sur les 433 plants notés, seuls 26 plants ont été notés "1" et aucun noté "2"; aucune analyse n'a donc été conduite.

- *Hauteur totale 2014.*

1.3.2.4- Analyse statistique

- Proportions (pourcentages) : analyse de variance à deux facteurs (provenance, bloc) sans interaction sur les moyennes par parcelles unitaires

- Variables continues : analyse de variance à deux facteurs (provenance + bloc, considérés respectivement comme fixe et aléatoire) sans interaction sur les valeurs moyennes par P.U. à

l'aide du test de Newman-Keuls. Des transformations de variables ont été effectuées pour satisfaire au mieux aux conditions de normalité et d'égalité des variances.

NB- Les individus souffrant de cime sèche/cassée ou endommagés lors des dégagements ont été retirés des analyses de hauteur ; en revanche, les plants jaunes ont été conservés.

1.3.2.5- Résultats

* Bilan général

Variable étudiée	Effet provenance	Effet bloc
% mortalité depuis l'origine (morts ou non retrouvés)	NS	NS
% mortalité 2014 (y compris non retrouvés)	NS	NS
% cimes sèches en 2014	NS	NS
% plants abrutis en 2014	NS	NS
Hauteur 2014	**	NS
Accroissement en hauteur 2014	**	NS

(*), *, **, *** effet significatif au seuil de 10%, 5%, 1%, 1%

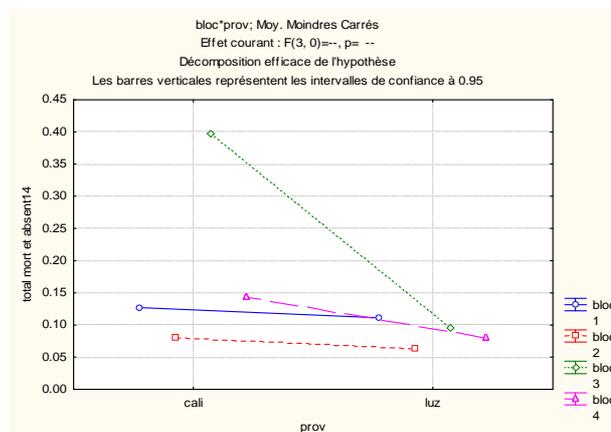
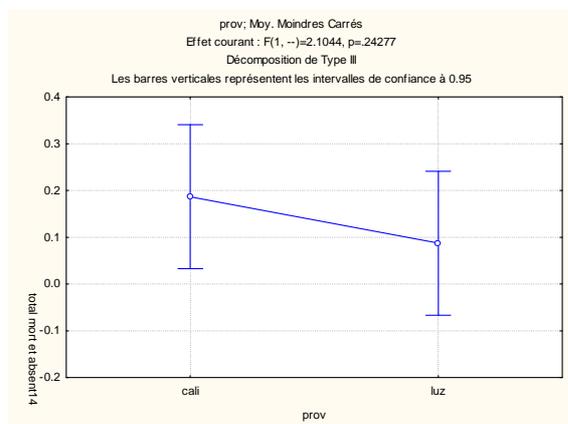
NS : non significatif

* Etat sanitaire

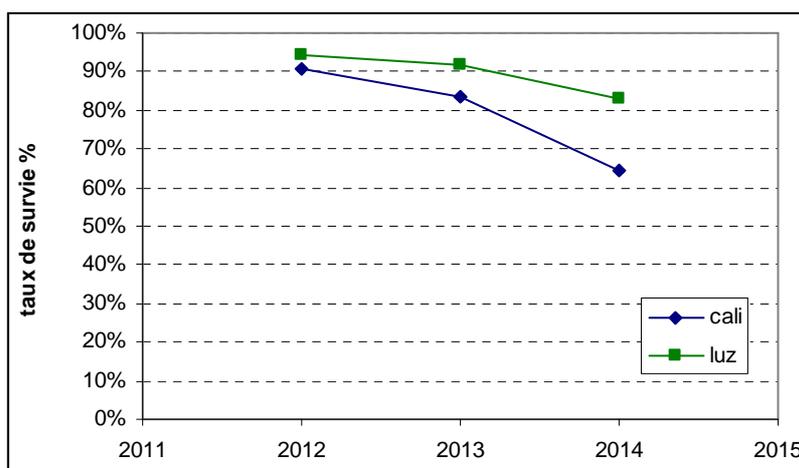
Variété	% morts, non retrouvés et arrachés par gibier fin 2014 (calculé par rapport à l'effectif planté)	% morts et non retrouvés en 2014	% cimes sèches en 2014	% plants abrutis en 2014	% frotté gibier en 2014
Californie	18,7 (a)	2,0 (a)	2,8 (a)	0,0 (a)	1,2 (a)
Luzette	8,7 (a)	1,2 (a)	2,8 (a)	0,4 (a)	1,6 (a)
Moyenne	13,8 %	1,6 %	2,8 %	0,2 %	1,4%

Après trois années de croissance sur le terrain, le taux de mortalité s'établit en moyenne à 13,8% toutes provenances confondues. Bien que les différences ne soient pas statistiquement significatives, la mortalité dans Luzette (8,7 %) est deux fois moindre que celle observé dans Californie (18,7 %). Il y a une interaction traitement bloc, la mortalité de Californie étant plus importante dans le bloc 3. La reprise globale au bout de trois ans est tout à fait satisfaisante, avec plus de 86 % !

Proportion de morts et disparus en 2014 depuis l'origine



Evolution du taux de survie de 2012 à 2014



La majorité des plants vivants est en bonne santé :

- on recense toutefois 14 individus à cime sèche (3,2%) dont 7 Californie et 7 Luzette ; il n'y a pas d'effet significatif de la provenance
- seuls 26 individus présentent une coloration anormale (6%) et 3 plants Californie présentent une perte d'aiguilles (restent 2 années d'aiguilles).
- les plants abrutis (1) ou frottés (7) en 2014 par le gibier sont au nombre de 8, soit 1,8% de l'effectif vivant en 2014 (en nette diminution, peut-être à la faveur du développement d'une végétation accompagnatrice).
- 259 plants présentent des petites cicatrices sans conséquence pour l'avenir des plants; il s'agit d'impacts de grêle (97 Californie et 162 Luzette).

* *Croissance en hauteur*

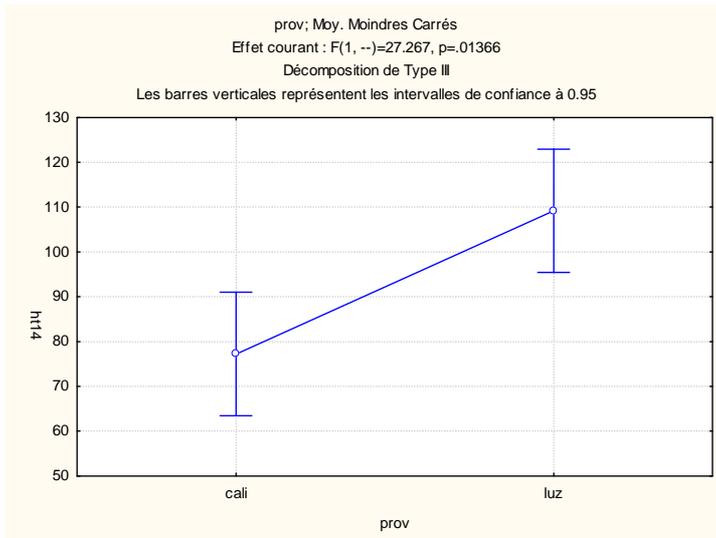
Variété	Hauteur 2014 (cm)	accroissement sur la saison 2014 (cm)	nb de plants considérés pour le calcul de l'accroissement 2014
Californie	77,2 (a)	30,5 (a)	193
Luzette	109,2 (b)	45,6 (b)	218
Moyenne	94,6	38,8	411

A l'installation des plants au printemps 2012, la hauteur initiale n'était pas différente entre modalité. En 2014, la provenance Luzette est statistiquement différente de Californie pour la hauteur 2014 et pour l'accroissement en hauteur en 2014.

En moyenne toutes provenances confondues, les plants se sont allongés de 38,8 cm en 2014, ce qui porte la hauteur totale fin 2014 à 94,6 cm. L'accroissement en hauteur de 2014 est significativement différent ($P = 0,008$) entre provenances avec 30,5 cm/an pour Californie et 45,6 cm/an pour Luzette soit 50% de mieux. Cette croissance est tout à fait correcte pour une troisième saison de végétation après plantation, sachant que 25% des plants de Luzette et 60% des plants du verger Californie avaient subi un coup de gel en mai 2012, ce qui a probablement provoqué un certain retard à l'installation des plants, tout particulièrement Californie.

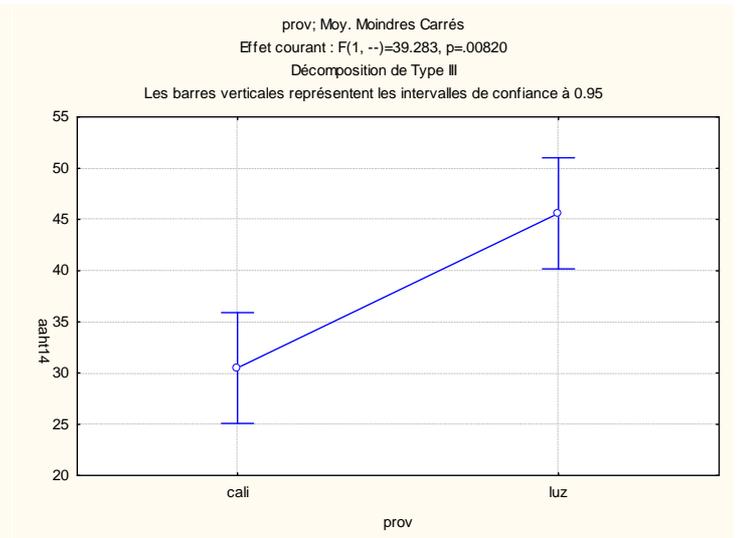
Il n'y a pas d'effet bloc pour l'accroissement 2014.

Hauteur 2014

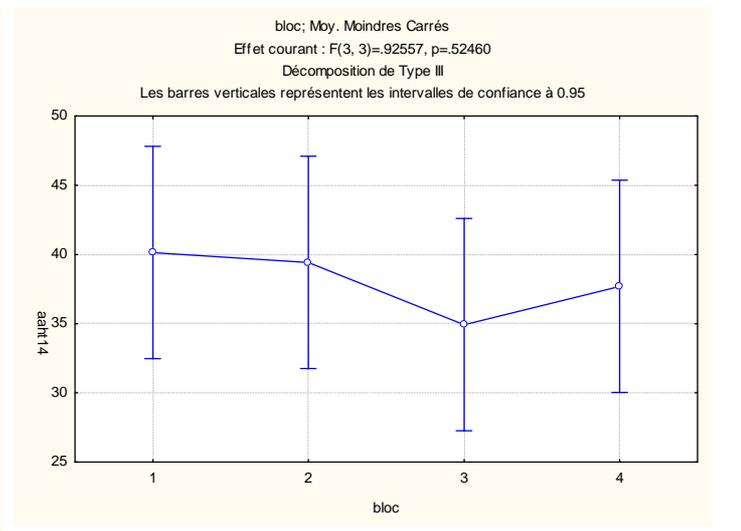
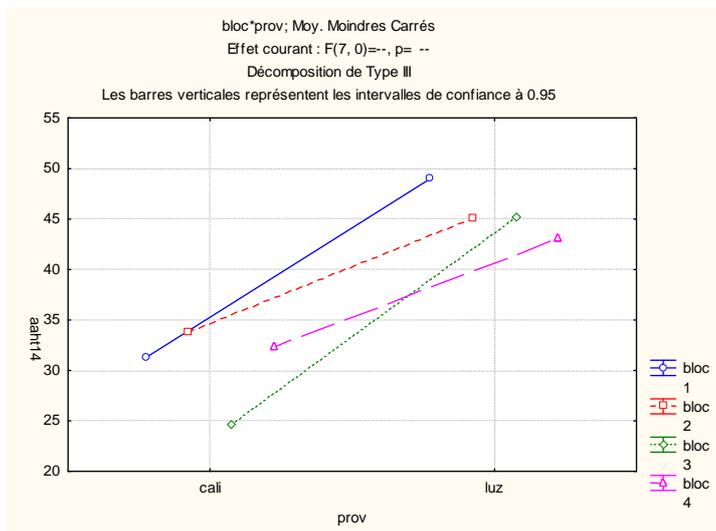


Accroissement en hauteur 2014

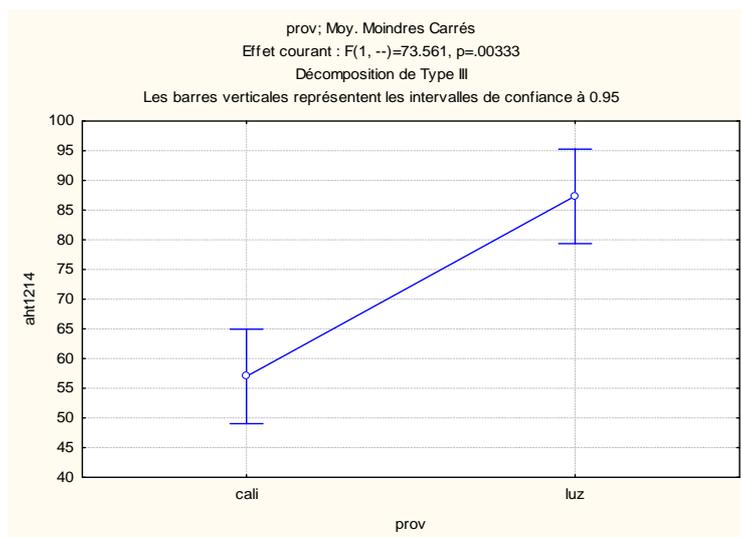
Accroissement en hauteur 2014



Accroissement en hauteur 2014



Accroissement moyen en hauteur de 2012 à 2014



Pour l'instant, la provenance « Californie » est apparue plus sensible au gel tardif (17 mai 2012) que la provenance « Luzette ». Ceci n'a toutefois pas affecté significativement la mortalité qui reste faible pour les 2 provenances.

Après trois saisons de végétation, la provenance « Luzette » obtient un avantage significatif en terme de hauteur et de croissance en hauteur par rapport à la provenance « Californie ».

Poursuite de l'essai

Conformément au protocole, une notation de l'état sanitaire est programmée fin 2015 ; si possible, elle s'accompagnera d'une mesure de la hauteur totale.

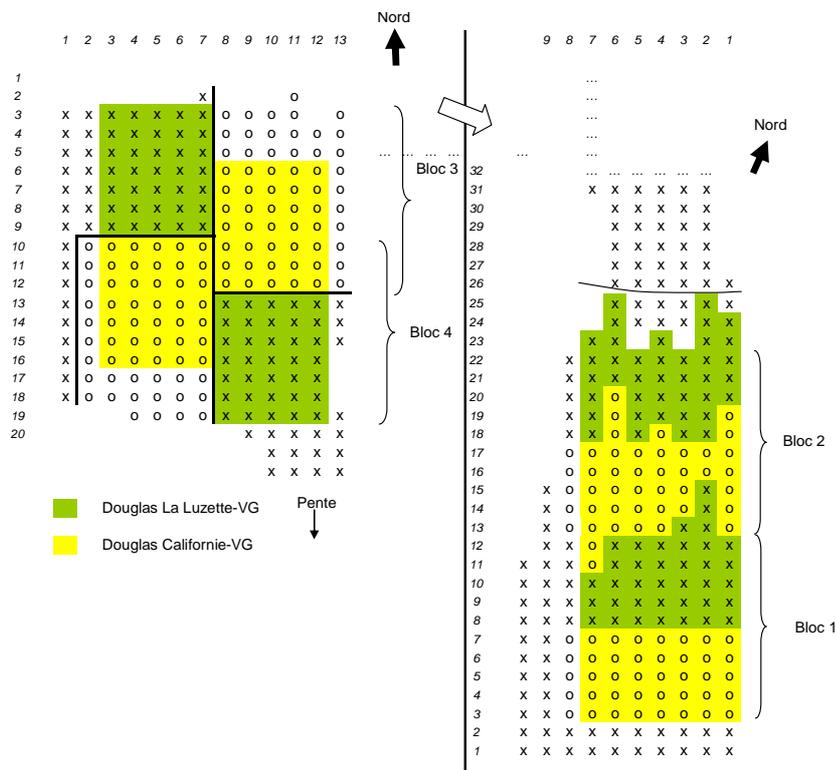
Des visites de contrôle de l'état sanitaire seront effectuées courant 2015.

Enfin, un dégagement sur la ligne sera vraisemblablement nécessaire courant 2015 (à confirmer à la fin du printemps 2015) ; il s'accompagnera éventuellement d'un entretien des interlignes au gyrobroyeur.

1.3.3- St Georges-en-Couzan (CNPf)

Dispositif expérimental installé en mars 2011 visant à comparer le comportement de deux variétés - La Luzette-VG et Californie-VG - à 960 m d'altitude dans les monts du Forez (exposition sud). (cf. plan du dispositif ci-dessous). Les plants ont été produits par la pépinière Naudet sur le site d'Autun.

4 blocs x 35 plants x 2 variétés.

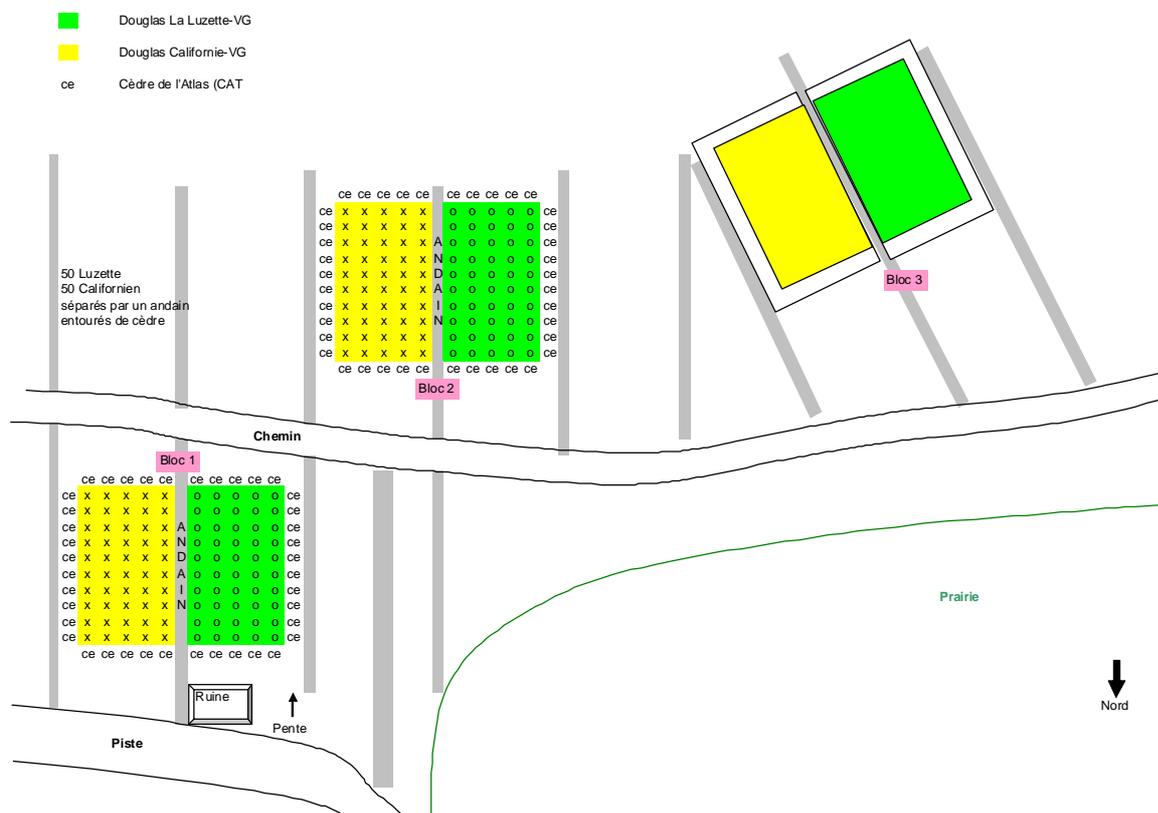


Les données de survie et croissance des premières années n'ont pu être insérées dans le présent rapport. Un bilan complet sera présenté dans le prochain.

1.3.4- Sylvanes (CNPf)

Dispositif expérimental installé en mars 2011 visant à comparer le comportement de deux variétés : La Luzette-VG et Californie-VG (exposition nord). (cf. plan du dispositif ci-dessous). Les plants de l'essai sont des plants du commerce.

3 blocs x 50 plants x 2 variétés.



Les données de survie et croissance des premières années n'ont pu être insérées dans le présent rapport. Un bilan complet sera présenté dans le prochain.

Conclusion

Début 2015, des données de survie, d'état sanitaire et de croissance ont été collectées 5 ans après plantation dans 21 dispositifs du réseau. Elles ont quasiment toutes été analysées, si bien que nous disposons d'un bilan à 5 ans au niveau « site » pour 19 essais. La prochaine étape consistera à regrouper ces données dans une analyse multisite ; elle sera réalisée lorsque l'ensemble des dispositifs de la première vague de plantation aura atteint cet âge de cinq ans (intersaison 2015-16). A cet égard, la méthodologie développée en 2014 par l'ONF pour l'épicéa sera fort utile car les objectifs et la démarche sont identiques.

D'autre part, devant l'urgence d'actualiser la fiche de conseils d'utilisation du Douglas (cf réunion CTPS du 25/03/15), une analyse plus rustique sera menée début 2015 sur les essais ayant d'ores et déjà atteint 5 ans. Cette première approche permettra d'estimer les performances des variétés dans les quatre types de milieux prospectés (cœur de l'aire, altitude, marges climatiques) et de déceler d'éventuelles interactions variété x milieu.

Milieu	Période de plantation ¹	Site (type de test ²)	Localisation du dernier bilan ³ (année rapport, pp)
Cœur de l'aire	P2009	St Junien (M) Peyrat le Ch ^{eau} (M) St Agnant (D) Autun (D)	2013, 4-8 2014, 9-14 2013, 33 2013, 26-27
	P2010	Sémelay (M) Meaux-la-Mgne (D)	2014, 19-25 2014, 35
	P2011	Saulieu (PU)	3 ans : 2013, 44-48
Altitude	P2009	Murat (M) St Sauveur (D)	2013, 21-26 2013, 27-28
	P2010	Soussat (M) Guéry (M) Montregard (D)	4 ans : 2013, 34-38 (données 5 ans collectées, non analysées) 2014, 26-32 2014, 36
	P2011	Versanne (M)	3 ans : 2013, 38-43
Marge 1	P2009	Barres (M) Faou (PU) Pressy (D) La Tagnière (D) Anglès (D)	2014, 14-19 2013, 8-13 2013, 29 2013, 30-31 2013, 31-32
	P2010	Valsonne (PU) Frayse (D)	2014, 32-34 2014, 37
	A2010	Avt-Monts (M) Gardons (PU)	2ans : 2012, 52-54 2 ans : 2012, 54-56
Marge 2	P2009	Hte Serre (M) Fourtou (M) Fourtou (D)	2013, 13-18 2013, 19-21 données 5 ans collectées, non analysées

¹ P : printemps ; A : automne

² M : test mono-arbre ; PU : test en grandes parcelles unitaires ; D= test de démonstration

³ bilan à 5 ans si âge non précisé

NB- Les dispositifs de Taravant et Colle du Rouet ont été abandonnés précocement.

2- Résistance au froid (Irstea, INRA UMR PIAF Clermont-Ferrand)

2.1- Objectifs

Les tests de l'INRA de Clermont-Ferrand (PIAF) et Irstea visent :

- à étudier l'acclimatation au froid de trois variétés (Californie, France 1, Washington 2) cultivées dans deux tests d'évaluation contrastés du point de vue climatique : Guéry (Puy-de-Dôme, altitude 1110 m) et Haute-Serre (Lot, altitude 290 m).
- à comparer les résultats de la méthode couramment utilisée aux Etats-Unis et Canada (Anekonda, Adams, Aitken 2000) aux valeurs de LT50 déterminées sur les mêmes arbres par le test de conductivité (LT50 : température létale provoquant 50% de lyse cellulaire).

La méthode américaine consiste à estimer visuellement les dégâts occasionnés par le froid aux aiguilles, à la tige et au bourgeon terminal. Pour de plus amples informations, se référer à l'article (référence en fin de document) ou au résumé en français qui figure dans le compte rendu d'activités 2011, pp 80-82.

Des tests ont été réalisés à trois reprises durant la période d'acclimatation : fin octobre 2014, début décembre 2014 et mi-janvier 2015. Nous ne détaillons ici que les résultats de la première série de tests. Ceux de décembre et janvier seront analysés en 2015 et présentés dans le prochain compte rendu d'activité.

2.2- Matériel et méthodes

Les observations portent sur 10 arbres par variété et par site, chaque arbre étant représenté par des rameaux de l'année, monocycliques et bien exposés à la lumière. Ces rameaux ont été soumis à 5 températures (+5.0, -5.6, -12.1, -15.5 et -67.0°C), puis à un test de conductivité pour tracer la courbe fournissant la valeur LT50. Une description du protocole opératoire a été présentée dans le compte rendu d'activité 2012 (p.76).

Des rameaux soumis aux températures intermédiaires (-5.6, -12.1 ou -15.5°C) ont été envoyés à Irstea qui a procédé à une estimation visuelle des dégâts, une semaine après passage au froid.

2.2.1- Calendrier des travaux

- Prélèvement des rameaux le 27/10/14 à Guéry et le 28/10 à Haute-Serre (PIAF et gestionnaires des tests d'évaluation)
- Test LT50 les 29-30-31/10 (PIAF)
- Passage au froid pour le test Irstea le 3/11, envoi le 4/11 (PIAF) et réception à Nogent le 5/11.

NB- pour des raisons pratiques, le passage au froid n'a pu être effectué dans les délais préconisés (délai d'une semaine entre la récolte et l'exposition au gel).

- Conditionnement des rameaux le 6/11, maintien en milieu humide et à température ambiante puis notation des dégâts les 12-13/11. Les observations ont été effectuées sur écran, à l'aide d'une caméra (Irstea).

2.2.2- Estimation des dégâts

Les dégâts provoqués par le froid ont été estimés visuellement *via* le pourcentage d'aiguilles détachées du rameaux (les décolorations d'aiguilles, marginales, n'ont pas été prises en compte dans les analyses) et le pourcentage de tissus endommagés ayant brunis ou noirci. Ces notations impliquent nécessairement une part de subjectivité mais celle-ci a été minimisée en effectuant la moyenne des notes attribuées par deux opératrices.

2.3- Résultats

2.3.1- LT50

Les valeurs de LT50 n'ont pu être obtenues pour 28 des 30 arbres échantillonnés sur le site de Guéry. La raison en est que les températures choisies étaient trop élevées compte tenu du degré d'endurcissement des arbres (ratios « conductivité après passage au froid/conductivité après autoclavage » faibles et similaires à +5.0, -5.6, -12.1 et -15.5°C). Pour ce site, une valeur globale de LT50 a néanmoins pu être estimée pour chaque variété, en rassemblant l'ensemble des individus. En revanche, la LT50 a pu être calculée de façon fiable pour la majorité des arbres de Haute-Serre.

LT50 moyennes de Californie, France 1, Washington 2 à Haute-Serre et Guéry

Site	Haute-Serre			Guéry		
	Cali	France 1	Wash. 2	Cali	France 1	Wash. 2
LT50 moy. (°C)	-19.1	-18.1	-19.3	-23.3	-32.3	-27.8
LT50 (Anova)	-16.6 (a)	-17.7 (a)	-16.3 (a)			

Les données brutes suggèrent i) que, fin octobre, les arbres étaient plus acclimatés au froid à Guéry qu'à Hte-Serre et ii) qu'à Guéry, Californie était en moyenne moins acclimatée que Washington 2 et, dans une moindre mesure, France 1. En revanche, ces trois variétés se comportent de la même façon à Haute-Serre. Ce dernier résultat est confirmé statistiquement par une analyse de variance conduite sur les valeurs individuelles (après élimination de 6 arbres caractérisés par des LT50 atypiques et des courbes de régression peu satisfaisantes).

2.3.2- Estimation visuelle des dégâts

2.3.2.1- Echelle de notation

En premier lieu, une grille d'évaluation des dégâts a été élaborée pour les tiges et bourgeons terminaux en se basant sur l'observation de rameaux frais et ayant séjourné 72 h à -20°C. En ce qui concerne les aiguilles, les décolorations étaient très rares et l'indicateur retenu était le pourcentage d'aiguilles détachées du rameau.

Témoin tige (dégâts nuls)



dégâts estimés à 70%



Témoin bourgeon (dégâts nuls)



dégâts estimés à 60%



Rameaux de Guéry (T = -15°C)



rameaux de Haute-Serre (T = -15°C)



2.3.2.2- Description des données

Pourcentages de dégâts globaux et dans les principales sous-populations

Population	% de dégâts (mini - maxi)								
	-5°C			-10°C			-15°C		
	A*	T*	BT*	A	T	BT	A	T	BT
<u>Entière</u>	1 0-10	3 0-15	<1 0-15	22 0-100	13 0-55	9 0-60	82 2-100	41 10-100	52 0-100
<u>Site</u> Guéry	1 0-7	2 0-10	<1 0-5	6 0-90	7 0-25	3 0-40	64 2-100	27 10-60	48 0-100
Hte Serre	1 0-10	5 0-15	1 0-15	37 0-100	20 0-55	16 0-60	99 80-100	56 25-100	57 15-100

<u>Variété</u>									
<u>Cali</u>	1	2	0	31	14	8	95	46	57
	0-7	0-15	-	0-100	0-55	0-60	10-100	15-100	5-100
	1	5	0	16	12	8	80	40	52
F1	0-10	0-15	0-5	0-100	0-40	0-55	10-100	15-80	0-100
	0	3	1	17	14	12	71	39	48
	0-3	0-15	0-15	0-100	0-50	0-50	2-100	10-70	0-100
<u>Guéry</u>	1	1	0	18	8	4	91	31	60
	0-7	0-10	-	0-90	0-25	0-40	10-100	15-50	5-100
	1	2	0	1	7	1	59	24	40
F1	0-2	0-10	-	0-7	0-20	0-15	10-100	15-55	0-100
	<1	1	<1	1	6	3	43	25	43
	0-2	0-5	0-5	0-3	0-20	0-25	2-100	10-60	0-100
<u>Hte-Serre</u>	2	2	0	45	20	11	100	60	53
	0-3	0-15	-	0-100	0-55	0-60	-	35-100	15-80
	2	7	<1	32	16	15	100	55	64
F1	0-10	0-15	0-5	2-97	5-40	0-55	-	25-80	30-100
	<1	5	1	34	23	21	98	52	53
	0-3	0-15	0-15	0-100	0-50	0-50	80-100	30-70	30-100

(*) A : aiguilles, T : tige, BT : bourgeon terminal

Ces données brutes font apparaître :

- i) des dégâts négligeables à -5°C (1%), de faibles dégâts à -10°C (15%) et des dégâts importants à -15°C (58%)
- ii) des dégâts plus importants à Haute-Serre qu'à Guéry, et donc une acclimatation au froid moindre dans le site méridional
- iii) une forte variabilité inter-arbres, même dans le cas de sous-populations restreintes à une variété et un seul site.

2.3.2.3- Analyse des données obtenues à -10° et -15°C

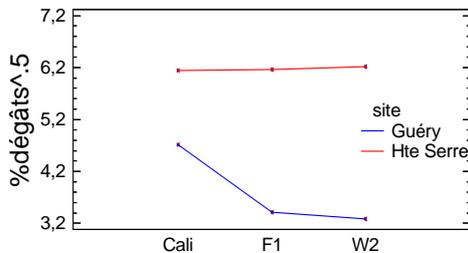
Un refroidissement à -5°C ne générant que des dégâts minimes, le tableau de synthèse ci-après fait abstraction des données collectées à cette température.

	Niveau de signification	Classement (> signifie « plus endommagé »)
<u>Facteurs</u>		
Site	***	Haute-Serre (47% de dégâts) > Guéry (26%)
Variété	*	Cali (42%) > F1 (35%) et W2 (34%)
Organe	***	aiguilles (52%) > brgeons (31%) et tiges (27%)
Température (T)	***	-15°C (59%) > -10°C (15%)
<u>Interactions doubles</u>		
Site x variété	*	
Site x organe	(*)	
Site x T	NS	
Variété x organe	(*)	
Variété x T	NS	
Organe x T	***	
<u>Interactions d'ordre > 2</u>	NS	

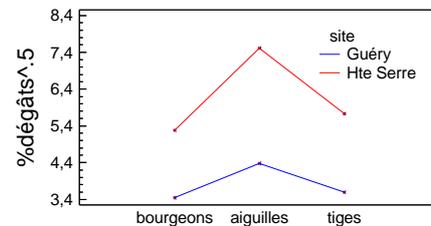
(*), *, **, *** effet significatif au seuil de 10%, 5%, 1%, 1‰ ; NS : non significatif

NB- ANOVA réalisée après transformation de variable en racine carrée pour satisfaire au mieux aux conditions de normalité et d'égalité des variances (transformation usuelle en arc sinus \sqrt{x} inopérante)

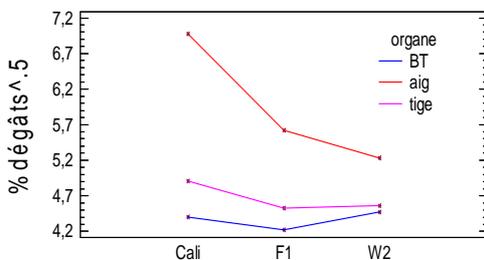
L'analyse des pourcentages de dégâts met en évidence un effet significatif des quatre facteurs étudiés – site, variété, organe, température - mais aussi de certaines interactions qui nous empêchent de conclure à une différence significative entre variétés. On remarque notamment que Californie ne diffère de France 1 et Washington 2 qu'à Guéry (interaction variété x site) ; cela peut s'expliquer par le fait que, pour toutes les variétés, le processus d'acclimatation au froid n'avait pas débuté ou en était à un stade très peu avancé à Haute-Serre. D'autre part, la différence entre Californie et les deux autres variétés se manifeste nettement pour les dégâts d'aiguilles mais guère pour les dégâts de tige et de bourgeon (interaction variété x organe).



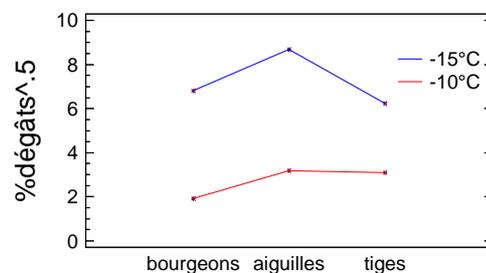
Interaction variété x site (P = 0.01)



Interaction organe x site (P = 0.05)



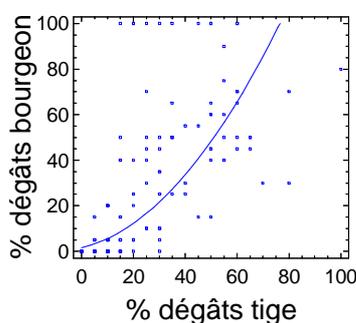
Interaction variété x organe (P = 0.08)



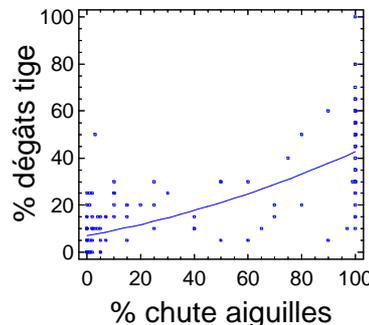
Interaction organe x température (P < 0.001)

Par ailleurs, les dégâts observés sur les différents organes sont assez bien corrélés (R^2 compris entre 42% et 53%) mais les nuages de points sont largement étendus autour des courbes de régression. En particulier, on note des dégâts de tige et de bourgeons très variables pour les rameaux ayant perdu toutes leurs aiguilles.

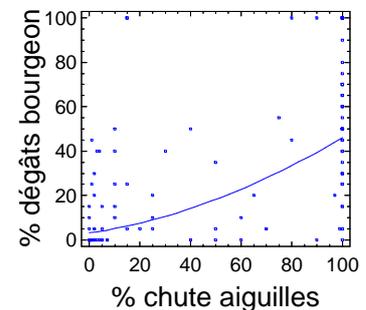
$$r = 0,72***$$



$$r = 0,73***$$



$$r = 0,65***$$



Ces niveaux de corrélation sont conformes à ceux cités par Aitken et al. (1996) et Aitken et Adams (1996) pour des rameaux échantillonnés en début d'automne ($r_g = 0,61$, compris entre 0,16 et 0,92).

2.3.2.4- Analyse des résultats obtenus à la température la plus discriminante

Anekonda et al. (2000) signalent que l'analyse des dégâts nécessite parfois des températures différentes selon les organes étudiés. Les températures les plus discriminantes sont celles qui provoquent des dégâts « intermédiaires », entre 30% et 70%. Dans notre cas, cela correspond à -15°C pour les tiges et bourgeons et une température située entre -10°C et -15°C pour les aiguilles. Pour cet organe, nous avons analysé, d'une part, les dégâts moyens obtenus aux deux températures à Haute-Serre et Guéry et, d'autre part, les dégâts enregistrés respectivement à -10°C à Haute-Serre et à -15°C à Guéry.

Variable étudiée	effet variété	effet site	interaction variété x site
Dégâts tige (% à -15°C)	NS (P = 0.24)	***	NS
Dégâts de bourgeon (% à -15°C)	NS (P = 0.64)	NS	NS
Chute d'aiguilles (% moyen -10 -15°C)	* (P = 0.01)	***	NS
Chute aiguilles (-10° HSerre, -15° Guéry)	* (P = 0.04)	-	-

(*), *, **, *** effet significatif au seuil de 10%, 5%, 1%, 1% NS : non significatif

NB- analyses effectuées sans transformation de variable

Les ANOVA conduites sur les tiges et aiguilles montrent que les dégâts sont significativement plus importants à Haute-Serre que dans le site d'altitude de Guéry.

Les variétés ne diffèrent statistiquement que pour les dégâts d'aiguilles. Dans ces analyses, Californie diffère toujours de Washington 2 et, pour la moyenne des dégâts à -10°C et -15°C, de France 1. Bien que les interactions variété x site ne soient pas significatives, il est intéressant de constater que les différences entre Californie et les deux autres variétés ne sont significatives qu'à Guéry. A Haute-Serre, les trois variétés présentent des dégâts statistiquement identiques.

En nous appuyant sur Anekonda et Adams (2000), nous privilégierons les résultats obtenus sur tige, les plus importants du point de vue biologique et économique, et considérerons que Californie ne diffère pas significativement de France 1 et Washington 2.

2.3.3- Comparaison des résultats obtenus par les deux méthodes

Globalement, les résultats LT50 et estimation visuelle des dégâts convergent :

i) Les arbres de Guéry sont mieux acclimatés au froid que ceux de Haute-Serre. Ce résultat est logique car Haute-Serre jouissait encore de températures très clémentes lors de la collecte des rameaux tandis que les températures automnales étaient beaucoup plus faibles à Guéry (site qui avait sans doute déjà subi les premières gelées).

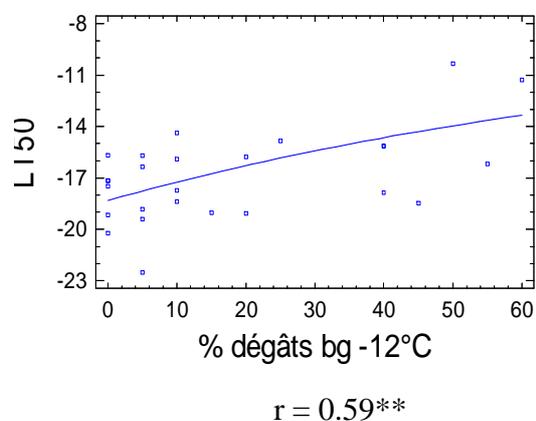
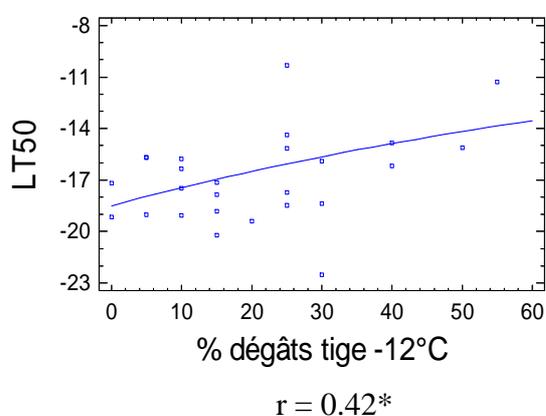
ii) Californie tend à être moins endurcie à Guéry alors que les trois variétés étudiées se situent au même niveau à Haute-Serre.

Cependant, les corrélations dégâts estimés x LT50 sont plus faibles qu'attendu :

- on n'observe pas de relation significative entre les chutes d'aiguilles et LT50, ce qui est regrettable car le pourcentage d'aiguilles tombées est facile à estimer et objectif.

NB- un échange récent avec un collègue de l'Oregon indique que ce caractère est peu discriminant.

- les dégâts de tige et bourgeons à -12°C sont assez bien corrélés à LT50 ($r = 0.42^*$ et 0.59^{**} respectivement) mais les relations ne sont plus significatives quand on s'intéresse aux dégâts à -15°C ($r = 0.20$ et 0.14). Ces résultats suggèrent que l'estimation du pourcentage de tissus nécrosés est plus fiable lorsque les dégâts sont d'intensité faible à moyenne. Les coefficients de corrélation restent significatifs quand on considère les dégâts moyens à -12°C et -15°C. En revanche, on n'améliore pas la relation en prenant en compte la moyenne des dégâts observés sur la tige et le bourgeon.



Conclusions

- Les estimations visuelles de dégâts s'avèrent rapides pour des opérateurs expérimentés. La méthode US permet effectivement de travailler sur des populations relativement importantes, ce qui constitue un avantage si la variabilité inter-arbre (ou intra-arbre) est forte au sein des variétés. Les estimations demeurent néanmoins subjectives et les résultats sont certainement moins fiables que ceux obtenus par le test de conductivité pratiqué au PIAF (LT50).

- En dépit de la subjectivité des notations, la méthode US fournit globalement des résultats cohérents avec les LT50 déterminées par le PIAF. Néanmoins, au niveau individuel (arbre), les dégâts observés visuellement sont faiblement corrélés aux LT50. Des progrès devront être accomplis pour affiner l'estimation des dégâts de tige et de bourgeon.

D'autre part, il est intéressant de noter qu'en début d'automne les dégâts sont exceptionnels à -5°C et encore faibles à -10°C à Guéry. Les trois variétés montrent donc un bon niveau d'acclimatation au froid, sachant que des températures aussi basses sont peu fréquentes, voire improbables, fin octobre.

Cependant, il convient d'insister sur le fait que nos observations ont été conduites sur des rameaux monocycliques. Or, on sait que les individus polycycliques sont beaucoup moins

tolérants aux gels précoces. A cet égard, Anekonda et al. (1998) ont démontré un déficit d'endurcissement de la part des pousses secondaires, mais aussi des pousses primaires qui les sous-tendent. Les investigations futures devraient certainement prendre en compte ces matériels polycycliques qui sont susceptibles de représenter une forte proportion des individus dans le jeune âge.

D'une manière plus générale, il semble important d'étudier plus finement la variabilité du processus d'acclimatation, inter-arbre et intra-arbre.

T.S. Anekonda, W.T. Adams, S.N. Aitken – 2000 - Cold Hardiness Testing for Douglas-Fir Tree Improvement Programs: Guidelines for a Simple, Robust, and Inexpensive Screening Method. Western Journal of Applied Forestry, Vol.15, N°3, July 2000, 129-136.

T.S. Anekonda, W.T. Adams, S.N. Aitken – 1998 – Influence of second flushing on genetic assessment of cold hardiness in coastal Douglas-fir. For. Ecol and Manage., 119-126.

3- Résistance à la cavitation (INRA, UMR PIAF)

Barigah T. S., Cochard H., Herbette S., Girard S., Souchal R. & Conchon P.

3.1.- Contexte scientifique

Les changements climatiques (en cours ou à venir) risquent de modifier significativement le fonctionnement des écosystèmes forestiers et donc de perturber les services écosystémiques qu'elles fournissent, que ce soit en termes de production, de protection ou de régulation. Si on connaît bien maintenant comment fonctionnent ces écosystèmes forestiers, on a beaucoup plus de mal à prédire leurs réponses à des changements climatiques, et plus singulièrement à des sécheresses extrêmes. Quels sont les seuils critiques de perturbation ou de résilience des espèces aux sécheresses ? Quelles sont les espèces ou les sites les plus vulnérables ? Quelles sont les capacités d'acclimatation, d'adaptation ou de migration des espèces ? Quelle variabilité génétique au sein de chaque espèce et comment contribue-t-elle au comportement global de l'espèce ? Peut-on définir des pratiques sylvicoles pour mitiger ces impacts ou faciliter l'acclimatation des espèces ? Peut-on définir des idéotypes plus performants et les sélectionner par des programmes d'amélioration génétique, qu'ils reposent sur des approches conventionnelles ou qu'ils fassent appel à des techniques plus innovantes ? Ces questions se posent à de nombreuses équipes du département EFPA/INRA et se retrouvent largement dans les objectifs affichés par le département.

Les travaux menés sur l'hydraulique des arbres depuis plus de 20 ans ont fait la démonstration que la résistance du xylème à la cavitation est fortement impliquée dans les mécanismes de tolérance à la sécheresse des ligneux. Le potentiel hydrique induisant 50 % de perte de conductivité (Ψ_{50}) de rameaux ou de tige d'arbres s'est révélé comme étant un bon marqueur de résistance à la sécheresse, tout au moins, à l'échelle interspécifique. A l'échelle de la planète, on observe une convergence globale du fonctionnement hydraulique des espèces et donc de la vulnérabilité des écosystèmes forestiers (Choat et al 2012). Ces travaux provoquent un engouement général pour l'intégration des traits hydrauliques dans les modèles de fonctionnement des arbres et des écosystèmes forestiers car ils ouvrent une nouvelle voie pour une modélisation mécaniste des effets des sécheresses sur la productivité et la pérennité des forêts. La validation de cette approche et de ces modèles à une large échelle constitue actuellement un défi majeur pour la recherche.

Ces connaissances sont précieuses pour la détermination précoce du potentiel de résistance à la sécheresse des espèces ligneuses, l'identification des génotypes et écotypes plus résistants à la sécheresse et pour comprendre la signification écologique de la variabilité observée sur les génotypes.

3.2.- Objectifs

- 1- Explorer la variabilité inter-site et intra-population du potentiel hydrique (Ψ_{50}) induisant 50 % de perte de conductivité des arbres
- 2- Caractériser la plasticité phénotypique de la vulnérabilité à la cavitation de 3 variétés commerciales de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) et mettre en évidence d'éventuels effets stationnels sur la résistance à la cavitation (Ψ_{50}).

3.3- Matériels, conditions de culture et méthodes

Les matériels ont été collectés fin octobre 2014, sur les mêmes variétés (Californie, France 1, Washington 2) et dans les mêmes sites (Guéry, Haute-Serre) que les pousses utilisées pour l'étude de l'acclimatation au froid. Chaque variété était représentée par 25 arbres/site. Les rameaux échantillonnés (un par arbre) avaient une longueur de 40-50 cm, ce qui correspond généralement à deux années de croissance, et un diamètre maximal de 1 cm. Ils ont été prélevés dans les verticilles supérieurs ou en exposition sud afin de garantir une bonne exposition à la lumière. Enfin, le choix s'est porté sur des rameaux exclusivement monocycliques de manière à éliminer les éventuelles hétérogénéités liées au polycyclisme.

Une fois récoltés, les rameaux ont été conservés dans des sacs poubelle de 100 litres contenant environ 25 cl d'eau pour empêcher la déshydratation de ceux-ci et transférés le plus rapidement possible au laboratoire où chaque rameau a été emballé dans du papier absorbant (Sopalin) trempé d'eau. Les rameaux ainsi emballés ont été remis dans des sacs poubelle avant d'être stockés dans une chambre froide à 5°C. Les mesures de P50 ont ainsi pu être étalées dans le temps (jusqu'à fin novembre).

NB. Des travaux antérieurs ont montré que la fiabilité des mesures de P50 n'était pas affectée si des échantillons (rameaux) étaient conservés pendant 8 à 10 semaines dans les conditions décrites ci-dessus (Herbette et al. 2010; Tree Physiology 30, 1448–1455, doi:10.1093/treephys/tpq079).

Les mesures ont été effectuées dans un cavitron. Il s'agit d'une centrifugeuse dont le rotor a été modifié et adapté à la mesure de la conductance hydraulique et à la détermination du pourcentage de perte de conductivité (PLC) des rameaux. Le Ψ_{50} est déterminé après ajustement de l'équation de Pammenter et van Willigen (1998) à une courbe de vulnérabilité de PLC en fonction de la tension exercée sur la sève du rameau.

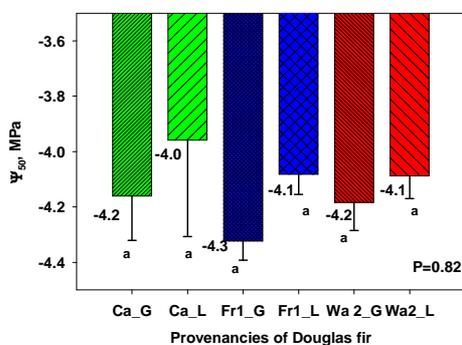
3.4- Résultats

Le résultat majeur de cette étude est l'absence de différence significative entre les trois provenances de Douglas testées. Il montre que la variable (Ψ_{50}) est suffisamment stable et pas pertinente pour discriminer des provenances de Douglas.

Des travaux antérieurs ont montré que la réponse des plantes ligneuses à une sécheresse progressive est directement en rapport avec la pente au point d'inflexion de la courbe de vulnérabilité : plus la pente est faible plus la plante est résistante. De fait, la variété Californie supporterait davantage une période de sécheresse prolongée au Guéry que la variété France 1 plantée en Haute-Serre.

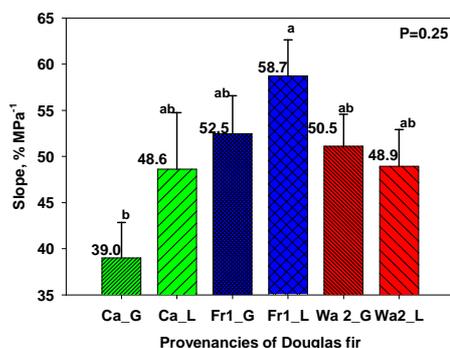
Le second résultat de ce travail est l'absence d'effet site sur la base du (Ψ_{50}) et un léger effet site pour la capacité à supporter une contrainte hydrique passagère (slope). Toutefois, une certaine ségrégation tend à se dégager (comparaison inter-site) ; peut-être que les plants sont encore trop jeunes pour exprimer toute la palette de leur potentialité ... Ces résultats sont en cours de valorisation.

Water potential inducing 50% loss conductance in *Pseudotsuga menziesii* trees



Modalités	Moyenne	Regroupements
Ca_HS	-3.959	A
Fr1_HS	-4.083	A
Wa_HS	-4.088	A
Ca_Gue	-4.160	A
Wa_Gue	-4.183	A
Fr1_Gue	-4.323	A

Slope at water potential inducing 50% loss conductance in *Pseudotsuga menziesii* trees



3.5- Conclusion et perspectives

En écho à d'autres travaux préliminaires, cette absence de variabilité semble être générique (et non spécifique des espèces européennes !). D'après Cochard (communication personnelle), il existe très peu de variabilité génétique et phénotypique entre populations en se référant à la vulnérabilité à la cavitation (sélection uniformisante, ou trait canalisé). Cela signifie que les arbres ont très peu de marge de manœuvre par rapport à ce trait. Aussi, ce seront d'autres traits qui s'ajusteront ou s'adapteront pour moduler la résistance à la sécheresse selon les provenances (en considérant que ces provenances sont bien différentes sur ce point).

L'enjeu est maintenant de comprendre comment ces autres traits varient de manière à préserver l'intégrité hydraulique de l'arbre (et imposée par le Ψ_{50}). C'est pourquoi il conviendra de regarder les ratios root/shoot, la conductance stomatique et cuticulaire, la capacitance hydraulique etc, afin de les intégrer dans un modèle de fonctionnement de l'arbre. Le fait que le Ψ_{50} soit constant simplifie grandement la modélisation.

4- Référencement des essais du réseau dans la base de données Treebreedex

La situation n'a pas évolué depuis plusieurs années et le bilan effectué en 2012 est toujours d'actualité (cf compte rendu d'activité 2012, p.79). Ce point ne sera plus reconduit dans programmes de travail des prochaines conventions « évaluation VFA ». Dorénavant, chaque responsable d'organisme traitera directement avec Luc Pâques qui est l'administrateur de la base.

5- Extension du réseau d'évaluation

5.1- Contexte

L'ONF a montré que le réseau existant ne couvre qu'imparfaitement les gradients pédologiques et climatiques de l'aire potentielle du Douglas. Ces "lacunes", caractérisées par quatre variables jugées prépondérantes d'après la littérature (bilan hydrique climatique estival, C/N, pH, température mini moyenne hivernale), seront comblées par une extension du réseau en direction du nord-est, où l'ONF a déjà identifié des terrains destinés à une plantation 2015 (compte rendu d'activité 2013, p.50), et du nord-ouest (sites océaniques de Normandie et/ou Bretagne). En outre, une nouvelle installation est projetée en zone méditerranéenne, pour compenser la perte du dispositif de La Colle-du-Rouet (Var), abandonné en raison d'une forte mortalité.

5.2- Elevage de plants au site de Peyrat-le-Château du PNRGF

5.2.1- Semis de juillet 2013

5.2.1.1- Rappel

Environ 5400 graines par provenance ont été préparées par l'UE GBFOR (INRA Orléans) et ont été réceptionnées à Peyrat-le-Château le 15 mai 2013. Le semis a été réalisé en juillet après un mois de prétraitement. Les graines ont été semées dans des godets WM. Afin d'assurer la germination d'au moins une graine par godet, 3 graines ont été semées dans chaque godet. 1800 godets ont ainsi été semés pour chaque provenance.

Cette vague de semis devait au moins permettre l'installation des 4 dispositifs prévus par le pôle ONF de Dole au printemps 2015 : Clairvaux, Le Plachet, La Longeville et Villers-sous-Chalamont. Il était donc nécessaire de produire au moins 600 plants / provenance.

5.2.1.2- Suivi en 2014

** Des problèmes sanitaires*

Les semis ont subi un assez fort jaunissement fin 2013 / début 2014. Ces jaunissements ont semblé toucher l'ensemble des provenances sans distinction. La présence de l'agent pathogène *Chalara elegans* a été détectée par l'ANSES. Ce pathogène pourrait expliquer les jaunissements observés.



Illustration 1 : Jaunissement des plants du semis de juillet 2013 - janvier 2014 (Photo de Sébastien Guérinet).

Les plants vivants ont ensuite débourré correctement au printemps 2014 pour produire une nouvelle pousse verte.



Illustration 2 : Les plants forment des pousses bien vertes en mai 2014 (Photo de Patrice Brahic).

** Survie*

Les nombres de plants vivants ont été estimés à 3 dates : en janvier 2014, en juillet 2014 et lors d'une mesure de hauteur en novembre 2014. 1800 godets ont été semés en juillet 2013. Les taux de survie présentés sont calculés à partir de cet effectif de départ.

NB : Il n'y a pas eu de comptage de godets avec au moins une graine germée donc les taux de survie présentés englobent le taux de germination et le taux de survie.

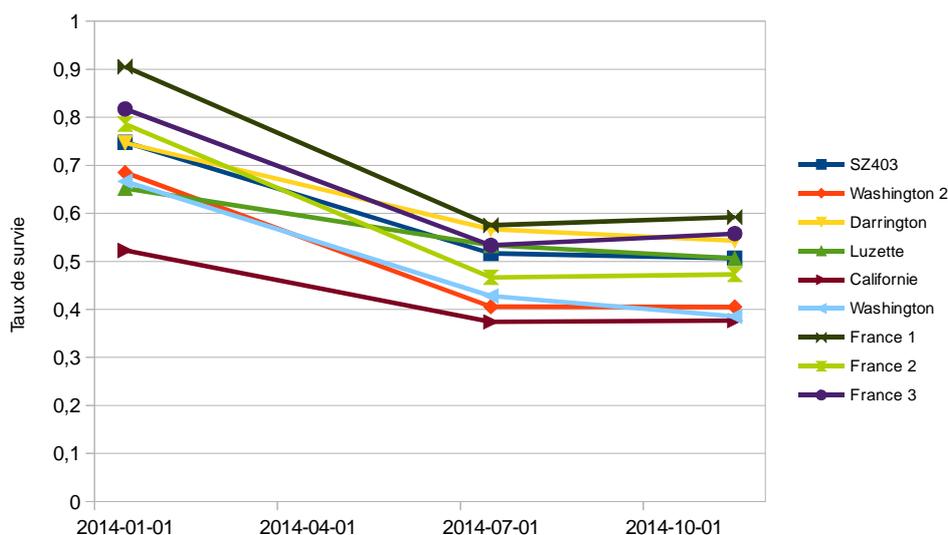


Illustration 3 : Evolution des taux de survie des semis de juillet 2013

Les taux de survie accusent déjà des valeurs inférieures à 75 % dès la mesure du mois de janvier sauf pour 'France 1', 'France 3' et 'France 2'. Le verger 'Californie' a déjà subi une perte de 50 % des godets semés.

Les taux de survie après la reprise, au mois de juillet, sont tous inférieurs à 60 % et 4 provenances ont perdu plus de la moitié de leurs effectifs : 'France 2', 'Washington', 'Washington 2' et 'Californie'.

Ces taux de survie assez faibles peuvent remettre en cause la capacité des lots de graines à représenter la variabilité génétique des différents vergers à graines. Cette remise en cause peut compromettre leur utilisation expérimentale.

* Croissance

Le jaunissement et le dépérissement observé fin 2013 / début 2014 a engendré des mortalités mais aussi des croissances réduites et hétérogènes lors de la saison de végétation 2014. Le mauvais temps lors de la saison de végétation est aussi une des causes de ces faibles croissances.

La hauteur des plants en fin d'élevage est un point clé pour permettre une bonne installation et une bonne survie des plants lors des premières années, surtout en cas de compétition végétale importante sur le dispositif. C'est notamment le cas pour le dispositif de Villers-sous-Chalamont. Lors de la réunion téléphonique du 16/10/2014, il avait été suggéré de sélectionner les plants dont la hauteur était supérieure à 20 cm pour ce dispositif. Deux cent plants par provenance sont nécessaires pour ce dispositif.

Afin d'avoir une idée plus précise des hauteurs disponibles et de savoir si une sélection était possible, des mesures de hauteurs en classes ont été réalisées en novembre 2014 sur l'ensemble des plants. Les 5 classes utilisées sont les suivantes : 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm et >20 cm.

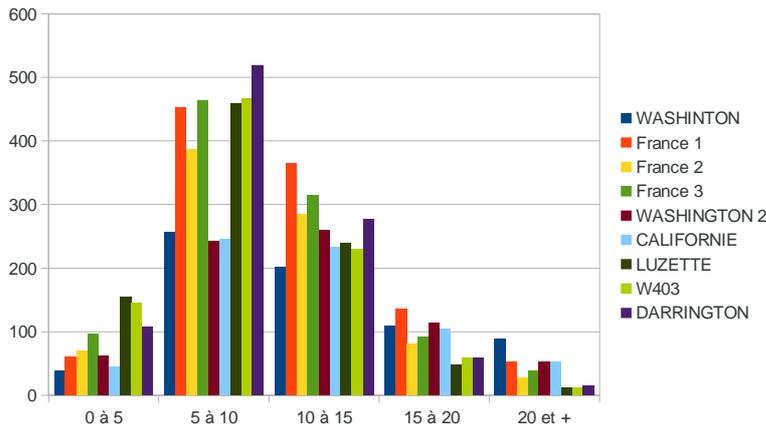


Illustration 4 : Répartition des plants par classe de hauteur et par provenance.

Le graphique montre clairement qu'une sélection de 200 plants de plus de 20 cm pour Villers-sous-Chalamont n'est pas possible.

De plus, le fait de sélectionner les 200 plants les plus grands impliquerait :

- une accentuation du biais de représentativité du lot de plants par rapport aux populations de départ,
- une très forte hétérogénéité entre les populations de plants utilisées pour le dispositif de Villers-sous-Chalamont et celles utilisées pour les 3 autres dispositifs installés au printemps 2015,
- l'installation de plants vraiment petits dans les 3 autres dispositifs, ce qui impliquerait une forte prise de risques dans ces dispositifs où la concurrence végétale n'est pas absente.

Il est intéressant de voir si, à ce stade très juvénile, les croissances sont différentes entre les provenances. Le graphique précédent n'apporte qu'une réponse partielle car il présente les effectifs vivants. Or, comme il a été montré précédemment, le taux de mortalité est différent pour les différentes provenances et donc les effectifs totaux aussi. Le graphique suivant, présentant les proportions permet d'avoir une idée plus correcte.

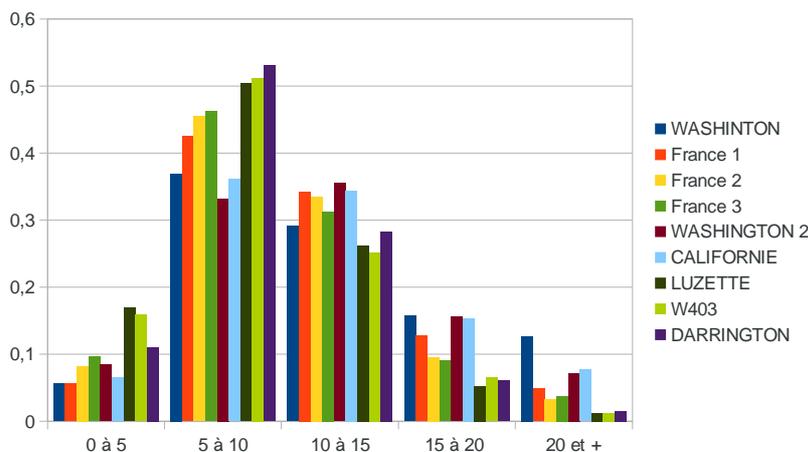


Illustration 5 : Répartition des proportions par classe de hauteur et par provenance.

Ce graphique montre que les provenances 'Luzette' et 'Seed zone 403' ont les croissances les plus faibles. A l'opposé, 'Washington 2', 'Californie' et 'Washington' ont les hauteurs les plus importantes.

5.2.2- Semis réalisé au printemps 2014

5.2.2.1- Matériel végétal

En vue de mettre en place une nouvelle vague de tests destinés à comparer les vergers à graines de Douglas dans des sites non encore explorés par le réseau multipartenaires, il a été décidé d'engager un nouveau semis à Peyrat le Château au printemps 2014. Dans cette perspective, l'INRA a extrait de sa banque de graines et conditionné pour prétraitement les lots suivants :

N° chbre froide INRA	Code génotype INRA	Nom du génotype	Année de récolte	Pds 1000 graines (g)	Poids du lot (g)
2013-0153	7000.P.SZ403.2007.1	Seed zone 403 (témoin)	2007		30,75
2012-0008	7000.P.WASH2.2010.VG	Verger WASHINGTON 2	2010	11,55	34,38
2012-0001	7000.P.DARR.2011.VG.1	Verger DARRINGTON	2011	11,92	37,07
2012-0005	7000.P.LUZ.2009.VG	Verger LA LUZETTE	2009	13,36	22,75
2012-0009	7000.P.CALI.2007.2.VG	Verger CALIFORNIE	2007	15,54	66,35
2012-0007	7000.P.WASH.2008.2.VG	Verger WASHINGTON	2008	13,53	20,09
2013-0157	7000.P.WASH.2011.VG	Verger WASHINGTON	2011	11,09	20,09
2008-0004	7000.P.FRANCE1.2007.VG	Verger FRANCE1	2007	11,76	28,99
2012-0006	7000.P.FRANCE2.2007.1.VG	Verger FRANCE2	2007	11,73	15,625
2013-0155	7000.P.FRANCE2.2012.VG	Verger FRANCE2	2012	12,35	15,625
2008-0003	7000.P.FRANCE3.2007.1.VG	Verger FRANCE3	2007	12,24	33,43
2013-0160	7000.P.TRAMWAY.2012.1.VG	Verger Tramway (N.Z.)	2012	11,90	28,56

Il convient de noter que :

- le verger WASHINGTON est représenté par un mélange de graines issues des récoltes commerciales 2008 et 2011
- le verger FRANCE2 est également représenté par un mélange de graines issues des récoltes commerciales 2007 et 2012.

Le groupe multipartenaire a enfin décidé d'inclure aux côtés des vergers français un verger de Douglas néozélandais dénommé TRAMWAY. Ce verger est constitué de 20 clones d'arbres sélectionnés phénotypiquement dans un test de provenance multilocal. Tous les ortets ont été sélectionnés en 1998 dans des provenances de l'état de Washington (USA). Les critères retenus pour la sélection sont : croissance en volume, tardiveté du débournement végétatif, forme (finesse des branches, angle de branches et absence de fourches et ramicornes) et module d'élasticité du bois de l'arbre sur pied. Ce verger produit de la graine à un niveau commercial depuis 2011. Couramment plantés dans le sud de la Nouvelle Zélande, les MFR du verger TRAMWAY sont réputés pour leur rusticité (notamment en site exposé), leur excellente forme avec, en contrepartie, une croissance un peu en retrait par rapport à celle des vergers composés de clones d'origine californienne.

5.2.2.2- Germination des graines et développement des semis

Entre 1280 (VG Tramway pour quelques dispositifs uniquement) et 4224 (VG Californie) graines ont été semées, la moyenne étant de 2913. Les graines ont été semées dans des godets WM à raison d'une graine par godet afin de maximiser le nombre de plants produits par cette vague. Le tableau suivant présente les **taux de germination** relevés en juillet 2014. Ils sont classés dans l'ordre croissant.

Provenance	Taux de germination en juillet 2014
Californie	0,76
France 2	0,77
Washington	0,79
Washington 2	0,82
France 3	0,83
France 1	0,94
Seed Zone 403	0,96
Darrington	0,98
Luzette	1,00
Tramway	1,00

Les taux de germination sont très bons mêmes si un quart des graines ne germent pas pour France 2 et Californie.

Les plants se sont bien développés en 2014. Aucun aléa n'est à signaler. Une visite à Peyrat le Château en février 2015 a permis de constater l'excellent taux de survie et le bon état physiologique des plants.

Des mesures de hauteurs par classes ont été réalisées en novembre 2014 avec les mêmes classes que pour les semis 2013. Une caisse sur deux a été mesurée. Les différences entre provenances semblent moins importantes que pour les semis 2013.

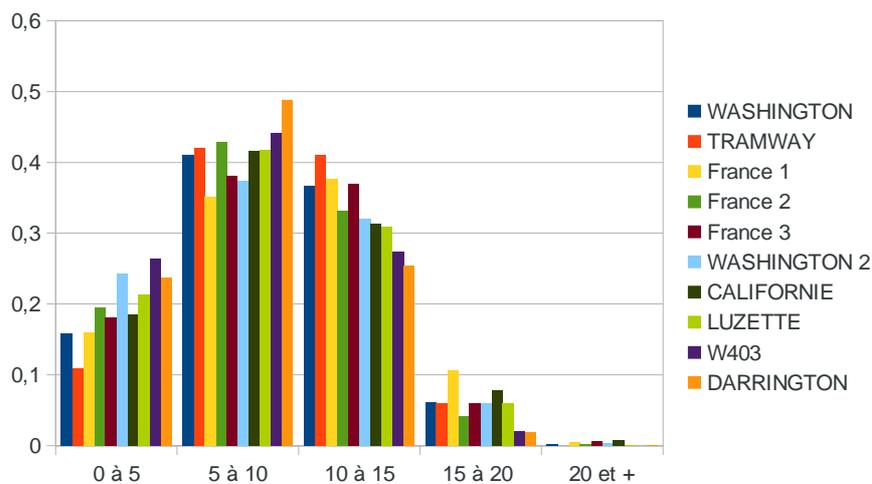


Illustration 6 : Répartition des proportions des différentes classes de hauteur par provenance.

5.2.3- Décisions sur l'utilisation des plants pour le réseau

Les différentes discussions ont conduit à prendre la décision de ne pas utiliser les plants issus du semis de 2013 pour les parties expérimentales des dispositifs du réseau. A la place, ce sont les plants du semis de 2014, assez nombreux, qui seront utilisés pour les installations du printemps 2015, de l'automne 2015 et du printemps 2016.

Les plants de chaque essai seront tirés aléatoirement dans les différentes populations, en éliminant toutefois les plants les plus petits qui auraient des chances de survie limitées (seuil de hauteur fixé à 5 cm).

5.3- Préparation des terrains avant installation (plantation au printemps 2015)

La liste et la description des 6 sites qui vont être installés par l'ONF est dans le compte-rendu d'activités du programme de la même convention pour la période 2013-2014 à la page 50.

La préparation des sites avant l'installation des plants proprement dite comprend plusieurs étapes. Durant l'année 2014, le pôle R&D ONF de Dole s'est consacré à la préparation des terrains retenus pour les 4 nouveaux sites expérimentaux devant être installés par l'ONF au printemps 2015 :

- Suivi de réalisation de la fin d'exploitation du peuplement en place pour La Longeville et Le Plachet.
- Suivi de la réalisation du broyage en plein pour les sites de Clairvaux et du Plachet.
- Jalonnement des lignes et piquetage des emplacements des potets pour les 4 sites : Clairvaux, Le Plachet, La Longeville et Villers-sous-Chalamont.
- Suivi de la réalisation de l'ouverture des potets sur les 4 sites (rendez-vous préalable avec l'entrepreneur et suivi de la bonne réalisation).
- Suivi de la réalisation de l'engrillagement pour les sites de Clairvaux et du Plachet.



Illustration 1: Jalonnement sur le site de Clairvaux (Photo Bruno Chopard)



Illustration 2: Jalonnement sur le site du Plachet (Photo Bruno Chopard)

5.4- Recherche de terrains (plantation prévue au printemps 2016)

Irstea a l'intention d'installer un dispositif mono-arbre en Bretagne au printemps 2016. Ne disposant pas de contacts dans cette région, nous avons sollicité l'aide des services bretons du CRPF et de l'ONF pour la prospection. La démarche devrait s'organiser en trois étapes : i) collecte des coordonnées des sites candidats, ii) pré-sélection d'après les caractéristiques pédoclimatiques (appui de l'ONF Dole et/ou INRA Nancy) et iii) sélection définitive à l'issue de visites de terrain et rencontre des propriétaires/gestionnaires.

5.5- Mobilisation de lots de graines en vue de futurs essais

Les éléments ne figurant pas dans les précédents rapports se résument comme suit :

Vergers	année de récolte	commentaires
France 2	2012	Récolte expérimentale (détails dans CRA 2012 p.83). Bilan après purification à l'INRA : Poids total : 305.0 g (24701 graines) Poids 1000 graines : 12.35 g Stockage -20°C Orléans N° INRA : 2013-0155 Code provenance : 7000.P.FRANCE2.2012.VG
Washington	2008 et 2011	Réception à Nogent de 50 g de chaque lot en provenance de La Joux (14/08/13 et 14/05/14). Conservation à -20°C. Réception par l'INRA d'échantillons des mêmes récoltes le 26/08/13.
Washington 2	2013	Réception à Nogent d'un échantillon de 100 g en provenance de la Sté Vilmorin (24/06/14). Envoi au CGAF par l'ONF La Joux d'un échantillon de la même récolte (début février 2014).
<i>Darrington</i>	<i>2014</i>	<i>Accord du GIE pour la fourniture d'un échantillon de 50 g de chaque vergers. Traitement des graines en cours.</i>
<i>La Luzette</i>	<i>2014</i>	

Il était également prévu de conserver un échantillon du millésime 2014 du verger Washington qui s'annonçait excellent. Malheureusement, le site de Sivens a été interdit d'accès durant les manifestations liées au projet de retenue d'eau sur le Tescou, si bien que le GIE n'a pas pu récolter le verger.

ETUDE DE LA RESISTANCE AU STRESS HYDRIQUE EN CONDITIONS CONTROLEES

1- Poursuite de l'essai initié en 2013

1.1 – Effet retard des traitements sur la croissance et l'état sanitaire

1.1.1- Objectifs de l'essai

Cet essai a pour objectif d'étudier la réponse de deux variétés (Californie et Washington 2) à des stress hydriques d'intensité et de timing variables. Il peut être découpé en trois phases :

- 1) mi-avril – 7 août 2013 : application de stress hydriques précoces (6 modalités d'intensité croissante).
- 2) 7 août – 24 novembre 2013 : réduction drastique de l'arrosage des caisses d'une modalité jusque-là peu stressée (n°3), de manière à simuler une sécheresse tardive.
- 3) 9 avril – 17 octobre 2014 : arrosage copieux afin d'étudier l'effet retard des stress hydriques de 2013.

Les principaux résultats obtenus durant la première phase ont été présentés dans le compte rendu d'activité 2013 (pp 54-57). Les données collectées durant les phases 2 et 3 n'ont pour l'instant fait l'objet que d'analyses partielles. Le traitement statistique est programmé en 2015.

1.1.2- Traitements et mesures effectués en 2014

- Hivernage des 24 caisses sur une plateforme extérieure (24 novembre 2013 – 9 avril 2014). Les températures au sol, dans le substrat (10 cm et 30 cm de profondeur) et au niveau du feuillage (H = 60 cm) ont été enregistrées en continu dans deux caisses témoins pour pouvoir expliquer d'éventuels dégâts de froid. Leur analyse n'a pas été jugée nécessaire car l'hiver 2013/14 s'est avéré très doux (faible nombre de jours de gel, T°C mini hivernale : -3,8°C).
- Transfert sous serre le 9 avril 2014 ; positionnement aléatoire des caisses (travail sous-traité à une entreprise).
- Réalisation de traitements pour lutter contre les pucerons qui ont rapidement colonisé les plants.
- Caractères mesurés durant la saison de végétation.

* Les *paramètres environnementaux* ont été caractérisés par des capteurs placés en quatre endroits de la serre (H capteurs ~ 1,50 m). Les mesures, prises en continu, couvrent la période allant du 20 mai au 17 octobre 2014.

. *Température de l'air* : moyennes horaires, mini, maxi (mesures toutes les minutes moyennées par heure) ; température commandant l'ouverture des auvents : 20°C

. *Hygrométrie de l'air* : mini et maxi par heure

. *Lumière* : rayonnement mesuré dans le spectre 300-1100 nm ; mesures toutes les minutes moyennées par heure.

. *Humidité du substrat* : les caisses ont été arrosées de façon automatisée, après étalonnage du débit des rampes à l'aide de pluviomètres. En moyenne sur l'ensemble de la saison, les apports s'élèvent à environ 1000 mm d'eau. Cette quantité peut apparaître excessive mais une partie de l'eau s'évapore sur le feuillage ou s'égoutte hors des caisses et n'atteint donc pas le substrat.

Période	nb jours d'arrosage (1)	nb passages de rampe	apport d'eau/passage (2)	quantité totale apportée
9 avril – 22 mai	43	m = 6.5 (nb variable car essais de réglage de rampe)	0.70 mm	196 mm
22 mai – 14 sept	103	10	0.70 mm	721 mm
15 sept – 12 oct	28	4	0.70 mm	78 mm
Total saison	174			995 mm

(1) 12 jours sans arrosage au total (traitements phytocide, coupure électricité)

(2) Quantité moyenne estimée (pluviomètres) mais variable en fonction de la pression dans le réseau

NB- un apport de 1 mm d'eau correspond à 1.5 litre/caisse et à une augmentation de 0.2% de la teneur en eau du substrat.

* *Mesures pratiquées sur les plants*

. sévérité des attaques de pucerons (4 juin)

. dépérissement (25 avril et 6 juin)

. survie, longueur des pousses primaires et secondaires, diamètre (14, 17 octobre).

1.2 – Traitement des images « proxy-détection »

En raison du congé maladie prolongé de Patrick Baldet en 2014, seul un nombre limité d'analyses a pu être réalisé. Les analyses ont été essentiellement réalisées par Hilaire Martin en lien avec l'équipe GeeDaaf et l'appui méthodologique de TETIS d'Irstea Montpellier.

Les travaux réalisés ne portent que sur les images issues d'un seul boîtier avec l'extraction des spectres rouge et proche infrarouge sur un même cliché sans travaux coûteux de superposition de clichés provenant de deux boîtiers différents.

Rappel des conditions de prises de vues :

Trois séries temporelles complètes de clichés ont été réalisées :

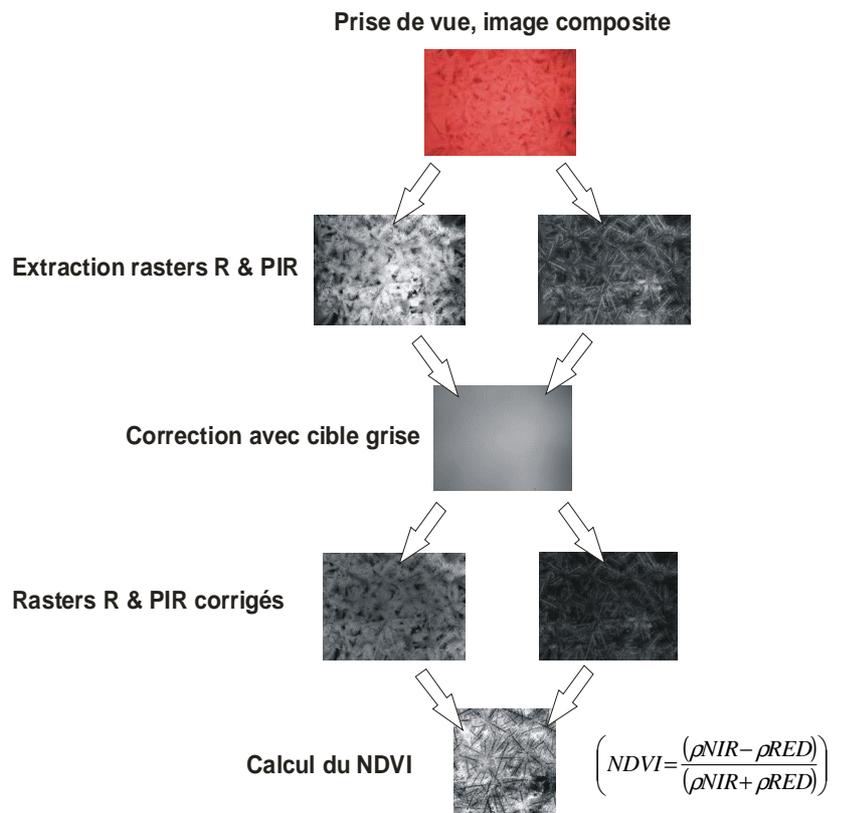
- Le 30 août, le 4 octobre et le 4 novembre avec le boîtier combinant les spectres Rouge et proche infrarouge
- Eclairage artificiel à l'abri de la lumière naturelle, température de couleur de 3300 K
- Hauteur de prise de vue de 2.4 mètres par rapport au sol des conteneurs
- 6 modalités de stress hydrique appliquées à 2 origines génétiques de matériel végétal (Californie et Washington 2) avec 2 répétitions.

Ces trois séries constituent un ensemble de 72 clichés auxquelles s'ajoutent des prises de vues de référence de cibles grises permettant d'identifier et quantifier la somme des hétérogénéités d'éclairage et de déformations optiques. Une routine de traitement a été mise au point sous ArcGis afin de réaliser l'extraction de deux rasters indépendants des signaux « Rouge » et « PIR » selon la procédure élaborée par l'équipe TETIS d'Irstea Montpellier, corriger ces nouveaux rasters de données par les valeurs acquises sur cible grise de référence et enfin calculer le nouveau raster NDVI d'index de végétation. Les travaux d'analyse ont été concentrés sur la partie centrale des images et limités à 250000 pixels afin d'éviter les problèmes de vignetage optique et la présence des bordures de caisse avec des réflectances parasites provenant du rideau d'occultation.

Cabinet mobile de prises de vues en place sur caisse de plants de douglas



Schéma global de traitement des images :



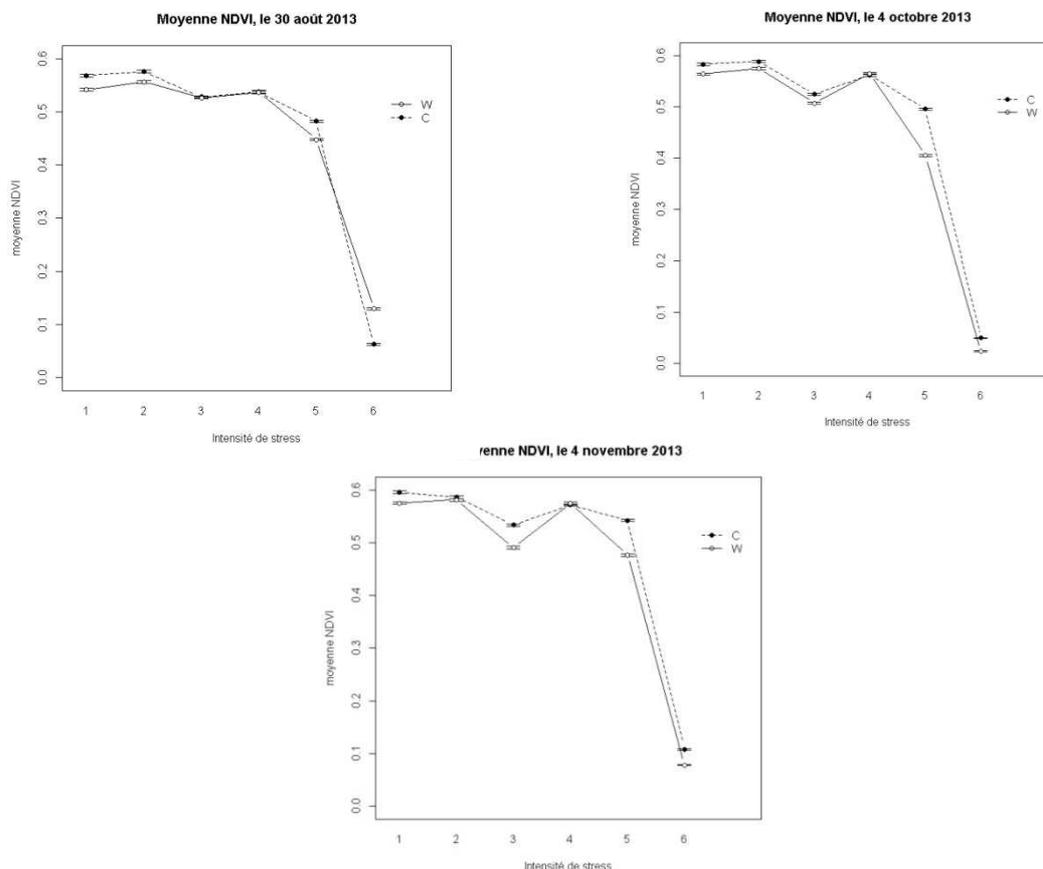
Les premiers résultats :

Les index moyens de végétation NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) par caisse ont été analysés par analyse de variance avec les facteurs origine génétique des arbres et niveaux de stress à l'aide de la suite logicielle « R ». De manière générale le NDVI diminue logiquement avec l'augmentation du niveau de stress, toutefois en raison du grand nombre de pixels analysés dont certains correspondent à du sol nu il n'est pas apparu de différence très significatives à l'exception de la modalité de stress la plus sévère qui se distingue fort heureusement des autres régimes d'arrosage.

En conséquence, une seconde série d'analyses a été réalisée en tirant au sort 2000 pixels par cliché, les graphes ci-dessous présentent les résultats acquis (C pour Californie et W pour origine Washington 2). Le comportement des deux origines n'est pas totalement stable au cours de la saison, toutefois il semblerait que ce soit l'origine Californie qui témoigne globalement d'un NDVI sensiblement supérieur à celui de l'origine Washington (valeurs de NDVI en données relatives non référencées). C'est particulièrement le cas si l'on fait abstraction du niveau 6 de stress qui a induit beaucoup de mortalité et découvert de ce fait une large part de sol nu qui peut ainsi notablement perturber l'analyse et abaisser artificiellement le NDVI moyen d'un couvert végétal partiel.

Des travaux complémentaires de mise au point méthodologique d'analyse des données seront toutefois testés à l'avenir en coopération avec les équipes de télédétection d'Irstea Montpellier.

Graphes des NDVI moyens de 2000 pixels tirés au hasard aux trois dates de prises de vues.



2- Préparation d'un nouvel essai

Cet essai visait à étudier la réponse de deux variétés à « une » sécheresse tardive, appliquée durant l'été et l'automne. Il était conçu pour comparer 4 modalités correspondant à un gradient de stress hydrique (4 caisses de 30 plants par modalité).

Interventions 2014

- commande de 500 plants 1-0 des variétés Californie et Washington 2 (pépinières Genthialon) ; ces plants ont été conservés en chambre froide jusqu'au repiquage dans les caisses
- commande de terre de falaise
- transfert des 16 caisses sous serre et remplissage à la pelle mécanique (11-12 mars) ; criblage du substrat pour éliminer les éléments grossiers et fractionner les mottes (maille de 3 x 3 cm)
- repiquage des semis (28 mars) après tri sélectif, en alternant les représentants des deux variétés au sein de chaque caisse, étiquetage des plants
- arrosage automatisé : même nombre de passages de la rampe que dans l'essai précédent mais vitesse d'avancement réglée de manière à ce que les apports soient diminués de 60% (5 m au lieu de 2 m/minute)
- relevés de mortalité et notations d'état sanitaire début avril, 5 mai et 22 mai, suivis de regarnis les 10 avril et 23 mai.

Bilan

Les conditions expérimentales étaient très proches de celles du précédent essai : mêmes fournisseurs de plants et de substrat, mêmes procédures de repiquage et d'élevage. L'arrosage automatique sous serre constituait même un « plus » dans la mesure où on évitait les ruptures d'approvisionnement en eau. D'ailleurs, les mesures TDR prises sur les caisses témoins montraient des teneurs en eau très correctes (20%). Malgré cela et toutes les précautions prises pour assurer le succès de l'essai, de nombreux plants ont végété (jaunissement de feuillage, formation de pousses naines, microphyllie) tandis que leurs voisins présentaient une croissance normale. La variété Californie était plus touchée que Washington 2 mais cette dernière n'était pas non plus parfaitement indemne. A posteriori, ces problèmes de croissance s'expliquent probablement par la création de poches d'air lors de l'assèchement du substrat des caisses (qui était très/trop humide lors du remplissage des caisses et peut-être insuffisamment tassé).

En octobre, l'état sanitaire général et les écarts de croissance inter et intra-caisses étaient tels qu'il nous a semblé impossible de poursuivre l'essai dans des conditions satisfaisantes. Nous avons donc dû nous résoudre à y mettre un terme.

MESURES DANS DES DISPOSITIFS AGES

1- Tests homologues ONF-Irstea

L'ONF s'est fortement investi dans l'analyse multisite de tests d'évaluation d'épicéa commun. Il s'est en particulier attaché à définir une méthodologie qui sera directement applicable à l'analyse qui suivra sur le Douglas (tests homologues et dispositifs du nouveau réseau national).

2- Tests de descendance du verger Washington 2 (INRA)

L'INRA a mesuré la série 3.713 qui inclut 34 descendance open du verger Washington 2, 67 descendance plein-frères de clones du même verger et 34 descendance open du verger de Couze (sélection de clones hollandais). Les trois tests constitutifs de cette série ont été plantés au printemps 1998 à Croix Scaille (Ardennes, 3.713.1), Crabes Mortes (Tarn, 3.713.2) et St Quentin la Chabanne (Creuse, 3.713.3). Les mesures (à 17 ans) ont concerné la circonférence sur tous les sites et des appréciations de branchaison (angle, fourchaison, nombre) sur les sites du Tarn et de Creuse seulement. Ces mesures de branchaison avaient déjà fait l'objet de mesures à l'âge de 10 ans dans les Ardennes.

3- Tests de descendance du verger France 2 (Irstea, INRA)

La série 3.715, qui inclut 97 descendance open du verger France 2, comprend deux tests plantés au printemps 2000 à Brassay (Nièvre, 3.715.2) et Masnau Massuguiés (Tarn, 3.715.3).

Le test de Brassay, géré par Irstea et constitué de 30 blocs de 110 arbres, compare 97 familles du verger France 2 et trois témoins (vergers Darrington, La Luzette et Bout 24). Les mesures ont été réalisées comme prévu par Irstea, du 2 au 4 novembre 2014 ; elles concernent l'état sanitaire, la circonférence et la fourchaison.

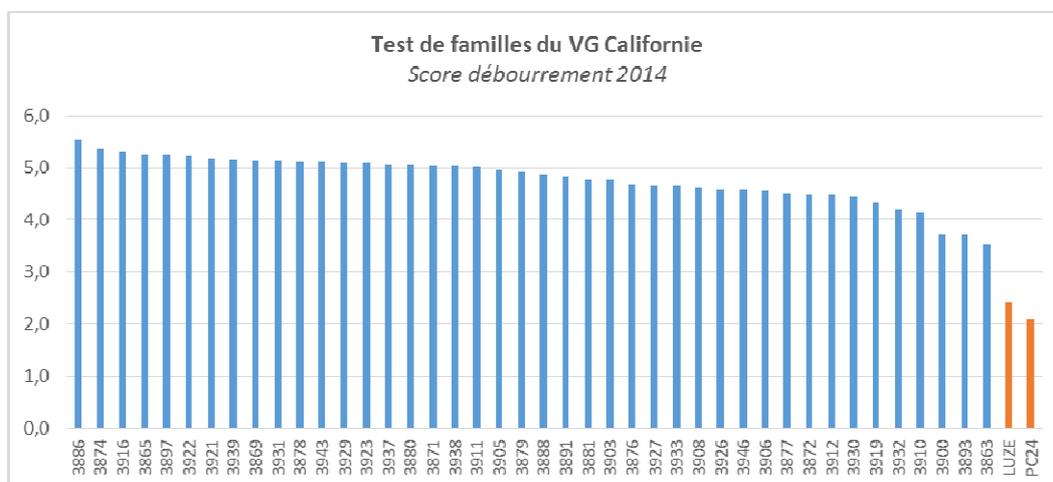
A Masnau Massuguiés, les mesures initialement programmées pour 2014 n'ont pu être réalisées par l'INRA. Elles sont reportées en 2015 (16 ans après plantation). Ces mesures porteront comme pour la série 3.713 sur l'état sanitaire, la croissance en circonférence, la fourchaison et éventuellement l'architecture de la branchaison.

TESTS DE DESCENDANCES DU VERGER CALIFORNIE (INRA)

Un bilan de la survie et de la croissance deux ans après plantation des tests de descendance des clones du verger Californie a été présenté dans le rapport d'activité 2013. Il était prévu de compléter ce bilan par une mesure de débourrement végétatif. Cette mesure, programmée pour le printemps 2014 n'a pu être réalisée que dans le test de St Junien la Bregère (Haute Vienne). Celle de Fourtou (Aude) est programmée pour le printemps 2015.

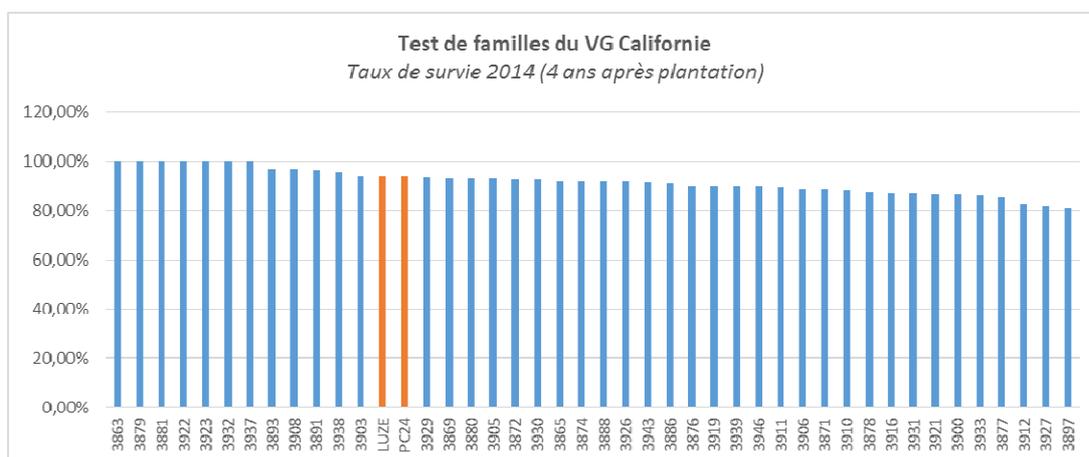
A St Junien, la mesure de débourrement a été réalisée en deux passages, les 13 avril et 15 mai 2014, sous forme d'un score attribué à chaque arbre en fonction du développement du

bourgeon terminal (de 1= dormant à 6= en élongation). Le graphique ci-dessous montre la distribution de la note moyenne de débourrement pour les 42 familles et les deux lots témoins (Luzette VG et PC24) testés. Pour mémoire, le lot PC24 est issu d'une récolte en vrac dans un parc à clones de l'INRA d'Orléans (PC24), constitué de 200 clones sélectionnés sur index dans 5 tests de descendance des populations Darrington et Arlington (série de tests INRA 2-703).



Le graphique ci-dessus met en évidence l'extrême précocité des familles issues des clones du verger Californie à St Junien. Très logiquement, les deux lots témoins, issus de clones sélectionnés pour la tardiveté du débourrement, ne se distinguent pas pour ce caractère.

Cette mesure de débourrement a également permis de faire un point sur la survie dans le test de St Junien. Comme le montre le graphique ci-dessous, toutes les familles montrent une survie excellente 4 ans après plantation. Contrairement à ce que pourrait laisser imaginer la précocité du débourrement du matériel végétal, les produits du verger Californie, au moins en termes de survie, ne sont pas inadaptés à ce site du Limousin.



MELEZES

PERFORMANCES DE VARIETES HYBRIDES

1- Variétés hybrides F1

1.1 – Croissance de variétés françaises et étrangères (Irstea)

Irstea est intervenu dans deux dispositifs dont les caractéristiques sont résumées p. 63 du compte rendu d'activités 2013 :

- La Courtine (Creuse) : bilan de la 2^{ème} éclaircie et mesures de circonférence et de forme (flexuosité du tronc, courbure basale) en mai 2014

- Guisriff (Morbihan) : marquage de la 2^{ème} éclaircie, notations d'état sanitaire et mesures de circonférence et de forme (flexuosité du tronc, courbure basale) en novembre 2014. Les relations expérimentateur – propriétaire se sont nettement améliorées, ce qui permet d'envisager un suivi plus serein de l'essai.

L'analyse des données collectées dans ces deux tests est inscrite au programme de la convention 2015.

1.2 – Qualité du bois (INRA)

1.2.1- Objectif

De manière à compléter notre évaluation des performances de divers vergers à graines d'hybridation, il nous semble indispensable de les caractériser pour leurs propriétés du bois. Cela permettra de caractériser les descendances hybrides de ces vergers par rapport aux descendants des parents Europe et Japon. Nous avons retenu le module d'élasticité qui est la propriété la plus importante pour les usages en structure. Les autres mesures (pilodyn, densité) sont souvent utilisées comme proxy des propriétés mécaniques.

1.2.2- Matériel

Les variétés testées sont issues de 5 vergers à graines d'hybridation européens (Barres, Schnappenhammer, Vaals, Wiston et Halle) correspondant à une seule année de récolte, sauf pour le verger belge de Halle pour lequel on disposait de 2 années de récolte. La constitution de ces vergers diffère fortement puisqu'elle correspond à un ou plusieurs clones de l'espèce utilisée comme mère en croisement avec un ou plusieurs clones de l'espèce paternelle. L'espèce maternelle (celle dont on récolte les cônes) est dans cet essai essentiellement le mélèze d'Europe sauf pour le verger NT23 ; par ailleurs, dans le verger de Halle, la récolte des graines porte sur les deux espèces parentales (Tableau 1).

Les lots de graines ont été semés à l'INRA d'Orléans au printemps 1999 (après pré-traitement) ; les plants ont ensuite été repiqués dans la même pépinière au printemps 2000.

Tableau 1. Composition des vergers évalués et taux d'hybrides (%)

Vergers	Code	Composition	Nbre graines/semis	Testé sur	Proportion des taxa (%)				Taux d'hybrides (%)
					EL	ELxJL	JLxEL	JLxJL	
Barres (F)	B	1 EL x 1 FS JL	200	S	- ¹⁾	-	-	-	49.3
			81	P	28.4	71.6	0	0	71.6
Schnappenhammer (D)	S	1 EL x 1 JL	200	S	- ¹⁾	-	-	-	13.6
			131	P	82	15	2	1	17.0
Vaals (NL)	V	12 EL x 28 JL	200	S	32.0	66.5	1.5	0	68.0
			118	P	22.3	77.7	0	0	77.7
Wiston - NT23 (GB)	N	33 JL x 33 EL	200	S	0	0.0	22.5	77.5	22.5
			99	P	0	1	21	77.6	22.4
Halle (B)	H87	15 EL x 15 JL	205	S	30.2	19.5	16.1	34.2	35.6
			170	P	27	23	18	32	41.3
	H98	15 EL x 15 JL	205	S	22.4	24.9	22.4	30.2	47.3
			160	P	29	22	26	23	48.0

1) non disponible car testé avec marqueurs isozymes

1.2.3- Plantation

La plantation du dispositif a eu lieu au printemps 2002 sur le site de la pépinière administrative de Peyrat-Le-Château (87). Compte tenu du faible nombre de plants disponibles par variété et de l'objectif de cet essai, il a été décidé d'installer les variétés en une seule grande parcelle sans répétition, de manière à ce que chaque parcelle représente par elle-même un petit peuplement de chaque variété, que l'on pourrait suivre indépendamment des autres en sylviculture. La plantation s'est faite avec un écartement entre plants de 3 x 3 m ; chaque parcelle a été entourée par au moins une ligne de bordure. Compte tenu de la grande taille de certains plants/variétés (alors âgés de 3 ans), un étêtage a été réalisé à la plantation de manière à uniformiser la hauteur des plants. Cette opération s'est révélée dans d'autres plantations expérimentales sans conséquence sur la croissance et architecture des plants ; le mélèze récupérant très vite sa dominance apicale, l'effet de la taille disparaît après un ou deux ans.

1.2.4- Mesures et observations

Outre diverses mesures obtenues sur cet essai (Hauteur totale : en 2001/3, 2002/4, 2003/5, 2004/6, 2005/7, 2007/9 et 2008/10 ; Diamètre ou Circonférence à 1.3m : en 2005/7, 2007/9, 2008/10, 2010/12 et 2011/13 ; Note de rectitude (échelle 1 à 5 ; 5 = droit) : en 2011/13 ; Mortalité : notée à chaque campagne de mesures ; Accidents biotiques/abiotiques : Canicule 2003 ; Meria), une mesure du module d'élasticité sur pied a eu lieu fin de l'hiver 2013 en utilisant le rigidimètre développé à l'INRA d'Orléans. Ce dispositif permet de faire fléchir l'arbre sous une pression connue. La déviation mesurée à 1.3m permet de calculer le module d'élasticité (MOE) selon :

$$MOE = (32 * R * F * a) / (\pi * D^4) \text{ avec}$$

MOE = module d'élasticité (MPa)

F = force appliquée à l'arbre (Newton)

a = distance entre le point de fixation à l'arbre et l'extrémité du rigidimètre (300 mm)

D = diamètre de l'arbre à 1.3 m (mm)
R = rayon de courbure du tronc sous flexion (mm).

Pour une force et un diamètre donnés, MOE est inversement proportionnel à la flexion du tronc. En usage en structure, un module élevé est recherché.

249 arbres au total ont été évalués couvrant pour chaque variété les 2 ou 3 taxa disponibles.

Tableau 2. Effectifs mesurés par descendance de vergers (E=Europe/J=Japon/H=hybride)

Vergers	E	H	J	Total général
B	9	15		24
H87	20	20	20	60
H98	19	19	19	57
N	-	15	20	35
S	19	19	-	38
V	15	20	-	35
Total général	82	108	59	249

La mesure du déplacement a été réalisée 3 fois dans deux plans perpendiculaires (E puis N). Le diamètre à 1.3 m est mesuré précisément dans chaque direction. La valeur moyenne du module calculée pour chaque direction est utilisée pour les analyses.

1.2.5- Résultats

Le module s'élève en moyenne à 8578 MPa (+/- 2873) avec des valeurs extrêmes s'étalant entre 3958 et 22278 MPa pour un diamètre moyen à 1.3 m de 163 mm.

Tableau 3. Performances moyennes des différents vergers et taxa pour MOE et tests de Scheffé (les lettres indiquent des différences significatives entre moyennes, 5%)

Vergers	E	H	J	Moy VG ¹⁾
B	12166.7	7408.2 a		8759.6
H87	9297.0	7831.5 a	7811.4	9033.0
H98	8867.7	7720.7 a	6663.2	7976.5
N		10021.3 b	6730.9	7467.9
S	7955.0	8172.5 a		5523.1
V	14179.8	8534.4 ab		8208.7
Moy	10094.7 a	8247.5 b	7075.4 c	8111.5

1) Moyenne de la variété reconstituée à partir des valeurs moyennes par taxa et de leur représentativité dans la variété

Des différences fortes entre descendance de vergers sont observées : le module varie entre 9033 MPa (H87) et 5523 MPa (S). Halle (87) et Barres présentent les valeurs les plus fortes, Schnappenhammer et Wiston les valeurs les plus faibles. Quand on ne considère que les hybrides, le classement change assez radicalement, avec les meilleurs MOE enregistrés pour Wiston et Vaals et les plus faibles pour Barres et Halle.

Tous vergers confondus, l'hybride présente en moyenne des valeurs de module intermédiaires entre celles des espèces parentes ; le mélèze d'Europe ayant les plus fortes valeurs. Dans les descendance de chaque verger, les hybrides présentent des MOE significativement plus faibles que les mélèzes d'Europe pour B et V. Pour N, les hybrides sont significativement supérieurs aux mélèzes du Japon. Pour tous les autres vergers, les hybrides sont intermédiaires entre les deux espèces parentes mais pas significativement différents.

Tableau 4. Supériorité hybride

Variété	Supériorité hybride (%)	
	E	J
B	-39***	
H87	-16 NS	0 NS
H98	-13 NS	16 NS
N		49**
S	3 NS	
V	-40***	

Tous vergers confondus, la liaison entre croissance radiale (diamètre) et MOE est fortement négative (-0.620***), mais elle varie en fonction des taxa : -0.764***, -0.564*** et -0.015ns respectivement pour les mélèzes d'Europe, hybrides et du Japon.

Entre vergers également (tous taxa confondus), les liaisons sont aussi assez variables : -0.821*** pour V, -0.805*** pour B, -0.790*** pour N, -0.482*** pour S, -0.425*** pour H87 et -0.282* pour H98.

Conclusion :

A 12 ans depuis plantation, le module d'élasticité (sur pied) atteint en moyenne 8600 MPa. Des différences fortes entre variétés sont mises en évidence : l'écart entre la meilleure (H87) et la moins bonne (S) variété atteint plus de 3000 MPa. Le verger Barres est proche de la meilleure variété. Cependant, si on ne considère que les descendants hybrides, le classement des vergers change fortement : le verger Barres présente alors le MOE le plus faible. Une liaison négative entre croissance radiale et MOE est observée.

2- Hybrides F2 : évaluation des tests de descendance diallèle F2 (INRA)

Objectif

En complément de la mise en place les années précédentes des essais d'évaluation des vergers à graines d'hybridation F1/F2 des Barres et de Carnoët, et en attendant que ceux-ci fournissent les résultats attendus, nous envisageons de mesurer les tests de descendance diallèle créés par l'INRA, installés en 2003, soit il y a maintenant 10 ans. La priorité portera sur les 2 tests du Limousin.

Opération réalisée

Des mesures ont été réalisées dans les 2 dispositifs du Limousin (Peyrat et St-Martin Theresus) : hauteur, diamètre, forme. Elles seront analysées dans le cadre d'une thèse en cours sur l'hybridation interspécifique.

IDENTIFICATION SPECIFIQUE PAR SPECTROMETRIE INFRA-ROUGE (INRA)

Les essais entamés il y a 2 ans avec cette technique se sont révélés prometteurs. Une nouvelle campagne de récoltes d'aiguilles a bien été effectuée en 2013 sur un plus large spectre d'origines génétiques. Les spectres ont été acquis et les données sont en cours d'analyse. Une présentation des résultats est prévue à la rencontre scientifique du réseau NIRS INRA organisée les 26-27/03/2015 à Orléans.

CONFIRMATION DE L'ORIGINE *SUDETICA* DES CLONES DES VERGERS FRANÇAIS (INRA)

L'objectif est de confirmer l'origine *sudetica* des clones composant le verger à graines du Theil à l'aide de marqueurs microsatellites. Cela permettra au besoin d'éliminer les clones d'origines différentes ou hybrides avec d'autres origines. En effet, seuls les clones purs, originaires d'Europe centrale (*sudetica* et *polonica*), ont été validés pour leur résistance au chancre du mélèze en recrudescence en plantation.

Opération réalisée

Des échantillons d'ADN ont été récoltés sur tous les génotypes de la population d'amélioration de mélèze d'Europe de l'INRA (Alpes, Sudètes et Centre Pologne : 323 échantillons) plus 200 descendants issus d'une récolte dans le cœur de l'aire du *Larix polonica* (Centre Pologne). Les clones du verger du Theil (et du nouveau verger en cours d'installation) sont un échantillon de cette collection. L'objectif de cet échantillonnage exhaustif est de construire statistiquement des populations de référence (Alpes, *sudetica*, *polonica*) par rapport auxquelles des annotations de nouveaux génotypes pourront être faites. La difficulté est en effet de disposer de 'vrais' *sudetica* par exemple.

L'ADN a été extrait et analysé via 13 marqueurs microsatellites. L'analyse des résultats est en cours via le logiciel Structure. Les résultats seront présentés au prochain CTC en juin 2015.

PINS LARICIO DE CORSE ET CALABRE

Irstea a mesuré le dispositif mono-arbre de Ste Montaine les 22-24 avril 2014. Les mesures portaient sur l'état sanitaire, la hauteur et la circonférence. Cet essai planté en décembre 2002 est à présent clôturé.

Composition du dispositif de Ste Montaine

Composition	Espèce et origine
211	Corse origine « Corse ». Verger Hte Serre 211 (récolte 2001/2002)
202	Corse origine « Centre ». Verger de la Vercantière 202
204	Corse origine « Centre ». Verger de la Vercantière 204
SIVE	Calabre. Verger 250 Les Barres Sivens
BOUT	Calabre. Verger Inra Les Barres Bout
TRENT	Calabre. Italie peuplement massif forestier de Trentacoste (témoin)

EPICEA COMMUN

L'ONF a progressé dans l'analyse multisite de 14 tests d'évaluation et de démonstration incluant les produits du verger Rachovo : 6 dispositifs gérés par l'ONF (dont St Sauves, Anzat, Murat, Moussey, Villard-sur-Boege), 5 dispositifs d'évaluation et 3 tests d'homologation installés par Irstea. Les analyses individuelles (au niveau site) sont achevées mais les résultats finaux de l'analyse globale ne sont pas encore disponibles.

MERISIER

En 2014, les trois cultivars de merisier ont été multipliés, mais les résultats étant toujours insuffisants, des multiplications par bouturage de racines ont été engagées par les pépinières Lemonnier durant l'hiver 2014-2015. Nous avons dû limiter drastiquement l'approvisionnement en témoins pour les plantations en sélection participative. De ce fait, ont été plantés à l'hiver 2014-2015 seulement deux plantations agroforestières (3 parcelles drainées de l'expérimentation-système de l'INRA Val de Loire – Tours, figure ci-dessous, et une plantation en Limagne). Les plantations en partenariat avec les autres associations ont été faites avec le témoin orme Lutèce.

La descendance triploïde du verger à graines Avesac récoltée en 2012 qui avait été partiellement repiquée en pépinière n'était pas plantable en 2014 (plants morts ou non conformes). Toutes les merises produites en 2014 par le triploïde 2095 ont été récoltées et mises en pré-traitement à Orléans : une importante production de plants est attendue en 2015.

NB. Ces travaux d'évaluations de variétés sont pris en charge financièrement par la pépinière Lemonnier (multiplication végétative), les particuliers (plantations participatives) et le projet régional SPEAL (triploïdes de merisier, expérimentation-système).

P1

Ligne 4 A A A A O G M M M M M E E E E

Ligne 3 O G C C C C E E E E O G M M A A A A

Ligne 2 O G M M M E E E E E O G C C C C A A A A O G M M M M

Ligne 1 C C C C O G A A A A E E E E O G M M M M C C C C O G

		nb arbres	P2B	P2A	P1	Total
Espèces testées, plants doublés						
M	merisier (verger à graines Avessac)	40	42	36	118	
E	érable sycomore	24	32	32	88	
A	alisier torminal	24	32	32	88	
C	cormier	24	32	32	88	
Plants témoins						
O	orme Lutèce	9	9	9	27	
G	merisier Gardeline	9	9	9	27	

P2B

Ligne 1 O G C C C C A A A A O G M M M M E E E E O G

Ligne 2 O G M M M E E E E E O G C C C C A A A A O G M M M M

Ligne 3 M M M M M O G A A A A E E E E O G M M M M C C C C O G

P2A

Ligne 4 A A A A O G C C C C M M M M O G E E E E C C C C O G M M M M

Ligne 5 C C C C O G E E E E A A A A M M M M O G M M M M A A A A O G

Ligne 6 E E E E O G A A A A C C C C O G M M M M E E E E O G M M M M



FRENE

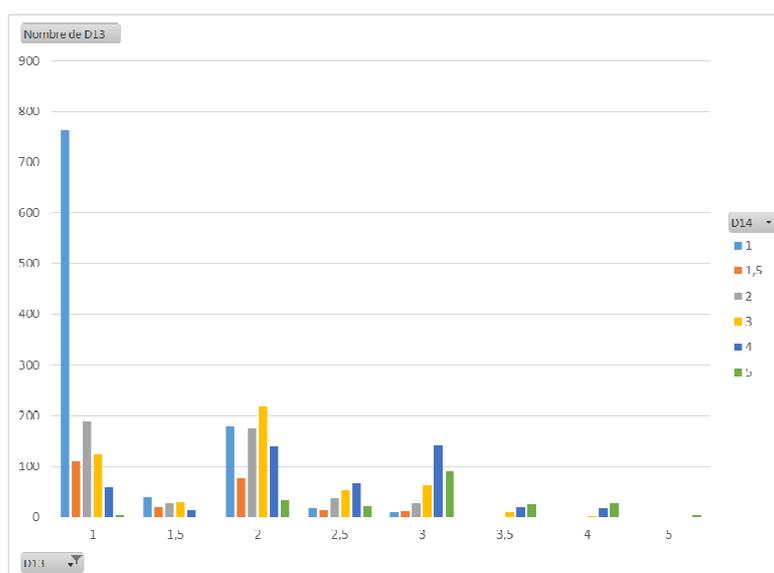
1- Dispositif de Castillon (14)

Ce dispositif, planté en 2009, contient 1653 arbres issus de 13 provenances françaises et étrangères. Le matériel végétal y est structuré en descendance maternelles. Faute de temps, son suivi n'a pu être effectué en 2014, il est reporté à l'année 2015.

2- Dispositif de Moulins-sur-Yèvre (18)

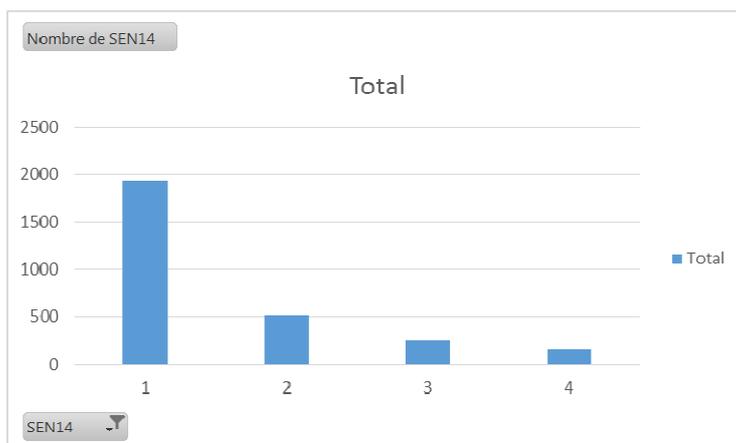
Ce dispositif, planté en 2005 dans le cadre du projet européen RAP, contient 3022 arbres issus de 25 provenances françaises et étrangères. Le matériel végétal y est structuré en descendance maternelles. Ce dispositif présente l'avantage d'être proche de l'INRA Orléans permettant ainsi la réactivité indispensable aux suivis de phénologie. Jusqu'à fin 2013, aucun dégât de chalarose n'y était observé permettant ainsi de mesurer la phénologie avant toute perturbation par l'agent pathogène. Rappelons que l'hypothèse d'un lien entre phénologie (de débournement / de sénescence) et comportement vis-à-vis de la chalarose est évoqué dans diverses publications.

Les mesures de **phénologie de débournement** ont été conduites le 24 avril 2014 selon une échelle de notation à 5 classes avec paliers intermédiaires. La même mesure ayant été conduite en avril 2013, nous avons pu constater que ce caractère est relativement stable. Même si une corrélation est difficile à représenter sur des variables discrètes, le graphique ci-dessous montre que les individus classés 1 en 2013 sont très majoritairement classés 1 en 2014 également.



Distribution des arbres de Moulins-sur-Yèvre pour la précocité de débournement végétatif en 2013 (D13) et 2014 (D14) (1= tardif)

Les mesures de **phénologie de sénescence** ont été conduites le 20 octobre 2014 selon une échelle à 4 classes.



Distribution des arbres de Moulins-sur-Yèvre pour la précocité de sénescence foliaire en 2014 (SEN14) (1=tardif)

Dans les deux cas (débourrement, sénescence), la prédominance des notes basses indique que les mesures ont été effectuées trop tôt pour bien décrire la variabilité existant dans ce matériel végétal. Il serait judicieux d'effectuer deux mesures à une ou deux semaines d'intervalle en 2015 pour mieux décrire cette variabilité.

Les mesures de hauteur et de circonférence ont été réalisées à 75%, 900 arbres restant à mesurer en avril 2015. La surveillance chalara a conduit à mettre en évidence la maladie sur la parcelle en 2014. Un échantillon a été envoyé pour analyse au laboratoire de la santé des végétaux de l'ANSES (Nancy) qui a confirmé la présence de l'agent pathogène. Ci-dessous une photo de l'individu échantillonné.



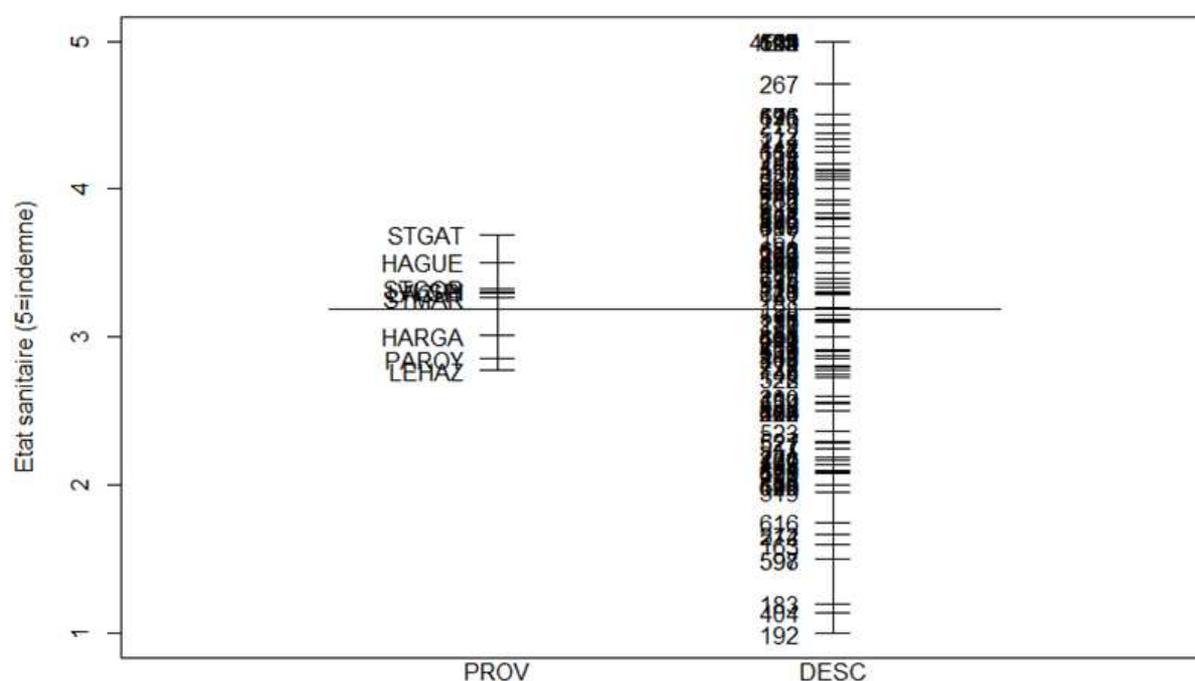
Cent cinquante-cinq arbres étaient morts en 2014 (5% de l'effectif total), mais 122 l'étaient déjà en 2009. Il s'agit là de mortalités « classiques » dont aucune n'est due à la chalarose.

3- Dispositif de Grainville-Ymauville (76)

Ce dispositif, planté en 2009, contient 1103 arbres issus de 9 provenances françaises. Le matériel végétal y est structuré en descendance maternelles. Il s'agit d'un report de mesures de l'année 2013.

Hauteur et degré d'attaque par chalara (échelle à 5 classes, 5 = arbre indemne) ont été mesurés les 14 et 15 avril 2014. Il s'agissait là de la première mesure d'attaque dans ce dispositif. Deux cent quatre-vingt-quinze arbres étaient morts, soit 27% de l'effectif total.

Même si ces résultats méritent une analyse plus fine, il semble que certaines populations se distinguent, soit par leur sensibilité (LEHAZ) soit par leur bon état sanitaire (STGAT). Au sein de chaque population, les moyennes familiales sont très contrastées et il s'agit certainement là d'un facteur de structuration plus fort que l'effet provenance.



Comparaison des niveaux de variabilité au sein des provenances (PROV) et descendances maternelles (DESC) pour l'état sanitaire

4- Dispositif de Planches (61)

Ce dispositif, planté en 2005 dans le cadre du projet européen RAP, contient 3638 arbres issus de 33 provenances françaises et étrangères. Le matériel végétal y est structuré en descendance maternelles.

Les mesures sur ce dispositif (hauteur, circonférence, état sanitaire) ont été achevées il y a deux jours, aussi les premières analyses ne peuvent être présentées dans ce rapport. Chalara est bien présent.

5- Dispositif de Fontenoy-les-Monbozon (70)

Ce dispositif, planté en 1992, contient 1134 arbres issus de 9 provenances françaises. Le matériel végétal y est structuré en descendance maternelles.

Cent onze arbres étaient morts au moment des mesures, soit 10% de l'effectif total. Parmi eux, 20 étaient déjà morts en 2002.

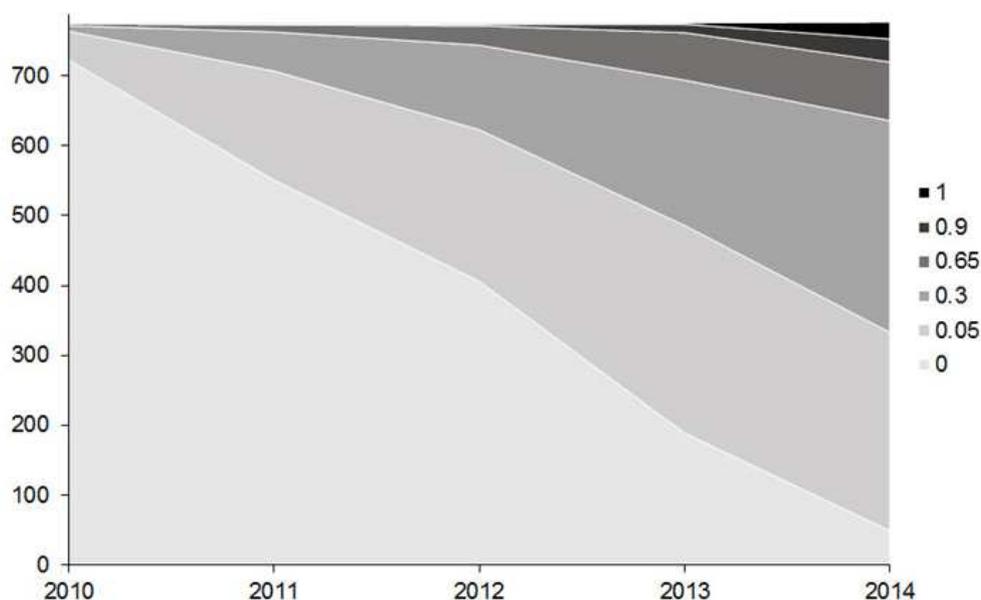
Les mesures de chancres au collet y ont été effectuées pour la première fois en septembre 2014. Sept cent dix arbres en étaient porteurs, soit 63% de l'effectif total.

Les mesures de défeuillaison du houppier et de circonférence ont été effectuées en juin 2014.

6- Dispositif de Devecey (25)

Ce dispositif, planté en 1995 dans le cadre du projet européen RAP, contient 788 arbres issus de 3 provenances françaises et étrangères. Le matériel végétal y est structuré en descendance maternelles.

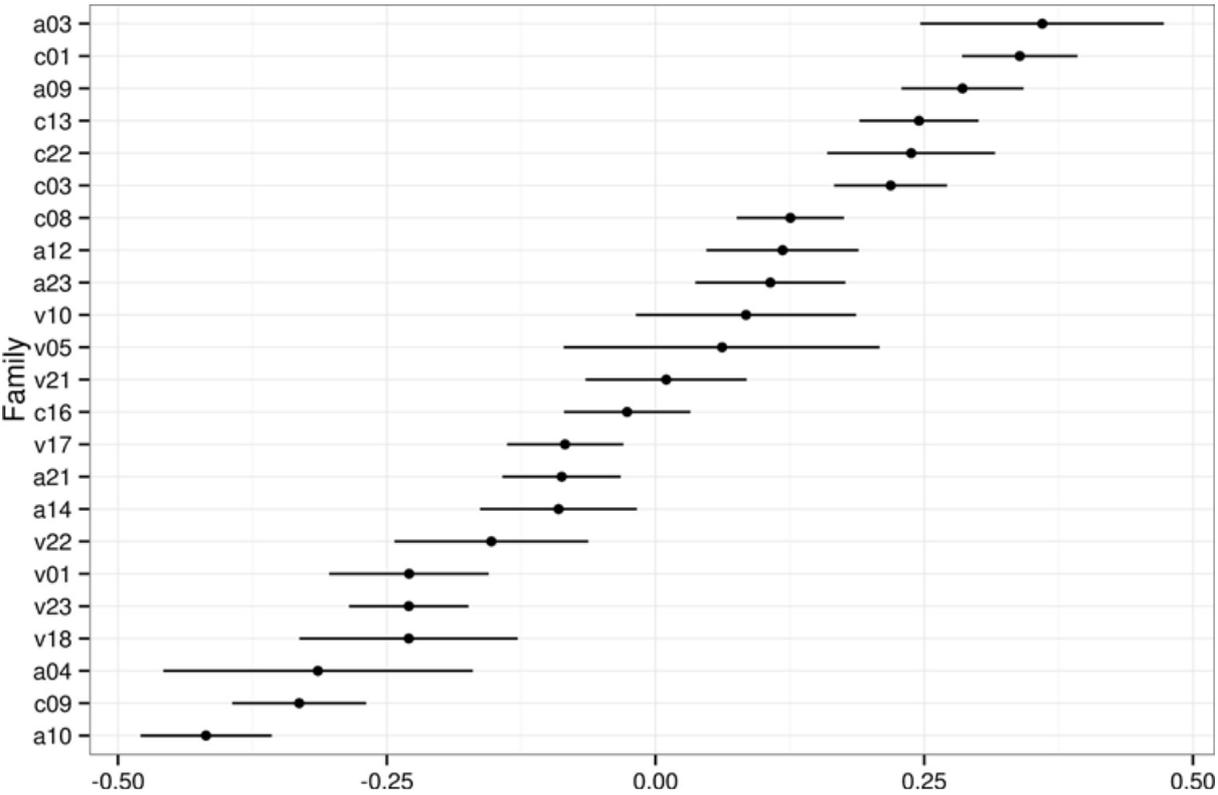
Ce dispositif fait l'objet d'un suivi sanitaire depuis 2010. Suite aux dernières mesures (dépérissement du houppier, juin 2014) les données obtenues font actuellement l'objet d'une analyse approfondie en vue d'un article scientifique. Comme le montre la figure ci-dessous, le taux d'individus asymptomatiques a chuté drastiquement tandis que la mortalité évolue très faiblement.



*Evolution des dépérissements de houppier dus à la chalarose
(1=plus de 90% du houppier mort)*

La modélisation des effets spatiaux et temporels de progression de l'épidémie nous a permis d'estimer finement les effets famille, la figure ci-dessous montre l'amplitude de la variation

observée entre les 23 familles présentes. Les effets provenance ne sont en revanche pas significatifs tandis que les effets individuels sont encore plus importants que les effets famille.



Variabilité familiale pour les dépérissements du houppier dus à la chalarose