

# Evaluation et homologation de variétés issues des vergers à graines de l'Etat. Programme 2015

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

▶ **To cite this version:**

Gwenaël Philippe, Stéphane Matz, Patrick Baldet, Eric Collin, Frédérique Santi, et al.. Evaluation et homologation de variétés issues des vergers à graines de l'Etat. Programme 2015. [Contrat] E02/2015, 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). 2016. hal-02800674

**HAL Id: hal-02800674**
**https://hal.inrae.fr/hal-02800674**

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.

CENTRE DE NOGENT-SUR-VERNISSON

# Evaluation et homologation de variétés issues des vergers à graines de l'Etat Programme 2015

## RAPPORT FINAL

Convention DGPAAT/Irstea/INRA/ONF/
CNPF suf IDF n° E02/2015

JANVIER 2016

**Coordination : G. Philippe**
**Irstea : G. Philippe, S. Matz, P. Baldet, E. Collin**
**INRA : F. Santi (coord.)**
**ONF : Y. Rousselle (coord.)**
**CNPF : 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***

- Gwenaël Philippe, Stéphane Matz, Patrick Baldet, Eric Collin, Pierre Raimbault (CDD) (GeeDAAF, Nogent-sur-Vernisson)

## ***INRA***

- Frédérique Santi, Jean-Charles Bastien, Luc Pâques, Arnaud Dowkiw, Jean-Paul Charpentier, Vincent Segura, Dominique Veisse, Kevin Ader, Vincent Lejeune (Orléans)
- Denis Vauthier (Avignon)
- Fabrice Bonne, Thierry Paul, Vincent Rousselet (Nancy)
- Thierry Ameglio, Christophe Serre, Têtè S. Barigah (UMR PIAF Clermont-Ferrand)

## ***ONF***

- Yves Rousselle (Dép. RDI, CGAF Orléans)
- Jean Ladier, Charles Tessier, Philippe Dreyfus (Dép. RDI, Avignon)
- Bruno Chopard, Jean-Michel Fargeix, François Conrard, Didier Bier, Didier François (Dép. RDI, Dole)
- Jérôme Piat (Dép. RDI, Compiègne)
- Gilbert Douzon, Daniel Devanne (Dép. RDI, Boigny)
- Nicolas Gomez (Dép. RDI, Nancy)
- Sébastien Guérinet, 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 2015 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 quatre espèces : Douglas, mélèzes, épicéa commun et frêne.

## ***Douglas***

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

Dans sa configuration actuelle, le réseau est constitué de 25 tests d'évaluation et de démonstration qui comparent les 8 variétés françaises et un témoin de l'aire naturelle. Bien qu'il couvre une grande variété de contextes pédoclimatiques, un certain nombre de 'lacunes' sont apparues en croisant quatre variables jugées prépondérantes pour la croissance du Douglas : bilan hydrique climatique estival, température mini hivernale, pH et C/N. Les partenaires ont donc décidé d'étendre le réseau pour mieux échantillonner les milieux dans lesquels l'espèce est déjà cultivée avec succès ou susceptible de se développer à l'avenir. Une campagne de semis a été réalisée en 2014 au PNRGF de Peyrat-le-Château en vue d'installer des essais complémentaires. Quatre premiers tests ont été installés en 2015 par l'ONF sur les plateaux calcaires du nord-est et en Franche-Comté et un 5$^{ème}$ a été implanté en zone méditerranéenne, en remplacement d'un test abandonné pour cause de mortalité excessive. D'autre part, les prospections menées par l'ONF, Irstea, l'INRA et le CNPF ont permis d'identifier 8 terrains qui hébergeront les dispositifs de la deuxième vague de plantation. Ils seront situés majoritairement dans les Ardennes, le Centre, en Franche-Comté, Normandie et Bretagne.

Des mesures ont été prises dans de nombreux essais, conformément au programme établi par les organismes partenaires. En outre, En outre, Irstea a effectué un premier bilan des performances de 7 variétés dans 11 sites. Il confirme le comportement atypique de Californie. Cette variété se caractérise par une plus forte mortalité, particulièrement dans les sites d'altitude, et une faible croissance en hauteur. Cinq ans après la plantation, sa hauteur est en moyenne 25% inférieure à celle des autres provenances. Par ailleurs, les variétés constituées de matériels originaires de France ou du nord de l'aire naturelle sont pour la plupart plus vigoureuses que le témoin de la 'seed zone' 403 de l'Etat du Washington. La seule exception est Darrington qui occupe une position intermédiaire entre le témoin et les autres variétés 'nordistes'. Ces résultats sont globalement en accord avec ceux du bilan effectué en parallèle par le CNPF sur ses tests de démonstration.

Si l'on considère les quatre types de milieux prospectés, les provenances testées font preuve d'une grande stabilité de classement pour la hauteur. Un examen plus approfondi des résultats permet cependant de mettre en évidence des milieux plus propices à la croissance de deux variétés. D'une part, Californie pourrait avoir sa place dans les stations les plus menacées par le changement climatique si on fait le pari que son origine méridionale lui confère une meilleure résistance aux déficits hydriques estivaux. La perte de productivité serait limitée car c'est précisément dans ces sites de marge sèche que le différentiel de croissance entre Californie et les autres provenances est le plus faible. A l'inverse, l'écart de croissance entre Darrington et les

autres provenances est plus faible dans le cœur de l'aire et en altitude que dans les marges climatiques. Cette variété est donc recommandée avec moins de force dans les milieux chauds et secs.

Les résultats de cette analyse multisite ont été incorporés à la fiche des conseils d'utilisation des MFR de Douglas révisée en 2015 et portés à la connaissance de propriétaires privés, lors de journées d'information auxquelles ont participé Irstea et le CNPF. De plus, les partenaires se sont réunis à deux reprises durant l'année 2015, pour faire le point sur le réseau et élaborer le protocole de mesures qui sera mis en œuvre quand les essais auront atteint l'âge de huit ans.

## Informations tirées de tests âgés

Des informations complémentaires ont été obtenues à un âge plus avancé, dans des tests d'évaluation et des tests de descendances gérés par Irstea et l'INRA.

- Les données collectées à Ingwiller, 17 ans après plantation, met en évidence la forte vigueur de La Luzette et également le bon classement de Darrington. Il est par ailleurs intéressant de constater que la première éclaircie de ce test mono-arbre a éliminé comparativement moins d'individus de Darrington et du témoin de l'aire naturelle Washington 403 que de Bout 24 (respectivement 13%, 15% et 34%). Avec des taux de prélèvement de 20%, La Luzette et le témoin 'peuplements français' se situent en position intermédiaire. Ces résultats conduisent à relativiser l'importance de la vigueur puisque, dans ce test, les opérateurs ont clairement privilégié les caractères de forme. Cette étude gagnerait à être répétée dans d'autres sites pour couvrir une large gamme de pratiques sylvicoles.

- A Brassy, La Luzette et Darrington se classent très bien pour la survie et la croissance. 13 ans après la plantation, ces deux variétés sont supérieures au témoin Washington 403 pour la croissance en hauteur et en diamètre. D'autre part, le classement des provenances varie peu en fonction de l'intensité du scénario sylvicole.

- Les données collectées dans deux tests de descendances montrent que les produits du verger France 2 sont dotés d'une forte vigueur, comparable à celle de La Luzette, et d'une forme moyenne : angle d'insertion des branches favorable mais défauts de fourchaison relativement fréquents et qualité de la branchaison perfectible. De plus, ces données permettent de classer un grand nombre de clones du verger en fonction des performances de leurs descendances. Les résultats de Brassy montrent une variabilité inter-descendances importante pour la hauteur juvénile et la circonférence à 15 ans (écarts de 30 à 50% entre les familles extrêmes). Cette information pourra être valorisée dans l'éventualité d'une éclaircie génétique.

- Les résultats du test de descendances tristationnel de Washington 2 confirment la grande tardiveté de débourrement des produits de ce verger. Les descendances évaluées se caractérisent en outre par une forte vigueur, légèrement supérieure à celle de La Luzette, et une forme moyenne : angle de branches correct mais tendance à la production de fourches o u ramicornes et note de branchaison médiocre. Darrington, utilisé comme témoin dans ces tests, est peu vigoureux mais doté d'une forme correcte. Les résultats sont en revanche peu flatteurs pour le verger hollandais de Couze, tant en termes d'adaptation (débourrement précoce) que de vigueur et de forme.

- Enfin, les notations de débourrement conduites dans le test de descendances de Fourtou montrent la grande précocité de toutes les familles testées. Ce caractère, inhérent à l'origine du matériel de base, ne pourra donc être valablement amélioré par une éclaircie génétique. Du fait

de cette précocité de débourrement, l'utilisation des Matériels Forestiers de Reproduction de ce verger doit être strictement restreinte aux zones indemnes de gelées tardives.

### Résistance à des stress hydriques

Ce rapport présente de nouveaux résultats d'un essai d'Irstea réalisé sous serre d'avril 2013 à octobre 2014, et qui avait pour objectif d'étudier la réponse, immédiate et différée, de deux variétés (Californie et Washington 2) soumises à un gradient de stress hydrique. Si l'on fait la synthèse des informations disponibles à ce jour, on en conclut que les stress hydriques de printemps et début d'été (avril - août 2013) ont entraîné (i) une diminution de croissance des pousses primaires et secondaires, (ii) accompagnée d'un raccourcissement des périodes d'élongation, (iii) une baisse du taux de polycyclisme et (iv) une diminution de la croissance radiale. Très logiquement, ces impacts étaient d'autant plus marqués que le stress est sévère. Au niveau génétique, Californie se distingue de Washington 2 par une plus forte consommation d'eau, des dépérissements plus intenses et plus précoces et, in fine, un taux de mortalité supérieur dans la modalité la plus stressée.

Dans un deuxième temps (août – novembre 2013), un stress sévère a été provoqué ou prolongé dans deux modalités. Il s'est traduit par une forte réduction de la croissance en diamètre et quelques dépérissements. Cette fois, Californie semblait légèrement plus à son avantage que Washington 2.
Après avoir été copieusement arrosés en 2014, les plants des modalités les plus stressées se comportent étonnamment bien. Si l'impact de la sécheresse 2013 reste perceptible pour l'accroissement de la pousse primaire, ce n'est plus le cas pour le taux de polycyclisme et la longueur de la pousse secondaire qui sont au moins égaux à ceux des individus mieux alimentés en eau. Il semble donc qu'on assiste à un phénomène de compensation et que Californie fasse preuve d'une meilleure résilience. Les analyses complémentaires en cours, qui prennent en compte l'intensité du stress et non plus les modalités de l'essai, permettront de préciser ces diagnostics basés sur les résultats bruts.

## ***Mélèze***

### Identification des hybrides à l'aide de la spectrométrie infrarouge (SPIR)

L'INRA a jugé prématuré de dresser un bilan des actions réalisées depuis 2011 et souhaité vérifier que les critères spectraux utilisés pour la discrimination ne confondent pas les effets 'espèce' et 'site'. Une nouvelle récolte d'aiguilles a été réalisée durant l'été 2015 dans des sites du Massif central non explorés jusqu'à présent. Les aiguilles ont été broyées et l'analyse des spectres SPIR est programmée début 2016. Par ailleurs, les résultats acquis ont été présentés lors de rencontres scientifiques (présentation orale et poster).

### Détermination de l'origine des clones composant les deux vergers français de mélèze d'Europe 'Sudètes'

L'origine de ces clones a été déterminée à l'aide de marqueurs microsatellites. Ces analyses révèlent la très grande hétérogénéité génétique des vergers, et notamment la présence de clones alpins et de nombreuses formes hybrides liées très probablement à des introgressions plus ou moins anciennes dans les peuplements où les clones ont été sélectionnés. L'INRA a exposé les résultats au comité de pilotage des vergers à graines de l'Etat. Une éclaircie génétique, destinée à éliminer les génotypes de provenances connues pour leur sensibilité au chancre, est en cours suite à ces travaux.

### Performances de descendances hybrides et d'espèces parentales

L'INRA a comparé à Peyrat-le-Château les descendances hybrides et de mélèzes d'Europe et/ou Japon de cinq vergers européens, dont le verger FH 201 des Barres. Si l'on excepte un verger qui a un comportement atypique, les hybrides se révèlent très supérieurs aux espèces parentes pour la croissance en hauteur, en circonférence, et donc en volume. D'autre part, ils ont survécu et résisté au moins aussi bien que les non-hybrides à la canicule/sécheresse de 2003. En revanche, leurs performances sont intermédiaires entre celles des espèces parentes pour les dégâts de Meria laricis, la rectitude du tronc et le facteur d'élancement H/D.

Cet essai permet aussi d'étudier l'évolution du pourcentage d'hybrides entre les lots de graines initiaux, la pépinière puis le jeune peuplement. L'augmentation du taux d'hybrides entre les stades graines et plants est modeste, sauf pour FH 201 ; elle s'explique par la mauvaise survie et/ou germination des graines autofécondées et la faible vigueur des plants qui en résultent. Par la suite, les placettes continuent à s'enrichir en hybrides, du fait de la mortalité pour certaines variétés comme FH 201, et plus sûrement du fait de l'éclaircie. A cet égard, l'augmentation du taux d'hybrides est beaucoup plus marquée quand la sélection s'opère sur les caractères de vigueur plutôt que sur la forme. Ces résultats ont été intégrés à un article scientifique co-écrit avec Irstea.

## ***Epicéa commun***

L'ONF a réalisé une synthèse des données issues du réseau d'évaluation ONF/Irstea. Les 14 tests du réseau comparent le verger Rachovo à différentes provenances françaises et polonaises. Plusieurs analyses ont été réalisées sur des sous-ensembles de dispositifs pour tenir compte de l'hétérogénéité des dispositifs en termes de composition et de suivi.

Rachovo ne se différencie pas des témoins Chapois, Bonnetage et Istebna pour la survie à 6-8 ans. En revanche, ce verger est moins bien classé, et inférieur à Gerardmer, à 16 ans, lorsque l'étude est restreinte à un sous-réseau constitué de 4 tests.
Rachovo est caractérisé par une forte croissance en hauteur. A l'âge de 6-8 ans, il est plus vigoureux que Chapois et Bonnetage. Ce verger se retrouve également en tête de classement pour la circonférence à 16 ans, âge auquel il est supérieur à Bonnetage.
Cette forte croissance se traduit par une moindre qualité de la branchaison. Rachovo tend à produire plus de branches, et aussi des branches plus grosses puisque ce caractère est fortement dépendant de la croissance. Il convient cependant de considérer ces résultats avec prudence compte tenu de la fiabilité relative des notations de branchaison.

## ***Frêne***

L'INRA a mesuré six dispositifs conformément au programme prévisionnel et présenté un tableau synthétique des résultats acquis à ce jour. Une note a également été envoyée aux propriétaires des terrains hébergeant les essais pour les sensibiliser à l'expansion de la chalarose, leur fournir des indices pour le dépistage de la maladie et les informer des actions de recherche en cours. Enfin, un article scientifique reprenant des résultats du test de Devecey a été soumis à une revue scientifique.

# SOMMAIRE


**Pages**

**DOUGLAS** **10**

**I- RESEAU D'EVALUATION DES VERGERS FRANÇAIS** **10**

**1- Extension** **10**
1.1 – Contexte 10
1.2- Installations 2015 10
1.2.1- FD Clairvaux 11
1.2.2- FD Plachet 14
1.2.3- FC La Longeville 18
1.2.4- FC Villers-sous-Chalamont 22
1.3 – Installations 2016 : prospection de terrains et préparation du sol 25

**2- Performances des variétés : survie, état sanitaire et croissance** **27**
2.1 – Résultats 5 ans après plantation 27
2.1.1- Soussat 27
2.1.2- La Versanne 35
2.1.3- Autres essais 41
2.1.4- Premier bilan multisite 5 ans après plantation 42
2.1.5- Bilan des tests du CNPF 5 ans après plantation 48
2.2 – Tests installés en 2015 50
2.3 – Test de démonstration CNPF : impact de la canicule de 2015 50
2.3.1- La Tagnière-Dettey 50
2.3.2- Pressy sous Dondin 51
2.4 – Tests en marge du réseau 51

**3- Acclimatation au froid** **52**

**4- Mobilisation d'échantillons de graines** **53**

**5- Actions de concertation et de vulgarisation** **53**

**II- ESSAI EN CONDITIONS CONTROLEES : RESISTANCE AUX STRESS HYDRIQUES** **55**

**1- Contexte** **55**
**2- Conditions environnementales** **55**
**3- Effet des stress hydriques sur la croissance 2013** **57**
**4- Effet des stress hydriques 2013 sur l'état sanitaire et la croissance en 2014** **59**

**III- MESURES DANS DES TESTS AGES** **62**

**1- Essais comparant Darrington et La Luzette à Bout 24, Washington 403 et des peuplements français** **62**
1.1 – Test d'Ingwiller 62
1.2 –Tests homologues d'Ingwiller 67

**2- Essais comparant des vergers et peuplements européens** **68**

**3- Test génético-sylvicole de Brassy** **68**

**IV- TESTS DE DESCENDANCES** **76**

**1- Verger France 2** **76**
1.1- Matériel végétal 77
1.2- Résultats du test de Brassy 77
1.3- Résultats du test de Masnau-Massuguiés 82
1.4- Comparaison Masnau-Brassy 84

**2- Verger Washington 2** **84**
2.1- Matériel végétal 85
2.2- Survie et débourrement 86
2.3- Croissance 87
2.4- Architecture 88

**3- Verger Californie** **91**

**MELEZES** **92**

**1- Identification des hybrides à l'aide de la spectrométrie infrarouge** **92**

**2- Détermination de l'origine des composants des vergers 'Sudètes' français** **92**

**3- Performances de descendances hybrides et d'espèces pures (Peyrat)** **93**
3.1- Matériels et méthodes 93
3.2- Résultats 95
3.2.1- Suivi de la composition spécifique 95
3.2.2- Performances comparées des hybrides et des espèces parentales 97

**4- Performances de variétés hybrides** **100**
4.1- Première vague d'essais multisites 100
4.2- Deuxième vague d'essais multisites 101
4.3- Evaluation des propriétés du bois de la variété Rêve-vert 102

**EPICEA COMMUN** **103**

**RESEAU D'EVALUATION DU VERGER RACHOVO** **103**

**1- Résumé** **104**

**2- Présentation du réseau** **104**
2.1- Les dispositifs expérimentaux 104
2.2- Les provenances 105
2.3- Les mesures 106

**3- Objectifs et questions posées** **106**

**4- Méthodes d'analyse des données** **107**

**5- Résultats** **109**
5.1- Survie et croissance du VG Rachovo par rapport aux autres provenances 109
5.1.1- Rachovo versus Chapois à 6-8 ans sur l'ensemble du réseau 109
5.1.2- Rachovo versus Chapois, Bonnetage et Istebna à 6-8 ans (8 tests) 113
5.1.3- Rachovo versus Bonnétage, Chapois, Gerardmer et Istebna à 16 ans 113
5.2- Branchaison : limites de la méthode et résultats partiels 115

**FRENE** **120**

***ANNEXES***

**1 – Compte rendu de la réunion annuelle du groupe 'évaluation VFA Douglas'** **122**

**2 – Test de démonstration CNPF de Fraïsse-sur-Agout** **129**

**3 – Origine des composants des vergers de mélèze d'Europe 'Sudètes' français** **131**

**4- Information donnée par l'INRA aux propriétaires de terrains hébergeant des essais de frêne** **135**

# DOUGLAS

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

## *1- Extension du réseau*

### 1.1 – Contexte

Un réseau de tests d'évaluation/homologation et de démonstration a été initié en 2008. Il vise à évaluer, dans une large gamme de stations, la plasticité et les performances de Matériels Forestiers de Reproduction issus des 8 vergers français. Au total, 27 tests d'évaluation et de démonstration ont été installés de 2009 à 2011, conformément au programme (milieux cibles, nombre et types de dispositifs, partenariat) défini par les partenaires et décrit dans le rapport final de la convention N° E 13/08.

Cependant, le réseau existant ne couvre qu'imparfaitement les gradients pédologiques et climatiques de l'aire potentielle du Douglas. Des "lacunes", caractérisées par quatre variables jugées prépondérantes pour la croissance du Douglas (bilan hydrique climatique estival, C/N, pH, température mini moyenne hivernale), ont été mises en évidence par une étude ONF (compte rendu d'activités 2012, pp 79-82). Les partenaires impliqués dans la création, la gestion et la valorisation du réseau ont décidé de le compléter en l'élargissant en direction du nord-est (Franche Comté, plateaux calcaires, Ardennes, Vosges) et du nord-ouest (sites océaniques de Normandie et/ou Bretagne). Ces nouvelles plantations, programmées en 2015 et 2016, seront effectuées en utilisant les mêmes lots de plants élevés à la pépinière ONF de Peyrat-le-Château (semis en godets de 2014). Elles compareront les huit vergers français, la seed zone Washington 403 faisant office de témoin et, pour certaines, un verger néo-zélandais (Tramway).

En outre, il est prévu d'installer un dispositif en zone méridionale, en remplacement de l'essai de Colle-du-Rouet qui a dû être abandonné en raison d'une forte mortalité.

### 1.2 – Installations 2015

L'ONF a planté quatre nouveaux dispositifs dans le cadre de l'extension du réseau, sur plateaux calcaires (forêts domaniales de Clairvaux et du Plachet) et en Franche-Comté (forêts communales de La Longeville et de Villers-sous-Chalamont). Leurs principales caractéristiques sont détaillées ci-dessous.

Un cinquième test a été installé sur le domaine du Ruscas (Var), à l'automne 2015. Le compte rendu d'installation sera fourni dans le prochain rapport d'activité.

## 1.2.1- FD de Clairvaux (EV_DF_2015.01 – dispositif mono-arbre - ONF)

**TITRE : Test d'évaluation de 8 vergers à graines français (+ 1 néo-zélandais) de Douglas vert (AR 2015.13.01)**

**DOMAINE DE PREOCCUPATION :** Installation de peuplement, provenance, vergers à graines, Douglas vert

**LOCALISATION :**

- Région : Champagne-Ardenne
- Département : Aube (10)
- Forêt Domaniale de Clairvaux
- Parcelle 209
- Direction Territoriale de Bourgogne Champagne Ardenne
- Agence inter-départementale Aube-Marne (8210)
- Unité Territoriale Cunfin (821010)
- Triage de Clairvaux
- Région IFN : 403 - Barrois (Région IFN de réf. : 55.4)
- Coordonnées : Lambert IIe : x = 779.900 ; y = 2353.900

**STATION :**

- Altitude : 285 m
- Topographie : Légère pente NO 7-8 % (milieu versant)
- Climat (données Aurelhy 1981-2010)

Température moyenne annuelle : 10,6 °C - 75 jours de gel/an
Pluviométrie annuelle : 934 mm (140 jours/an), dont 218 mm de juin à août, 375 mm de mai à sept.

| Pluvio | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (mm) | 83,0 | 70,0 | 71,3 | 70,2 | 81,6 | 75,3 | 77,5 | 64,7 | 75,4 | 86,4 | 84,7 | 94,0 |
| T°C moy. | 2,7 | 3,4 | 6,7 | 9,5 | 13,6 | 16,7 | 19,1 | 18,8 | 15,3 | 11,5 | 6,2 | 3,4 |

- Sol :
  - substrat : calcaires du Jurassique supérieur
  - type de sol : sol brun calcique superficiel à moyennement profond :

argile de décarbonatation d'épaisseur variable (20 à 60 cm) reposant sur plaquettes calcaires, généralement non carbonaté avant 40 cm de profondeur (localement sol brun calcaire : lentilles d'argile carbonatée mélangée à des coquilles dès 15 à 20 cm de prof.)

  - humus : eu-mull à méso-mull
  - hydromorphie : néant

- Végétation (avant préparation du terrain) : ronce, millet diffus, laîche des bois, lamier jaune, scille à 2 feuilles, hellébore fétide.
- Station forestière:
  - Hêtraie-chênaie-charmaie sur argile de décarbonatation peu épaisse (à épaisse) de plateau

US 2 (US 3) du Guide simplifié pour l'identification des stations et le choix des essences (Milard 2004) (localement US 1).
Stations 1210 à 1230 selon Typologie des stations forestières Plateaux calcaires et Vallée Oxfordienne (Rameau 1985).

  - Fertilité : faible à moyenne (sol riche en éléments minéraux, pH 6-6,5 ; RU faible (US1) à moyenne (US3).
  - Facteurs limitants : RU faible - nombre de jours de gel important (75 jours/an) - localement carbonatation du sol

**PEUPLEMENT FORESTIER ANTERIEUR :**

i) d'après aménagement 2003-2017 :
ex-Futaie régulière de SP et Douglas, E1 en 1998, E2 programmée en 2013.
Parcelle du groupe d'amélioration résineux, peu touchée par la tempête de 1999 ; état sanitaire satisfaisant, bonne croissance.
ii) suite à la tempête de juillet 2012
parcelle très endommagée => prévue en régénération en Douglas et mélèze d'Europe (sur stations + superficielles) par coupe rase/plantation.

**OBJET DE L'ESSAI – VARIABLES DE JUGEMENT :**

Evaluation des performances (plasticité, croissance, forme) de plants de Douglas issus des vergers à graines **français**. A titre de référence sont également installés la provenance "Seed zone Washington 403", témoin de l'aire naturelle, et le verger néo-zélandais Tramway (*).

**Facteur étudié = Provenance** avec **9 modalités** :

- WA403 (témoin) : seed zone 403 de l'Etat de Washington, récolte 2007
- LUZ.2009.VG : graines récoltées en 2009 dans le verger à graines Luzette éclairci.
- WASH_MIX.VG : mélange des récoltes commerciales 2008 et 2011 du verger Washington.
- WASH2_2010.VG : graines récoltées en 2010 dans le verger Washington 2.
- FRA1_2007.VG : graines récoltées en 2007 dans le verger France 1.
- FRA2_MIX.VG : mélange des récoltes 2007 et 2012 (récolte expérimentale) du verger France 2.
- FRA3_2007.VG : graines récoltées en 2007 dans le verger France 3.
- CALI_2007.VG : graines récoltées en 2007 dans le verger Californie
- DARR_2011.VG : graines récoltées en 2011 dans le verger Darrington.
- TRAM_2012.VG : graines récoltées en 2012 dans le verger néo-zélandais Tramway.

*(*) Extrait du rapport annuel 2014 Evaluation des VFA :*
*"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 débourrement 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."*

**Variables de jugement :**

- Taux de reprise / de survie
- Etat sanitaire, nombre d'années d'aiguilles (à partir de 3 années de végétation), coloration
- Accroissement en hauteur des plants (à moyen / long terme, accroissement en diamètre et en volume)
- Branchaison (angle de branche, densité, grosseur...), fourchaison (pas avant 5 ans, à préciser)

**DISPOSITIF :**

**Dispositif** de type **mono-arbre** (rendu nécessaire par la forte hétérogénéité stationnelle à une échelle infra décamétrique) : => **100 répétitions de 10 provenances** = 1000 individus suivis (= unités expérimentales)
Plantation à 1111 pl/ha : 3 m entre lignes x 3 m sur la ligne
Répétitions organisées selon les lignes de plantation (séries de 3 répétitions)
**Surface du dispositif** :

**zone de mesures** (1000 plants x 9 m²) : **0 ha 90**
**surface totale** (1 à 3 lignes / rangs de zone de bordure) : environ **1 ha 30**

**Calendrier des mesures et observations :**

| Type de test | Nombre d'années après la plantation (année) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 (fin 2015) | 2 (fin 2016) | 3 (fin 2017) | 4 (fin 2018) | 5 (fin 2019) |
| Evaluation | - Etat sanitaire<br>- Hauteur (H1 et H0) | - Surveillance | - Etat sanitaire<br>- Hauteur | - Surveillance | - Etat sanitaire<br>- Hauteur |

**Protocoles (cf. protocole du réseau multi-site) :**

- état sanitaire : 0 (plant sain), 2 (sec en cime), 5 (abroutissement), 6 (frottis), 7 (plant endommagé lors du dégagement), 8 (problème particulier, à identifier dans une colonne "remarques"), 9 (mort)
- hauteur totale (cm)
- nombre d'années d'aiguilles : 1, 2 ou 3 selon nb d'années effectivement visible (axes > 3 ans hors concurrence).

**DATE D'INSTALLATION : 11/03/2015**

**REALISATION :**

**Préparation du terrain avant plantation :**

2013 : Prospection et choix du terrain (0,5 HJ)
12/07/13 : évaluation travaux préparation du terrain avec C. Becker (0,5 HJ)
09/04/14 : caractérisation stationnelle (+ évaluation hétérogénéité) (3 HJ)
Eté 2014 : fin exploitation de l'ex FR de SP et DOU
30/06/14 : rencontre avec ETF (SARL Valenzisi) pour préparation sol (0,5 HJ)
automne 2014 : broyage en plein (broyeur à axe horizontal)
15/10/14 : implantation et jalonnement des lignes de plants + emplacement des potets (6 HJ)
19/11/14 : suivi réalisation potets (2he)
Hiver 2014/15 : installation grillage cerf par ETF

**Implantation du dispositif :**

**24/03/15** : **Plantation à la pioche dans les potets travaillés** (5HJ)
**Plants de 1 an** élevés en conteneurs (WM de 560 cm3) à la pépinière ONF de Peyrat le Château
Encadrement de la plantation (zone centrale + périphérique), distribution des plants (4 HJ)
13/05/15 : pose piquets en début/fin de lignes sur zone de mesure + jalon bambou au pied de chaque plant (1 HJ)

**Suivi, surveillance :**

13/05/15, 29/05/15 : surveillance reprise / besoin en dégagement (2 he)
23/06/15 : visite du groupe d'évaluation des vergers de Douglas

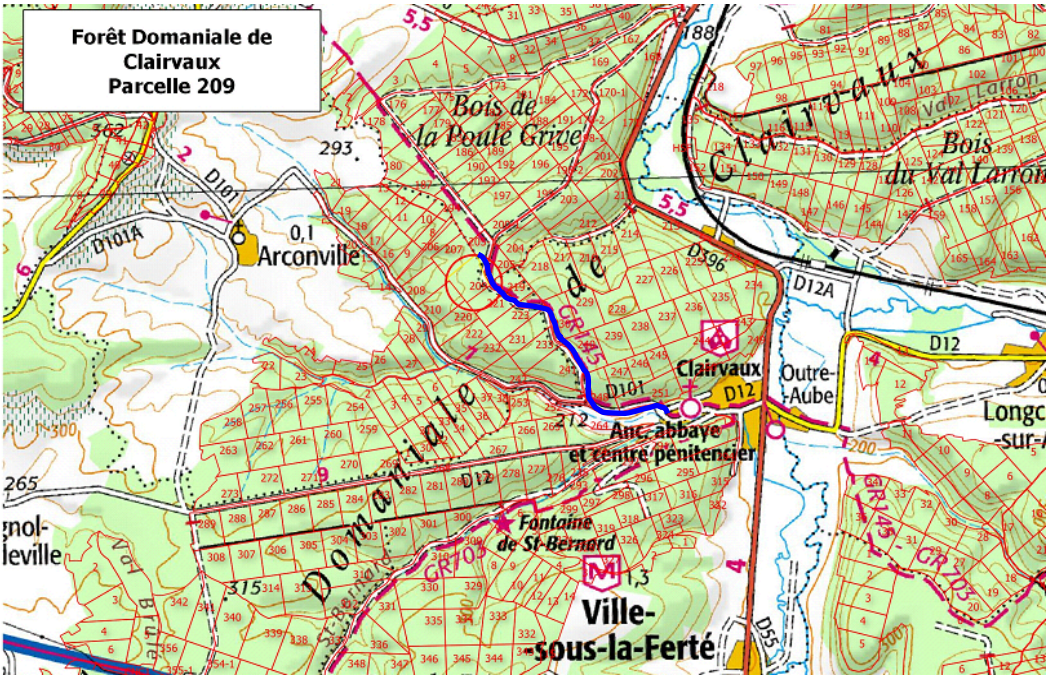
**DUREE MINIMUM :** 15 ans

**PREMIERS RESULTATS SIGNIFICATIFS ATTENDUS :** 5 ans (fin 2019).

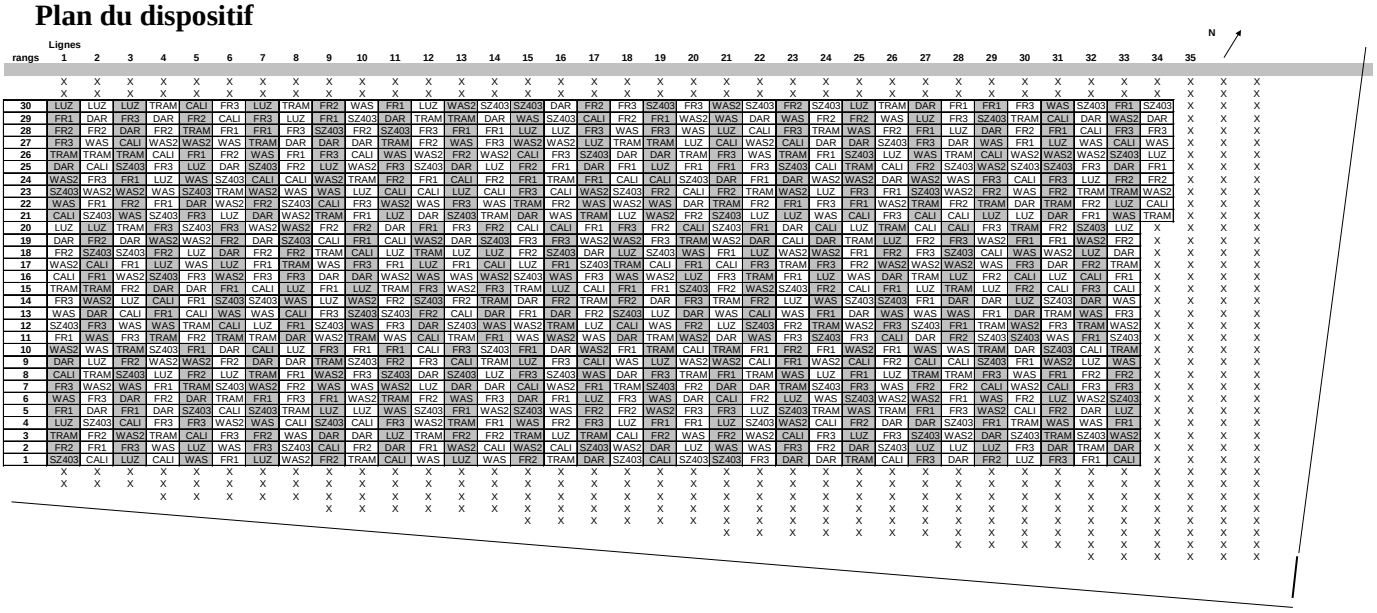
**COLLABORATION : Groupe d'évaluation des VAG de l'Etat :**

Irstea Nogent sur Vernisson (G Philippe), INRA Orléans (JC Bastien), ONF-RDI (CGAF-Y Rousselle, Pôle Pépinières - P Brahic, S Guérinet), CNPF-IDF (S Girard)

**PLAN de SITUATION et d'ACCES depuis Clairvaux - Ville sous La Ferté (10)**



## Plan du dispositif



| rangs | Lignes 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 30 | LUZ | LUZ | LUZ | TRAM | CALI | FR3 | LUZ | TRAM | FR2 | WAS | FR1 | LUZ | WAS2 | SZ403 | SZ403 | DAR | FR2 | FR3 | SZ403 | FR3 | WAS2 | SZ403 | FR2 | SZ403 | LUZ | TRAM | DAR | FR1 | FR1 | FR3 | WAS | SZ403 | FR1 | SZ403 | x | x | x |
| 29 | FR1 | DAR | FR3 | DAR | FR2 | CALI | FR3 | LUZ | FR1 | SZ403 | DAR | TRAM | TRAM | DAR | WAS | SZ403 | CALI | FR2 | FR1 | WAS2 | WAS | DAR | WAS | FR2 | FR2 | WAS | LUZ | FR3 | SZ403 | TRAM | CALI | DAR | WAS2 | DAR | x | x | x |
| 28 | FR2 | FR2 | DAR | FR2 | TRAM | FR1 | FR1 | FR3 | SZ403 | FR2 | SZ403 | FR3 | FR1 | FR1 | LUZ | LUZ | FR3 | WAS | FR3 | WAS | LUZ | CALI | FR3 | TRAM | WAS | FR2 | FR1 | LUZ | DAR | FR2 | FR1 | CALI | FR3 | FR3 | x | x | x |
| 27 | FR3 | WAS | CALI | WAS2 | WAS2 | WAS | TRAM | DAR | DAR | DAR | TRAM | FR2 | WAS | FR3 | WAS2 | WAS2 | LUZ | TRAM | TRAM | LUZ | CALI | WAS2 | CALI | DAR | DAR | SZ403 | FR3 | DAR | WAS | FR1 | LUZ | WAS | CALI | WAS | x | x | x |
| 26 | TRAM | TRAM | TRAM | CALI | FR1 | FR2 | WAS | FR1 | FR3 | CALI | WAS | WAS2 | FR2 | WAS2 | CALI | FR3 | SZ403 | DAR | DAR | TRAM | FR3 | WAS | TRAM | FR1 | SZ403 | LUZ | WAS | TRAM | CALI | WAS2 | WAS2 | WAS2 | SZ403 | LUZ | x | x | x |
| 25 | DAR | CALI | SZ403 | FR3 | LUZ | DAR | SZ403 | FR2 | LUZ | WAS2 | FR3 | SZ403 | DAR | LUZ | FR2 | FR1 | DAR | FR1 | LUZ | FR1 | FR1 | FR3 | SZ403 | CALI | TRAM | CALI | FR2 | SZ403 | WAS2 | SZ403 | SZ403 | FR3 | DAR | FR1 | x | x | x |
| 24 | WAS2 | FR3 | FR1 | LUZ | WAS | SZ403 | CALI | CALI | WAS2 | TRAM | FR2 | FR1 | CALI | FR2 | FR1 | TRAM | FR1 | CALI | CALI | SZ403 | DAR | FR1 | DAR | WAS2 | WAS2 | DAR | WAS2 | WAS | FR3 | CALI | FR3 | LUZ | FR2 | FR2 | x | x | x |
| 23 | SZ403 | WAS2 | WAS2 | WAS | SZ403 | TRAM | WAS2 | WAS | WAS | LUZ | CALI | CALI | LUZ | CALI | FR3 | CALI | WAS2 | SZ403 | FR2 | CALI | FR2 | TRAM | WAS2 | LUZ | FR3 | FR1 | SZ403 | WAS2 | FR2 | WAS | FR2 | TRAM | TRAM | WAS2 | x | x | x |
| 22 | WAS | FR1 | FR2 | FR1 | DAR | WAS2 | FR2 | SZ403 | CALI | FR3 | WAS2 | WAS | FR3 | WAS | TRAM | FR2 | WAS | WAS2 | WAS | DAR | TRAM | FR2 | FR1 | FR3 | FR1 | WAS2 | TRAM | FR2 | TRAM | DAR | TRAM | FR2 | LUZ | CALI | x | x | x |
| 21 | CALI | SZ403 | WAS | SZ403 | FR3 | LUZ | DAR | WAS2 | TRAM | FR1 | LUZ | DAR | SZ403 | TRAM | DAR | WAS | TRAM | LUZ | WAS2 | FR2 | SZ403 | LUZ | LUZ | WAS | CALI | FR3 | CALI | CALI | LUZ | LUZ | DAR | FR1 | WAS | TRAM | x | x | x |
| 20 | LUZ | LUZ | TRAM | FR3 | SZ403 | FR3 | WAS2 | WAS2 | FR2 | FR2 | DAR | FR1 | FR3 | FR2 | CALI | CALI | FR1 | FR3 | FR2 | CALI | SZ403 | FR1 | DAR | CALI | LUZ | TRAM | CALI | CALI | FR3 | TRAM | FR2 | SZ403 | LUZ | X | x | x | x |
| 19 | DAR | FR2 | DAR | WAS2 | WAS2 | FR2 | DAR | SZ403 | CALI | FR1 | CALI | WAS2 | DAR | SZ403 | FR3 | WAS2 | WAS2 | FR3 | TRAM | WAS2 | DAR | CALI | DAR | TRAM | LUZ | FR2 | FR3 | WAS2 | FR1 | FR1 | WAS2 | FR2 | x | x | x | x |
| 18 | FR2 | SZ403 | SZ403 | FR2 | LUZ | DAR | FR2 | FR2 | TRAM | CALI | LUZ | TRAM | LUZ | LUZ | FR2 | SZ403 | DAR | LUZ | SZ403 | WAS | FR1 | LUZ | WAS2 | WAS2 | FR1 | FR2 | FR3 | SZ403 | CALI | WAS | WAS2 | LUZ | DAR | x | x | x | x |
| 17 | WAS2 | CALI | FR1 | LUZ | WAS | LUZ | FR1 | TRAM | WAS | FR3 | FR1 | LUZ | FR1 | CALI | LUZ | FR1 | SZ403 | TRAM | CALI | FR1 | CALI | FR3 | TRAM | FR3 | FR2 | WAS2 | WAS2 | WAS2 | WAS | FR3 | DAR | FR2 | TRAM | x | x | x | x |
| 16 | CALI | FR1 | WAS2 | SZ403 | FR3 | WAS2 | FR3 | FR3 | DAR | DAR | WAS2 | WAS | WAS | WAS2 | SZ403 | WAS | FR3 | WAS | WAS2 | LUZ | FR3 | TRAM | FR1 | LUZ | WAS | DAR | TRAM | LUZ | FR2 | CALI | LUZ | CALI | FR1 | x | x | x | x |
| 15 | TRAM | TRAM | FR2 | DAR | DAR | FR1 | CALI | LUZ | FR1 | LUZ | TRAM | FR3 | WAS2 | FR3 | TRAM | LUZ | CALI | FR1 | FR1 | SZ403 | FR2 | WAS2 | SZ403 | FR2 | CALI | FR1 | LUZ | TRAM | LUZ | FR2 | CALI | FR3 | CALI | x | x | x | x |
| 14 | FR3 | WAS2 | LUZ | CALI | FR1 | SZ403 | SZ403 | WAS | LUZ | WAS2 | FR2 | SZ403 | FR2 | TRAM | DAR | FR2 | TRAM | FR2 | DAR | FR3 | TRAM | FR2 | LUZ | WAS | SZ403 | SZ403 | FR1 | DAR | DAR | LUZ | SZ403 | DAR | WAS | x | x | x | x |
| 13 | WAS | DAR | CALI | FR1 | CALI | WAS | WAS | CALI | FR3 | SZ403 | SZ403 | FR2 | CALI | DAR | FR1 | DAR | FR2 | SZ403 | LUZ | DAR | WAS | CALI | WAS | FR1 | DAR | WAS | WAS | WAS | FR1 | DAR | TRAM | WAS | FR3 | x | x | x | x |
| 12 | SZ403 | FR3 | WAS | WAS | TRAM | CALI | LUZ | FR1 | SZ403 | WAS | FR3 | DAR | SZ403 | WAS | WAS2 | TRAM | LUZ | CALI | WAS | FR2 | LUZ | SZ403 | FR2 | TRAM | WAS2 | FR3 | SZ403 | FR1 | TRAM | WAS2 | FR3 | TRAM | WAS2 | x | x | x | x |
| 11 | FR1 | WAS | FR3 | TRAM | FR2 | TRAM | TRAM | DAR | WAS2 | TRAM | WAS | CALI | TRAM | FR1 | WAS | WAS2 | WAS | DAR | TRAM | WAS2 | DAR | WAS | FR3 | SZ403 | FR3 | CALI | DAR | FR2 | SZ403 | SZ403 | WAS | FR1 | SZ403 | x | x | x | x |
| 10 | WAS2 | WAS | TRAM | SZ403 | FR1 | DAR | CALI | LUZ | FR3 | FR1 | FR1 | CALI | FR3 | SZ403 | FR1 | DAR | WAS2 | FR1 | TRAM | CALI | TRAM | FR1 | FR2 | FR1 | WAS2 | FR1 | WAS | WAS | TRAM | DAR | SZ403 | CALI | TRAM | x | x | x | x |
| 9 | DAR | LUZ | FR2 | WAS2 | WAS2 | FR2 | DAR | DAR | TRAM | SZ403 | FR2 | FR3 | CALI | TRAM | LUZ | FR3 | CALI | WAS | LUZ | WAS2 | WAS2 | CALI | FR1 | WAS2 | CALI | FR2 | CALI | CALI | SZ403 | FR1 | WAS2 | LUZ | WAS | x | x | x | x |
| 8 | CALI | TRAM | SZ403 | LUZ | FR2 | LUZ | TRAM | FR1 | WAS2 | FR3 | SZ403 | DAR | SZ403 | LUZ | FR3 | SZ403 | WAS | DAR | FR3 | TRAM | FR1 | TRAM | WAS | LUZ | FR1 | LUZ | TRAM | TRAM | FR3 | WAS | FR1 | FR2 | FR2 | x | x | x | x |
| 7 | FR3 | WAS2 | WAS | FR1 | TRAM | SZ403 | WAS2 | FR2 | WAS | WAS | WAS2 | LUZ | DAR | DAR | CALI | WAS2 | FR1 | TRAM | SZ403 | FR2 | DAR | DAR | TRAM | SZ403 | FR3 | WAS | FR2 | FR2 | CALI | WAS2 | CALI | FR3 | FR3 | x | x | x | x |
| 6 | WAS | FR3 | DAR | FR2 | DAR | TRAM | FR1 | FR3 | FR1 | WAS2 | TRAM | FR2 | WAS | FR3 | DAR | FR1 | LUZ | FR3 | WAS | DAR | CALI | FR2 | LUZ | WAS | SZ403 | WAS2 | WAS2 | FR1 | WAS | FR2 | LUZ | WAS2 | SZ403 | x | x | x | x |
| 5 | FR1 | DAR | FR1 | DAR | SZ403 | CALI | SZ403 | TRAM | LUZ | LUZ | WAS | SZ403 | FR1 | WAS2 | SZ403 | WAS | FR2 | FR2 | WAS2 | FR3 | FR3 | LUZ | SZ403 | TRAM | WAS | TRAM | FR1 | FR3 | WAS2 | CALI | FR2 | DAR | LUZ | x | x | x | x |
| 4 | LUZ | SZ403 | CALI | FR3 | FR3 | WAS2 | WAS | CALI | SZ403 | CALI | FR3 | WAS2 | TRAM | FR1 | WAS | FR2 | FR3 | LUZ | FR1 | FR1 | LUZ | SZ403 | WAS2 | CALI | FR2 | DAR | DAR | SZ403 | FR1 | TRAM | WAS | WAS | FR1 | x | x | x | x |
| 3 | TRAM | FR2 | WAS2 | TRAM | CALI | FR3 | FR2 | WAS | DAR | DAR | LUZ | TRAM | FR2 | FR2 | TRAM | LUZ | TRAM | CALI | FR2 | WAS | FR2 | WAS2 | CALI | FR3 | LUZ | FR3 | SZ403 | WAS2 | DAR | SZ403 | TRAM | SZ403 | WAS2 | x | x | x | x |
| 2 | FR2 | FR1 | FR3 | WAS | LUZ | WAS | FR3 | SZ403 | CALI | FR2 | DAR | FR1 | WAS2 | CALI | WAS2 | CALI | SZ403 | WAS2 | DAR | LUZ | WAS | WAS | FR3 | FR2 | DAR | SZ403 | LUZ | LUZ | LUZ | FR3 | DAR | TRAM | DAR | x | x | x | x |
| 1 | SZ403 | CALI | LUZ | CALI | WAS | FR1 | LUZ | WAS2 | FR2 | TRAM | CALI | WAS | LUZ | WAS | FR2 | TRAM | DAR | SZ403 | CALI | SZ403 | SZ403 | FR3 | DAR | DAR | TRAM | CALI | FR3 | DAR | FR2 | LUZ | FR3 | FR1 | CALI | x | x | x | x |
| | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x |

# 1.2.2- FD du Plachet (EV_DF_2015.02 - dispositif en grandes parcelles unitaires - ONF)

**TITRE : Test d'évaluation de 8 vergers à graines français de Douglas vert.**

**DOMAINE DE PREOCCUPATION :** Installation de peuplement, provenance, vergers à graines, Douglas vert

**LOCALISATION :**

- Région : Champagne-Ardenne
- Département : Haute-Marne (52)
- Forêt Domaniale du Plachet
- Parcelle 18
- Région IFN : Plateau des Bars Sud (52.8)
- Coordonnées : Lambert IIe : x = 794.385; y = 2363.849
- Direction Territoriale de Bourgogne Champagne Ardenne
- Agence Départementale de Haute Marne (8215)
- Unité Territoriale Suize-Blaise (821508)
- Triage de Vignory

**STATION :**

- Altitude : 320 m
- Topographie : Pente faible < 5 % (plateau)
- Climat (données Aurelhy 1981-2010)

Température moyenne annuelle : 9,8 °C - 88 jours de gel/an

Pluviométrie annuelle : 970 mm (136 jours/an), dont 224 mm de juin à août, 378 mm de mai à sept.

| Pluvio | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (mm) | 90,2 | 75,9 | 77,6 | 66,9 | 81,2 | 84,3 | 73,8 | 66,0 | 72,9 | 86,9 | 93,4 | 100,4 |
| T°C moy. | 2,4 | 3,1 | 5,9 | 8,4 | 13,0 | 15,7 | 18,1 | 17,9 | 14,4 | 10,5 | 5,4 | 3,3 |

**STATION (suite) :**

- substrat : calcaires du Séquanien
- type de sol : limon peu épais sur argile de décarbonatation reposant sur plaquettes calcaires de 25 à plus de 70 cm de profondeur (localement argile dès la surface sans placage limoneux ; cf. carto profondeur de sol en annexe).
- humus : eu-mull à méso-mull
- hydromorphie : néant

- Végétation (avant préparation du terrain) : ronce, millet diffus, laîche des bois, lamier jaune, scille à 2 feuilles...
- Station forestière:

- Hêtraie-chênaie-charmaie sur limons peu épais et faiblement acide de plateau

US 4 du Guide simplifié pour l'identification des stations et le choix des essences (Milard 2004) (localement US 2 ou 3).
Stations 1240 à 1310 selon Typologie des stations forestières de la Haute Marne. Plateaux calcaires (Rameau 1985).

- Fertilité : moyenne à bonne (sol riche en éléments minéraux, pH 5,5 ; RU moyenne -US2- à bonne -US4-)
- Facteurs limitants : RU moyenne sur US2 - nombre de jours de gel important (88 jours/an)

**PEUPLEMENT FORESTIER ANTERIEUR :** (d'après aménagement 2014-2033)

Ancien TSF en conversion ; peuplement régularisé de HET, CHE et FP à BM avec PB "ouvert" :

- ✓ toutes essences : 13,4 m²/ha pour 194 tiges/ha et 98,8 m3/ha (volume BRM)
- ✓ HET, CHE et FP (hors CHA) : 8,2 m²/ha de réserves pour 103 tiges/ha, 66 m3/ha (volume BRM)

Parcelle du groupe de régénération, prévue en transformation en Douglas (essence objectif à long terme) par coupe rase.

**OBJET DE L'ESSAI – VARIABLES DE JUGEMENT :**

**Evaluation des performances** (plasticité, croissance, forme) de plants de **Douglas** issus des **vergers à graines français**. A titre de référence est également installée la provenance "Seed zone Washington 403", témoin de l'aire naturelle.

**Facteur étudié = Provenance** avec **9 modalités** :

- WA403 (témoin) : seed zone 403 de l'Etat de Washington, récolte 2007
- LUZ.2009.VG : verger à graines Luzette éclairci, récolte 2009.
- WASH_MIX.VG : verger Washington, mélange de récoltes (commerciales) de 2008 et 2011.
- WASH2_2010.VG : verger Washington 2, récolte 2010.
- FRA1_2007.VG : verger France 1, récolte 2007.
- FRA2_MIX.VG : verger France 2, mélange de récoltes (expérimentales) de 2007 et 2012.
- FRA3_2007.VG : verger France 3, récolte 2007.
- CALI_2007.VG : verger Californie, récolte 2007.
- DARR_2011.VG : verger Darrington, récolte 2011.

**Variables de jugement :**

- Taux de reprise / de survie
- Etat sanitaire, nombre d'années d'aiguilles (à partir de 3 années de végétation), coloration
- Accroissement en hauteur des plants (à moyen/long terme, accroissement en diamètre et en volume)
- Branchaison (angle de branche, densité, grosseur...), fourchaison (pas avant 5 ans, à préciser)

**DISPOSITIF :**

**Unité expérimentale (U.E) :** placeau rectangulaire de 5 * 10 = 50 plants.
Plantation à 1667 pl/ha (3 m entre lignes x 2 m sur la ligne), soit une surface de 300 m²/ U.E.
**Répétitions** : 4, organisées en blocs, définis selon la profondeur de blocage à la canne pédologique
Dispositif en blocs complets : 9 provenances x 4 blocs = 36 placettes sylvicoles
**Surface du dispositif** : **zone de mesures** (36 placettes de 300 m²) : **1 ha 08**
**surface totale** (environ 3 lignes / rangs de zone de bordure) : environ **1 ha 40**

**Calendrier des mesures et observations :**

| Type de test | Nombre d'années après la plantation (année) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 (fin 2015) | 2 (fin 2016) | 3 (fin 2017) | 4 (fin 2018) | 5 (fin 2019) |
| Evaluation | - Etat sanitaire<br>- Hauteur (H1 et H0) | - Surveillance | - Etat sanitaire<br>- Hauteur | - Surveillance | - Etat sanitaire<br>- Hauteur |

**Nature de mesures et protocoles (cf. protocole du réseau multi-site) :**
- état sanitaire : 0 (plant sain), 2 (sec en cime), 5 (abrouti par le gibier), 6 (frotté par le gibier), 7 (plant endommagé lors du dégagement), 8 (problème particulier ; à identifier dans une colonne "remarques"), 9 (mort)
- hauteur totale (cm)
- nombre d'années d'aiguilles : 1, 2 ou 3 selon nb d'années effectivement visible (axes > 3 ans hors concurrence).

**DATE D'INSTALLATION : 11/03/2015**

**REALISATION :**

**Préparation du terrain avant plantation :**
Printemps/été 2014 : coupe rase du TSF (grumes en régie, taillis et houppier en cessions)
30/06/14 : rencontre avec ETF (A Valensizi) pour préparation sol (0,5 HJ)
octobre 2014 : broyage en plein des rémanents restant après coupe rase (broyeur à axe horizontal)
13 et 14/10/2014 : implantation et jalonnement des lignes de plants + emplacement des potets (11 HJ)
20/11/14 : suivi réalisation potets : potets ouverts à la dent Becker sur mini-pelle : enlèvement des rémanents avec le dos de la dent + sous-solage à 60 cm de prof. + éclatement latéral (travail simultané sur 2 lignes côte à côte)
Hiver 2014/15 : installation grillage cerf par Agence Travaux ONF (1150 mL)

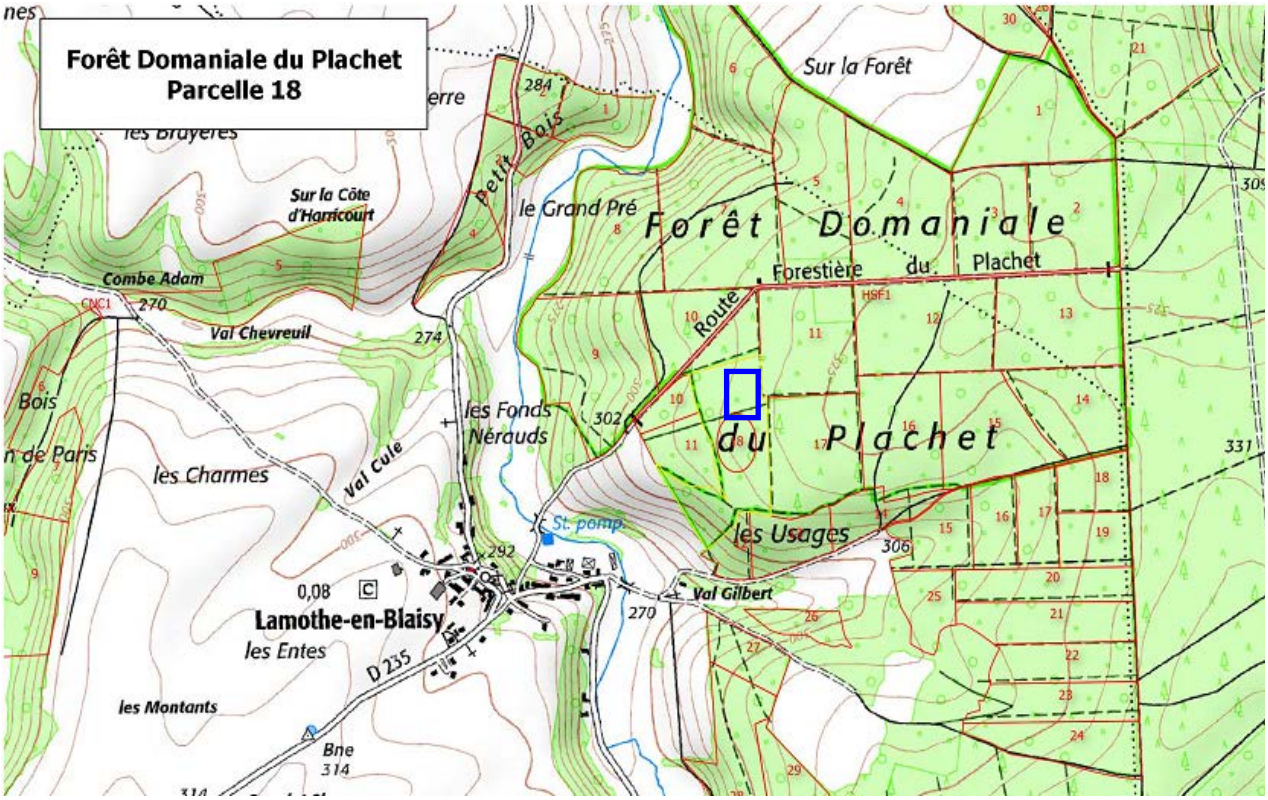
**Implantation du dispositif :**
21/01/15 : relevés terrain (canne pédo) pour cartographie fine de la profondeur de sol avant implantation des blocs (1 HJ)
11/03/15 : piquetage des blocs et placettes unitaires (3 HJ)
**25 et 26/03/15** : **Plantation**
**Plants de 1 an** élevés en conteneurs (WM de 560 cm3) à la pépinière ONF de Peyrat le Chateau (87)
Encadrement de la plantation zone centrale, distribution des plants, pose de jalon bambou au pied de chaque plant (8 HJ)
13/03/15 : fin installation zone tampon (compléments) (0,5 HJ)

**Suivi, surveillance :**
13/05/15, 29/05/15 : surveillance reprise / besoin en dégagement (2 he)
23/06/15 : visite du groupe d'évaluation des vergers de Douglas

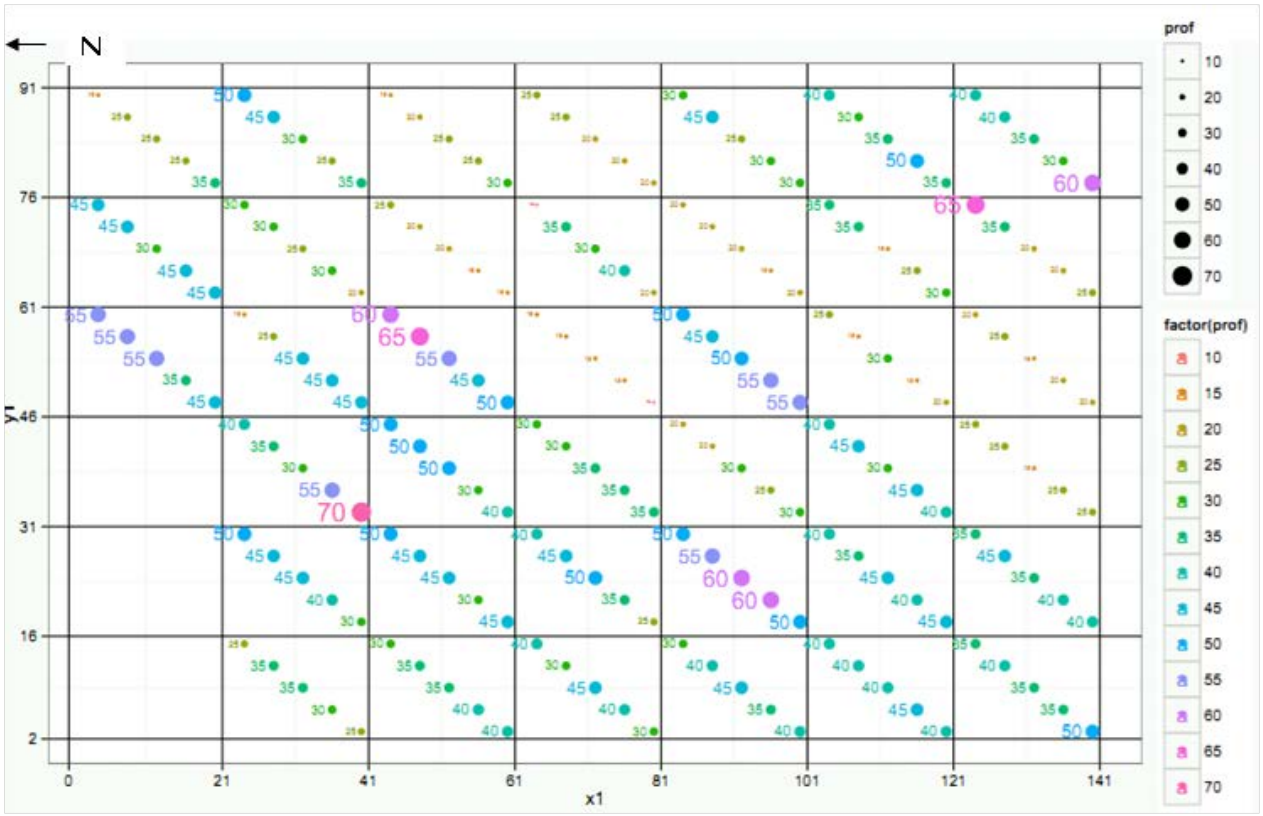
**DUREE MINIMUM :** 20 ans (au-delà de la première éclaircie)
**PREMIERS RESULTATS SIGNIFICATIFS ATTENDUS :** 5 ans (fin 2019).

**COLLABORATION : Groupe d'évaluation des VAG de l'Etat :**
Irstea Nogent sur Vernisson (G Philippe), INRA Orléans (JC Bastien), ONF-RDI (CGAF-Y Rousselle, Pôle Pépinières - P Brahic, S Guérinet), CNPF-IDF (S Girard)

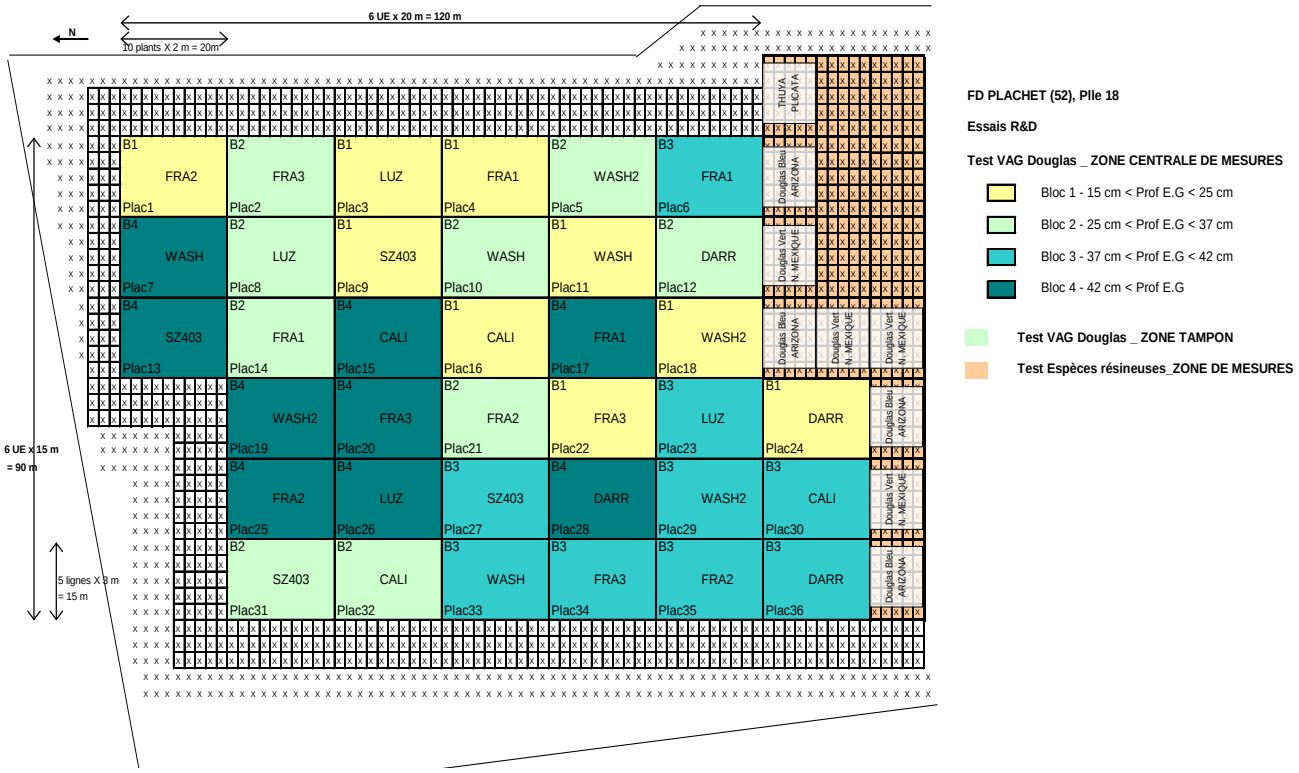
## PLAN de SITUATION et d'ACCES depuis Lamothe en Blaisy (52)




## Relevé de profondeur de blocage par sondage à la canne pédologique



## PLAN du DISPOSITIF (blocs et modalités ; placettes unitaires)




## 1.2.3- FC de La Longeville (EV_DF_2015.03 - dispositif mono-arbre - ONF)

**TEST D'EVALUATION DE 8 VERGERS A GRAINES FRANÇAIS DE DOUGLAS VERT (AR 2015.16.01)**

**DOMAINE DE PREOCCUPATION :** Installation de peuplement, provenance, vergers à graines, Douglas vert

**LOCALISATION**

- Région : Franche-Comté
- Département : **Doubs** (25)
- Forêt Communale de **La Longeville**
- Identifiant national : F06501A
- **Parcelle 28**
- Direction Territoriale de Franche-Comté (8400)
- Agence du Doubs (8440)
- Unité Territoriale Pontarlier-Morteau (844012)
- Code FRT : LONGEVIL
- Région IFN : n°310 2ème plateau du Jura (IGN 252)
- SER : 2ème plateau et Haut-Hura (E20)
- Coordonnées (Lambert IIe) : x = 911640 ; y = 2229898

**STATION**

- Altitude : 940 m
- Pente : faible (<5%), exposition Sud

- Climat (données Aurelhy 1981-2010)
Température moyenne annuelle : 7,4 °C
Nombre de jours de gel/an : 134
Température moyenne de décembre à février : 0,3°C
Pluviométrie annuelle : 1528 mm (155 jours/an), dont 384 mm de juin à août, et 772 mm d'avril à sept.

| Pluvio | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (mm) | 125.5 | 118.9 | 103.8 | 114.3 | 147.9 | 144.8 | 121.2 | 117.8 | 126.7 | 128.7 | 133.8 | 144.1 |
| T°C moy. | -0.5 | 0.5 | 2.8 | 5.6 | 10.2 | 13.0 | 15.9 | 15.8 | 12.5 | 8.5 | 3.1 | 0.9 |

- Sol :
- substrat : calcaires du Jurassique supérieur (Kimméridgien)
- type de sol : argile limoneuse épaisse à moyennement épaisse (5 à 40 cm) sur plaquettes calcaires (pH=5)
- humus : méso-mull
- hydromorphie : nulle

- Végétation (avant préparation du terrain) : ronces, myrtilles
- Station forestière:
- Hêtraie sapinière calcicole à neutrophile, mésophile à hygrocline, sur sol moyennement profond et hêtraie sapinière neutrophile à acidicline, mésophile à hygrocline, sur sol profond
- Facteurs limitants : nombre de jours de gel important (134 jours/an)

**PEUPLEMENT FORESTIER** (avant coupe rase et transformation)

Peuplement d'épicéas à GB (60%) et BM (31%) de 553 $m^3$/ha d'après l'inventaire de 2005.
Coupe rase de 261 $m^3$/ha en 2014 (âge : 120 ans environ)

**OBJET DE L'ESSAI**

Appartient au réseau national d'évaluation des vergers à graines de Douglas **français**.
Evaluation des performances (plasticité, croissance, forme).
A titre de référence est également installée la provenance "Seed zone Washington 403", témoin de l'aire naturelle.

**Facteur étudié = Provenance** avec **9 modalités** :
- WA403 (témoin) : seed zone 403 de l'Etat de Washington, récolte 2007
- LUZ.2009.VG : verger à graines Luzette éclairci, récolte 2009.
- WASH_MIX.VG : verger Washington, mélange de récoltes (commerciales) de 2008 et 2011.
- WASH2_2010.VG : verger Washington 2, récolte 2010.
- FRA1_2007.VG : verger France 1, récolte 2007.
- FRA2_MIX.VG : verger France 2, mélange de récoltes (expérimentales) de 2007 et 2012.
- FRA3_2007.VG : verger France 3, récolte 2007.
- CALI_2007.VG : verger Californie, récolte 2007.
- DARR_2011.VG : verger Darrington, récolte 2011.

**VARIABLES DE JUGEMENT**

- Taux de reprise / de survie
- Etat sanitaire, nombre d'années d'aiguilles (à partir de 3 années de végétation), coloration
- Accroissement en hauteur des plants (à moyen/long terme, accroissement en diamètre et en volume)
- Branchaison (angle de branche, densité, grosseur...), fourchaison (pas avant 5 ans, à préciser)

**DISPOSITIF**

**Dispositif** de type **mono-arbre : 100 répétitions de 9 provenances** soit 900 individus suivis (= unités expérimentales)
Plantation à 1667 pl/ha : 3 m entre lignes x 2 m sur la ligne
Répétitions organisées selon les lignes de plantation (séries de 3 à 4 répétitions)
**Surface du dispositif** :

**zone de mesures** (900 plants x 6 m²) : **0 ha 54**
**surface totale** (3 à 5 lignes/rangs de zone de bordure) : environ 0 **ha 85**

**Calendrier des mesures et observations :**

| Type de test | Nombre d'années après la plantation (année) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 (fin 2015) | 2 (fin 2016) | 3 (fin 2017) | 4 (fin 2018) | 5 (fin 2019) |
| Evaluation | - Etat sanitaire<br>- Hauteur (H1 et H0) | - Surveillance | - Etat sanitaire<br>- Hauteur | - Surveillance | - Etat sanitaire<br>- Hauteur |

**Protocoles (cf. protocole du réseau multi-site) :**
- état sanitaire : 0 (plant sain), 2 (sec en cime), 5 (abroutissement), 6 (frottis), 7 (plant endommagé lors du dégagement), 8 (problème particulier, à identifier dans une colonne "remarques"), 9 (mort)
- hauteur totale (cm)
- nombre d'années d'aiguilles : 1, 2 ou 3 selon nb d'années effectivement visible (axes > 3 ans hors concurrence).

**DATE D'INSTALLATION : avril 2015**

**REALISATION :**

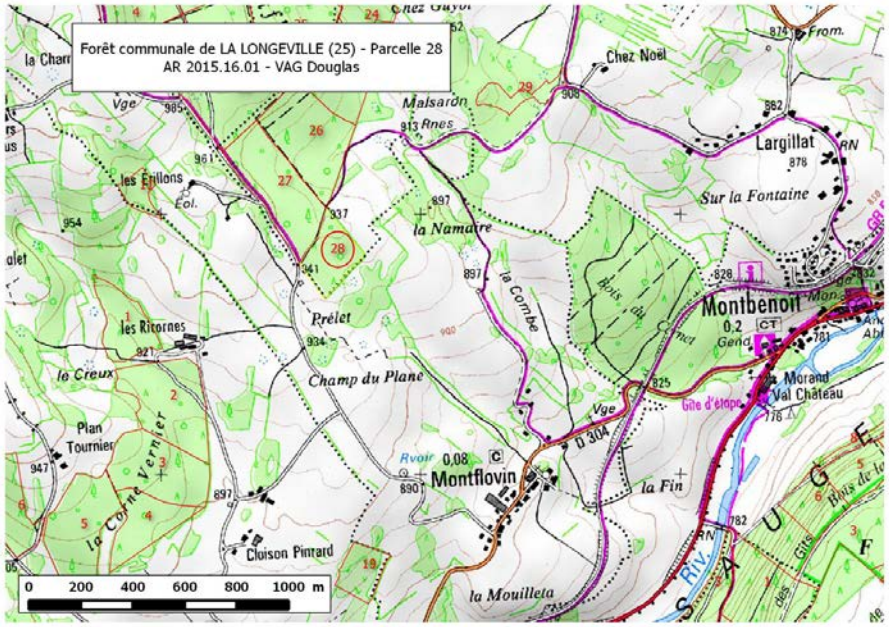
**- Préparation du terrain avant plantation (automne/hiver 2014):**
Coupe rase du peuplement en place
01/10/2014 : jalonnement des lignes et emplacements des potets (4 HJ)
03 et 04/11/2014 : travail du sol en potets (900 potets + zone tampon)

**- Implantation :**
13/04/15 : jalonnement des lignes de plantation (2 HJ)
14/04/15 : plantation à la pioche (7 HJ RDI + 3 HJ OF)
**Plants de 1 an** élevés en conteneurs (WM de 560 cm3) à la pépinière ONF de Peyrat-le-Château (conditions climatiques défavorables, début de printemps et été sec)

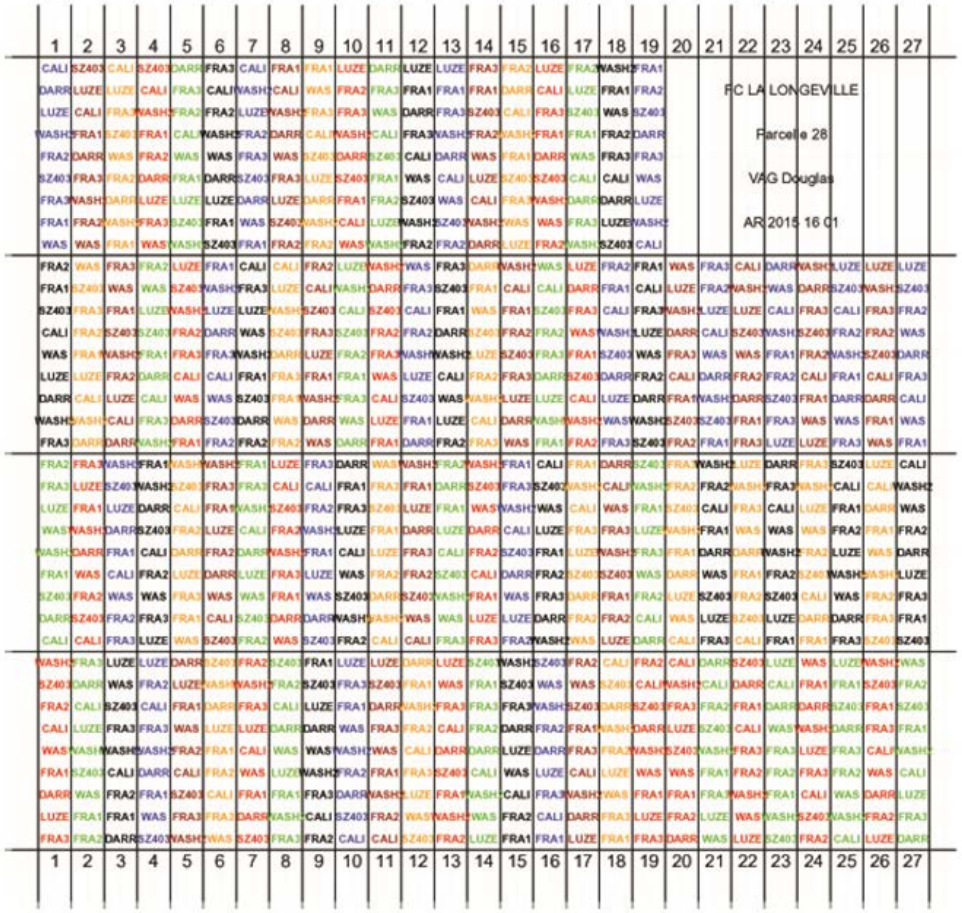
**Durée minimum :** 15 ans
**Premiers résultats significatifs attendus :** 5 ans (fin 2019).

**Collaboration :**
**Groupe d'évaluation des VAG de l'Etat :**
Irstea Nogent sur Vernisson (G Philippe), INRA Orléans (JC Bastien), ONF-RDI (CGAF- Y Rousselle, Pôle Pépinières - P Brahic, S Guérinet), CNPF-IDF (S Girard)
**UT Pontarlier-Morteau** (RUT : JM Hostettler, AP : A Gros)

## PLAN de SITUATION et d'ACCES




## PLAN du DISPOSITIF



## 1.2.4- FC de Villers-sous-Chalamont (EV_DF_2015.04 - dispositif en grandes parcelles - ONF)

**TITRE : Test d'évaluation de 8 vergers à graines français de Douglas vert.**

**DOMAINE DE PREOCCUPATION :** Installation de peuplement, provenance, vergers à graines, Douglas vert

**LOCALISATION :**

- Région : Franche-Comté
- Département : Doubs (25)
- Forêt Communale de **Villers sous Chalamont**
- Identifiant national : F06446X
- Parcelle 5
- Direction Territoriale de Franche-Comté
- Agence de Besançon (8440)
- Unité Territoriale Levier (84405)
- Triage de Levier 4
- Code FRT : VILLERSC
- Région IFN : Pentes intermédiaires jurassiennes (317)
- IGN 253
- Coordonnées : Lambert IIe : x=883821 ; y = 2220573

**STATION :**

- Altitude : 740 m
- Topographie : Légère pente Nord-Nord-Ouest 10 à 15%

- Climat (données Aurelhy 1981-2010)
Température moyenne annuelle : 8,1 °C - 127 jours de gel/an
Pluviométrie annuelle : 1608 mm (149 jours/an), dont 366 mm de juin à août, 636 mm de mai à sept.

| Pluvio | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (mm) | 136,4 | 126 | 126,3 | 120,5 | 140,6 | 121,1 | 118,7 | 125,7 | 129,5 | 149,4 | 153,2 | 160,2 |
| T°C moy. | 0,5 | 1,2 | 4,3 | 7,4 | 11,9 | 15,1 | 17,5 | 17,1 | 13,5 | 9,9 | 4,4 | 1,5 |

- Sol :
- substrat : calcaires de l'Oxfordien et du Callovien supérieur
- type de sol : argilo-limoneux sur 10 à 20 cm à argileux sur argile de décarbonatation
- humus : méso-mull
- hydromorphie : traces d'hydromorphie de 5 à 35 cm de profondeur suivant les sondages

- Végétation (avant préparation du terrain) : ronce

- Station forestière:
- Hêtraie-sapinière neutrophile à acidicline sur limons

Station Z2-8 de la Typologie des stations forestières des pentes intermédiaires jurassiennes et du deuxième plateau du Jura (Th. Beaufils 2001)
- Fertilité : très bonne (couverture prospectable par les racines importante, décarbonatée, absence d'éléments grossiers, pH 4,5 à 5 ; RU bonne)
- Facteurs limitants : sensible au tassement, envahissement possible par la ronce - nombre de jours de gel important (127 jours/an)

**PEUPLEMENT FORESTIER ANTERIEUR** (d'après aménagement 2003-2022) :

Futaie régulière de sapin (85%), épicéa (11%) et feuillus (5%) à Très Gros Bois (volume moyen toutes essences 4,5 $m^3$) :
- ✓ toutes essences : 43,8 $m^2$/ha pour 153 tiges/ha et 685 $m^3$/ha

**OBJET DE L'ESSAI – VARIABLES DE JUGEMENT :**

Evaluation des performances (plasticité, croissance, forme) de plants de Douglas issus des vergers à graines **français**. A titre de référence est également installée la provenance "Seed zone Washington 403", témoin de l'aire naturelle.

**Facteur étudié = Provenance** avec **9 modalités** :

- WA403 (témoin) : seed zone 403 de l'Etat de Washington, récolte 2007
- LUZ.2009.VG : verger à graines Luzette éclairci, récolte 2009.
- WASH_MIX.VG : verger Washington, mélange de récoltes (commerciales) de 2008 et 2011.
- WASH2_2010.VG : verger Washington 2, récolte 2010.
- FRA1_2007.VG : verger France 1, récolte 2007.
- FRA2_MIX.VG : verger France 2, mélange de récoltes (expérimentales) de 2007 et 2012.
- FRA3_2007.VG : verger France 3, récolte 2007.
- CALI_2007.VG : verger Californie, récolte 2007.
- DARR_2011.VG : verger Darrington, récolte 2011.

**Variables de jugement :**

- Taux de reprise / de survie
- Etat sanitaire, nombre d'années d'aiguilles (à partir de 3 années de végétation), coloration
- Accroissement en hauteur des plants (à moyen / long terme, accroissement en diamètre et en volume)
- Branchaison (angle de branche, densité, grosseur...), fourchaison (pas avant 5 ans, à préciser)

**DISPOSITIF :**

**Dispositif en blocs complets** : 9 provenances x 4 blocs = 36 placettes sylvicoles

**Unité expérimentale (U.E) :** placeau rectangulaire de 5 * 10 = 50 plants, soit 5 lignes de 10 plants sauf FRA1 bloc 1

**Répétitions** : 4, organisées en blocs, définis selon la pente et la proximité d'une lisière comportant un peuplement adulte de sapin.

Plantation à 1600 pl/ha (2,5 m entre lignes x 2,5 m sur la ligne), soit une surface de 312,5 m²/ U.E.

**Surface du dispositif** :

**zone de mesures** (36 placettes de 312,5 m²) : **1 ha 125**

**surface totale** (environ 3 lignes / rangs de zone de bordure) : environ **1 ha 60**

**Echantillonnage** : les 50 plants de l'U.E. soit 50 x 36 = 1800 plants

**Calendrier des mesures et observations :**

| Type de test | Nombre d'années après la plantation (année) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 (fin 2015) | 2 (fin 2016) | 3 (fin 2017) | 4 (fin 2018) | 5 (fin 2019) |
| Evaluation | - Etat sanitaire<br>- Hauteur (H1 et H0) | - Surveillance | - Etat sanitaire<br>- Hauteur | - Surveillance | - Etat sanitaire<br>- Hauteur |

**Nature de mesures et protocoles (cf. Protocole du réseau multi-site) :**

- état sanitaire : 0 (plant sain), 2 (sec en cime), 5 (abroutissement), 6 (frottis), 7 (plant endommagé lors du dégagement), 8 (problème particulier (à identifier dans une colonne "remarques"), 9 (mort).
- hauteur totale (cm)
- coloration : 0 (vert), 1 (jaune) et 2 (rouge)
- nombre d'années d'aiguilles : 1, 2 ou 3 selon nb d'années effectivement visible (axes > 3 ans hors concurrence)

**DATE D'INSTALLATION : 15/04/2015**

**REALISATION :**

**Préparation du terrain avant plantation :**
Eté 2013 : coupe rase
27 au 29/09/2014 : travail du sol en potets à la mini pelle (sous-soleur multifonction Becker)

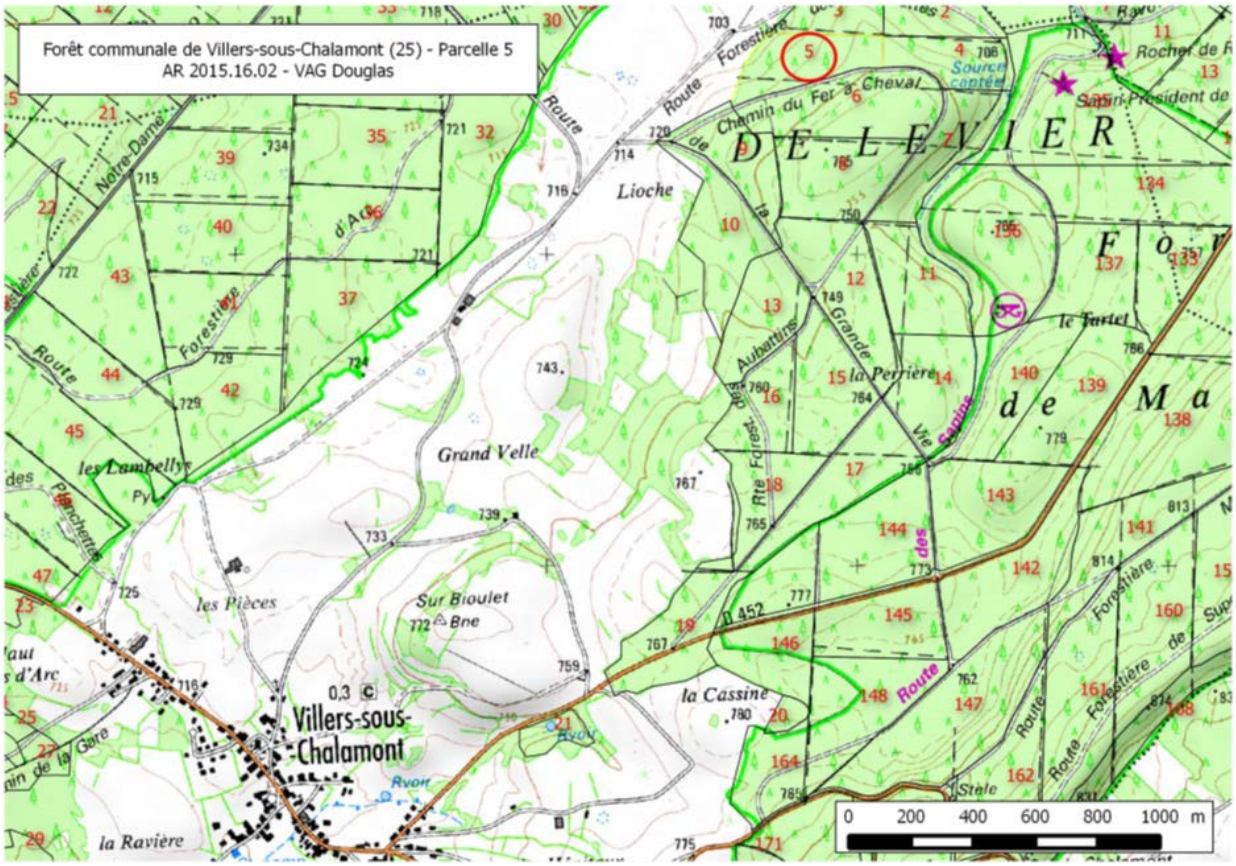
**Implantation du dispositif :**
11/09/2012 : relevés pédologiques
04/07/14, 8-9/09/2014 et 17/03/2015 : piquetage lignes de plantation et délimitation du dispositif (8 h/j)

**Plantation**
**Plants de 1 an** élevés en conteneurs (WM de 560 cm3) à la pépinière ONF de Peyrat le Chateau (87)
15, 16 et 17/04/2015 : plantation et mise en place des protections « chevreuil » (bambous) (11 h/j)

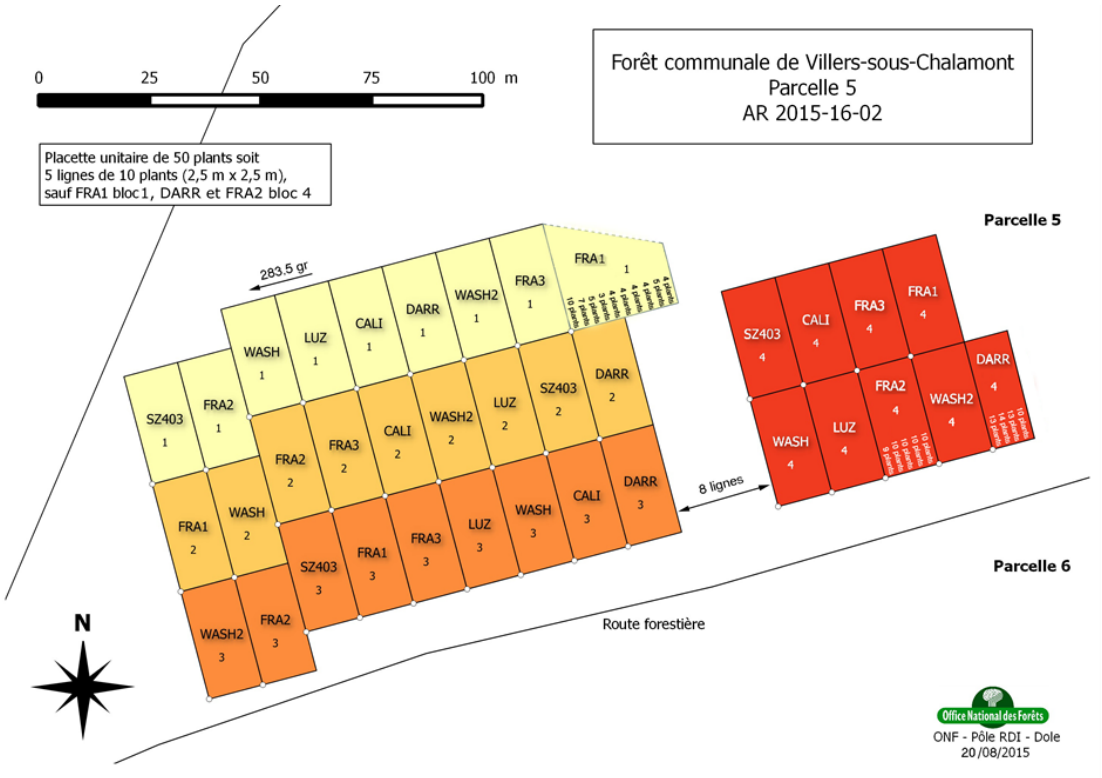
**DUREE MINIMUM :** 20 ans (au-delà de la première éclaircie)
**PREMIERS RESULTATS SIGNIFICATIFS ATTENDUS :** 5 ans (fin 2019).

**COLLABORATION : Groupe d'évaluation des VAG de l'Etat :**
Irstea Nogent sur Vernisson (G Philippe), INRA Orléans (JC Bastien), ONF-RDI (CGAF-Y Rousselle, Pôle Pépinières - P Brahic, S Guérinet), CNPF-IDF (S Girard)

## PLAN de SITUATION et d'ACCES depuis Villers sous Chalamont (25)



**PLAN du DISPOSITIF (blocs et modalités ; placettes unitaire)**



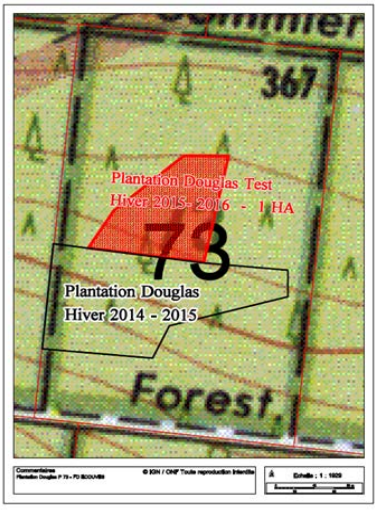

## 1.3 – Installations 2016 : prospection de terrains et préparation du sol

### 1.3.1- ONF

Les prospections menées par l'ONF ont permis d'identifier trois parcelles en Lorraine, dans les Ardennes et en Sologne. Les travaux préparatoires à la plantation ont débuté (jalonnement, passage d'une convention avec l'agence locale, …).

Ces trois essais seront installés au printemps 2016. Deux d'entre eux seront des dispositifs en grandes parcelles unitaires (FD de Lamotte-Beuvron (45) et FD du Francbois Bryas (08)) ; le troisième sera de type mono-arbre (FD de St Quirin (57)).

### 1.3.2- INRA




En vue de mettre en place en Normandie un nouveau test de comparaison des VG de Douglas, l'INRA a pris contact avec le Département RDI de l'Office National des Forêts, qui a transmis la demande à l'unité territoriale d'Alençon, responsable de la forêt domaniale d'Ecouves (61), dans laquelle l'INRA a déjà en place un important réseau expérimental.
Après une visite sur place en septembre 2015, une zone d'environ 1 ha, située au centre de la parcelle 367, mitoyenne des parcelles expérimentales de l'INRA, a été réservée en forêt domaniale d'Ecouves (cf plan de situation ci-contre).

La plantation du test (N° INRA : 01-7000-23) sera réalisée au printemps 2016. Le dispositif sera de type mono arbre à 96 blocs complets. Les étiquettes destinées à identifier chaque plant ont été fabriquées et transmises à la pépinière de Peyrat le château.

### 1.3.3- Irstea

Grâce au concours du CRPF Bretagne, qui a inséré une annonce dans le bulletin de liaison des sylviculteurs bretons, et de la DDT du Morbihan, Irstea a reçu une quinzaine de propositions de terrains. Un premier choix de terrains candidats a été réalisé en se basant sur la motivation des propriétaires, la surface disponible, la topographie et des critères pédoclimatiques. Après visite des sites les plus intéressants (6-8 octobre 2015), le choix s'est porté sur une terre agricole située sur la commune de Plouegat-Moysan, dans le Finistère. Ce terrain présente de nombreux avantages : facilité d'accès, homogénéité du terrain et surtout la compétence et le dynamisme du propriétaire qui accepte de participer financièrement à la pose d'une clôture. Les piquets ont été installés à l'automne et le sol a été gyrobroyé sur 50 cm de largeur le long des futures lignes de plantation.



Photos JP Parlouar



Le site, bien arrosé (1000-1100 mm/an, bien répartis) et le sol, profond et limono-argileux, se prêtent bien à la culture du Douglas. L'essai, de type mono-arbre, y sera planté en mars 2016, à une densité proche de 1300 plants/ha (espacements de 3 m x 2.5 m). Il comparera les 8 variétés françaises, le verger néo-zélandais Tramway et la seed zone Washington 403.

L'analyse des données pédoclimatiques fournies par le pôle R&D ONF de Nancy (en lien avec le Lerfob) montre que cet essai breton permettra effectivement de combler une lacune du réseau, caractérisée par une douceur hivernale, un déficit hydrique estival modéré et un faible pH. D'autre part, il ne sera pas redondant avec le test INRA de Normandie. Plouegat-Moysan se différencie en effet d'Ecouves par de plus fortes températures hivernales et un sol moins acide.

### 1.3.4- CNPF

Des prospections ont eu lieu en liaison avec les CRPF concernés en Normandie, Franche Comté, Rhône Alpes et Champagne. Après visites des placettes proposées, 3 sites ont été retenus :
- en Ardèche à Saint Symphorien de Mahun, à 850 m d'altitude
- dans l'Aube à Vaumoncoeur
- en Franche Comté dans le Territoire de Belfort (caractéristiques pas encore disponibles au moment de la rédaction du présent rapport)

## *2- Performances des variétés : survie, état sanitaire et croissance*

### 2.1 – Résultats 5 ans après plantation

#### 2.1.1- Soussat (EV_DF_2010.02 – altitude – Irstea)

Ce dispositif mono-arbre a été planté en avril 2010, à 1080 m d'altitude (Puy-de-Dôme). Ses caractéristiques ont été présentées dans le rapport d'activité 2010 (février 2011, pp 11-12). Pour mémoire, cet essai est protégé du gibier par une clôture depuis le printemps 2012.

##### *2.1.1.1- Interventions depuis les précédentes mesures*

- été-automne 2014 : nettoyage à la débroussailleuse des abords intérieurs et extérieurs du grillage, matérialisation des plants à la peinture et dégagement à la débroussailleuse sur les lignes de plantation (ONF). Trois inter-andains ont été dégagés mi-juillet, le 4ème en novembre.
- 20-21 octobre 2014 : notations d'état sanitaire et mesure de la hauteur totale (Irstea).
- Les nouvelles de la gestionnaire ONF étant rassurantes, Irstea n'a pas jugé nécessaire d'effectuer des notations d'état sanitaire à l'issue de la période de canicule/sécheresse du début d'été 2015.

##### *2.1.1.2- Protocole de mesure*

- Etat général

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0- plant sain | 2- cime sèche | 5- abrouti | 6- frotté |
| 7- endommagé lors de dégagements | | 8- problème particulier | 9- mort |

Les codes 7 correspondent à des dégâts du dégagement 2014 mais aussi parfois à des dégâts plus anciens qui n'avaient pas été répertoriés.
Dans ce dispositif enclos, seules les notes 0, 2, 7, 9 ont été attribuées. En complément, diverses informations ont été consignées dans une colonne "observations" (cime cassée, perte d'aiguilles en cime, présence de deux ou plusieurs leaders).
- Décoloration du feuillage : notation sans objet en l'absence de plants jaunes ou rouges.
- Rétention foliaire : nombre d'années d'aiguilles comptabilisé sur les rameaux du 3ème verticille à partir de l'apex. 89 arbres n'ont pu être notés, à cause d'une hauteur insuffisante ou d'un verticille en mauvais état.
- Hauteur totale 2014.

### *2.1.1.3- 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 conditions de normalité et d'égalité des variances étaient généralement satisfaites sans transformation de variable. Des analyses distinctes ont été réalisées sur différentes populations : populations complètes (hauteur 'réelle'), arbres jamais endommagés (hauteur 'potentielle') et arbres pas endommagés récemment (hauteur 'réaliste').
- Les notes, variables prenant un nombre limité de valeurs, ont été analysées par le test de Khi-deux et de Kruskal-Wallis.

Les 96 blocs de l'essai étant répartis dans 4 inter-andains, une analyse complémentaire a été effectuée en tenant compte de cette structuration spatiale, ce qui permet d'appréhender l'effet site à une plus grande échelle. Pour les proportions et les notes, l'effet 'inter-andain' a été analysé à l'aide du test de Khi-deux ou de Kruskal-Wallis. Pour les variables continues, les données de hauteur ont alors été traitées par analyse de variance à deux facteurs (variété, bloc = inter-andain, considérés comme fixes), incluant l'interaction variété x bloc, et les moyennes ont été comparées en utilisant le test de Tukey.

### *2.1.1.4- Bilan général*

| Variable étudiée | Effet provenance | Effet répétition | Effet inter-andain | Interaction variété x inter-andain |
|---|---|---|---|---|
| % mortalité fin 2014 | (*) | NS | (*) | n.a. |
| % nouveaux morts 2013-14 | (*) | NS | ** | n.a. |
| % cimes sèches 2013 | (*) | NS | NS | n.a. |
| % dégâts d'entretien | NS | NS | * | n.a. |
| % arbres à plusieurs leaders | NS | NS | * | n.a. |
| <u>Rétention foliaire</u> | | | | |
| % d'arbres notés 3 | NS | (*) | *** | n.a. |
| % arbres non notés | (*) | NS | *** | n.a. |
| <u>Hauteur réelle</u> | | | | |
| H2014 | *** | *** | *** | NS |
| Accroissement 2013-14 | *** | *** | *** | NS |
| <u>Hauteur potentielle</u> | | | | |
| H2014 | *** | *** | *** | NS |
| Accroissement 2013-14 | *** | *** | *** | NS |
| <u>Hauteur 'réaliste'</u> | | | | |
| H2014 | *** | *** | *** | * |
| Accroissement 2013-14 | *** | *** | *** | NS |

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

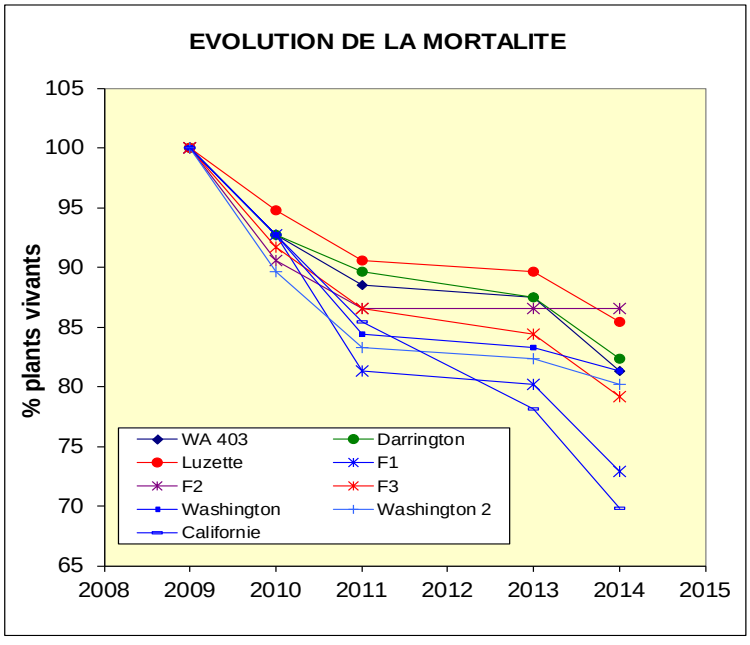
*2.1.1.5- Etat sanitaire*

| Variété | % morts fin 2014 *(1)* | % morts en 2014 *(2)* | % cimes sèches *(3)* | rétention foliaire (% de notes 3) |
|---|---|---|---|---|
| WA 403 | 18.7 | 7.1 | 11.5 | 63.9 |
| Darrington | 17.7 | 5.9 | 5.1 | 74.6 |
| Luzette éclairci | 14.6 | 4.6 | 7.3 | 70.8 |
| France 1 | 27.1 | 9.1 | 10.0 | 69.0 |
| France 2 | 13.5 | 0 | 6.0 | 61.1 |
| France 3 | 20.8 | 6.2 | 11.8 | 68.6 |
| Washington | 18.7 | 2.5 | 9.0 | 66.7 |
| Washington 2 | 19.8 | 2.5 | 2.6 | 72.2 |
| Californie | 30.2 | 10.7 | 17.9 | 51.9 |
| Moyenne | 20.1%<br>174 individus | 5.3%<br>39 arbres | 8.8%<br>61 arbres | 67.0%<br>400 arbres |

*(1) pourcentage calculé par rapport à l'effectif planté*
*(2) pourcentage calculé par rapport à l'effectif vivant fin 2013*
*(3) pourcentage calculé par rapport à l'effectif vivant fin 2014*

Après un ralentissement en 2012 et 2013, la mortalité a à nouveau progressé en 2014. Ce constat doit cependant être relativisé car la plupart des 39 individus morts depuis les mesures de l'automne 2013 avaient été endommagés lors de précédents travaux d'entretien (pour 69% d'entre eux) ou avaient subi une descente de cime attribuée à des gelées ou à la sécheresse du printemps 2011 (21%). Dans les deux cas, il s'agissait de plants peu vigoureux, dont la hauteur était très inférieure à la moyenne en 2013 (39 cm versus 133 cm), et qui devaient faire face à la forte concurrence de la végétation adventice. En définitive, cinq ans après la plantation, le pourcentage de survie moyen s'établit à 79,9%.

L'effet provenance est proche du seuil de signification pour la mortalité 2014 et la mortalité totale (P = 0.07 et P = 0.08). Les variétés extrêmes sont Californie et France 2 qui ont un taux de survie de 70% et 86% respectivement.



D’autre part, on note un plus fort taux de mortalité 2014 chez les plants ayant souffert de la chaleur durant leur élevage en pépinière que chez les plants indemnes (11,4% versus 4,6%), alors qu’ils n’avaient pas été plus endommagés par les travaux d’entretien et les gels/sécheresse de 2011. En revanche, les deux populations ne diffèrent pas pour le taux de survie global.

Enfin, le 1er inter-andain se caractérise par une mortalité supérieure à celle des autres inter-andains, en 2014 (10,5% versus 3,9%) mais aussi sur les cinq ans de l’essai (26,8% vs 18,1%). Ce résultat est à relier aux nombreux dégâts enregistrés dans cette zone (dessèchements de cime de 2011) et à la faible croissance des arbres qui a indirectement généré plus de dégâts d’entretien.

Les dessèchements de cime, qui concernent 61 individus en 2014 (8,8% de l’effectif), se situent sensiblement au même niveau que l’année précédente. Il est possible que les dégâts d’entretien aient été responsables des descentes de cime pour 25% d’entre eux. Californie est la plus touchée mais l’effet génétique n’est que faiblement significatif (P = 0,06). Dans toutes les provenances, les arbres à cime sèche étaient de petite taille (89 cm vs 137 cm en 2013). D’autre part, les individus endommagés par la chaleur en pépinière sont globalement plus atteints (15,7% vs 8,1%) mais cela ne se vérifie pas pour toutes les provenances ni dans tous les inter-andains.

Les dégâts d’entretien sont cette fois d’ampleur limitée. On ne déplore que 15 arbres coupés et il est possible qu’une partie des dégâts résulte du dégagement de l’été 2013. Le bilan est cependant incomplet car une zone de l’essai (interandain 4) n’avait pas encore été dégagée au moment des mesures. En dépit de quelques exceptions, la hauteur 2013 des arbres endommagés est globalement faible (77 cm vs 133 cm).

158 individus possèdent deux leaders et 20 en ont au moins trois, ce qui leur confère un port buissonnant (respectivement 23% et 3% de l'effectif vivant). Ces défauts de forme, indépendants de la variété, sont associés à des descentes de cime (causées par le gel ?) mais aussi des coups de débroussailleuse. Ils sont plus fréquents dans les inter-andains 1 et 2 et chez les individus endommagés en pépinière. Notons que ces défauts se résorbent au fil du temps : 43% des individus à "double tête" et 23% des « multi-têtes » en 2013 ont restauré une dominance apicale en 2014.

L’indice de rétention foliaire est élevé (2,65), ce qui s’explique par la forte proportion d’arbres conservant les aiguilles des trois dernières années (67%) et la quasi absence d’individus très défoliés (1,8% de notes 1). Les provenances ne diffèrent pas pour ces caractères, en dépit de différences sensibles (% d’arbres notés 3 variant entre 52% et 75%). Toutefois, ces notations n’ont pu être réalisées sur 13% des arbres vivants, en raison principalement de leur petite taille. Le pourcentage d’arbres non notés est deux fois plus élevé dans les provenances WA 403 et Californie (20%) que dans la majorité des autres variétés et l’effet provenance est proche du seuil de signification (P = 0,08).
Le premier inter-andain se distingue des trois autres, et notamment du 3ème, par une forte proportion d’arbres non notés et une faible proportion d’arbres conservant trois années d’aiguilles. Le pourcentage d’arbres non notés est aussi plus élevé dans la population ayant souffert de la chaleur durant l’élevage en pépinière (22% vs 12%). En revanche, cet accident n’a pas d’impact sur l’indice de rétention foliaire.

### *2.1.1.6- Croissance en hauteur*

** Hauteur réelle*

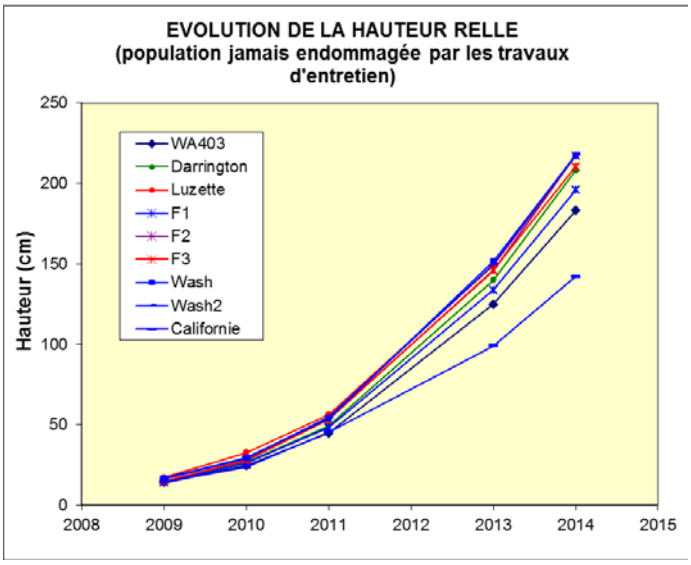
Nous avons pris la décision d'éliminer des analyses les individus étêtés lors des entretiens car leur nombre est anormalement élevé. Ces derniers représentent 9% des arbres vivants fin 2014. Cependant, en agissant de la sorte, nous sommes conscients d'avoir favorisé les provenances les moins vigoureuses (Californie et WA 403 notamment) car ces dégâts d'origine anthropique ont surtout touché des individus de petite taille.

| Variété | nb observations | % arbres vivants | hauteur 2014 (cm)[1] | accroissement 2014 (cm)[1,2] |
|---|---|---|---|---|
| WA 403 | 68 | 87.2 | 183.6 (b) | 58.4 (b) |
| Darrington | 77 | 97.5 | 207.8 (bc) | 68.1 (bc) |
| Luzette écl. | 73 | 89.0 | 218.5 (c) | 68.8 (bc) |
| France 1 | 62 | 88.6 | 190.3 (bc) | 60.4 (bc) |
| France 2 | 75 | 90.4 | 216.7 (c) | 71.3 (c) |
| France 3 | 71 | 93.4 | 208.0 (bc) | 63.7 (bc) |
| Washington | 72 | 92.3 | 216.0 (c) | 65.0 (bc) |
| Washington 2 | 71 | 92.2 | 214.1 (c) | 66.9 (bc) |
| Californie | 57 | 58.1 | 136.2 (a) | 40.4 (a) |
| Total | 626 | 90.9% | 202.8 cm (moy. arithmétique) | 63.9 cm (moy. arithm.) |

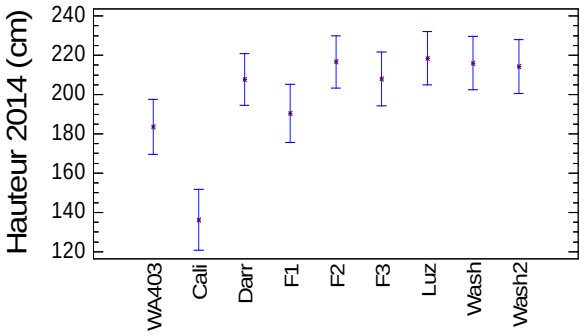
[1] *Les hauteurs et accroissements présentés dans le tableau sont issus de l'Anova incluant les facteurs provenance et répétition.*

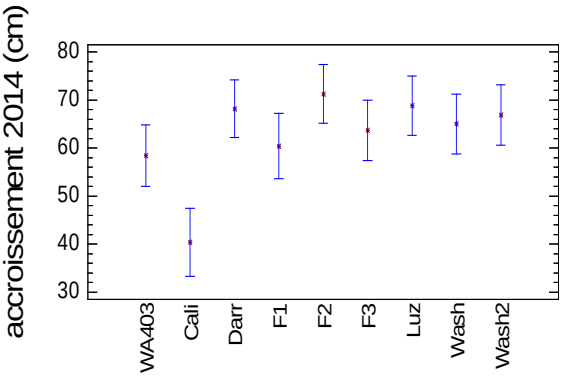
[2] *Ces données sont à considérer avec prudence, la présence de valeurs négatives n'ayant pas permis d'opérer le changement de variable nécessaire (en racine ou puissance).*

Le rythme de croissance, qui s'était fortement accru en 2012-2013, continue à augmenter. En 2014, les plants se sont allongés en moyenne de 64 cm. Californie se distingue très nettement des autres variétés par sa faible croissance, inférieure de 39% à la moyenne. D'autre part, seul le verger France 2 diffère significativement du témoin Washington 403.

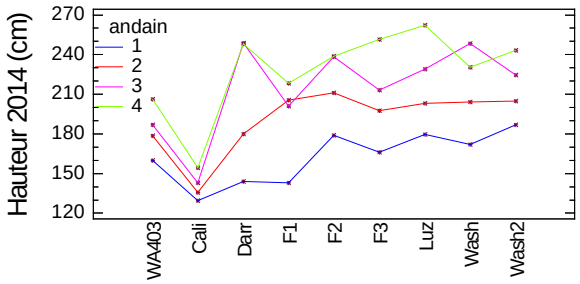



Après cinq années sur le terrain, la hauteur totale s'établit à 203 cm. Le classement des provenances est sensiblement le même que pour l'accroissement 2014. La principale différence réside dans le fait que quatre vergers sont significativement supérieurs à WA 403 : La Luzette, France 2, Washington et Washington 2. A l'opposé, France 1 a un comportement médiocre ; ses performances sont proches de celles de WA 403. On notera par ailleurs la bonne dynamique de croissance de Darrington qui se rapproche du groupe de tête.

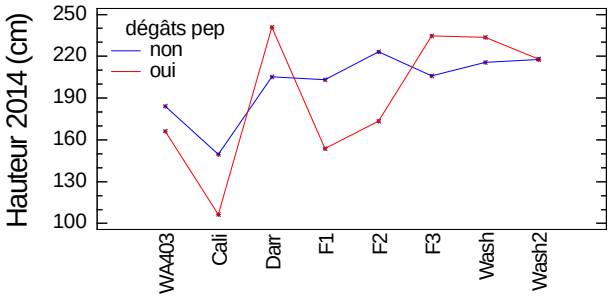



Par ailleurs, on observe un fort gradient de croissance entre l'inter-andain 1, exposé aux gelées, et l'inter-andain 4, abrité par des boisements limitrophes. Bien que l'interaction variété x bloc soit statistiquement non significative, le classement des provenances est loin d'être stable. On remarque en particulier que les performances de Darrington sont proches de celles de Californie dans le bloc 1 alors que ce verger est très bien classé dans les blocs 3 et 4.



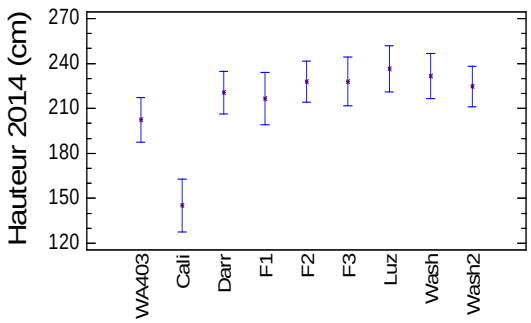

Enfin, d'une manière générale, les dégâts causés par la chaleur durant l'élevage n'ont plus d'effet significatif sur la croissance. Pour trois vergers cependant (Californie, France 1 et France 2), les individus endommagés en pépinière présentent de plus faibles accroissements et une moindre hauteur 2014 que les individus indemnes.

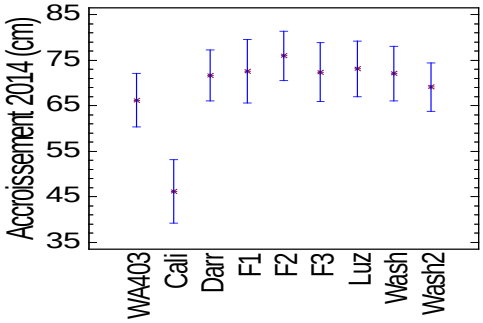



** Hauteur "potentielle"*

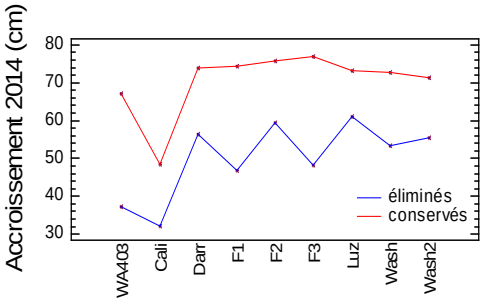
Les populations étudiées regroupent les individus n'ayant pas été recensés comme endommagés depuis la plantation. Ont donc été éliminés les individus ayant présenté à un moment de leur parcours une cime sèche, des dégâts de gel importants (à l'automne 2010), des dégâts de gibier ainsi que des arbres blessés accidentellement, notamment lors des travaux d'entretien. En revanche, ont été conservés les individus possédant deux ou plusieurs leaders ou ayant été notés comme 'jaunes' ou défeuillés. Globalement, la population étudiée représente 60% des arbres vivants de l'essai (de 50% à 74% selon la provenance).

| Variété | nb observations (% effectif vivant) | hauteur 2014 (cm) | accroissement 2014 (cm) |
|---|---|---|---|
| WA 403 | 48 (61%) | 202.4 (b) | 66.2 (b) |
| Darrington | 52 (66%) | 220.6 (bc) | 71.7 (b) |
| Luzette écl. | 45 (55%) | 236.4 (c) | 73.1 (b) |
| France 1 | 35 (50%) | 216.6 (bc) | 72.6 (b) |
| France 2 | 56 (67%) | 227.9 (bc) | 76.0 (b) |
| France 3 | 40 (53%) | 228.0 (bc) | 72.4 (b) |
| Washington | 47 (60%) | 231.7 (bc) | 72.1 (b) |
| Washington 2 | 57 (74%) | 224.7 (bc) | 69.1 (b) |
| Californie | 35 (52%) | 145.2 (a) | 46.2 (a) |
| Total | 415 (60%) | 220 cm (moy. arithm.) | 71 cm (moy. arithm.) |




Le classement des variétés évolue peu lorsqu'on restreint l'analyse aux arbres exempts d'accidents de croissance. Si l'on excepte Californie qui demeure très en-deçà de la moyenne, on note cependant une nette homogénéisation des performances des provenances. France 1, en particulier, voit sa position nettement améliorée. Les hauteurs et accroissements des arbres éliminés sont en revanche beaucoup plus fluctuants.




** Hauteur 'réaliste'*

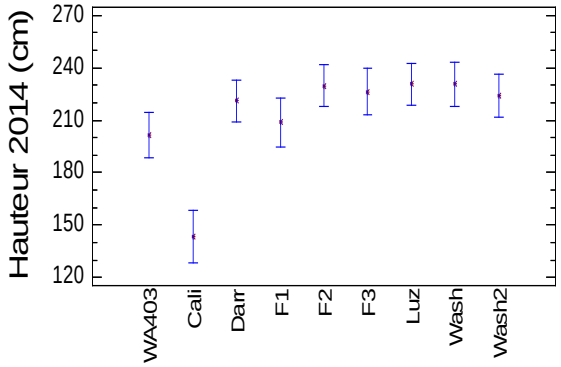
Les hauteurs réelles et potentielles présentent de sérieux inconvénients pour juger des performances des variétés. Les premières prennent en compte des blessures accidentelles n'ayant pas nécessairement une origine génétique tandis que les secondes font abstraction de 40% des arbres vivants (dont une proportion non négligeable d'individus vigoureux). Nous avons donc analysé une hauteur intermédiaire, jugée plus 'réaliste' car calculée sur des populations sélectionnées de façon moins drastique que pour la hauteur potentielle.

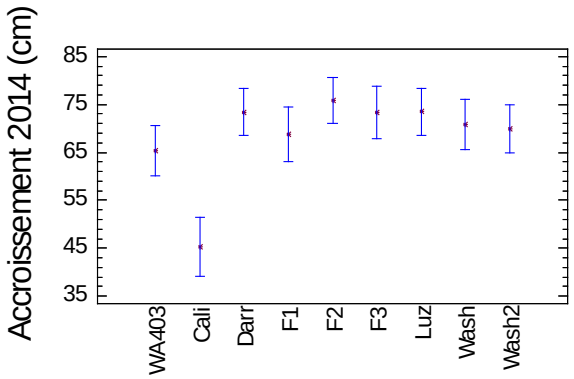
Les populations étudiées sont constituées d'arbres n'ayant jamais été endommagés ou des arbres anciennement accidentés mais qui présentent une hauteur 'normale'. Les individus sélectionnés devaient répondre à deux critères : (i) ne pas avoir été endommagés en 2013 et 2014 (pas de mesures en 2012) et, en cas de dégât antérieur, (ii) avoir une hauteur 2015 au moins égale à 75% de la hauteur moyenne de la provenance. On n'élimine de la sorte que 25% des arbres vivants (de 16% à 36% selon la provenance).

NB- Cette méthode est critiquable pour deux raisons :
i) Tous les problèmes de croissance ne sont pas décelables lors des mesures annuelles d'automne (nombre de dépérissements observés en juin 2011 n'étaient plus observables en octobre – cf compte rendu d'activité 2011, p.36), ce qui nous amène à conserver des arbres de petite taille puisqu'ils n'ont jamais été notés endommagés.
ii) Les notations d'accidents de croissance, comme les descentes de cime, sont binaires (oui/non) et ne prennent pas en compte la sévérité du dégât (p.ex. longueur de la cime sèche). Cela conduit à éliminer de grands arbres ayant présenté une courte cime sèche.
On constate néanmoins que le tri opéré n'élimine qu'une faible proportion de grands arbres et que peu de petits arbres sont conservés.

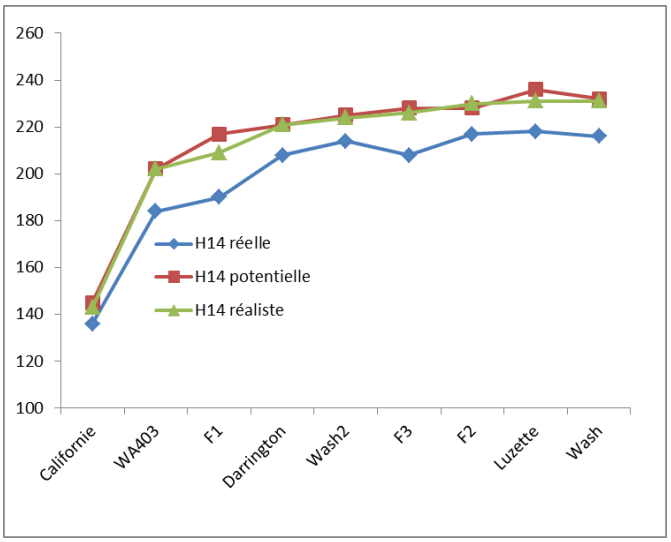
| Variété | nb observations (% effectif vivant) | hauteur 2014 (cm) | accroissement 2014 (cm) |
|---|---|---|---|
| WA 403 | 57 (73%) | 201.6 (b) | 65.4 (b) |
| Darrington | 66 (84%) | 221.1 (bc) | 73.4 (bc) |
| Luzette écl. | 65 (79%) | 230.7 (c) | 73.5 (bc) |
| France 1 | 48 (69%) | 208.8 (bc) | 68.7 (bc) |
| France 2 | 65 (78%) | 229.7 (c) | 75.9 (c) |
| France 3 | 53 (70%) | 226.4 (bc) | 73.3 (bc) |
| Washington | 58 (74%) | 230.7 (c) | 70.8 (bc) |
| Washington 2 | 63 (82%) | 224.0 (bc) | 69.9 (bc) |
| Californie | 42 (64%) | 143.2 (a) | 45.3 (a) |
| Total | 517 (75%) | 220 cm (moy. arithm.) | 71 cm (moy. arithm.) |

Si l'on fait abstraction de France 1 qui se révèle médiocre dans cet essai, les vergers constitués de matériels français ou du nord de l'aire naturelle on des performances comparables. Trois d'entre eux seulement sont significativement supérieurs au témoin Washington 403 : Washington, La Luzette et France 2.



D’un point de vue méthodologique, les différences de classement des provenances pour les trois types de hauteur étudiés - minimes mais néanmoins réelles - nous amènent à relativiser l’importance des groupes homogènes issus des analyses de variance. Ceci d’autant plus que ces groupes sont sujets à fluctuation selon l’Anova réalisée : facteur provenance seul, facteurs provenance et répétition, facteurs provenance et andain.




## 2.1.2- La Versanne (EV_DF_2011.01 – altitude – Irstea)

Ce dispositif mono-arbre, planté en avril 2011, à 1220 m d'altitude (Loire), a été décrit dans le rapport d'activité 2011 (février 2012, p. 12). Nous présentons ici les résultats des mesures effectuées en octobre 2014 et septembre 2015.

### *2.1.2.1- Interventions 2014 et 2015*

Aucun dégagement n'a été réalisé, pour limiter l'accès au gibier et parce que la concurrence du genêt reste acceptable.

### *2.1.2.2- Protocole de mesure*

- Etat général

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

Dans ce dispositif, les notes 5, 7 et 8 n’ont été attribuées que de façon exceptionnelle. Par ailleurs, diverses informations ont été consignées dans une colonne "observations" (cime cassée, présence de deux ou plusieurs leaders, …).
- Décoloration du feuillage : 0- vert, 1- jaune, 2- rouge.
- Rétention foliaire : nombre d’années d’aiguilles comptabilisé sur les rameaux du 3$^{ème}$ verticille à partir de l’apex.
- Hauteur totale.

### *2.1.2.3- Analyse statistique*

- Les proportions (pourcentages) ont été analysées à l'aide du test de Khi-deux.
- Les notes, variables prenant un nombre limité de valeurs, ont été analysées par le test de Kruskal-Wallis (nombre d'années d'aiguilles et nombre de leaders).

- 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

parfois dû être transformées (en racine ou puissance) pour satisfaire aux conditions de normalité et d'égalité des variances.
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 des populations n'ayant pas – ou pas récemment - fait l'objet de dégâts rédhibitoires (hauteur potentielle et hauteur 'réaliste').

### *2.1.2.4- Bilan général*

| Variable étudiée | Effet variété | Effet bloc | Effet dégâts pep (1) |
|---|---|---|---|
| % mortalité fin 2014 et fin 2015 | * | NS | ** |
| % nouveaux morts 2013-15 | NS | NS | NS |
| % cimes sèches 2014 | NS | NS | NS |
| % dégâts gibier 2014 | NS | (*) | NS |
| Rétention foliaire 2014 | *** | ** | NS |
| Rétention foliaire 2015 | NS | * | NS |
| % plants jaunes/rouges en 2014 et 2015 | NS | NS | NS |
| % plants à plusieurs leaders 2014 | NS | NS | NS |
| % plants à plusieurs leaders 2015 | (*) | NS | NS |
| Hauteurs réelles 2014 et 2015 | *** | *** | *** |
| Hauteur potentielle | | | |
| H totale 2014 | *** | *** | ** |
| H totale 2015 | *** | *** | *** |
| Accroissement 2014 | * | *** | NS |
| Accroissement 2015 | *** | *** | (*) |
| Hauteur 'réaliste' | | | |
| H totales 2014 et 2015 | *** | *** | *** |
| Accroissements 2014 et 2015 | *** | *** | NS |

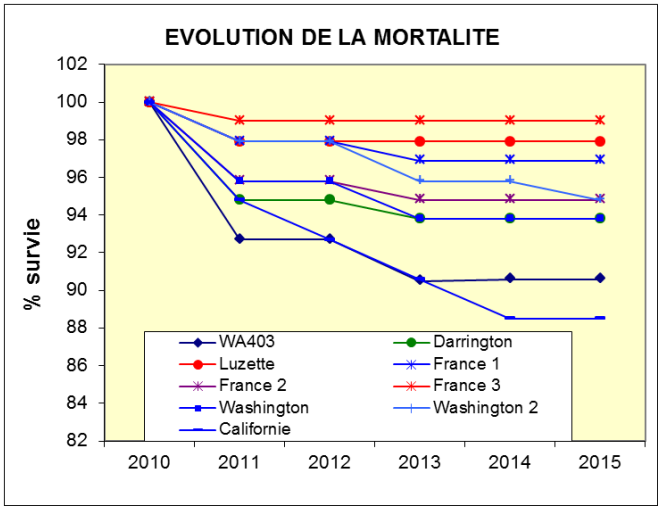
*(*), *, **, *** effet significatif au seuil de 10%, 5%, 1%, 1‰ NS : non significatif*
*(1) dégâts foliaires provoqués par la chaleur de l'été 2009 (1ère année d'élevage en pépinière)*

### *2.1.2.5- Mortalité et état sanitaire*

| Variété | % morts fin 2015 *(1)* | Rétention foliaire (nb moyen d'années d'aiguilles) | | % arbres à plusieurs têtes en 2015 *(2)* |
|---|---|---|---|---|
| | | 2014 | 2015 | |
| WA 403 | 9.4 (ab) | 2.73 (abc) | 2.88 | 8.0 |
| Darrington | 6.2 (ab) | **2.90 (c)** | 2.94 | 16.7 |
| Luzette éclairci | 2.1 (ab) | 2.55 (a) | 2.92 | 10.6 |
| France 1 | 3.1 (ab) | 2.68 (abc) | 2.92 | 18.3 |
| France 2 | 5.2 (ab) | 2.60 (ab) | 2.93 | 23.1 |
| France 3 | **1.0 (a)** | **2.77 (bc)** | 2.91 | 22.1 |
| Washington | 6.2 (ab) | 2.66 (ab) | 2.93 | 21.1 |
| Washington 2 | 5.2 (ab) | 2.57 (ab) | 2.86 | 15.4 |
| Californie | **11.5 (b)** | **2.50 (a)** | 2.87 | 21.2 |
| Total ou moyenne | 5,6% 48 individus | 2,66 | 2,91 | 17,4% 142 arbres |

*Les valeurs suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement (P = 0.05)*
*(1) pourcentage calculé par rapport à l'effectif planté*
*(2) pourcentage calculé par rapport à l'effectif vivant*

Le taux de mortalité a peu évolué depuis les dernières mesures de 2013. Cinq ans après la plantation, le taux de survie est excellent puisqu'il s'établit à 94,4%. A la différence des autres années, les nouveaux morts (deux représentants de Californie en 2014 et un de Washington 2 en 2015) n'étaient pas des petits plants mais des individus ayant eu jusqu'alors une croissance normale. Californie, caractérisée par un taux de mortalité sensiblement supérieur à la moyenne, diffère significativement de France 3.



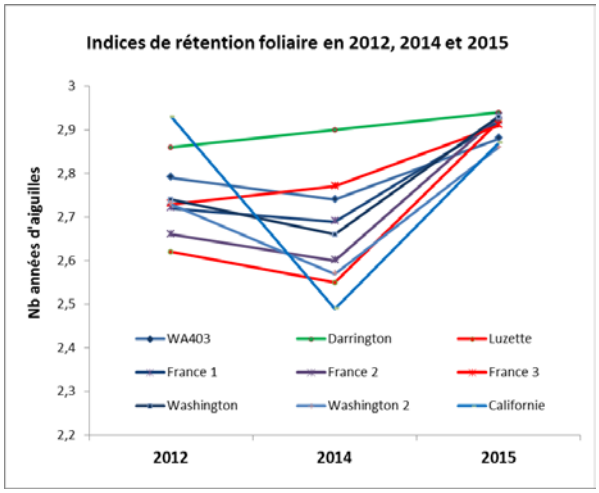

D'autre part, on observe une persistance du différentiel de mortalité entre individus endommagés et non endommagés par la chaleur/sécheresse en pépinière (8% versus 3%).

Les dessèchements de cime, relativement fréquents en 2013 (13,4%), notamment dans la population 'Californie', ont fortement régressé en 2014 (3,2%) et 2015 (0%). A l'inverse, les dégâts de gibier, des frottis de chevreuil pour l'essentiel, ont augmenté en 2014 (6,1%) pour revenir à leur niveau antérieur en 2015 (2,0%). On note également des casses de cime, vraisemblablement causées par des oiseaux, sur 2,3% des arbres vivants en 2014. D'autre part, les jaunissements et rougissements de feuillage sont très rares puisqu'ils ne concernent que 1% des arbres vivants ces deux dernières années.

Un nombre d'arbres important présente deux ou plusieurs leaders. Ce phénomène est associé à des accidents (frottis, bris de cime, morsures d'hylobes de 2011 et 2012) et des anomalies de croissance (dessèchement de cime, perte de dominance apicale). La proportion d'individus à double ou plusieurs 'têtes' s'est progressivement réduite au cours des trois dernières années (30%, 26% et 17%). En 2015, plus de 40% des double-multi têtes de l'année précédente ont restauré une dominance apicale et seulement 20 nouveaux individus intègrent cette catégorie (dont une forte proportion de France 1).

Pour l'ensemble de ces caractères, on n'observe pas d'effet provenance significatif.

L'indice de rétention d'aiguilles est très élevé dans cet essai. Respectivement 66% et 91% des arbres conservaient les aiguilles des trois dernières années en 2014 et 2015. A l'inverse, les arbres très défoliés (une seule année d'aiguilles) étaient extrêmement rares. La canicule/sécheresse observée en mai - juin - juillet 2015, dont l'effet a certainement été atténué par l'altitude, n'a donc pas provoqué de pertes d'aiguilles en cours d'été. Le classement des provenances est relativement stable entre 2012 et 2014 si l'on fait abstraction de Californie. Cette variété passe du premier au dernier rang et devient significativement inférieure à Darrington et France 3 en 2014 (respectivement 53%, 90% et 77% d'arbres conservant trois années d'aiguilles). En 2015, l'effet génétique n'est plus significatif car toutes les provenances se situent à un niveau très élevé.



En dépit d'un effet bloc parfois significatif, les dégâts biotiques, défoliations et problèmes de croissance sont assez uniformément répartis sur la surface de l'essai. D'autre part, la population ayant souffert de la chaleur durant l'élevage en pépinière ne se distingue plus de la population indemne pour les caractères reflétant l'état sanitaire.

### *2.1.2.6- Croissance en hauteur*

** Hauteur réelle*

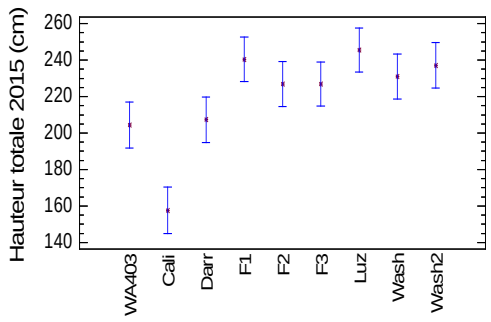
Les analyses prennent en compte tous les individus vivants en 2014 ou 2015.

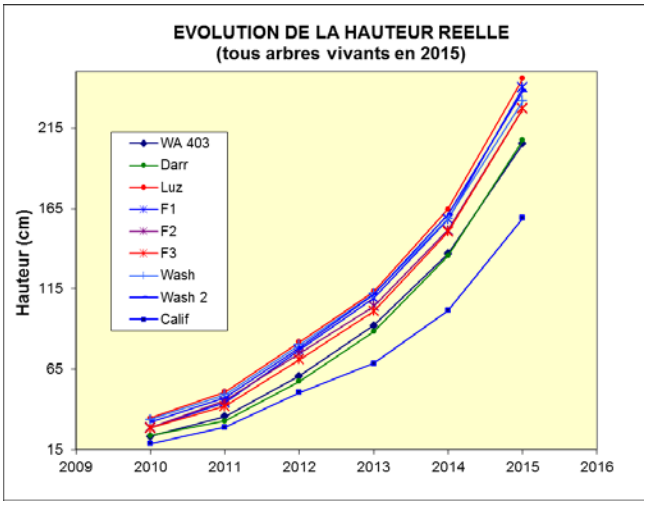
| Variété | Nb arbres | hauteur 2014 (cm) | hauteur 2015 (cm) |
|---|---|---|---|
| WA 403 | 87 | 136.3 (b) | 204.4 (b) |
| Darrington | 90 | 135.1 (b) | 207.3 (bc) |
| Luzette écl. | 94 | 164.4 (c) | 245.5 (d) |
| France 1 | 93 | 158.2 (c) | 240.4 (d) |
| France 2 | 91 | 151.2 (bc) | 227.0 (bcd) |
| France 3 | 95 | 150.2 (bc) | 226.9 (bcd) |
| Washington | 90 | 158.2 (c) | 231.0 (cd) |
| Washington 2 | 92 | 160.2 (c) | 237.1 (d) |
| Californie | 85 | 100.6 (a) | 157.6 (a) |
| Moyenne | 817 | 147 cm | 221 cm |

*Les accroissements annuels ne sont pas analysables en raison de valeurs négatives*

La hauteur réelle a fortement progressé ces deux dernières années, et plus particulièrement en 2015 (70 cm, 100 cm, 147 cm et 221 cm respectivement en 2012, 2013, 2014 et 2015). L'essai n'a manifestement pas souffert de la canicule et de la sécheresse qui ont touché une grande partie de la France de mai à juillet 2015. La région de St Etienne n'y a pas échappé mais il est probable que des orages ponctuels ont fourni une alimentation en eau suffisante. D'autre part, les fortes températures, tempérées par l'altitude (-6°C par rapport à celles enregistrées au niveau de la mer), ont pu être bénéfiques à la croissance.

Cinq ans après la plantation, les variétés se répartissent grossièrement en 3-4 groupes : 1) Californie (158 cm), 2) Darrington et WA 403 (206 cm), 3a) France 2, France 3, Washington (228 cm) et 3b) La Luzette, France 1 et Washington 2 (241 cm). L'effet bloc est hautement significatif pour les hauteurs totales 2014 et 2015 mais aucune structuration géographique ne se dégage clairement.



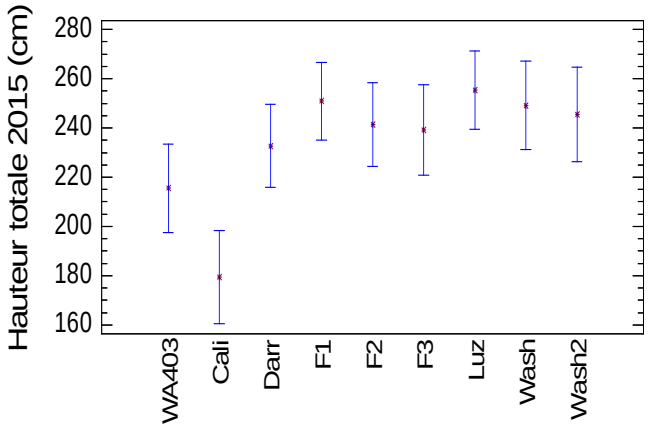



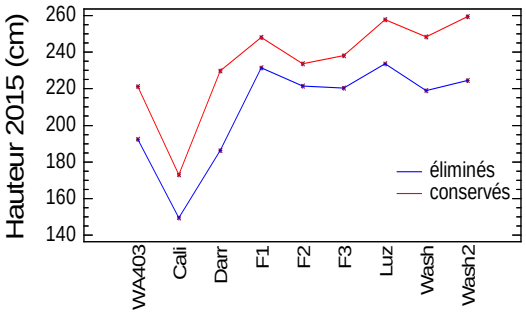
** Hauteur potentielle*

Les populations étudiées regroupent les individus n'ayant pas été recensés comme endommagés lors des mesures annuelles. Ont été éliminés les plants ayant présenté, à un moment de leur parcours, des dégâts de gibier, des morsures d'hylobes ou une cime sèche (imputable au gibier ou aux hylobes plutôt qu'à une cause physiologique dans le jeune âge). En revanche, ont été conservés les individus possédant les caractéristiques suivantes : présence de deux ou plusieurs leaders, jaunissement d'aiguilles, léger dégât de gel d'automne, dégât de pépinière causé par la chaleur.

| Variété | nb arbres (%/vivants) | H totale (cm) | | accroissements (cm) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 2014 | 2015 | 2014 | 2015 |
| WA 403 | 39 (45%) | 144.6 (b) | 215.5 (ab) | 49.9 (ab) | 71.6 (ab) |
| Darrington | 44 (49%) | 154.7 (bc) | 232.7 (bc) | 53.9 (b) | 77.8 (b) |
| Luzette écl. | 48 (51%) | 173.8 (c) | 255.3 (c) | 55.6 (b) | 81.3 (b) |
| France 1 | 49 (53%) | 168.3 (bc) | 250.9 (c) | 52.3 (ab) | 82.8 (b) |
| France 2 | 43 (47%) | 162.0 (bc) | 241.4 (bc) | 50.8 (ab) | 78.3 (b) |
| France 3 | 37 (39%) | 161.2 (bc) | 239.3 (bc) | 55.4 (b) | 78.6 (b) |
| Washington | 39 (43%) | 171.0 (bc) | 249.1 (bc) | 51.3 (ab) | 78.3 (b) |
| Washington 2 | 35 (39%) | 168.7 (bc) | 245.6 (bc) | 55.0 (b) | 79.6 (b) |
| Californie | 35 (41%) | 115.8 (a) | 179.4 (a) | 40.1 (a) | 62.8 (a) |
| Total ou moy. | 369 (45%) | 158 cm | 235 cm | 52 cm | 78 cm |

Le classement varie quelque peu après élimination des arbres endommagés et les différences entre provenances tendent à se réduire. On observe notamment une 'remontée' de Darrington qui se retrouve à présent dans le même groupe que les autres vergers. Cela s'explique par un fort différentiel de croissance entre individus endommagés et non endommagés de cette variété. D'autre part, il est intéressant de noter que Darrington fait jeu égal avec les autres vergers pour les accroissements annuels 2014 et 2015.



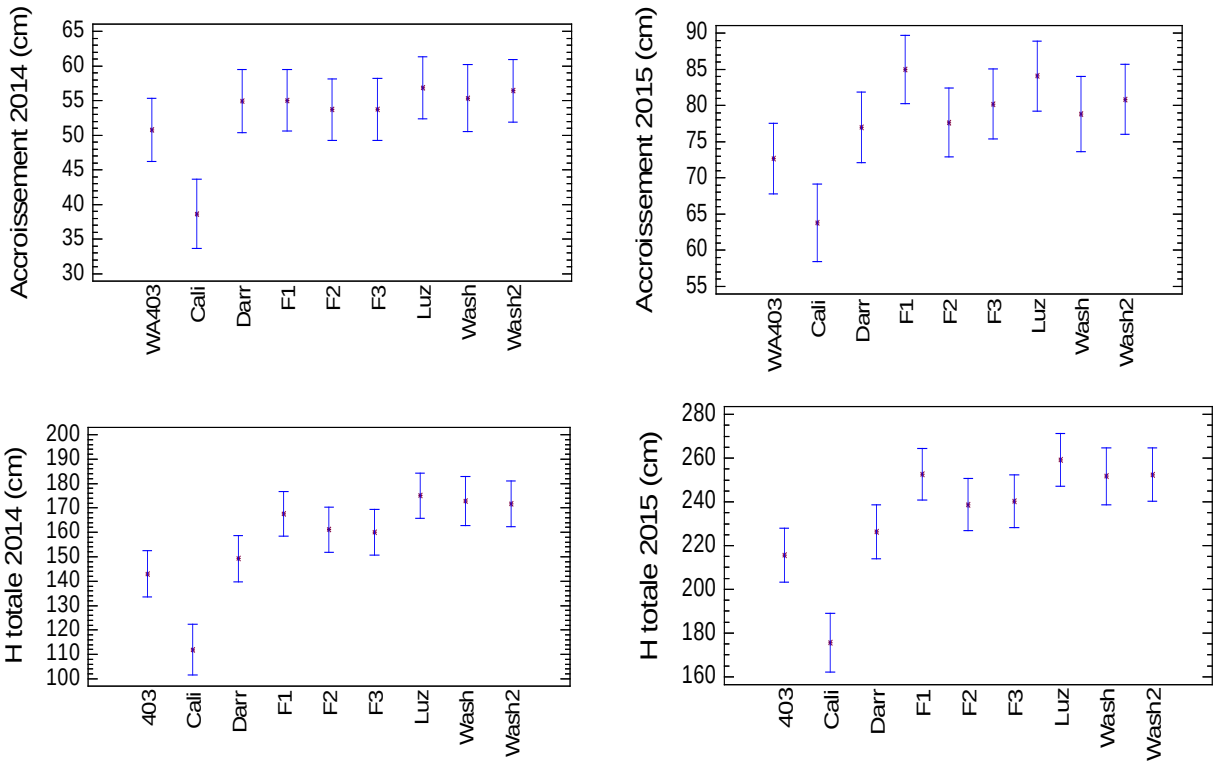

Les hauteurs réelles et potentielles présentent de sérieux inconvénients pour juger des performances des variétés. Les premières prennent en compte des blessures accidentelles n'ayant pas d'origine génétique tandis que les secondes font abstraction de plus de la moitié des arbres vivants (dont une proportion non négligeable d'individus vigoureux). Puisque ces deux types de hauteur fournissent des résultats relativement divergents, nous avons analysé une hauteur intermédiaire, jugée plus 'réaliste' car calculée sur des populations sélectionnées de façon moins drastique que pour la hauteur potentielle.

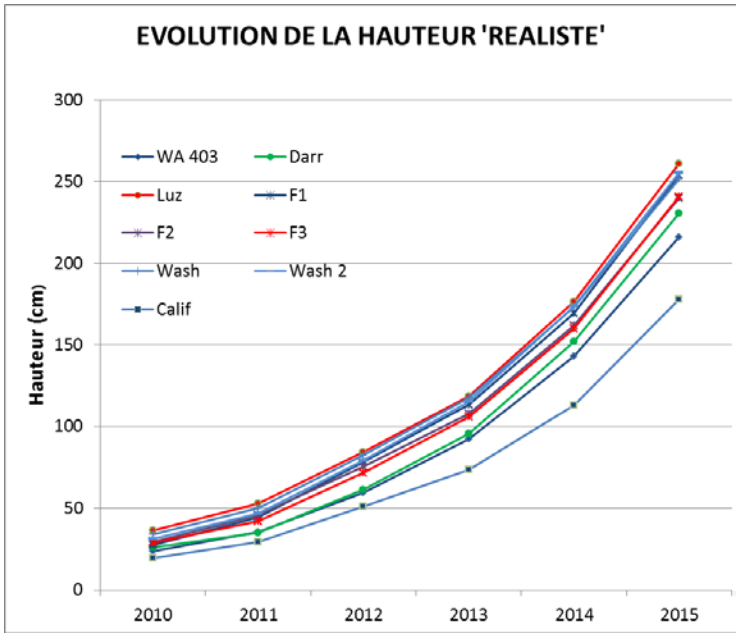
** Hauteur 'réaliste'*

Les populations étudiées sont constituées d'arbres n'ayant jamais été endommagés ou n'ayant pas subi de dégât récent ou encore des arbres anciennement accidentés mais qui présentent une hauteur 'normale'. Les individus sélectionnés devaient répondre à deux critères : (i) ne pas avoir été endommagés en 2013, 2014 ou 2015 et, en cas de dégât antérieur, (ii) avoir une hauteur 2015 au moins égale à 75% de la hauteur moyenne de la provenance. On n'élimine de la sorte que 25% des arbres vivants (de 21% à 32% selon la provenance).

| Variété | nb arbres (%/vivants) | H totale (cm) | | accroissements (cm) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 2014 | 2015 | 2014 | 2015 |
| WA 403 | 69 (79%) | 142.0 (b) | 215.6 (b) | 50.8 (b) | 72.6 (ab) |
| Darrington | 69 (77%) | 149.3 (bc) | 226.3 (bc) | 54.9 (b) | 77.0 (bc) |
| Luzette écl. | 71 (76%) | 175.0 (d) | 259.1 (d) | 56.9 (b) | 84.1 (c) |
| France 1 | 73 (78%) | 167.7 (cd) | 252.6 (d) | 55.0 (b) | 84.9 (c) |
| France 2 | 72 (79%) | 161.1 (bcd) | 238.8 (bcd) | 53.7 (b) | 77.7 (bc) |
| France 3 | 71 (75%) | 160.1 (bcd) | 240.3 (cd) | 53.8 (b) | 80.2 (bc) |
| Washington | 62 (69%) | 172.9 (d) | 251.7 (d) | 55.3 (b) | 78.8 (bc) |
| Washington 2 | 70 (78%) | 171.0 (d) | 252.5 (d) | 56.5 (b) | 80.8 (bc) |
| Californie | 58 (68%) | 111.9 (a) | 175.7 (a) | 38.6 (a) | 63.8 (a) |
| Total ou moy. | 615 (75%) | 159 cm | 237 cm | 54 cm | 79 cm |

Les accroissements en hauteur sont plus variables en 2015 qu'en 2014. Néanmoins, on n'observe pas de différence significative entre les 7 vergers contenant des matériels 'nordistes'. Bien que Darrington ne diffère pas significativement de Washington 403, le différentiel de hauteur continue à s'accroître année après année. Cinq ans après la plantation, ce verger se situe sensiblement au même niveau que France 2 et France 3 ; en revanche, il est moins performant que les quatre vergers de tête (France 1, Washington, Washington 2 et La Luzette).






Le graphique ci-dessus et celui retraçant l'évolution des hauteurs réelles montrent que les provenances les moins performantes sont aussi celles qui présentaient les plus faibles hauteurs à la plantation. Or, il s'avère que les hauteurs 2015 sont encore significativement corrélées aux hauteurs initiales dans la majorité des provenances (toutes sauf Californie), et tout particulièrement Darrington où la corrélation est la plus forte (r = 0.56***). Il est possible que cette variété ait été handicapée par la faible vigueur des plants en sortie de pépinière.

** Effet des dégâts de pépinière sur la croissance*

Les plants endommagés par la chaleur durant l'élevage en pépinière d'Aix-en-Provence ne diffèrent plus des plants indemnes pour les accroissements annuels. En revanche, l'écart continue à s'accentuer légèrement et il demeure hautement significatif 5 ans après plantation (différentiel de 20 cm fin 2015). On note également que les plants ayant souffert de la chaleur sont proportionnellement plus nombreux à être éliminés pour le calcul des hauteurs potentielles et 'réalistes'.

## 2.1.3- Autres essais

Trois autres essais du réseau, gérés par l'ONF, ont atteint l'âge de 5 ans fin 2015 :
- Avant-Monts et Gardons, plantés en marge 1 à l'automne 2010
- Saulieu, planté dans le 'cœur de l'aire' au printemps 2011.

Les mesures ont été effectuées mais les données n'ont pas été analysées.

## 2.1.4- Premier bilan multisite 5 ans après plantation

Cette analyse est sommaire dans la mesure où elle se base sur les performances moyennes des variétés dans chaque essai. Pour chaque variable étudiée, chaque variété est représentée par une valeur par site. Elle est aussi incomplète car elle ne prend en compte que les 11 essais ayant atteint l'âge de 5 ans (depuis la plantation). Deux variables sont étudiées : la mortalité et la croissance en hauteur. Ce travail a été anticipé pour donner une assise scientifique aux recommandations formulées dans la nouvelle fiche de conseils d'utilisation du Douglas rédigée fin 2015.
*NB- Les résultats récemment acquis sur le site de La Versanne et présentés dans ce rapport ne sont pas intégrés à l'analyse.*

### *2.1.4.1- Variétés et essais étudiés*

L'analyse prend en compte 7 des 8 variétés françaises. La variété Washington est en effet absente des premiers essais du réseau faute de graines disponible. D'autre part, La Luzette est représentée par un lot de graines récolté après éclaircie génétique.

Les 11 tests intégrés dans l'analyse se répartissent comme suit dans les quatre catégories de milieux :
- 3 dans le cœur de l'aire : Peyrat (87), St Junien (23), Sémelay (58)
- 3 en altitude : Murat (15), Guéry (63), Soussat (63)
- 3 en marge 1 : Le Faou-Petit (11), Les Barres (45), Valsonne (69)
- 2 en marge 2 : Fourtou (11), Haute-Serre (46).

Les tests de démonstration n'ont pas été inclus dans l'analyse car ils ne comportent généralement pas de répétitions, si bien que les effets variété et milieu sont confondus.

Pour mémoire, le « cœur de l'aire » est associé aux grands bassins de production, dont les conditions pédo-climatiques, actuellement optimales, conviendront encore pendant les 50-80 ans que dure une révolution de Douglas. Les essais se situent à une altitude inférieure à 800 m et se caractérisent par un sol profond à forte réserve utile en eau. Les « marges sèches » entrent dans deux catégories : le type 1 correspond à de bonnes stations à Douglas situées dans des zones géographiques où les variétés classiques (matériels de base issus du nord de l'aire naturelle) sont encore à leur place mais risquent de ne plus l'être d'ici 2050 ; le type 2 se réfère à des milieux ne convenant pas, ou plus, aux variétés classiques. Enfin, les tests d'altitude se trouvent à une altitude comprise entre 1100 m et 1300 m, c'est-à-dire dans une tranche altitudinale qui devrait devenir exploitable dans un contexte de changement climatique.

Ces essais ont été plantés au printemps 2009 (7 dispositifs) ou 2010 (4 dispositifs). Dans les deux cas, les plants étaient âgés d'un an au moment de la plantation (plants en conteneurs WM 600 cm3 élevés à la pépinière des Milles).

Pour ce qui concerne la hauteur, les données ne sont pas parfaitement homogènes. Selon les dispositifs, nous disposons en effet de la hauteur « réelle » des variétés, calculée sur la totalité des arbres vivants, et/ou de la hauteur « potentielle » calculée sur des populations n'ayant jamais subi d'accident (frottis, descente de cime, dégât de débroussailleuse, …). Les données analysées sont les hauteurs réelles pour 8 dispositifs et les hauteurs potentielles pour 3 dispositifs (Murat, Guéry, Valsonne). Le biais est acceptable car les deux hauteurs ne diffèrent que de 1 à 10 cm dans les essais où les deux données ont été étudiées.
*NB- Pour le test de Soussat, les nombreux individus coupés lors des dégagements ont été éliminés ; la hauteur est donc un mix entre les deux types de hauteur.*

Les données ont été analysées par analyse de variance, les facteurs variété, site et milieu étant considérés comme fixes. Le pourcentage de mortalité a été transformé en racine carrée pour satisfaire au mieux aux conditions de normalité et d'égalité des variances.

### *2.1.4.2- Bilan général*

| Variable | Anova variété, site | | Anova variété, milieu | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | effet variété | effet site | effet variété | effet milieu | interaction variété x milieu |
| % mortalité | ** | *** | NS | *** | NS |
| Hauteur | *** | *** | *** | *** | NS |

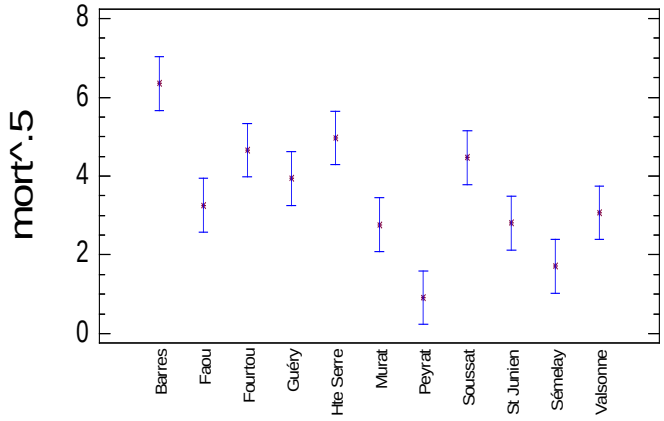
*(*), *, **, *** effet significatif au seuil de 10%, 5%, 1%, 1‰ ; NS : non significatif*
*Les données ne permettent pas le calcul de l'interaction variété x site*

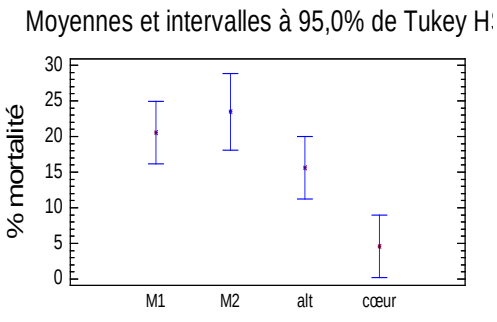
### *2.1.4.3- Mortalité*

| Variété | % mortalité | site | % mortalité | milieu | % mortalité |
|---|---|---|---|---|---|
| WA403 | 14.6 (ab) | St Junien | 8.1 (bc) | | |
| Darrington | 14.8 (ab) | Peyrat | 2.2 (a) | Cœur aire | 4.6 (a) |
| Luzette | 14.5 (ab) | Sémelay | 3.5 (ab) | | |
| France 1 | 14.2 (a) | Les Barres | 40.8 (f) | | |
| France 2 | 11.4 (a) | Faou | 10.9 (cd) | Marge 1 | 20.5 (b) |
| France 3 | 14.3 (a) | Valsonne | 9.9 (bc) | | |
| Wash2 | 16.9 (ab) | Fourtou | 21.8 (e) | Marge 2 | 23.5 (b) |
| **Californie** | **22.4 (b)** | Hte Serre | 25.1 (e) | | |
| | | Murat | 10.8 (bc) | | |
| | | Guéry | 15.8 (cde) | Altitude | 15.6 (b) |
| | | Soussat | 20.3 (de) | | |

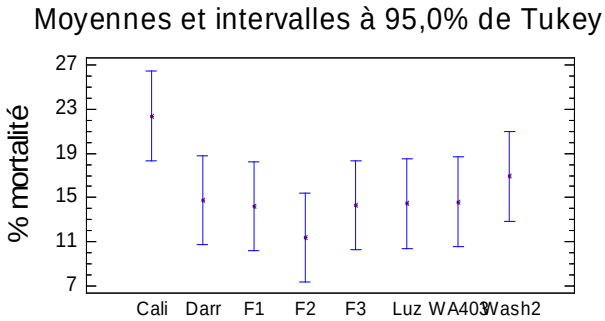
*Les valeurs suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5%*

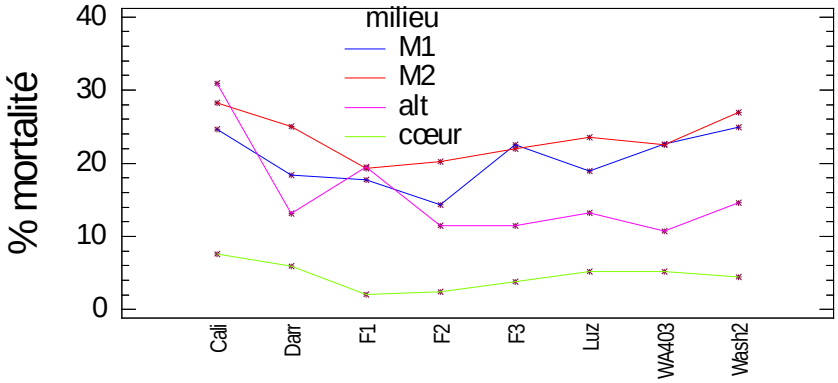
Le taux de mortalité est significativement plus faible dans le cœur de l'aire que dans les autres types de milieu. La variabilité intersite, faible ou modérée dans le cœur de l'aire, la marge 2 et en altitude, est beaucoup plus forte en marge 1. Cela s'explique par le faible taux de survie du dispositif des Barres qui a subi de nombreux avatars depuis la plantation.



Si l'on considère l'ensemble des sites d'essai, Californie se distingue des trois variétés « France » par une plus forte mortalité. Bien que l'effet variété ne soit significatif dans aucun type de milieu, Californie semble particulièrement pénalisée dans les sites d'altitude. Cette difficulté d'adaptation serait la conséquence logique de sa précocité de débourrement et, peut-être, de sa plus grande sensibilité aux gelées précoces.




D'une manière générale, il convient cependant de rester prudent dans l'interprétation des résultats car la mortalité a parfois une origine accidentelle (dégâts de gibier, d'entretien, étouffement par la végétation) – c'est notamment le cas aux Barres, à Soussat et, dans une moindre mesure, à Valsonne – et le taux de survie ne renseigne donc qu'imparfaitement sur la capacité d'adaptation des variétés.

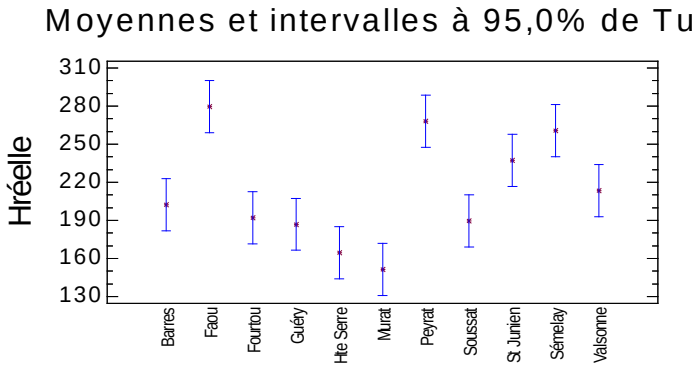
### *2.1.4.3- Croissance en hauteur*

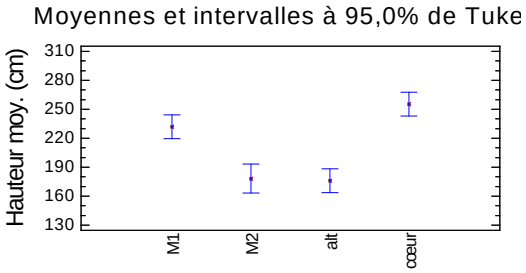
| Variété | hauteur (cm) | site | hauteur (cm) | milieu | hauteur (cm) |
|---|---|---|---|---|---|
| **WA403** | **201 (b)** | St Junien | 237 (d) | | |
| **Darrington** | **214 (bc)** | Peyrat | 268 (e) | Cœur aire | 255 (c) |
| Luzette | 221 (c) | Sémelay | 261 (e) | | |
| France 1 | 225 (c) | Les Barres | 202 (bc) | | |
| France 2 | 227 (c) | Faou | 280 (e) | Marge 1 | 232 (b) |
| France 3 | 226 (c) | Valsonne | 213 (c) | | |
| Wash2 | 228 (c) | Fourtou | 192 (b) | Marge 2 | 178 (a) |
| **Californie** | **164 (a)** | Hte Serre | 164 (a) | | |
| | | Murat | 151 (a) | | |
| | | Guéry | 187 (b) | Altitude | 176 (a) |
| | | Soussat | 190 (b) | | |

*Les valeurs suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5%*

Comme attendu, on observe un gradient de croissance entre les sites d'altitude et le cœur de l'aire. Ces milieux constituent des ensembles relativement homogènes, sauf la marge 1 qui est caractérisée par une forte variabilité intersite. La hauteur moyenne se révèle beaucoup plus forte à Faou, qui fait jeu égal avec les meilleurs sites du cœur de l'aire, qu'aux Barres et à Valsonne.

Rappelons néanmoins qu'aux Barres les variétés n'ont pu exprimer pleinement leur potentiel en raison de la pression de gibier et de la concurrence de la végétation.

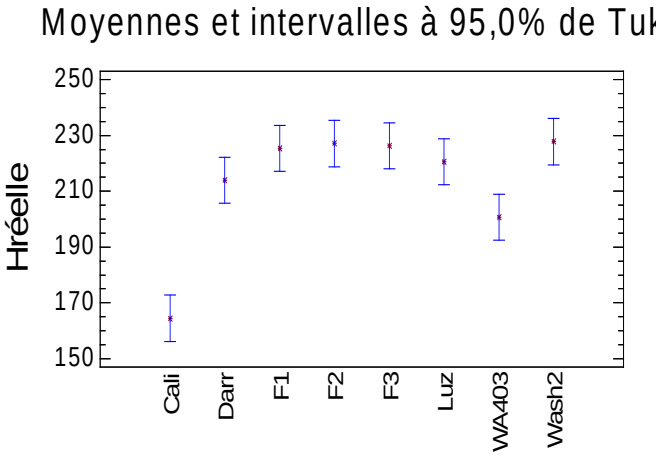


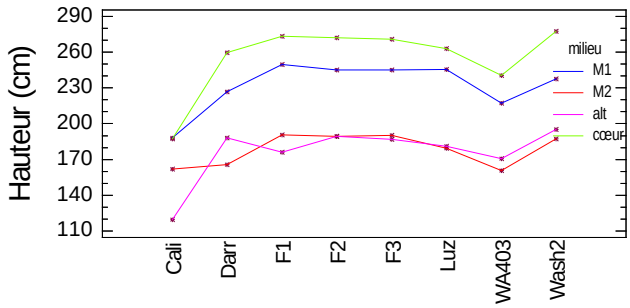

Les provenances testées se répartissent en trois groupes disjoints relativement indépendants du site et du milieu :

- Californie, dont la hauteur est en moyenne 25% inférieure à celle des autres provenances
- le témoin « seed zone 403 » de l'Etat du Washington
- 5 variétés issues de vergers : La Luzette, Washington 2 et les trois variétés « France »).

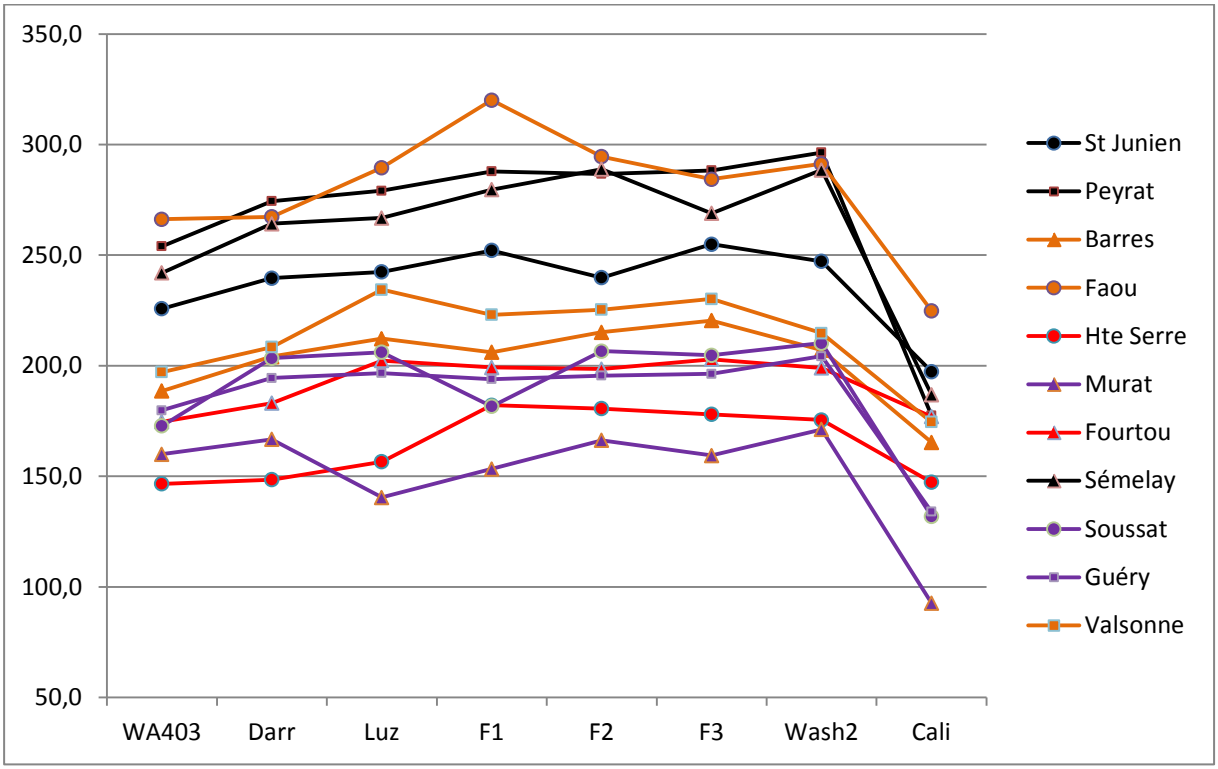
Darrington ne diffère quant à elle ni des vergers ni de Washington 403. Cependant, cette variété devient significativement inférieure à France 2, France 3 et Washington 2 si on restreint l'analyse aux vergers constitués de matériels français ou du nord de l'aire naturelle.




Le classement des variétés est extrêmement stable en fonction du milieu (P interaction = 1.0).



Bien qu'on n'ait pas accès à l'interaction variété x site, la représentation graphique montre également peu de variations intersites.



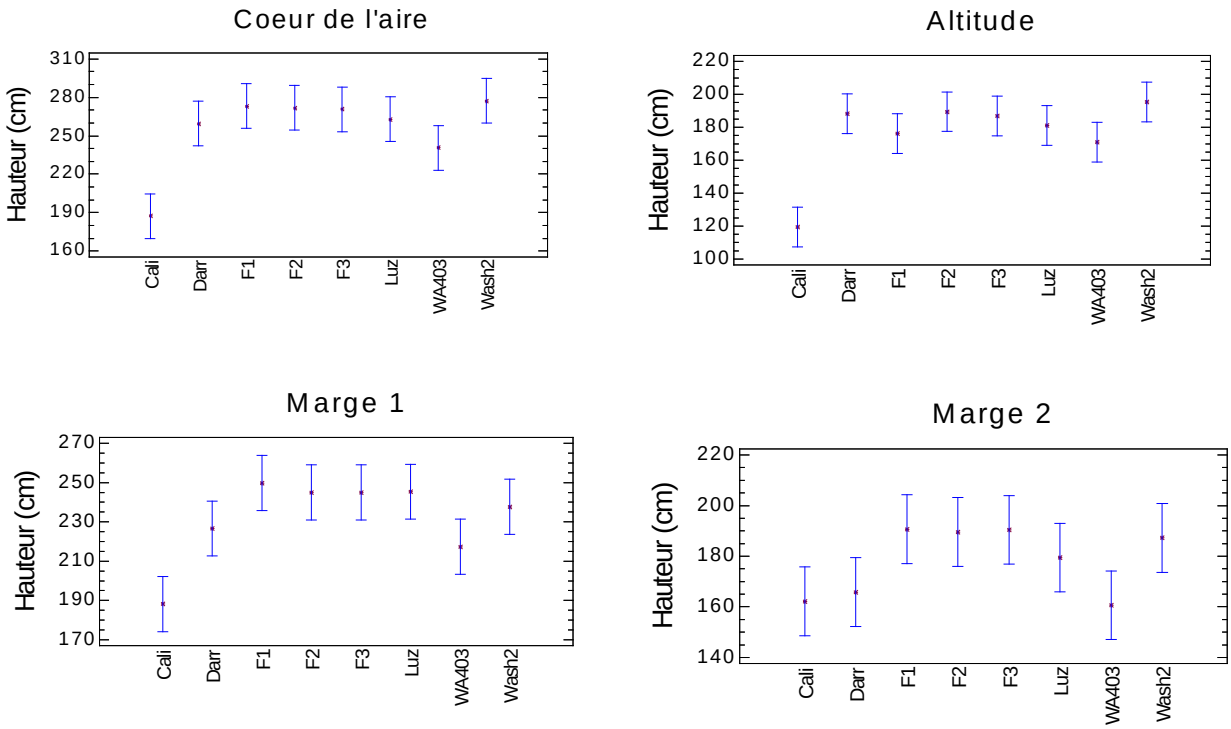

### *2.1.4.4- Implications pour les conseils d'utilisation*

** Variétés produites dans des vergers constitués de matériels français ou originaires du nord de l'aire naturelle*

Dans leur grande majorité, les variétés améliorées « classiques » ont un taux de survie équivalent à celui du témoin de l'aire naturelle et elles lui sont supérieures pour la vigueur. Il convient de les privilégier dans les futurs reboisements.

Ces variétés classiques ont des performances similaires pour les deux caractères analysés, à l'exception de Darrington qui s'avère sensiblement moins vigoureuse (dans le jeune âge). Les reboiseurs privilégiant la productivité devraient sans doute s'orienter vers une des cinq autres variétés.

Ces variétés font preuve d'une grande stabilité de classement. En l'absence d'interaction variété x milieu, il est hasardeux de formuler des recommandations en fonction du site de plantation. On remarque néanmoins un moindre différentiel de croissance entre Darrington et les autres variétés dans le cœur de l'aire et en altitude que dans les marges. Cette variété pourrait ne pas être recommandée, ou avec moins de force, dans les milieux chauds et secs.




** Variété Californie*

En première approche, cette variété ne semble pas devoir être recommandée. Elle est dotée d'une faible vigueur et ce défaut n'est pas compensé par une meilleure survie. Cependant, si on fait le pari que son origine méridionale lui confère une meilleure résistance aux déficits hydriques estivaux, elle pourrait avoir sa place dans les stations les plus menacées par le changement climatique. La perte de productivité serait limitée car c'est précisément dans ces sites de marge 2 que le différentiel de croissance entre Californie et les autres variétés est le plus faible. Ce jugement, basé sur seulement deux tests (Fourtou et haute-Serre), mériterait néanmoins confirmation.

| site | milieu | H Cali/H autres variétés |
|---|---|---|
| Murat<br>Guéry<br>Soussat | Altitude | 0.58<br>0.69<br>0.67<br>**m = 0.65** |
| St Junien<br>Peyrat<br>Sémelay | Cœur aire | 0.81<br>0.63<br>0.69<br>**m = 0.71** |
| Les Barres<br>Faou<br>Valsonne | Marge 1 | 0.80<br>0.78<br>0.80<br>**m = 0.79** |
| Fourtou<br>Hte Serre | Marge 2 | 0.91<br>0.88<br>**m = 0.90** |

Rappelons en conclusion que cette analyse est partielle puisqu'elle se base sur la survie et la croissance et qu'elle n'intègre donc pas (ou peu) un certain nombre de caractères adaptatifs, de forme et de qualité du bois de première importance.

## 2.1.5- Bilan 5 ans après plantation des tests du CNPF

A l'occasion d'une réunion d'information organisée à l'intention de propriétaires forestiers (Fraïsse-sur-Agout, 21 octobre 2015), le CNPF a réalisé une synthèse graphique des résultats obtenus cinq ans après plantation dans les dispositifs qu'il gère.

**Réseau "Variétés de douglas pour le futur"**
**Bilan à 5 ans des dispositifs CNPF**

***Objectifs : Evaluer le comportement de nouvelles variétés de douglas***

**Dispositifs CNPF :**

**Altitude (> 1000m) :**

Montregard (43), 1010 m d'altitude, Montagnes continentales

St Sauveur de Peyre (48), 1095 m d'altitude, Margeride

**Basse Altitude (< 500m) :**

Précy ss Dondin (71), 356 m d'altitude, SER Bourbonnais et Charolais

La Tagnière (71), 433 m d'altitude (2 blocs), SER Bourbonnais et Charolais

**Autres :**

Autun (71), 606 m d'altitude (2 blocs), SER Morvan et Autunois

Valsonne (69) Beaujolais, 715m d'altitude (4 blocs)

Meaux La Montagne (69) Beaujolais, 750 m d'altitude

St Agnan près Crocq (23), 758 m d'altitude, Plateau Limousin

Anglès (82), 835 m d'altitude, Monts de Lacaune

Fraïsse sur Agout (34), 890 m d'altitude, Somail & Espinouse

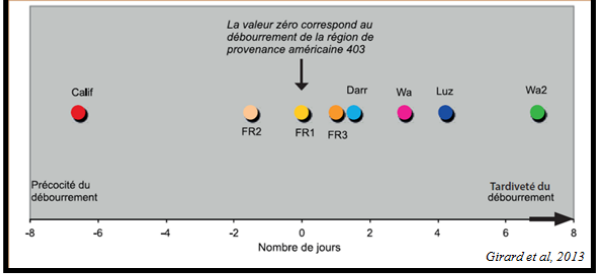



**Matériel végétal :**
-Plants de 1 an élevés en godet de 600 cm³
-9 variétés différentes :
-**Darrington-VG** (PME-VG-001)
-**La Luzette-VG** (PME-VG-002)
-**Washington-VG** (PME-VG-003)
-**Washington2-VG** (PME-VG-005)
-**Californie-VG** (PME-VG-006)
-**France1-VG** (PME-VG-004)
-**France2-VG** (PME-VG-007)
-**France3-VG** (PME-VG-008)
-**Seed Zone 403** (matériel américain)

**•Dispositifs de démonstration:**
•Neuf placettes unitaires de 60 douglas d'une même variété.
•Une placette unitaire se situe dans un seul inter-andain.

**•Dispositifs en blocs :**
•Quatre blocs avec chacun neuf placettes unitaires de 50 plants

**Fig. 1: classement des variétés françaises de douglas selon la tardiveté de leur débourrement.** Graphe synthétique établi à partir des données recueillies sur 4 sites différents en 2010 et 2011 par IRSTEA.

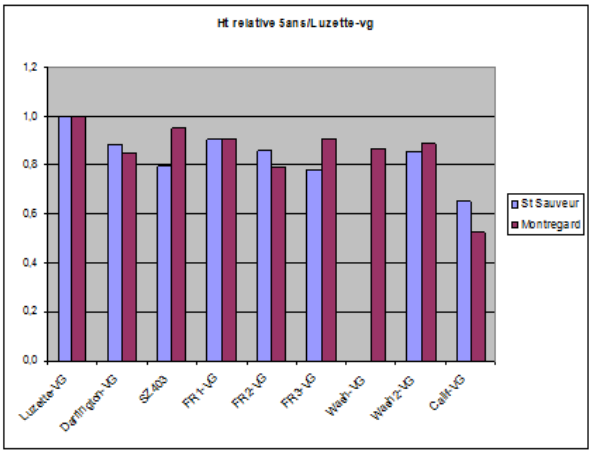



Photos : S. Girard
Version oct. 2015

***Taux de mortalité 5 ans après plantation :***

***Dispositifs d'altitude : moins de 5 % de mortalité pour toutes les variétés, pas de différence entre variétés***

***Autres dispositifs : taux variable selon les sites (gibier, hylobe, sanglier, conditions climatiques…) : taux de mortalité de la variété Californie-VG généralement supérieur (de -7 à +26 points)***




**Résultats provisoires !**

***Croissance dans les dispositifs d'altitude :***

***-Luzette-VG toujours la variété la plus « poussante »***

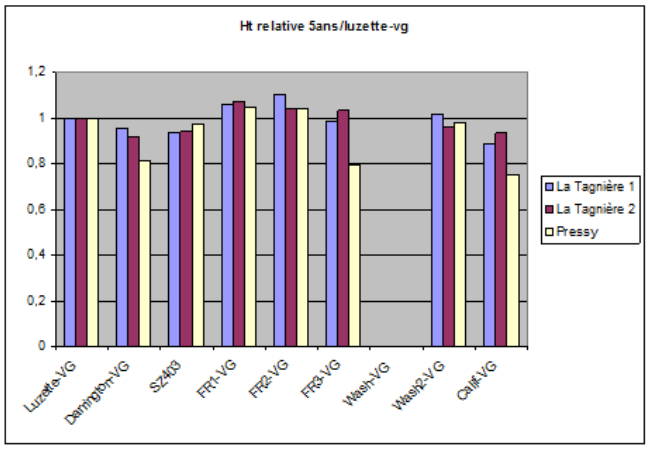
***-Californie-VG : croissance plus faible (de l'ordre de 50/60 % )***

***-pas de différence nette entre les autres variétés***

***Croissance dans les dispositifs de basse altitude :***

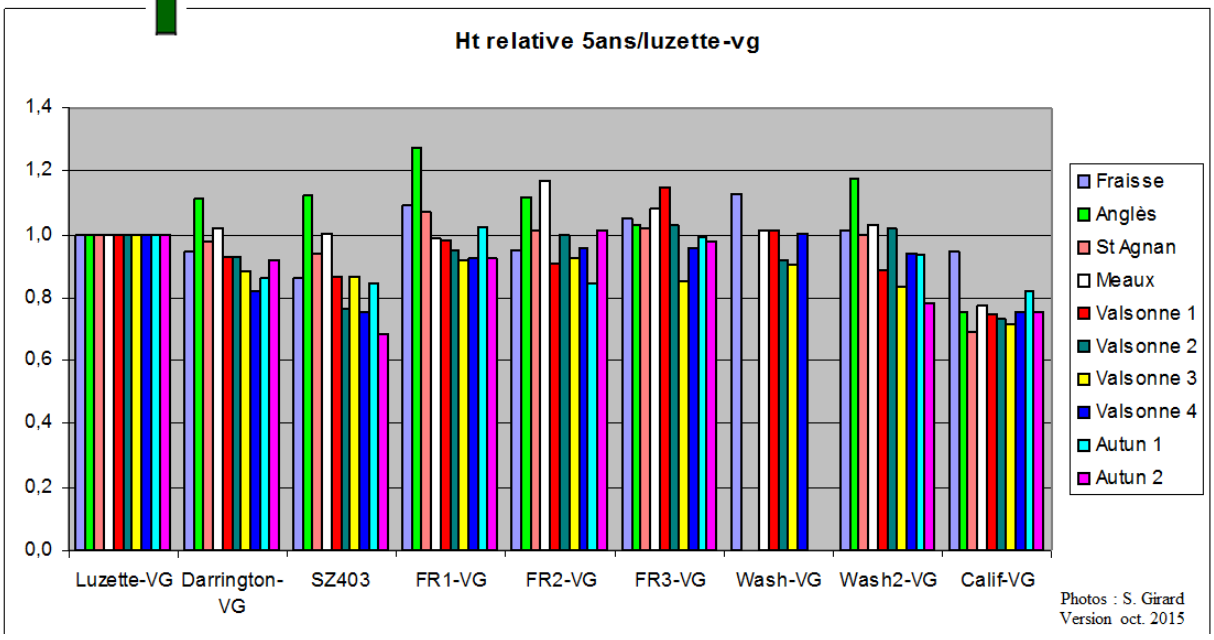
***-bonne croissance de FR1 et FR2***

***-le différentiel de croissance entre Californie-VG et les autres variétés est plus faible qu'en altitude (de 75 à 95 % de la croissance de Luzette )***




***Croissance dans les autres dispositifs :***

***-peu de différence entre variétés excepté pour Californie-VG, atteignant en moyenne 75 % de la hauteur des autres.***




Photos : S. Girard
Version oct. 2015

## 2.2 – Tests installés en 2015

Les quatre dispositifs installés au printemps 2015 par l'ONF – Clairvaux, Plachet, La Longeville, Villers-sous-Chalamont – ont été mesurés selon le protocole habituel (survie, état sanitaire, hauteurs à la plantation et au terme de la première année sur le terrain). Les résultats seront présentés dans le prochain compte rendu d'activité.

## 2.3 – Test de démonstration CNPF : impact de la canicule de 2015

L'été 2015 a été particulièrement chaud et sec et a entrainé des dégâts importants dans les plantations réalisées au printemps (cf. Bilan DSF nov. 2015). Le CNPF a pris l'initiative de passer dans deux dispositifs de démonstration situés dans une zone particulièrement impactée pour évaluer si les variétés testées présentaient des niveaux de dégâts différents. Les mesures ont été réalisées le 24 novembre 2015. Outre la mortalité des plants, le nombre d'années d'aiguilles a été relevé ainsi que les colorations ou dessèchements partiels ou entiers du houppier.

### 2.3.1- La Tagnière-Dettey (DE_DF_2009.05 - marge 1 - CNPF)

Tous les plants du dispositif ont fait l'objet d'observations (hauteur moyenne : 3-4 mètres).

| | Bloc 1 | | | | Bloc 2 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mortalité | | Aiguilles | | Mortalité | | Aiguilles | |
| | 2013 | 2015 | 2 ans | 1 an | 2013 | 2015 | 2 ans | 1 an |
| | Effectif (%) | | | | | | | |
| WA 403 | 0 | **0** | **29** | **50** | 3 | **3** | **19** | **52** |
| Darr | 0 | **4** | **41** | **44** | 0 | **25** | **29** | **50** |
| Luz | 4 | **4** | **36** | **48** | 0 | **16** | **30** | **48** |
| FR1 | 0 | **4** | **46** | **22** | 3 | **6** | **30** | **37** |
| FR2 | 0 | **0** | **39** | **29** | 0 | **0** | **38** | **38** |
| FR3 | 4 | **4** | **48** | **33** | 13 | **19** | **35** | **38** |
| WA2 | 0 | **4** | **52** | **22** | 6 | **19** | **35** | **50** |
| Calif | 7 | **7** | **11** | **81** | 9 | **13** | **43** | **43** |
| **Moyenne** | **2** | **3** | **37** | **41** | **4** | **13** | **32** | **44** |

Les chiffres en vert correspondent à la proportion d'arbres ayant deux années d'aiguilles dans le houppier lors de l'observation ; en rouge la proportion d'arbres portant seulement les aiguilles mises en place au printemps 2015.

Des plants sont morts suite aux conditions climatiques de l'été 2015, le bloc 1 semble moins touché que le 2 exposé au sud, qui présente également plus d'individus partiellement défoliés. Les variétés présentent des niveaux de défoliation variables. La variété Californie-VG, très touchée comparativement aux autres dans le bloc 1 est en revanche la moins touchée dans le bloc 2.

2.3.2- Pressy sous Dondin (DE_DF_2009.04 -marge 1-CNPF)

Trente-six plants de chaque variété (les 6 premières lignes de toutes les parcelles unitaires) ont fait l'objet d'observations (soit 60% de l'effectif présent sur le site).

| | Mortalité | | Aiguilles | |
|---|---|---|---|---|
| | 2013 | 2015 | 2 ans | 1 an |
| | Effectif (%) | | | |
| WA 403 | 6 | **6** | **3** | **94** |
| Darr | 25 | **28** | **0** | **84** |
| Luz | 25 | **25** | **4** | **78** |
| FR1 | 11 | **17** | **3** | **81** |
| FR2 | 19 | **22** | **7** | **82** |
| FR3 | 6 | **8** | **6** | **73** |
| WA2 | 3 | **11** | **0** | **97** |
| Calif | 6 | **6** | **0** | **94** |
| Moyenne | 12.5 | **15** | **3** | **86** |

Les chiffres en vert correspondent à la proportion d'arbres ayant deux années d'aiguilles dans le houppier lors de l'observation ; en rouge la proportion d'arbres portant seulement les aiguilles mises en place au printemps 2015.

Des plants sont morts après avoir mis en place la pousse 2015. Dans ce site, moins poussant que celui de Dettey (la hauteur moyenne des plants est ici de 2.5/3 mètres) la quasi-totalité des arbres a perdu les aiguilles mises en place les années précédentes.

## 2.4 – Tests en marge du réseau

Deux dispositifs comparent La Luzette et Californie, en placeaux purs et mélangés :
- Les Barres (Irstea), planté au printemps 2009
- Les Battées (ONF), planté au printemps 2012.

Ils ont été mesurés en 2015 mais les données n'ont pas été analysées.

Quatre dispositifs du CNPF comparent des placettes juxtaposées de La Luzette et Californie :
- St Georges en Couzan (42), installé en mars 2011 (cf compte rendu d'activité 2014, p.50), sera mesuré en février 2016
- Sylvanes (12), installé en mars 2011 (cf compte rendu d'activité 2014, p.51), a été mesuré en décembre 2015
- Camares et Sauclières (12) seront mesurés en février 2016.

Des bilans complets seront présentés dans le prochain rapport.

## *3- Acclimatation au froid*

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 : Haute-Serre (Lot, altitude 290 m) et Guéry (Puy-de-Dôme, altitude 1110 m).

- à comparer les résultats de tests couramment utilisés 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 (cf 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. Les résultats de la première série de tests ont été présentés dans le compte rendu d'activité 2014 (pp 53-60). Les données collectées en décembre 2014 et janvier 2015 n'ont été que partiellement analysées. Il est néanmoins possible de dresser un récapitulatif des résultats obtenus pour la LT50 et d'effectuer une comparaison avec ceux de 2012.

Températures (°C) générant 50% de lyse cellulaire dans les essais menés en 2012 et 2014/15

| Période de collecte des rameaux | Site de collecte | Luzette | Californie | France 1 | Wash 2 | infos détaillées |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8-10 oct. 2012<br>10-13 déc. 2012 | serre<br>Nogent/V | -10.2<br>-37.5* | -10.2<br>-31.9 | | | CRA 2012<br>pp 74-79 |
| 29-31 oct. 2014 | Hte-Serre<br>Guéry | | -19.1<br>-23.3 | -19.0<br>-32.3 | -19.3<br>-27.8 | CRA 2014<br>pp 53-60 |
| 3-4 déc. 2014 | Hte-Serre<br>Guéry | | -20.0<br>-23.5 | -19.2<br>-26.0 | -19.6<br>-26.8 | |
| 21-22 janv. 2015 | Hte-Serre<br>Guéry | | -32.0<br>-40.0 | -34.8<br>-41.9 | -34.7<br>-42.5 | |

*Les analyses 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.*

Principaux enseignements :

- L'acclimatation au froid est plus précoce dans le site d'altitude que dans le site méridional. Ce résultat est logique car les températures automnales sont plus basses à Guéry qu'à Haute-Serre. Toutefois, deux points surprennent :
i) la faible évolution de LT50 entre fin octobre et début décembre 2014. En l'absence de données climatiques locales, ce 'palier d'endurcissement' est difficilement interprétable.
ii) la persistance du différentiel d'acclimatation entre Haute-Serre et le Guéry. Fin janvier, les arbres de Haute-Serre ne semblent pas encore avoir atteint leur niveau d'endurcissement maximum. En cela, le Douglas diffère du noyer, largement étudié par le PIAF.

- Les trois variétés testées diffèrent peu à Haute-Serre en 2014/15. A Guéry en revanche, Californie se révèle sensiblement moins endurcie que France 1 et Washington 2, tout particulièrement en octobre. Ce résultat ne concorde pas avec celui de 2012 mais on remarquera que, quels que soient le site et la période, Californie est au mieux égal à la ou aux variétés témoins.

## *4- Mobilisation d'échantillons de graines*

Deux échantillons de graines, provenant des récoltes 2014/15 des vergers Darrington et La Luzette, ont été fournis par Vilmorin en prévision de futurs essais. La floraison et la fructification étaient extrêmement abondantes, généralisées et les rendements en graines très corrects. Ces échantillons peuvent donc être considérés comme très divers génétiquement et représentatifs des matériels de base.
Les deux lots de graines, réceptionnés par Irstea, seront partagés avec l'INRA de manière à réduire les risques de détérioration accidentelle durant la conservation.

Bilan des récoltes 2014/15

| Verger | volume de cônes | quantité de graines | rendement en graines |
|---|---|---|---|
| Darrington | 793 hl | 362 kg | 456 g/hl |
| La Luzette (P. 501 B&C) | 1162 hl | 771 kg | 663 g/hl |

Caractéristiques des échantillons de graines

| Verger | poids | pureté spécifique | poids 1000 graines | faculté germinative | nb germes vivants/kg |
|---|---|---|---|---|---|
| Darrington | 100 g | 99% | 11 g | 91% | 80438 |
| La Luzette | 100 g | 99% | 11 g | 90% | 78158 |

## *5- Actions de concertation et de vulgarisation*

### 5.1 – Concertation

Les partenaires impliqués dans l'évaluation des variétés améliorées de Douglas, et plus spécifiquement de l'installation, de la gestion et de la valorisation des réseaux d'évaluation, se sont réunis à deux reprises durant l'année 2015 :

- pour leur réunion annuelle (Chaumont, 23-24 juin)
Cette réunion a permis de faire le point sur les actions en cours et de prendre des décisions concernant l'extension du réseau d'évaluation, l'organisation des mesures dans les premiers essais, les perspectives d'éclaircies génétiques dans certains vergers de l'Etat et l'administration des conventions passées avec la DGPE (compte rendu en annexe 1). Ces deux journées ont également permis de visiter deux essais récemment plantés par l'ONF en FD de Clairvaux et du Plachet.

- pour l'élaboration du protocole de mesures qui sera appliqué dès l'intersaison 2016/17 dans les premiers dispositifs du réseau (Peyrat-le-Château, 9 décembre). Ces tests auront alors atteint l'âge de 8 ans (depuis la plantation).

## 5.2 – Vulgarisation

Les résultats obtenus dans le cadre du réseau et des activités de recherche connexes (essais sous serre, résistance au froid et à la sécheresse) ont été présentés :

- lors de réunions du comité de coordination des vergers de l'Etat : stabilité intersite des performances des descendances du verger France 2 (INRA), relation entre les valeurs propres des clones et les valeurs des descendances du même verger (INRA), performances des variétés 5 ans après plantation (Irstea),

- lors de journées de vulgarisation organisées à l'intention de propriétaires forestiers privés : à Fraïsse-sur-Agout (Gard, CNPF, 32 participants, 21 octobre 2015) et à Brassy (Nièvre, Irstea, 20 propriétaires de la coopérative forestière Bourgogne-Limousin CFBL, 25 novembre 2015).

A l'occasion de la journée d'information de Fraïsse-sur-Agout, le CNPF a préparé une fiche récapitulant les caractéristiques du dispositif et les principaux résultats obtenus ; elle est présentée en annexe 2.

# II- ESSAI EN CONDITIONS CONTROLEES : RESISTANCE AUX STRESS HYDRIQUES (Irstea)

## *1- Contexte*

Cet essai, qui a débuté en avril 2013 et s'est prolongé en 2014, a pour objectif d'étudier la réponse, immédiate et différée, de deux variétés (Californie et Washington 2) soumises à un gradient de stress hydrique. Il peut être découpé en 5 phases :

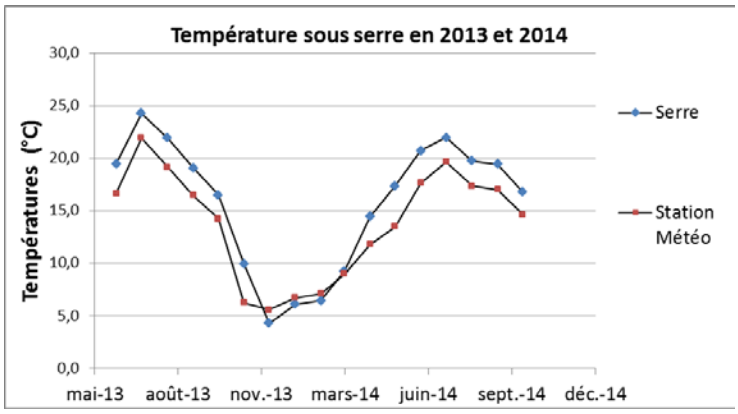
1) saison 2012 : repiquage et élevage hors serre de semis d'un an dans 24 caisses métalliques (Lxlxh extérieures : 145 cm x 110 cm x 78 cm) remplies de terre de Loire
2) mi-avril – 7 août 2013 : application de stress hydriques précoces sous serre (6 modalités d'intensité croissante ; 1 : bien arrosée, 6 : pas arrosée). Chaque modalité est appliquée à deux caisses de 30 plants par variété.
3) 7 août – 27 novembre 2013 : suppression de l'arrosage pour une modalité jusque-là peu stressée (n°3), de manière à simuler une sécheresse tardive (et réduction modérée des apports d'eau pour les autres modalités)
4) éclaircie dans toutes les caisses (nombre de plants ramené de 30 à 15/caisse) et hivernage hors serre
5) 9 avril – 17 octobre 2014 : arrosage copieux afin d'étudier l'effet retard des stress hydriques de 2013.

Les premiers résultats obtenus durant la phase 2 ont été exposés dans le compte rendu d'activité 2013 (pp 54-57). Le protocole opératoire de la phase 5 figure dans le compte rendu 2014, pp 71-72. Ce rapport apporte, essentiellement sous forme graphique, des résultats complémentaires pour la croissance l'année du stress et l'impact différé des stress hydriques sur la croissance de l'année suivante.

## *2- Conditions environnementales*

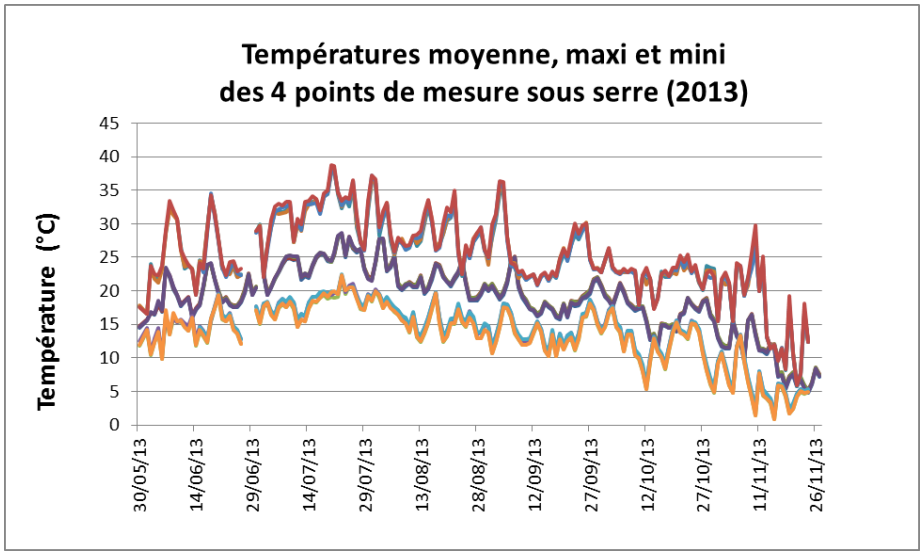
### 2.1- Température

En 2013 et 2014, la température moyenne ambiante au niveau des plants était supérieure de 2,7°C à celle de la station météo des Barres.




*NB- les plants ont hiverné hors serre en 2013/14*

Quatre capteurs ont été disposés dans la partie de serre accueillant l'essai (deux dans le bloc Est, deux dans le bloc Ouest) pour pouvoir déceler une éventuelle hétérogénéité intra-serre pour la température, l'hygrométrie de l'air et la lumière. L'analyse des données enregistrées en 2013 et 2014 ne montre pas de différence significative entre capteurs pour les températures mini, moyennes et maxi.

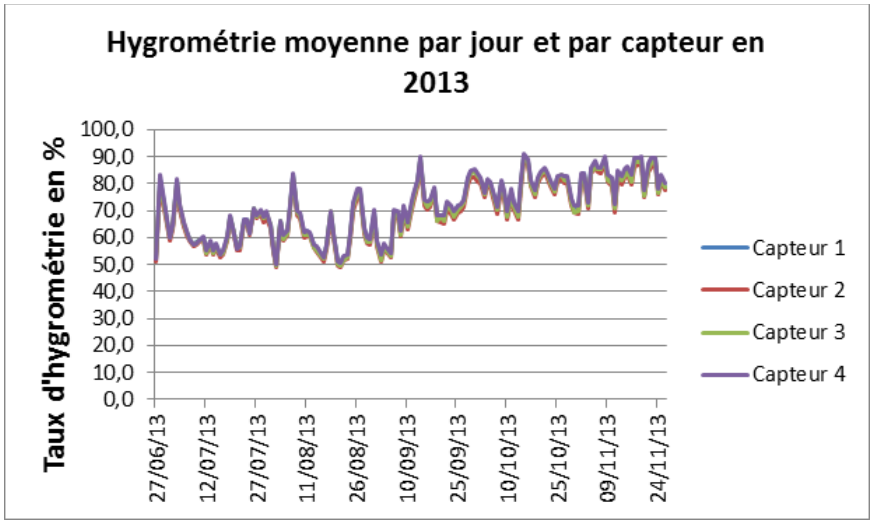



On constate en outre que le blanchiment de la serre a permis d'éviter les températures excessives. En 2013 et 2014, elles dépassent rarement 35°C et n'atteignent jamais 40°C.

| | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T°C moy. 2013 | | 19.5 | 24.3 | 21.9 | 19.0 | 16.5 | 9.9 |
| T°C maxi 2013 | | 34.2 | 38.2 | 36.8 | 35.6 | 26.2 | 27.6 |
| T°C moy. 2014 | 17.3 | 20.7 | 21.9 | 19.7 | 19.4 | 16.8 | |
| T°C maxi 2014 | 26.2 | 33.1 | 37.3 | 32.0 | 31.8 | 28.7 | |

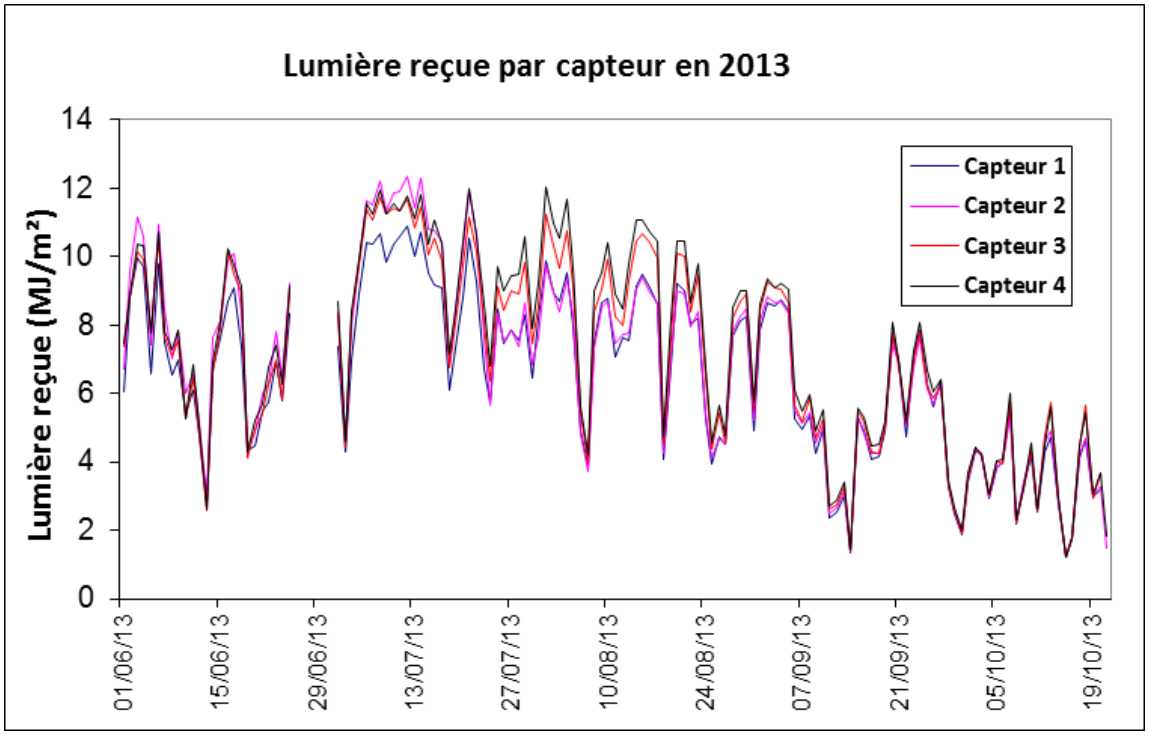
## 2.2- Hygrométrie de l'air

L'hygrométrie ne varie pas significativement d'un capteur à l'autre, ni en 2013 ni en 2014. L'effet bloc n'est pas non plus significatif.



### 2.3- Lumière

La lumière incidente est relativement variable en fonction de la position du capteur, notamment durant l'été. Aussi bien en 2013 qu'en 2014, la partie Est du dispositif s'avère mieux éclairée que la partie Ouest. A titre d'exemple, nous présentons ci-dessous le graphe pour 2013.



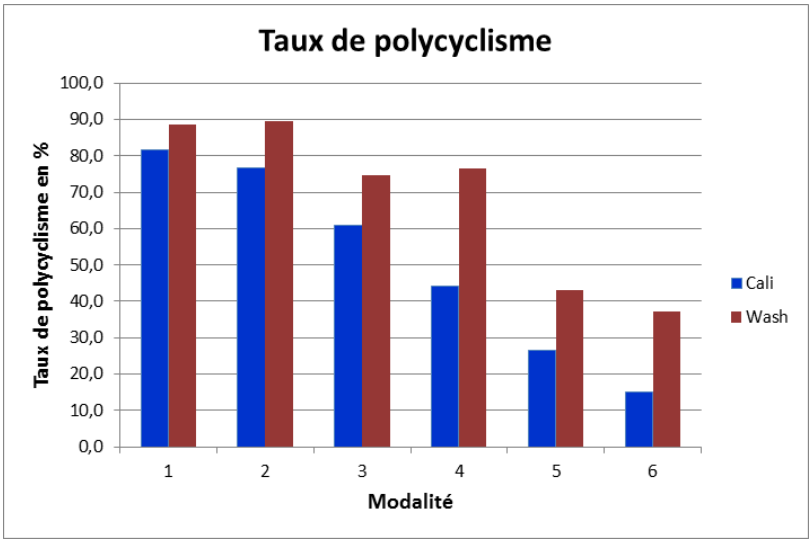

On peut donc considérer la serre comme un milieu homogène pour la température et l'hygrométrie mais pas pour la lumière. La différence d'éclairement observée entre les deux parties de serre, d'une magnitude de 8% et 11% respectivement en 2013 et 2014, pourrait avoir eu un impact sur la croissance des plants. Néanmoins, aucune variété ni modalité n'a été défavorisée car les caisses étaient également réparties dans un bloc Est et un bloc Ouest en 2013 (et disposition aléatoire en 2014).

## ***3- Effet des stress hydriques sur la croissance 2013***

Au démarrage de l'essai (fin 2012), les plants de la variété Californie étaient plus trapus (H : 31,7 cm ; D : 7,2 mm) que ceux de la variété Washington 2 (H : 32,3 cm ; D : 6,5 mm). La répartition des caisses dans les différentes modalités s'est effectuée de manière à minimiser les écarts entre modalités pour les dimensions initiales.

### 3.1- Polycyclisme

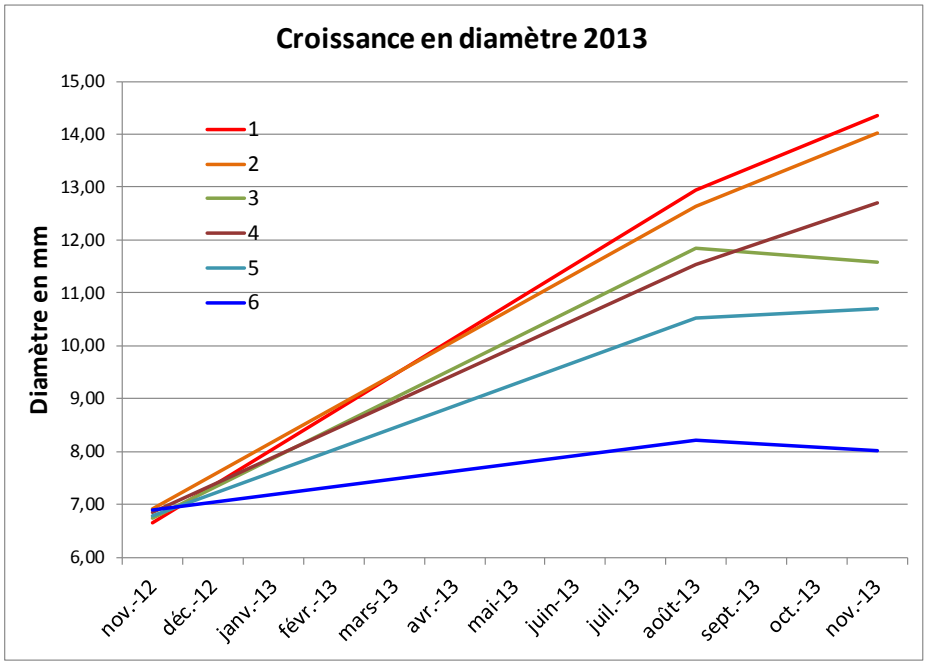
Le rapport 2013 montrait que les stress hydriques avaient eu un effet modéré sur la longueur des pousses primaires mais un fort impact sur celle des pousses secondaires. En complément, le graphique ci-dessous démontre que le taux de polycyclisme est fortement lié – et inversement proportionnel – à l'intensité du stress. On constate en outre que la réduction du pourcentage de polycyclisme est plus sévère pour Californie que Washington. Ce peut être vu comme le signe d'un affaiblissement plus important lors de fortes sécheresses, ou comme une stratégie pour économiser l'eau et les réserves carbonées.




## 3.2- Croissance en diamètre

La croissance est fortement impactée par les réductions d'alimentation en eau imposées durant la phase 2 (avril - août 2013). L'accroissement en diamètre, qui est de 6,3 cm dans la modalité la mieux arrosée, chute à 1,3 cm dans la modalité la plus stressée.

La diminution des apports d'eau durant la phase 3 se traduit :
- par une faible baisse du rythme de croissance radiale dans les modalités 1, 2 et 4 (teneur en eau fixée à 12%)
- un fort ralentissement de la croissance dans la modalité 5 (consigne fixée à 7% puis remontée à 10% début octobre quand des dépérissements ont commencé à apparaître)
- un arrêt de croissance, et même une rétraction du collet, dans les modalités 3 et 6 qui n'ont pas ou quasiment pas été arrosées.



## *4- Effet des stress hydriques 2013 sur l'état sanitaire et la croissance en 2014*

### 4.1- Etat sanitaire

Début octobre 2013, les plants de la modalité 5 ont commencé à montrer des signes de faiblesse : feuillage qui s'éclaircit, aiguilles se retournant vers le bas, rameaux commençant à se dessécher. Ces symptômes, qui nous ont incité à augmenter les apports en eau, semblaient plus nets pour la variété Washington 2.

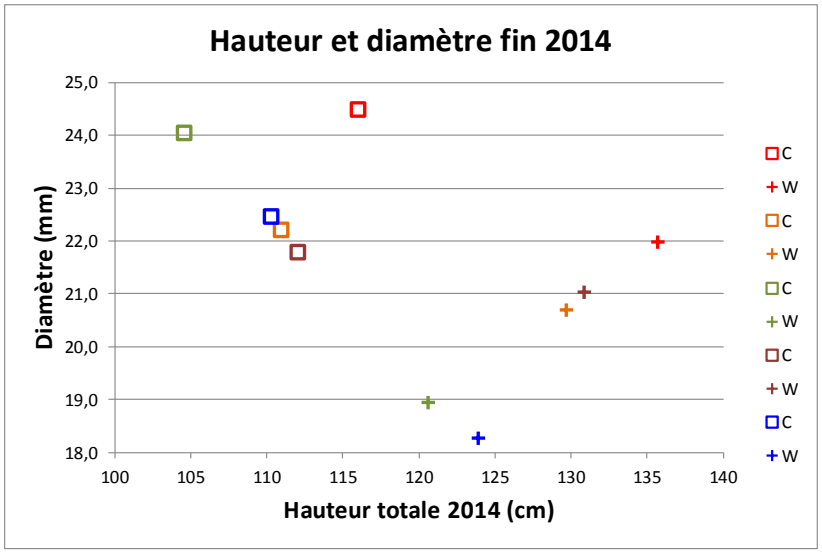
D'autre part, les notations d'état sanitaires effectuées en avril puis juin 2014, donc après éclaircie, montrent des dépérissements ultérieurs :
- modalité 3 : 4 plants morts et deux plants présentant une cime sèche dans une des deux caisses représentant la variété Washington 2 (juin 2014)
- modalité 5 :
* 1 plant mort dans une caisse Californie (avril)
* 1 plant mort et 1 plant à cime sèche dans une caisse Washington 2.

Ces données confirme l'impression visuelle (et subjective) des opérateurs selon laquelle un stress hydrique de fin de saison impacterait plus Washington 2 que Californie.

### 4.2- Croissance

#### 4.2.1- Bilan par variété et modalité

Après une saison sans stress hydrique, on observe des différences de comportement entre les deux variétés. Dans le cas de Washington 2, on retrouve la relation négative entre croissance et intensité de la sécheresse, aussi bien pour la hauteur que le diamètre. En revanche, les dimensions des plants de la variété Californie semblent indépendantes du parcours suivi en 2013. En particulier, les modalités très stressées (3 et 5) ne diffèrent pas ou peu des autres modalités. Ce résultat, qui suggère que Californie serait plus résiliente que Washington 2, demande à être confirmé par une étude, caisse par caisse, de l'évolution de la taille des plants entre fin 2013 et fin 2014, et en ne s'intéressant qu'aux plants conservés après l'éclaircie de l'automne 2013.



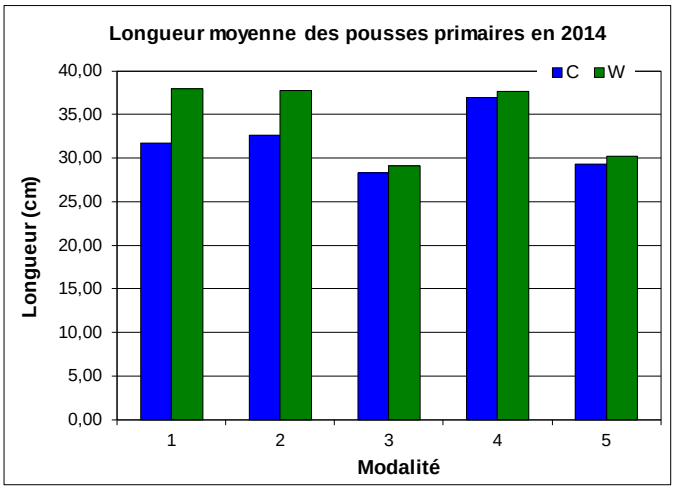

*Modalités 1, 2, 3, 4, 5 respectivement représentées par des symboles de couleur rouge, orange, verte, brune et bleue (modalité 6 non figurée car éliminée fin 2013 pour cause de mortalité).*

## 4.2.2- Accroissement en hauteur

### *4.2.2.1- Longueur de la pousse primaire*

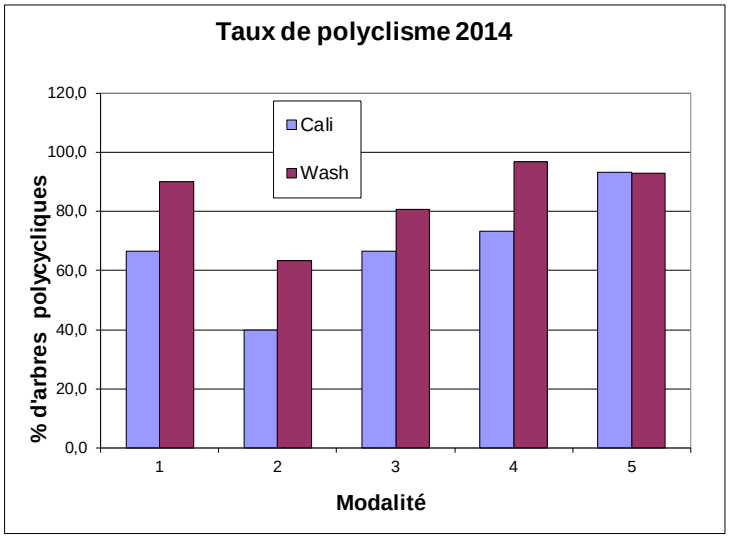
Quelle que soit la variété, les plants les plus stressés en 2013 (modalités 3 et 5) sont ceux qui ont produit les pousses les plus courtes. Ce résultat est logique dans la mesure où les pousses primaires sont préformées dans le bourgeon terminal de la pousse précédente. Leur longueur dépend donc surtout des conditions environnementales lors de l'élaboration du bourgeon et des réserves disponibles, donc globalement des conditions de l'année n-1.

On constate par ailleurs que le différentiel de hauteur entre modalités stressées et moins stressées est plus important pour la variété Washington 2 que Californie.



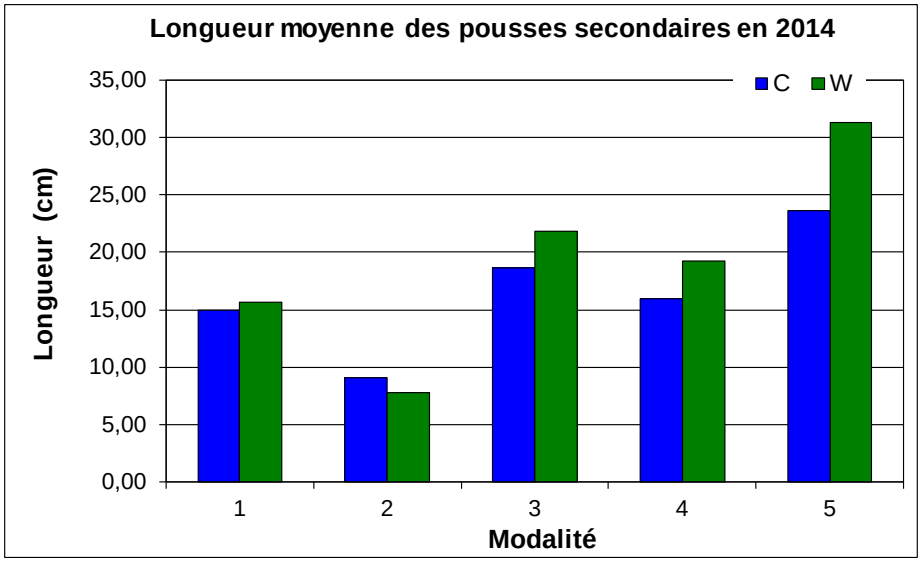

### *4.2.2.2- Taux de polycyclisme*

Comme l'année précédente, le taux de polycyclisme est plus élevé dans les populations Washington 2. Néanmoins, dans les deux variétés, la majorité des plants a produit une pousse secondaire en 2014. Cela signifie sans doute que les apports d'eau intensifs de 2014 leur avaient permis de reconstituer leurs réserves. On remarque avec intérêt que, dans les deux variétés, les plants des modalités 3 et 5 ont un taux de polycyclisme égal ou supérieur à la moyenne.



*4.2.2.3- Longueur de la pousse secondaire*

Longueur de la pousse secondaire et taux de polycyclisme évoluent de la même façon entre les modalités 1 et 5. L'accroissement de la seconde pousse étant déterminé par l'environnement de l'année en cours (2014), il est surprenant d'observer d'aussi fortes variations entre modalités. Leur interprétation nécessite des analyses complémentaires. On remarquera cependant que le pattern est similaire pour les deux variétés et, une nouvelle fois, que les individus les plus stressés en 2013 sont ceux qui ont produit les pousses secondaires les plus longues l'année suivante. Ce résultat fait penser à un phénomène de compensation, avec un rattrapage en 2014 d'un déficit de croissance généré par le stress hydrique de 2013.




En conclusion, ce rapport et celui de 2013 fournissent un panorama assez complet des résultats obtenus dans cet essai pour les 6 modalités de stress. Une meilleure compréhension des processus nécessite à présent de confronter les variations de croissance, dépérissements à l'intensité du stress qui serait caractérisée par un 'stress index'. Des analyses ont été engagées en ces sens mais elles demandent à être affinées.

# III- MESURES DANS DES TESTS AGES (Irstea)

## *1- Essais comparant Darrington et La Luzette à Bout 24, Washington 403 et des peuplements français*

Trois des quatre tests mono-arbres de ce réseau commun ONF-Irstea doivent être réformés car les arbres sont en situation de concurrence, ce qui interdit un suivi à plus long terme. Avant de les clôturer, il a semblé utile d'effectuer une dernière campagne de mesures et d'établir un inventaire post-éclaircie des effectifs de chaque variété.

### 1.1 – Test d'Ingwiller (EV 712)

#### 1.1.1- Caractéristiques du site

- Forêt Domaniale d'Ingwiller (parcelle 216a) située sur la commune de Reipertswiller (67).
- Longitude 7° 24' E - latitude 48° 57'N
- Altitude : 320 m – exposition NE – pente moyenne : 15%
- Pluviosité annuelle (simulations Météo-France 'Aurelhy') : 931 mm (386 mm durant saison de végétation, i.e. mai-septembre)

| Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Sept. | Octobre | Nov. | Décembre | **Année** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 78,8 | 72,4 | 71,8 | 66 | 84,7 | 82,7 | 73,2 | 78,4 | 67,1 | 76,6 | 87,9 | 91,8 | **931,3** |
| | | | | | | | | | | | **mai à sept.** | **386,1** |

- Température moyenne : 8.8°C

| Janvier | Fév. | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Décembre | **Année** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,10 | 1,50 | 4,55 | 8,15 | 12,3 | 15,5 | 17,30 | 16,95 | 14,1 | 9,55 | 4,25 | 1,15 | **8,80** |

- Roche mère : grès
- Sol acide, profond (80 cm en moyenne ; gradient du haut vers le bas de la pente). Texture limono-sableuse en surface (0-30 cm) et sablo-limoneuse en profondeur.
- Région IFN « collines sous-vosgiennes Est » sans facteur limitant pour le Douglas
- Situation topographique : la parcelle se trouve au-dessus d'un fond de vallon (apports d'eau supérieurs aux pertes)
- Antécédent cultural : futaie d'épicéa.
- Nettoyage du terrain : incinération des rémanents (souches laissées en place).

#### 1.1.2- Caractéristiques du dispositif

Ce test, qui fait partie du portefeuille d'essais homologues ONF-Irstea, compare deux vergers de l'Etat (Darrington, La Luzette) à trois témoins : le verger Bout 24, la seed zone Washington 403 et l'ancienne région de provenance « Est du Massif central » RP04.

- Dispositif mono-arbre à 100 blocs (un représentant de chaque provenance disposé au hasard dans chaque bloc).
Nb plants = 5 provenances x 100 blocs = 500.
- Plantation le 5 mai 1998 sans préparation du sol préalable. Certains plants ont dû être décalés pour éviter les souches.
- Densité de plantation : 1333 plants/ha (3 m entre lignes x 2.5 m sur la ligne)
- Plants 1-0 G (conteneurs WM 600 cm3) produits à la pépinière de l'Etat d'Aix-en-Provence et traités contre l'hylobe.
- Protection contre le gibier (cerfs et chevreuils abondants) : engrillagement (grillage URSUS)

- Dégagement sur les lignes en 2000, dégagement entre lignes (une ligne sur deux) en avril 2007. Des feuillus, peu abondants mais néanmoins présents, se sont développés à l'intérieur de la plantation ; la plupart d'entre eux ont été éliminés lors de l'éclaircie.

### 1.1.3- Interventions depuis les dernières observations de l'automne 2011

- Résultats des mesures de septembre 2011 consignés dans le compte rendu d'activité 2012 (pp 118-121)

- Eclaircie 'classique' réalisée par l'ONF (sans consignes d'Irstea) en août 2014 ; les bois abattus ont été découpés en petits tronçons et laissés sur place.

- Mesures effectuées par Irstea le 9 décembre 2014 : relevé de mortalité et d'éclaircie, notation d'état sanitaire et mesure de la circonférence à 1,30 m.

### 1.1.4- Bilan global de l'éclaircie

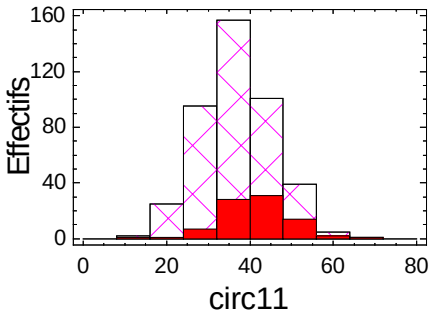
La densité, qui était de 1333 plants/ha à la plantation, a progressivement diminué du fait de la mortalité pour atteindre 1133 arbres/ha au moment de l'éclaircie. Cette intervention sylvicole l'a ensuite abaissée à 906 arbres/ha au mois d'août 2014. L'effectif (vivant) a donc été réduit de 20%.

La surface terrière (G) avant éclaircie ne peut être calculée avec précision faute de mesures en 2013/14 mais elle peut être estimée à 16.2 m²/ha en se basant la surface terrière 2011 (13.2 m²/ha) et le gain de surface terrière 2011-2014 des arbres non éclaircis (+23%). L'éclaircie aurait donc fait chuter la surface terrière de 16.2 à 12.3 m²/ha, ce qui représente une diminution de 24%.
*NB- Le calcul de G avant éclaircie fait l'hypothèse que l'accroissement en diamètre des arbres éclaircis et non éclaircis est identique entre 2011 et 2014. En réalité, les arbres éliminés ont sans doute connu une croissance plus rapide, ce qui conduit à une légère sous-estimation de la surface terrière.*

### 1.1.5- Critères de sélection

*Vigueur*

Comparée à la population conservée, la population éclaircie est composée d'arbres ayant en 2011 une circonférence moyenne plus élevée (41.8 cm versus 36.2 cm). L'éclaircie a donc éliminé en priorité des arbres de gros diamètre (en rouge sur le graphique ci-contre) pour favoriser le développement des arbres d'avenir.




D'autre part, le pourcentage d'arbres notés 'dominés' en 2011 augmente de 18.1% à 20.3% après éclaircie. Les opérateurs ont probablement jugé inutile et inefficace de marquer ces arbres de petite taille, voués à disparaître naturellement.

*Forme*

Les agents ONF ont manifestement ciblé les caractères de forme. Le taux d'élimination est en effet supérieur à la moyenne dans les populations présentant une fourche ou dotées d'une branchaison dense et/ou grossière (lors des notations de forme de 2006 et 2008). Or, la densité et la grosseur de branches, estimées en 2006 et 2008, sont corrélées positivement, et donc défavorablement, à la croissance en hauteur et en diamètre. L'élimination de nombreux individus vigoureux s'explique donc par l'importance accordée aux critères de branchaison.

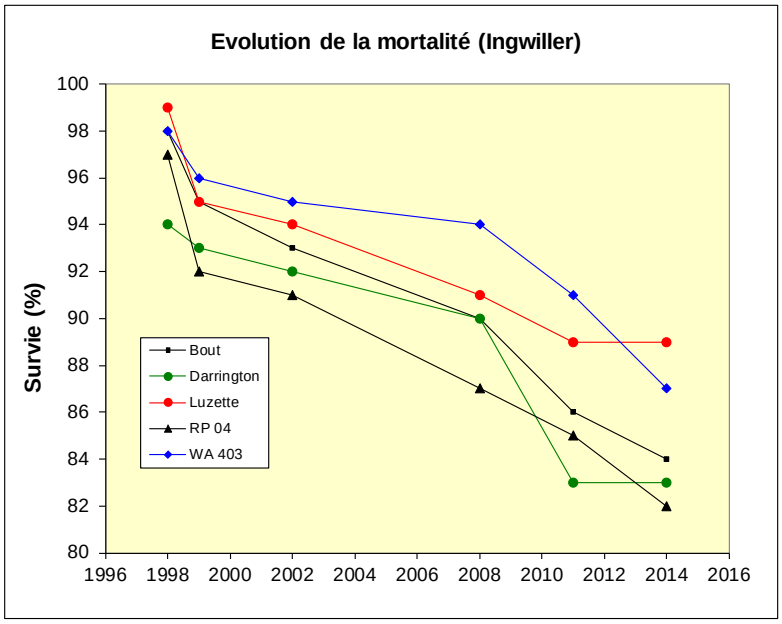
## 1.1.6- Comparaison des provenances

### *1.1.6.1- Survie*

Neuf arbres ont été jugés morts avant l'éclaircie. Ces individus, appartenant aux provenances Washington 403, RP 04 et Bout 24, se trouvaient déjà dans un état critique en 2011 : dominés, de petite taille (circonférence 2011 de 22-25 cm alors que la moyenne se situe 37 cm) et partiellement défoliés.

| Provenance | % morts 2011 | % morts entre 2011 et l'éclaircie | % morts 2014 (avant écl.) |
|---|---|---|---|
| Bout 24 | 14 | 2.3 | 16 |
| Darrington | 17 | 0 | 17 |
| Luzette | 11 | 0 | 11 |
| RP04 | 15 | 3.5 | 18 |
| WA 403 | 9 | 4.4 | 13 |
| Total | 13,2%<br>66 individus | 2,1%<br>9 arbres | 15,0%<br>75 arbres |

*Les taux de mortalité ne diffèrent pas significativement (P = 0.05)*



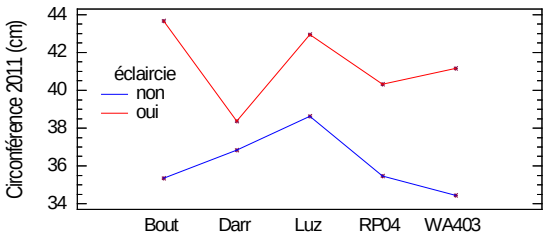
*1.1.6.1- Effets de l'éclaircie*

| Provenance | % arbres éclaircis (1) | circonférence 2011 (cm) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | avant éclaircie | arbres conservés | arbres éliminés |
| Bout 24 | **32.1 (b)** | 37.7 (ab) | 35.4 | 43.7 |
| Darrington | 13.2 (a) | 36.9 (ab) | 36.8 | 38.4 |
| Luzette | 21.3 (ab) | 39.8 (b) | 38.6 | 42.9 |
| RP04 | 18.3 (ab) | 36.1 (a) | 35.5 | 40.3 |
| WA 403 | 14.9 (a) | 35.0 (a) | 34.4 | 41.2 |
| Total | 20,0% 85 arbres | 37.0 cm | 36,2 cm | 41,8 cm |

*Les valeurs suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement (P = 0.05)*

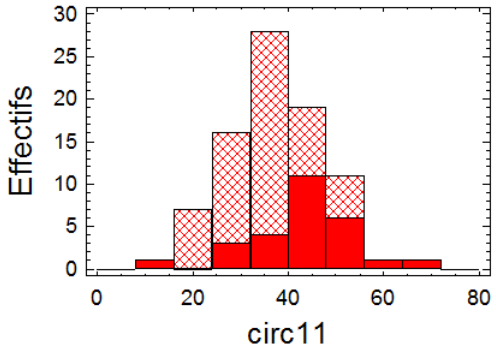
L'éclaircie a éliminé une forte proportion des représentants de Bout 24 mais aussi de La Luzette et RP04. A l'inverse, les populations de Darrington et WA 403 ont été moins affectées.

Le différentiel de croissance (en 2011) entre les arbres conservés et éclaircis, fort et hautement significatif pour Bout 24 et WA 403, est plus réduit mais néanmoins significatif pour RP04 et La Luzette. A l'opposé, les populations éliminées et conservées de Darrington étaient sensiblement de même vigueur.

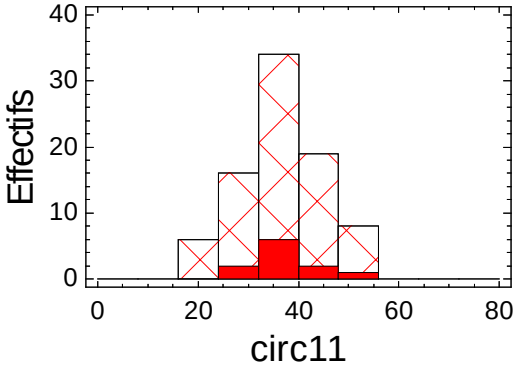



Les histogrammes ci-dessous permettent de visualiser, pour chaque provenance, le taux de prélèvement dans les 8 classes de circonférence. Il est très fort dans les classes supérieures (>40 cm) pour la population représentant Bout 24. Sans doute ces arbres de gros diamètre étaient-ils dotés d'une forme médiocre. Ce raisonnement s'applique également aux arbres de circonférence supérieure à 50 cm de la variété La Luzette. En revanche, Darrington se caractérise par des prélèvements homogènes dans toutes les classes de diamètre. Ce résultat confirme la bonne forme de cette variété.

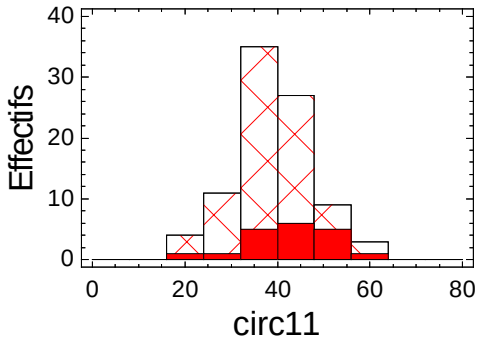
Histogramme des fréquences des populations avant éclaircie (hachuré) et éclaircies (rouge)



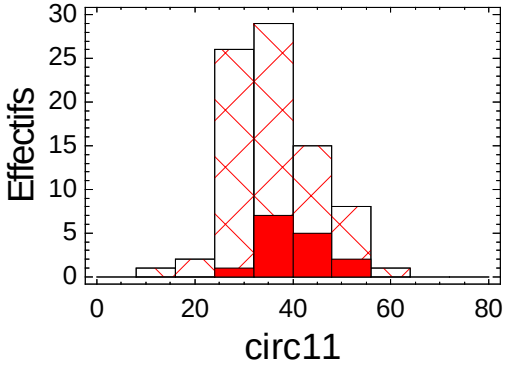

Bout 24



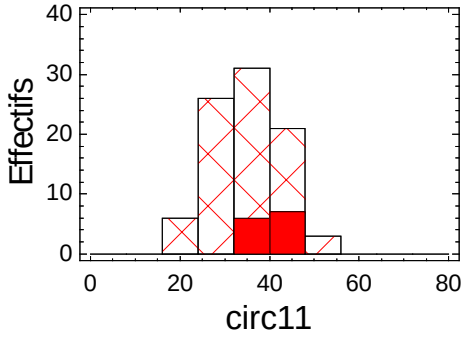

Darrington




La Luzette




RP04

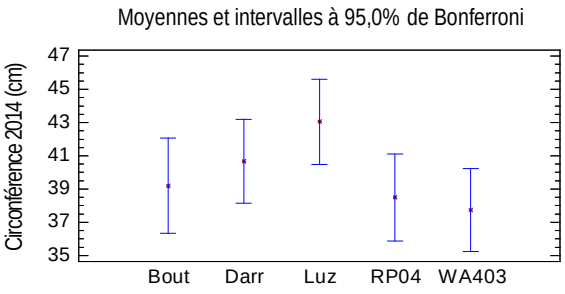


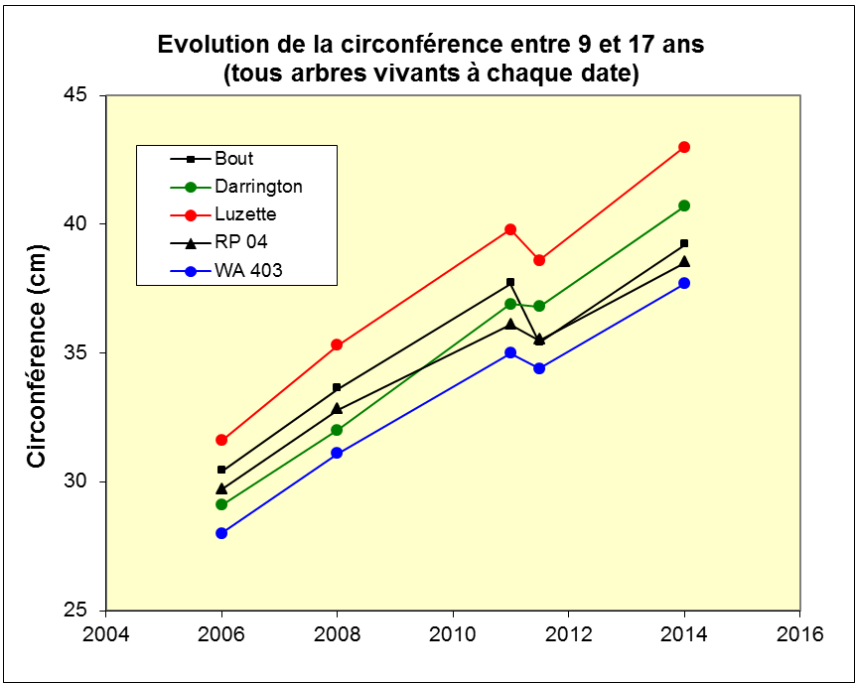

Washington 403

*1.1.6.1- Circonférence post-éclaircie*

| Provenance | circ. 2014 (cm) | circ. 2011-2014 (cm) |
|---|---|---|
| Bout 24 | 39.2 (ab) | 3.6 (ab) |
| Darrington | 40.7 (ab) | 3.8 (ab) |
| Luzette | 43.0 (b) | 4.4 (b) |
| RP04 | 38.5 (ab) | 3.0 (a) |
| WA 403 | 37.7 (a) | 3.6 (ab) |
| Total | 39,8 cm | 3.64 cm |

On observe une évolution sensible de la hiérarchie après éclaircie. En particulier, Bout 24 abandonne sa seconde place à Darrington. Cependant, l'effet génétique est faible (P = 0.03) et seules les deux provenances extrêmes diffèrent significativement (La Luzette et Washington 403).
*NB- Les comparaisons « deux à deux » montrent que La Luzette est significativement supérieure à toutes les provenances excepté Darrington.*






*Commentaires*
*- La diminution de circonférence consécutive à l'éclaircie a évidemment eu lieu en août 2014 mais elle a été figurée en 2011 faute de données disponibles à cette période.*
*- Les circonférences sont calculées sur l'ensemble des arbres vivants à chaque date de mesure et ces effectifs varient quelque peu d'une année sur l'autre à cause de la mortalité. La forte progression de Darrington entre 2008 et 2011 s'explique par une bonne croissance mais aussi par la perte d'individus peu vigoureux.*

## 1.2 –Tests homologues d'Ingwiller

Irstea a effectué des démarches auprès des propriétaires/gestionnaires des tests pour qu'ils effectuent les éclaircies dans deux tests homologues installés à Montsauche (58) et en FD de Grandcheneau (54). L'objectif, qui était de réaliser des analyses similaires à celles d'Ingwiller, ne pourra être atteint à Montsauche car le propriétaire (privé) a opté pour une éclaircie systématique ; celle-ci a été marquée par Irstea en mai 2015. Pour ce qui concerne Grandcheneau, l'opération a dû être reportée. L'éclaircie, programmée courant 2015, n'a pas été réalisée comme prévu du fait d'une mobilité de personnel ONF. Le nouveau gestionnaire envisage de la réaliser en 2016 ; elle sera pour partie systématique et pour partie sélective.

Le test de la FD de Somail (34) peut, quant à lui, être conservé plus longtemps en raison d'une plus forte mortalité et d'une moindre vigueur. Des mesures y sont programmées début 2016.

## *2- Essais comparant des vergers et peuplements européens*

Un réseau de tests comparatifs a été initié à la fin des années 1990, dans le cadre du projet européen Eudirec. Destiné à comparer 7 vergers européens – dont Darrington et La Luzette – et diverses provenances européennes et américaines, il est constitué de 9 dispositifs plantés en France (2), Belgique (2), Grande-Bretagne (2), Espagne (2) et Allemagne (1). Ce réseau a récemment été réactivé par le partenaire allemand et des mesures ont été effectuées dans les tests belges et allemand. Irstea a apporté sa contribution au projet en mesurant les deux tests qu'il a installés, à Montsauche (27-28 mai 2015) et St Sylvestre (octobre 2015). Les notations et mesures concernaient la survie, l'état sanitaire, la circonférence et la fourchaison. D'autre part, Irstea a repris contact avec le partenaire espagnol pour l'inciter à se joindre à l'opération. Une réponse est attendue en début d'année 2016.

## *3- Test génético-sylvicole de Brassy*

Irstea a été sollicité par la coopérative forestière Bourgogne Limousin (CFBL) pour présenter les activités de recherche en matière de génétique et sylviculture du Douglas. Cette journée de vulgarisation, organisée le 25 septembre 2015, à Brassy, nous a incité à analyser les données issues des dernières mesures du test génético-sylvicole présent sur le site. Cet essai compare quatre scénarios sylvicoles appliqués à quatre provenances, ce qui permet aussi d'analyser les données sous un angle génétique. Au total, le dispositif est constitué de 16 placettes de 0.25 ha (4 scénarios x 4 origines génétiques). Il fait à présent partie des essais gérés par le GIS « coopérative des données Douglas ».

### 3.1 – Caractéristiques du site

Localisation géographique : terrain situé sur la commune de Brassy (Nièvre), lieu-dit "Le Creusot", appartenant à un propriétaire privé – longitude 3°56'13" E - latitude 47°17'39" N - altitude : 540 m.
Topographie: pente de 10-15%
Climat (données Aurelhy) : pluviométrie annuelle : 1173 mm ; pluviométrie durant la période de végétation (mai-septembre) : 441 mm
Roche mère : granitique
Pédologie : sol de 70-80 cm de profondeur de texture limono-sableuse (facteurs édaphiques très favorables à la croissance du Douglas).
Antécédent cultural : taillis sous futaie de chêne et hêtre

### 3.2- Caractéristiques du dispositif

Provenances
- seed zone Washington 403, vergers de Bout 24, Darrington et La Luzette.
Les graines de La Luzette sont issues de la récolte effectuées en 1996.

Scénarios sylvicoles

Nombres de tiges/ha visés après éclaircie à hauteur dominante fixée

| N° du Scénario | Hauteur dominante (m) (*) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 4-6 | 13 | 18 | 23 | 27 | 31 | 35 |
| 2 | 1650 | 1650 | 1650 | 1100 | 750 | 500 | 350 | 250 |
| Long | 1100 | 1100 | 650 | 450 | 320 | 240 | 190 | 160 |
| 3 | 1100 | 1100 | 500 | 250 | 180 | | | |
| 4 | 1100 | 750 | 750 | 500 | | | | |

*(*) hauteur dominante : hauteur des 100 plus gros arbres/ha*

Préparation du terrain avant plantation : dessouchage à la dent Becker, mise en tas des rémanents et brûlage.
Plantation : Plants à racines nues 2+1 élevés à la pépinière de Peyrat-le-Château (semis 1997) – Plantation du 10 au 13 avril 2000, à 3 x 3 m (1100 plants/ha) ou 2 x 3 m (1667/ha).




***Les répétitions 1, 2, 3, 4 correspondent respectivement aux scénarios 3, 4, « long » et 2.***

## 3.3- Mesures et intervention sylvicole

Les placettes de mesure ont une surface de 1080 m², ce qui correspond à 121 individus (scénarios long, 3 et 4) ou 198 individus (scénario 2).

- Mortalité et état sanitaire : septembre 2000, avril 2004, octobre 2006, février 2010 et avril 2013.
De 2000 à 2010, l'état sanitaire a été évalué via une note 0 (individu sain), 2 (cime sèche), 5 (abrouti), 6 (frottis) ou 9 (mort). Ces notes étaient complétées par des observations si nécessaire (jaunissement, double-tête, arbre penché/courbé …).
En 2013, les opérateurs ont adopté le protocole du GIS : 0 (sain), 1 (dépérissant), 2 (blessé), 3 (chablis), 4 (sec), 5 (disparu), 6 (déstabilisé par le vent), 7 (autre problème) et 8 (absent).

- Circonférence à 1.30 m : octobre 2006, février 2010 et avril 2013. Conformément au protocole du GIS, le niveau de la prise de mesure est matérialisé par une marque de peinture.

- Hauteur
Les mesures d'avril 2004 (H 2000, 2002 et 2003) et octobre 2006 (H 2006) concernaient tous les individus. Celles de mars 2010 (H 2009) et mai 2013 (H 2012) étaient restreintes à 25 arbres par placette (5 arbres tirés aléatoirement dans 5 classes de circonférence).

- Un dépressage effectué en octobre 2006 dans les quatre placettes du scénario 4, pour abaisser la densité à 750 tiges/ha ; la hauteur dominante était alors de 5,90 m.

## 3.3- Analyse statistique

Qu'il s'agisse de pourcentages ou de variables continues, les analyses statistiques ont porté sur les moyennes des 16 placettes. Elles ont été traitées par analyses de variance à deux facteurs (provenance, scénario sylvicole), sans interaction. Les moyennes ont été comparées en utilisant le test de Tukey.
*NB- pour les variables quantitatives, les résultats sont similaires à ceux des ANOVA à deux facteurs et interaction réalisées sur les données individuelles (provenance et scénario testés par rapport à l'interaction provenance x scénario ; moyennes comparées avec le test de Bonferroni).*

Les hauteurs 2009 et 2012 n'ayant été mesurées que sur une sous-population non représentative de la placette, elles ont été estimées d'après la circonférence de chaque arbre en tenant compte de l'équation de la courbe de régression « circonférence x hauteur » propre à chaque placette. Ces deux variables étaient très bien corrélées ($R^2$ compris entre 80% et 96% selon la placette).

Pour les hauteurs et circonférences, des analyses distinctes ont été réalisées, d'une part, sur la totalité des arbres vivants (H et circ « réelles ») et, d'autre part, sur les populations n'ayant jamais été endommagées (H et circ « potentielles »). Les dégâts incriminés (frottis, dessèchement de cime, dépérissements, blessures, déstabilisation par le vent) concernent 9.6% des individus vivants.

## 3.4- Bilan global

| Variable | Effet provenance | Effet scénario sylvicole |
|---|---|---|
| % morts entre 2009 et 2012 | ** | * |
| % morts 2012 | ** | NS |
| % dépérissants 2012 | * | * |
| Circonférences ‘réelles’ | | |
| - accroissement 2009-2012 | ** | *** |
| - circonférence 2012 | * | ** |
| Circonférences ‘potentielles’ | | |
| - accroissement 2009-2012 | ** | *** |
| - circonférence 2012 | ** | ** |
| Hauteurs ‘réelles’ | | |
| - accroissement 2006-2009 | * | * |
| - hauteur 2009 | * | * |
| - accroissement 2009-2012 | *** | ** |
| - hauteur 2012 | ** | ** |
| Hauteurs ‘potentielles’ | | |
| - accroissement 2006-2009 | * | * |
| - hauteur 2009 | * | * |
| - accroissement 2009-2012 | *** | *** |
| - hauteur 2012 | *** | ** |

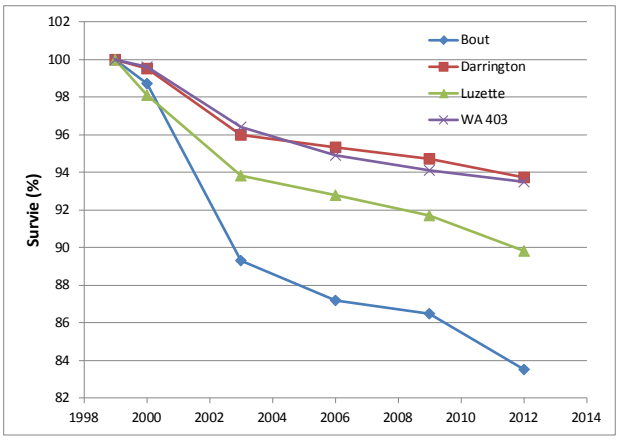
*(*), *, **, *** effet significatif au seuil de 10%, 5%, 1%, 1‰* *NS : non significatif*

## 3.4- Comparaison des provenances

### 3.4.1- Survie et état sanitaire

| | % morts entre 2009 et 2012 | % morts 2012 | % dépérissants 2012 |
|---|---|---|---|
| Bout | 2.6 (b) | 16.5 (b) | 3.0 (b) |
| Darrington | 0.6 (a) | 6.3 (a) | 0.5 (a) |
| Luzette | 1.3 (ab) | 10.2 (ab) | 0.4 (a) |
| WA 403 | 0.2 (a) | 6.5 (a) | 1.6 (ab) |
| moyenne | 24 arbres (1.2%) | 9.9% | 31 arbres (1.4%) |

La mortalité, qui a notablement augmenté entre 1 et 4 ans (1.1% et 6.1% en 2000 et 2003 respectivement), continue à progresser à un rythme ralenti. Elle touche très majoritairement des individus de faibles dimensions. Treize ans après la plantation, le pourcentage de survie s’établit en moyenne à 90.1%. Comme lors des précédentes campagnes de mesure, Bout 24 se distingue de Darrington et Washington 403 par une plus forte mortalité et l’écart s’est accentué au cours des trois dernières années.

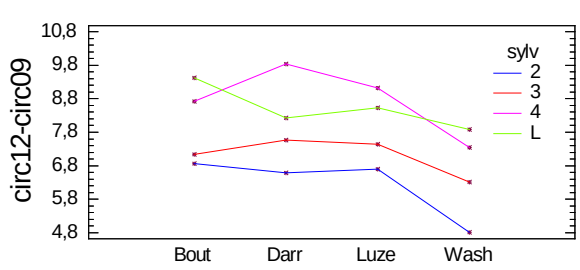


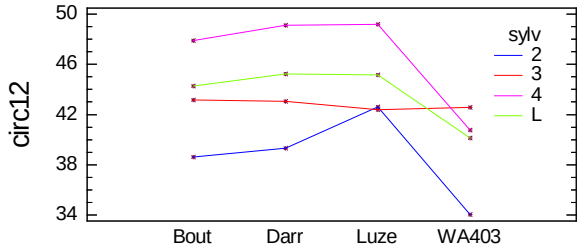
Comme en 2009, Bout renferme également un plus fort pourcentage d'arbres dépérissants. Ces individus, de faible diamètre et donc dominés par leurs voisins, demeurent cependant très minoritaires. D'autre part, ce statut de 'dépérissant' n'est pas rédhibitoire : 44% des 55 arbres notés dépérissants en 2009 ont été jugés sains en 2012 et seulement 16% sont morts (les 40% restants étant de nouveau classés 'dépérissants' en 2012).

## 3.4.2- Croissance radiale

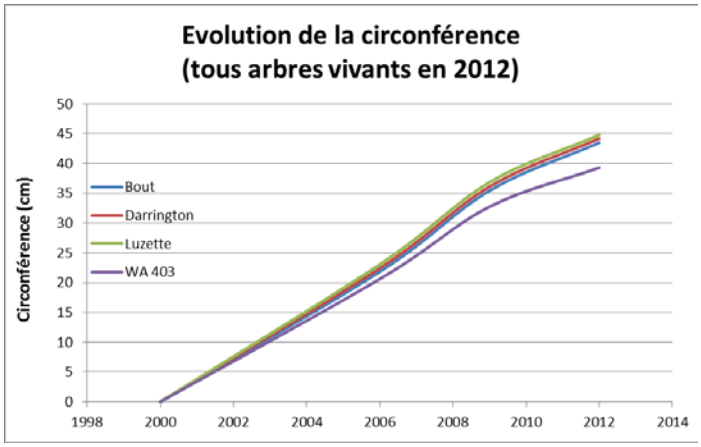
| | Circonférence 'réelle' | | Circonférence 'potentielle' | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | accroissement 2009-12 (cm) | circ. 2012 (cm) | % arbres éliminés | accroissement 2009-12 (cm) | circ. 2012 (cm) |
| Bout | 8.04 (b) | 43.5 (ab) | 13.7% | 8.58 (b) | 45.6 (b) |
| Darrington | 8.05 (b) | 44.2 (b) | 7.7% | 8.28 (b) | 45.1 (b) |
| Luzette | 7.94 (b) | 44.8 (b) | 8.7% | 8.30 (b) | 46.1 (b) |
| WA 403 | 6.59 (a) | 39.3 (a) | 8.7% | 6.83 (a) | 40.3 (a) |
| moyenne | 7.66 cm | 43.0 cm | 9.6% | 8.0 cm | 44.3 cm |

La hiérarchie observée en 2009 est conservée en 2012 : les variétés issues des trois vergers sont plus vigoureuses que la provenance WA 403 de l'aire naturelle. Ce constat vaut aussi bien pour la circonférence à 13 ans que pour l'accroissement entre 10 et 13 ans. Treize ans après la plantation, les représentants des trois vergers ont une circonférence supérieure de 12% à celle de WA 403. D'autre part, les analyses effectuées sur les données individuelles montrent que les interactions « provenance x scénario » sont faiblement significatives.




Bout 24 se classe mieux pour la circonférence potentielle que pour la circonférence réelle. Cela tient au fait qu'en 2009 et 2012 cette variété renfermait une plus forte proportion d'arbres dépérissants à très faible croissance.




*NB- pour une provenance et une année données, la circonférence correspond à la moyenne des circonférences moyennes de chaque parcelle (toutes les parcelles ont ainsi le même poids quel que soit leur effectif).*

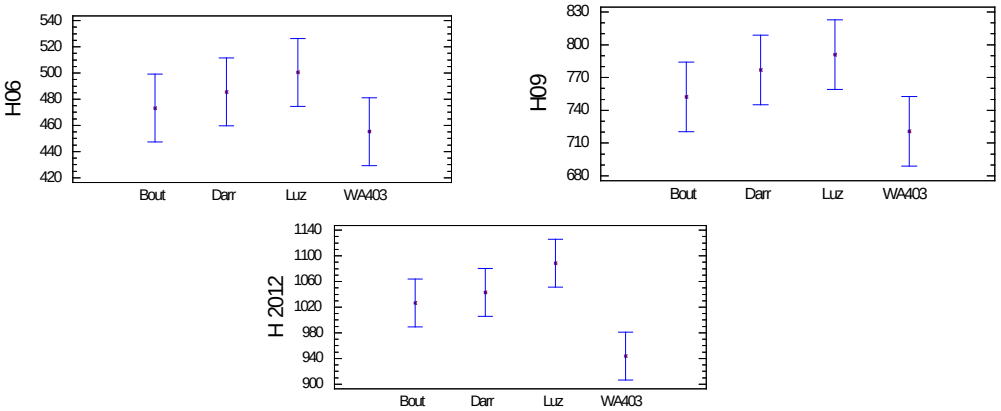
## 3.4.3- Croissance en hauteur

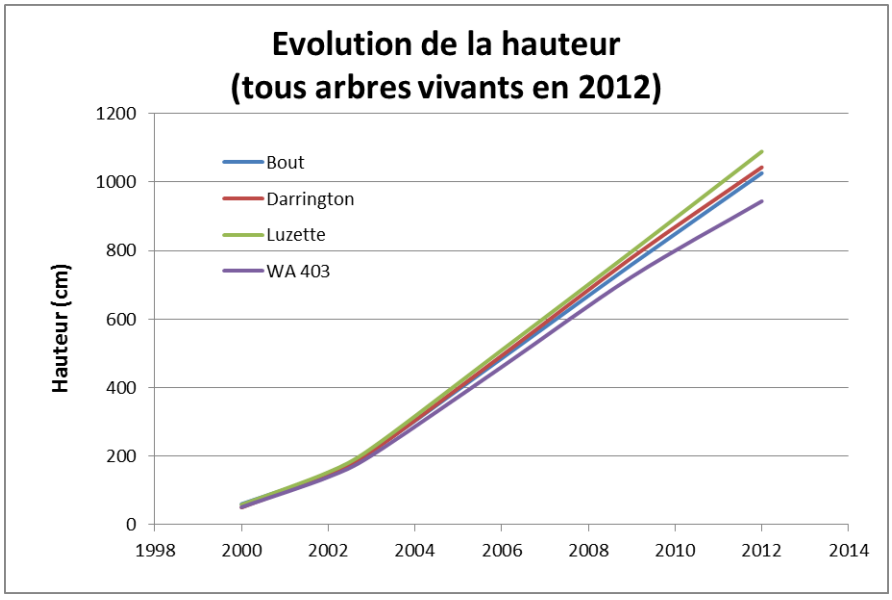
Bien que Bout soit parfois mieux classé lorsqu'on élimine les arbres endommagés et dépérissants, les analyses réalisées sur les deux types de hauteur fournissent des résultats très proches. Nous ne présentons donc que les hauteurs 'réelles' calculées sur tous les arbres vivants.

| | H 2006 (cm) | H 2006-09 (cm) | H 2009 (cm) | H 2009-12 (cm) | H 2012 (cm) | H $2012_{dom}$ [1] (cm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bout | 473 (a) | 272 (ab) | 752 (ab) | 267 (bc) | 1026 (b) | 1180 |
| Darrington | 485 (a) | 285 (b) | 777 (ab) | 263 (b) | 1043 (b) | 1160 |
| Luzette | 500 (a) | 286 (b) | 791 (b) | 291 (c) | 1089 (b) | 1204 |
| WA 403 | 455 (a) | 261 (a) | 721 (a) | 221 (a) | 944 (a) | 1110 |
| moyenne | 479 cm | 276 cm | 760 cm | 261 cm | 1026 cm | 1160 cm |

[1] *hauteur des 100 plus grands arbres/ha en 2012*

Les écarts de croissance se manifestent dès l'âge de trois ans et ils s'accentuent au fur et à mesure que les arbres vieillissent. Treize ans après la plantation, les trois vergers sont supérieurs à Washington 403 (+11%). D'autre part, La Luzette tend à se détacher de Darrington et Bout 24 ; il leur est significativement supérieur en 2012 dans les comparaisons « deux à deux ».



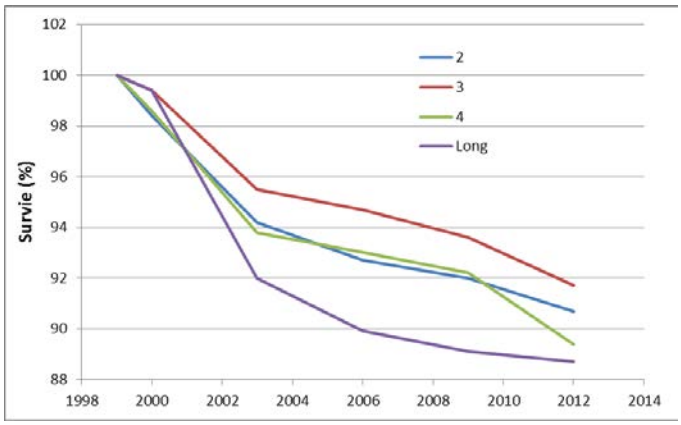



## 3.5- Comparaison des scénarios sylvicoles

### 3.5.1- Survie et état sanitaire

| Scénario sylvicole | % morts entre 2009 et 2012 | % morts 2012 | % dépérissants 2012 |
|---|---|---|---|
| S2 | 1.5 (a) | 9.3 (a) | 3.0 (b) |
| S3 | 2.0 (a) | 8.3 (a) | 0.5 (a) |
| S4 | 0.6 (a) | 10.6 (a) | 0.3 (a) |
| Long | 0.5 (a) | 11.4 (a) | 1.7 (ab) |
| moyenne | 24 arbres (1.2%) | 9.9% | 31 arbres (1.4%) |

La mortalité est indépendante du traitement sylvicole. En revanche, la proportion d'arbres dépérissants est plus élevée dans le scénario 2, caractérisé par une plus forte densité, que dans les scénarios 3 et 4.




### 3.5.2- Croissance radiale

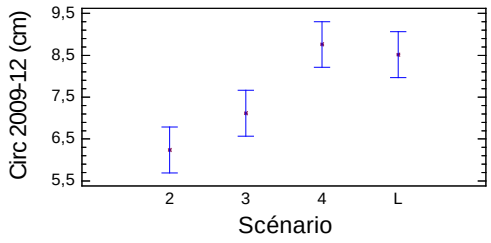
La croissance radiale étant influencée par la densité des placettes, nous nous intéressons ici à la circonférence 'réelle'.

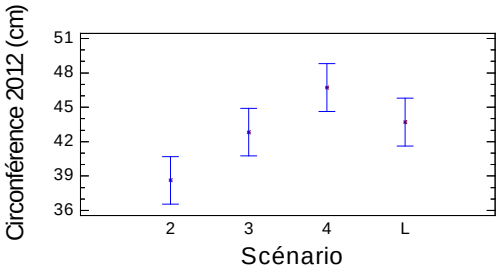
| Scénario sylvicole | accroissement 2009-12 | circ. 2012 (cm) |
|---|---|---|
| S2 | 6.24 (a) | 38.6 (a) |
| S3 | 7.11 (a) | 42.8 (b) |
| S4 | 8.76 (b) | 46.7 (b) |
| Long | 8.51 (b) | 43.7 (b) |
| moyenne | 7.66 cm | 43.0 cm |

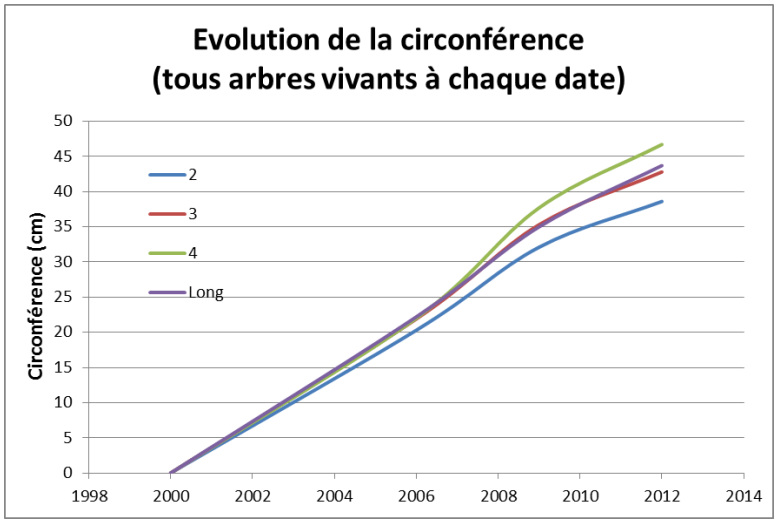
L'effet « sylviculture » est manifeste et, de façon logique, l'accroissement en diamètre est inversement proportionnel à la densité. Notons cependant que deux raisons peuvent expliquer la forte croissance des arbres du scénario 4 : la moindre concurrence depuis le dépressage de 2006, mais aussi la sélection opérée lors de cette intervention sylvicole qui a abouti à un gain de 1,2 cm sur la circonférence 2006.

L'accroissement observé entre 2009 et 2012 dans le scénario 'long' est meilleur qu'attendu puisque la concurrence y est pratiquement la même que dans S3 et plus forte que dans S4. Ce résultat surprenant peut résulter de l'hétérogénéité du terrain liée à la grande taille des placettes

(effet ‘sylviculture’ confondu avec un éventuel effet ‘station’) ou de différences dans le ratio ‘arbres dominants/dominés’.



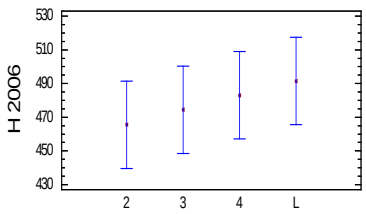



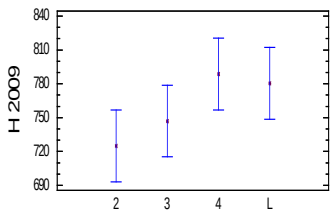

## 3.5.3- Croissance en hauteur

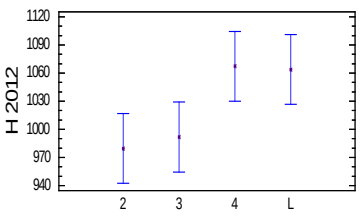
Les dépérissements pouvant être accentués par la concurrence entre arbres, et donc par la densité, nous nous intéresserons principalement aux hauteurs ‘réelles’ calculées sur l’ensemble des populations.

| Scénario | H 2006 (cm) | H 2006-09 (cm) | H 2009 (cm) | H 2009-12 (cm) | H 2012 (cm) | H $2012_{dom}$ [1] (cm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| S2 | 465 (a) | 259 (a) | 725 (a) | 250 (ab) | 979 (a) | 1158 |
| S3 | 474 (a) | 271 (ab) | 747 (a) | 239 (a) | 992 (a) | 1133 |
| S4 | 483 (a) | 283 (ab) | 788 (a) | 274 (bc) | 1067 (b) | 1178 |
| Long | 491 (a) | 290 (b) | 780 (a) | 280 (c) | 1064 (b) | 1183 |
| moyenne | 479 cm | 276 cm | 760 cm | 261 cm | 1026 cm | 1160 cm |

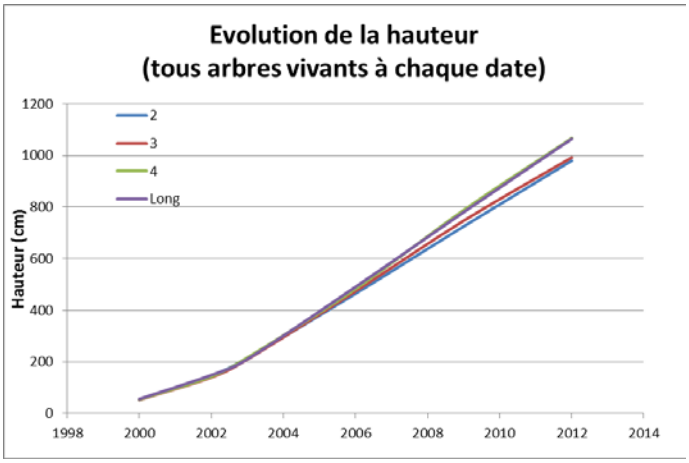
[1] *hauteur des 100 plus grands arbres/ha en 2012*



Les hauteurs moyennes, similaires dans les quatre scénarios durant les premières années, commencent à diverger en 2006. Les écarts s'accentuent progressivement, de sorte qu'en 2012 les arbres du groupe S4 et 'long' sont significativement plus vigoureux que ceux des scénarios 2 et 3.




La supériorité de S4 peut s'expliquer par le dépressage qui a généré un gain de 25 cm sur la hauteur moyenne de 2006 et par l'élimination de génotypes peu vigoureux. En revanche, la différence à nouveau observée entre les scénarios 3 et 'long' pose question puisque leurs densités sont voisines (1010 tiges/ha et 980/ha respectivement en 2012). Leurs hauteurs dominantes étant similaires, il est peu vraisemblable que la différence de hauteur soit due à la fertilité du sol. L'explication serait à rechercher au niveau de la répartition des tiges dans les différentes classes de diamètre (ratio « dominants/dominés »).

# IV- TESTS DE DESCENDANCES

## *1- Verger France 2 (INRA, Irstea)*

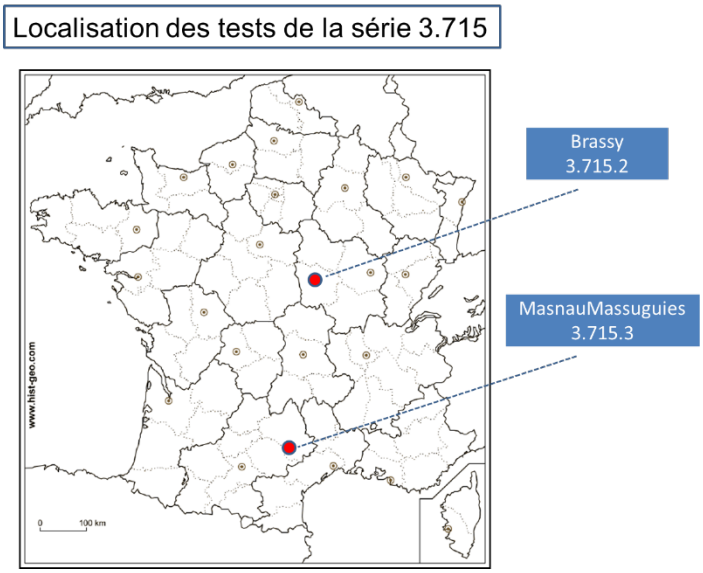
Les tests de la série 3.715 ont pour objectif d'évaluer les descendances demi-frères et pleins frères de quelques clones du verger France 2 et de les comparer à 3 lots témoins de vergers : Darrington, Luzette et Bout 24. En outre 4 descendances open de clones du VG Luzette sont mises en comparaison. Ces tests ont été plantés au printemps 2000 dans 3 sites :

- Peyrat le Château (Hte Vienne – 3.715.1); test à court terme Irstea – INRA
- Brassy (Nièvre – 3.715.2) –test Irstea
- Masnau Massuguiès (Tarn – 3.715.3) – Test INRA

Les plants installés dans les trois sites sont des semis d'un an élevés en conteneurs WM de 600 $cm^3$ à la pépinière de l'Etat d'Aix-en-Provence.

Les caractéristiques des tests de Brassy et Masnau sont décrites ci-dessous :

| | Brassy - 3.715.2 | Masnau Massuguiès 3.715.3 |
|---|---|---|
| Latitude | 47°17'44" N | 43° 47' 59 N |
| Longitude | 3°56'18" E | 2° 31' 47 E |
| Altitude | 540 m | 685 |
| Pluviométrie annuelle | 1173 mm | 1200 mm |
| Date de plantation | Avril 2000 | Mars 2000 |
| Densité à la plantation | 3 x 2,5 m (1333/ha) | 3 x 3 m (1111/ha) |
| Type de dispositif | Blocs complets, PU mono arbre | Blocs complets, PU mono arbre |




## 1.1- Matériel végétal

| | Brassy - 3.715.2 | Masnau Massuguiès 3.715.3 |
|---|---|---|
| Desc. ½ frères open France 2 | 71 familles | 64 familles issues de 64 clones du VG France 2 |
| Desc. pleins-frères France 2 | 25 familles | 19 familles impliquant 22 clones du VG France 2 et 2 clones du VG Luzette |
| Desc. ½ frères open Luzette | 4 familles issues de 4 clones du VG Luzette (1103, 1106, 1122 et 1125) | 2 familles issues de 2 clones du VG Luzette (1103 et 1122) |
| Témoins | Darrington, Luzette, Bout 24 | Darrington, Luzette, Bout 24 |

*N.B. : les descendances open Luzette ont été récoltées sur des clones ayant fait la preuve de leurs performances dans d'autres tests de descendances.*

## 1.2- Résultats du test de Brassy

### 1.2.1- Topographie et pédologie

- Topographie: pente de 10-15%
- Roche mère : granitique
- Pédologie : sol de 70-80 cm de profondeur de texture limono-sableuse (facteurs édaphiques très favorables à la croissance du Douglas).
- Antécédent cultural : taillis sous futaie de chêne et hêtre
- Préparation du terrain avant plantation : dessouchage à la dent Becker, mise en tas des rémanents et brûlage.

### 1.2.2- Le dispositif

Le dispositif est constitué de 30 blocs de 110 emplacements (cf plan de situation p.69). Chaque bloc est constitué de 97 plants correspondant à des familles de France 2, 1 plant de chaque famille de La Luzette et 3 plants (répartis aléatoirement) de chaque verger témoin. La quasi-totalité des familles de France 2 est représentée par 1 individu par bloc, soit 30 individus au total. On note cependant 4 exceptions : la famille 2908 (2 plants/bloc, donc 60 individus) et trois familles déficitaires en plants (2914, 2917 et 2927 représentées respectivement par 25, 14 et 21 individus).

### 1.2.3- Mesures

- Mortalité et état sanitaire : septembre 2000, avril 2005 et novembre 2014.
L'état sanitaire est apprécié via une note 0 (individu sain), 2 (cime sèche), 5 (abrouti), 6 (frottis) ou 9 (mort). Ces notes sont complétées par des observations si nécessaire (jaunissement, double-tête, arbre penché/courbé …).
- Hauteur : avril 2005
- Circonférence à 1,30 m : novembre 2014
- nombre de verticilles présentant une fourche : novembre 2014.
Le décompte des fourches a été effectué sur la partie visible du houppier, sur une hauteur de 8-10 mètres (H totale estimée à 12 m). A été considérée comme fourche toute branche faisant avec l'axe du fût un angle inférieur à 30° et dont le diamètre à la base était supérieur à la moitié de celui de la tige principale au point d'insertion.

### 1.2.4- Analyse statistique des données

- Pourcentages : test de Khi$^2$ ou de Kruskal-Wallis.
- Variables continues
* *Effet génotype* : analyse de variance à deux facteurs (provenance, bloc) sans interaction sur les données individuelles. Comparaison des moyennes à l'aide des tests de Bonferroni (effectifs inégaux) ou de Tukey (effectifs similaires). Des changements de variables ont dû être effectués de manière à satisfaire (ou ne pas trop déroger) aux conditions de normalité et d'homoscédasticité.
* *Effet verger* : test de Kruskal-Wallis sur les moyennes par bloc (France 2 représenté par les hauteur et circonférence moyennes des 96 familles testées).
- Les liens entre caractères ont été estimés au niveau familial, en utilisant les coefficients de corrélation de Pearson ou Spearman selon la nature des variables étudiées.

### 1.2.5- Comparaison des génotypes (familles ou vergers témoins)

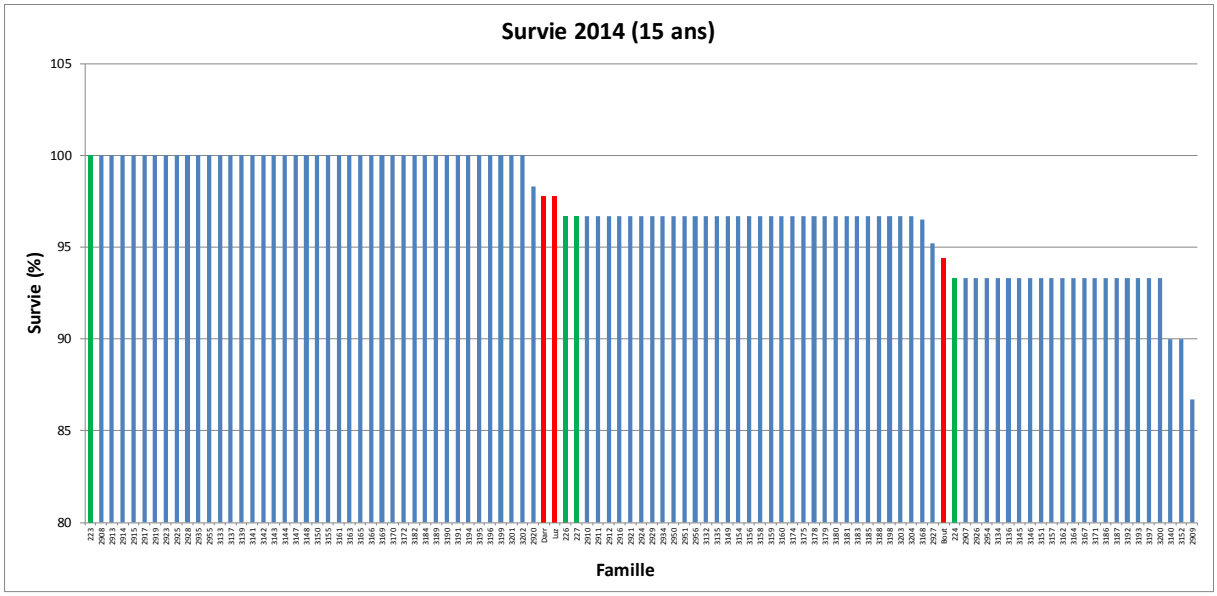
#### *1.2.5.1- Résultats globaux*

| Variable | Effet génétique | Effet bloc |
|---|---|---|
| Mortalité 2000 | NS | NS |
| Mortalité 2004 | NS | NS |
| Mortalité 2014 | NS | * |
| Circonférence 2014 | *** | *** |
| Hauteur 2004 | *** | *** |
| % arbres fourchus 2014 | (*) | (*) |

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

#### *1.2.5.2- Survie*

La mortalité est très faible : 0,1%, 0,9% et 2,9% respectivement 1, 5 et 15 ans après la plantation. Les différences entre génotypes (familles ou vergers témoins) ne sont pas significatives. D'autre part, les dégâts de gibier, jaunissements et anomalies de croissance (dessèchement de cime, arbres penchés, courbés, à doubles leaders) sont très rares.

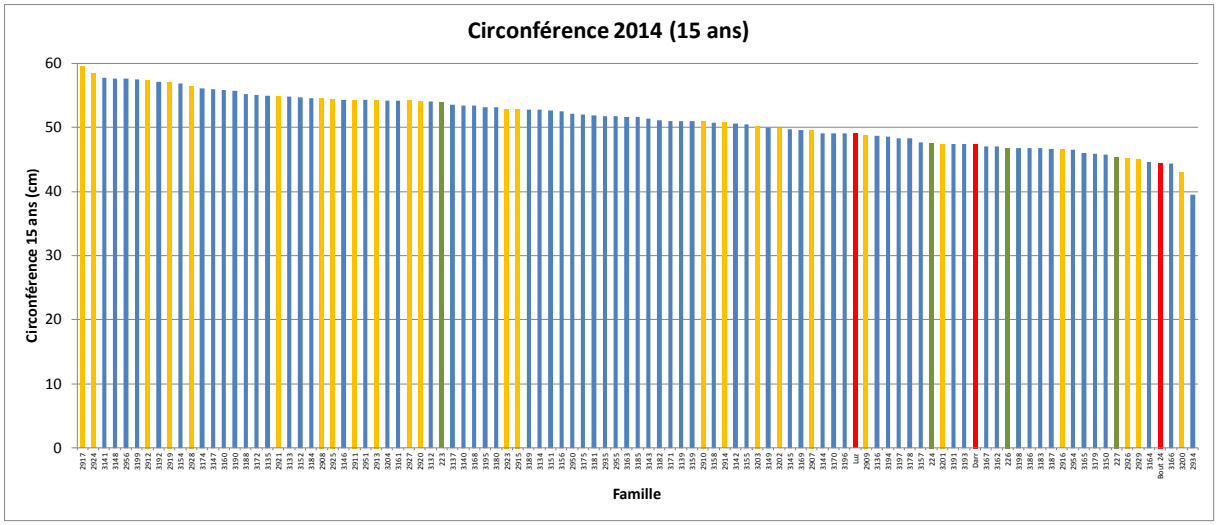



Légende des couleurs : bleu : familles France 2, rouge : vergers témoins, vert : familles La Luzette

### *1.2.5.3- Croissance*

** Circonférence à 15 ans*

Les familles du verger France 2 présentent des circonférences comprises entre 39,5 cm et 59,5 cm, ce qui dénote une forte variabilité inter-familiale. Les écarts de croissance ont cependant pu être artificiellement accentués par la concurrence entre arbres.

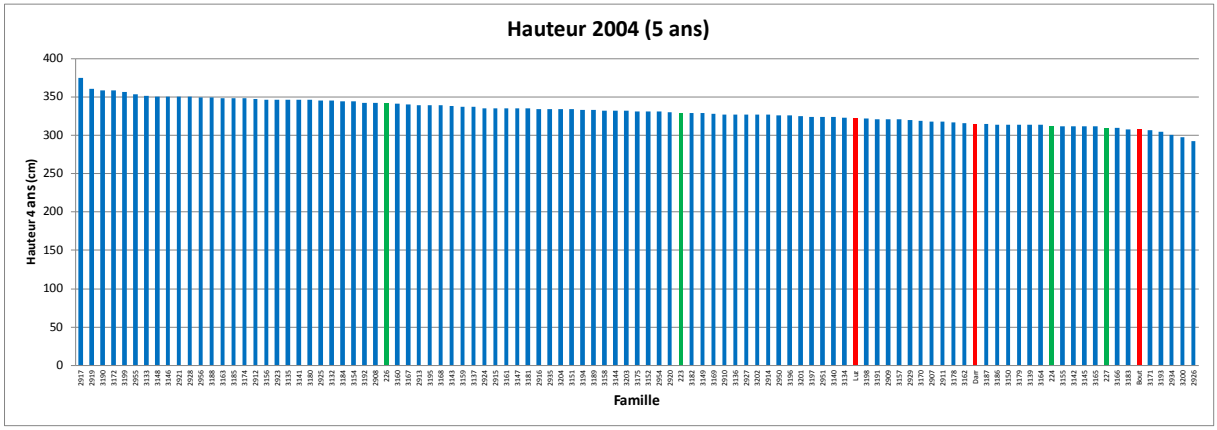



Légende des couleurs : bleu : familles open France 2, orange : familles plein-frères France 2, rouge : vergers témoins, vert : familles La Luzette

Bien que l'effet génétique soit hautement significatif, la majorité des familles se situent dans le même groupe. On n'observe une différence significative qu'entre, d'une part, les 7 familles les plus vigoureuses et, d'autre part, les 3 familles de queue et le verger témoin Bout 24. Cette faible discrimination est sans doute due au fait que les familles sont représentées par des effectifs limités.

** Hauteur à 5 ans*

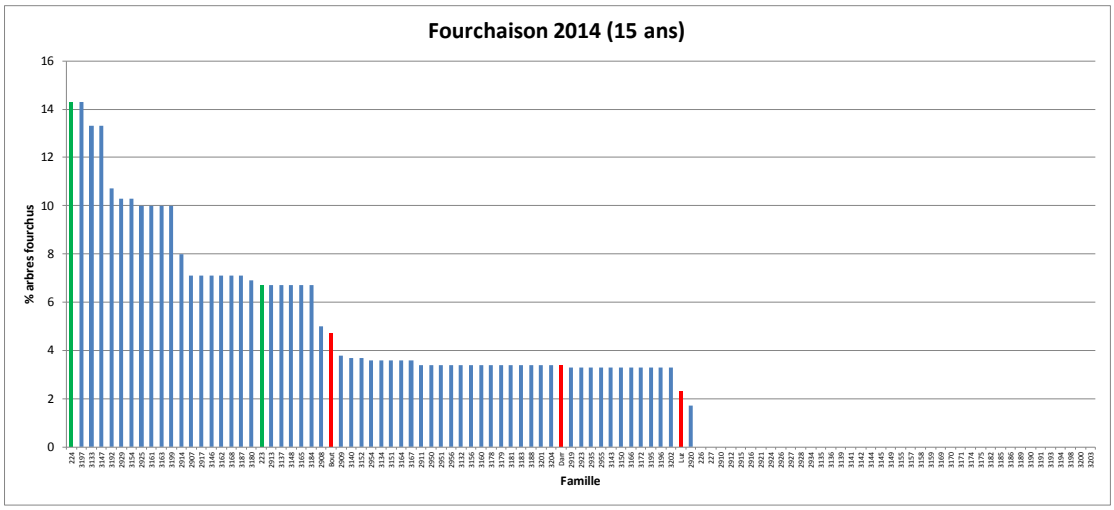
La hauteur des familles de France 2 varie entre 2,92 m et 3,75 m. Bien qu'importants, les écarts de croissance sont de moindre amplitude que ceux observés pour la circonférence. Comme précédemment, l'effet génotype est hautement significatif mais seules les 3-4 familles extrêmes diffèrent significativement.




## *1.2.5.4- Fourchaison*

Le pourcentage d'arbres fourchus est faible : 3,4%, soit 110 individus sur la totalité du dispositif. De plus, aucun arbre ne présente plus d'une fourche (visible depuis le sol).

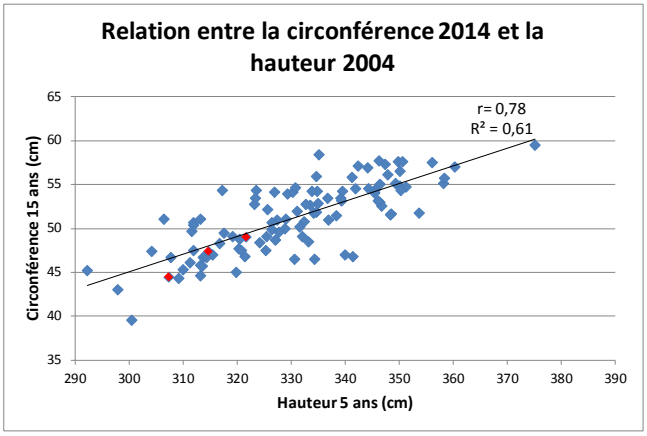
Au sein des familles de France 2, la proportion d'arbres fourchus varie de 0% à 14,3% et l'effet famille est proche du seuil de signification (P = 0.07).




## *1.2.5.5- Liaisons entre caractères (au niveau familial)*

La survie est faiblement, mais positivement, corrélée à la croissance en hauteur et en diamètre. Il est possible que les individus des familles les moins vigoureuses, plus concurrencés par la végétation herbacée, aient été plus touchés par la mortalité.
La hauteur à 5 ans et la circonférence à 15 ans sont fortement corrélées, ce qui explique la relative stabilité du classement des génotypes pour ces deux variables. D'autre part, l'aptitude à produire des fourches n'est que faiblement liée à la vigueur.

| | Hauteur 5 ans | circonférence 15 ans | % arbres fourchus |
|---|---|---|---|
| Survie 15 ans | r = 0.36*** | r = 0.27** | NS |
| Hauteur 5 ans | | r = 0.78*** | r = 0.16 (*) |
| Circonférence 15 ans | | | r = 0.18 (*) |




### *1.2.5.6- Comparaison de France 2 et des vergers témoins*

On peut considérer que le verger France 2, constitué de 138 clones, est correctement représenté par les 96 familles du test de descendances. Les données collectées ici permettent donc de comparer la valeur du verger à celle des trois vergers témoins.

** Résultats globaux*

| Variable | Effet verger | Effet bloc |
|---|---|---|
| Mortalité 2000 | NS | NS |
| Mortalité 2004 | NS | NS |
| Mortalité 2014 | NS | * |
| Circonférence 2014 | ** | NS |
| Hauteur 2004 | ** | NS |
| % arbres fourchus 2014 | NS | (*) |

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

** Valeur comparée de France 2*

France 2 ne diffère pas significativement de Bout 24, Darrington et La Luzette pour la survie et le taux de fourchaison. En revanche, il s'avère supérieur à Bout et Darrington pour la croissance en hauteur et en circonférence.

| Verger | survie 15 ans | hauteur 5 ans (cm) | circonférence 15 ans (cm) | % arbres fourchus |
|---|---|---|---|---|
| Bout 24 | 94.4 | 307.3 (a) | 44.5 (a) | 4.7 |
| Darrington | 97.8 | 314.6 (a) | 47.4 (ab) | 3.4 |
| La Luzette | 97.8 | 321.6 (ab) | 49.0 (bc) | 2.3 |
| France 2 | 97.2 | 331.5 (b) | 51.5 (c) | 5.2 |

## 1.3- Résultats du test de Masnau-Massuguiés

Le présent rapport fait le bilan du test INRA de Masnau Massuguiès pour les 5 populations constituées des 3 groupes de descendances (France 2 open, France 2 pleins frères, Luzette open) et des trois lots témoins de vergers (Darrington, Luzette et Bout). Seul le niveau population sera considéré dans la suite de ce compte rendu. Les données portent sur trois groupes de caractères : survie, croissance et architecture de la branchaison

### 1.3.1- Survie

La survie est globalement bonne à Masnau et a peu évolué entre 2004 et 2015, comme présenté dans le tableau ci-dessous :

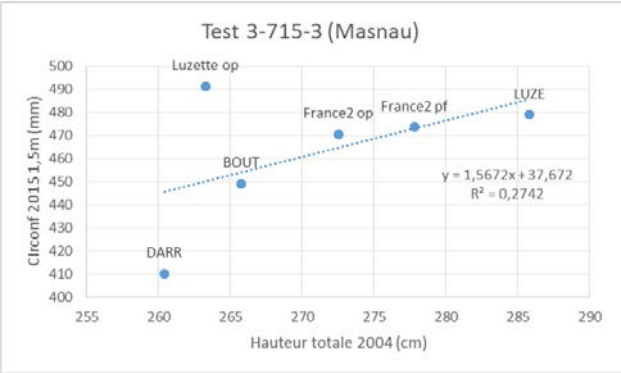
| Populations | Survie 2004 | Survie 2015 |
|---|---|---|
| France2 pf | 0,90 | 0,88 |
| France2 op | 0,89 | 0,87 |
| Luzette op | 0,85 | 0,80 |
| BOUT | 0,88 | 0,85 |
| LUZE | 0,92 | 0,92 |
| DARR | 0,90 | 0,90 |
| **Moy. Générale** | **0,89** | **0,87** |

Les écarts entre populations sont très faibles et ne permettent pas de tirer de conclusion sur leur adaptation relative dans le site du Tarn.

### 1.3.2- Croissance

Deux caractères sont disponibles : la hauteur totale 2004 (5 ans) et la circonférence 2015 (16 ans). Les performances par population sont présentées ci-dessous :

| Populations | HT 2004 (cm) | CIR 2015 (mm) |
|---|---|---|
| France2 pf | 278 | 474 |
| France2 op | 273 | 471 |
| Luzette op | 263 | 491 |
| BOUT | 266 | 449 |
| LUZE | 286 | 479 |
| DARR | 260 | 410 |
| **Moy. Générale** | **273** | **471** |

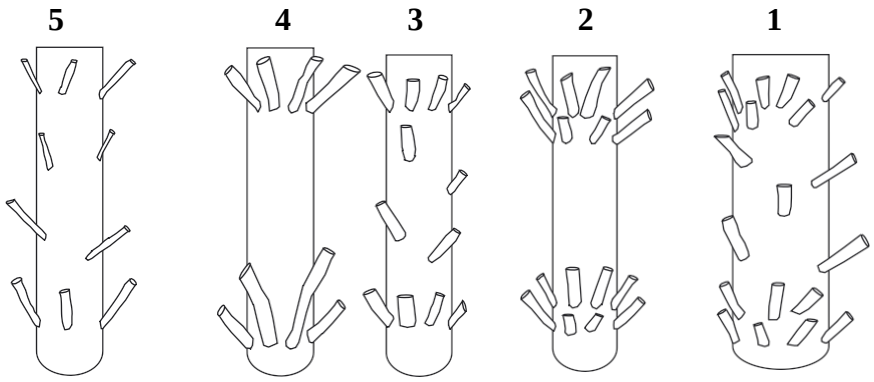



Les différences entre populations sont très significatives. Elles sont, en valeur relative, de 10% pour la hauteur à 5 ans à 17% pour la circonférence à 16 ans. L'écart relatif entre populations reste de 15% si l'on enlève les deux descendances open de Luzette. A Masnau, La Luzette et France 2 confirment leur vigueur, largement devant Darrington et même Bout, pourtant réputé pour sa croissance observée dans d'autres tests.

## 1.3.3- Architecture de la branchaison

Trois caractères de branchaison ont été observés en 2015 :

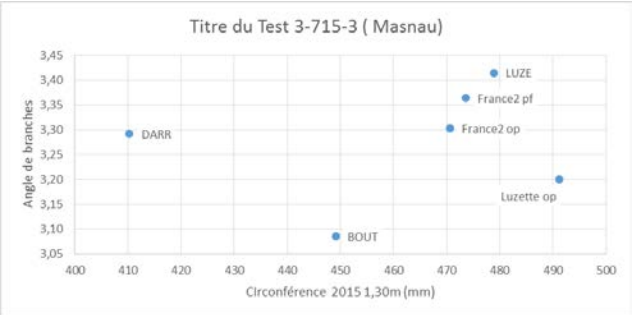
- Angle de branche, suivant un score à 5 classes (1 = fastigié à 5 = plat)
- Nombre de verticilles présentant un défaut de fourchaison ou ramicorne
- Taux de branchaison avec un score à 5 classes suivant le barème ci-dessous :

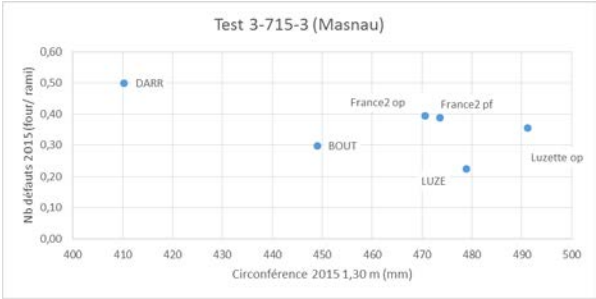


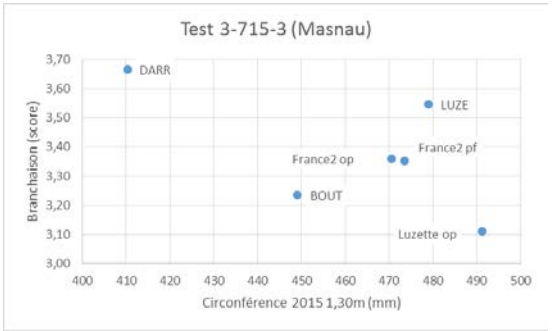

Les performances des populations pour ces 3 caractères d'architecture sont présentées ci-après :

| Populations | Angle de branche | Fourchaison | Branchaison |
|---|---|---|---|
| France2 pf | 3,36 | 0,39 | 3,35 |
| France2 op | 3,30 | 0,39 | 3,36 |
| Luzette op | 3,20 | 0,36 | 3,11 |
| BOUT | 3,09 | 0,30 | 3,23 |
| LUZE | 3,42 | 0,23 | 3,55 |
| DARR | 3,29 | 0,50 | 3,67 |
| **Moy. Générale** | **3,27** | **0,39** | **3,36** |

Ces performances sont représentées en regard de la croissance en circonférence dans les trois graphiques ci-après :



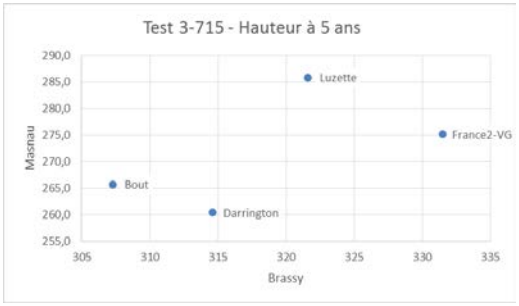



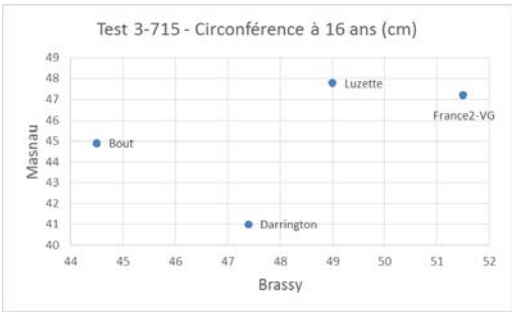

Ces graphiques montrent bien le comportement particulier de Darrington qui se distingue avec un taux de fourchaison comparativement élevé (défavorable) et un score de branchaison élevé (favorable).

Conclusion : A Masnau, dans le Tarn, les deux groupes de descendances (open et plein-frères) représentant le VG France 2 sont très proches pour tous les caractères. France 2 présente une vigueur et une forme comparable à Luzette. Une éclaircie génétique permettra certainement de corriger certains défauts de forme : réduction du nombre de fourches et du nombre de branches

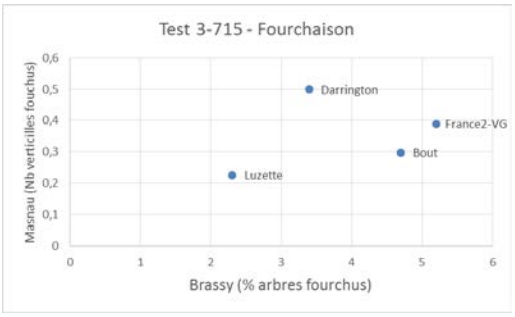
### 1.4- Comparaison Masnau-Brassy




Les données par population, fournies par Irstea ont permis de comparer ces deux sites pour 3 caractères : hauteur à 5 ans, circonférence à 15-16 ans et fourchaison (pourcentage d'arbres fourchus à Brassy, nombre de défauts par arbre à Masnau). Les graphiques illustrant ces performances sont présentés ci-contre :




Pour la croissance en hauteur à 5 ans et la circonférence à 16 ans, les résultats sont comparables dans les deux sites avec une meilleure discrimination entre populations à Brassy où la croissance est la meilleure. Si les vergers France 2 et Luzette sont dans les deux sites plus vigoureux que les témoins, les classements respectifs de ces deux vergers s'inversent entre sites. Alors qu'il fait état d'une relativement bonne vigueur à Brassy, Darrington est particulièrement déclassé à Masnau. Ce comportement est conforme à ce qui est observé sur la mauvaise adaptation de Darrington dans les sites méridionaux.




A Brassy le pourcentage très faible d'arbres fourchus ne discrimine pas les populations. Néanmoins, dans les deux sites, la Luzette se singularise par une moindre production de fourches et ramicornes que France 2. La fourchaison est certainement un défaut à corriger par éclaircie génétique dans le VG France 2.

## ***2- Verger Washington 2 (INRA)***

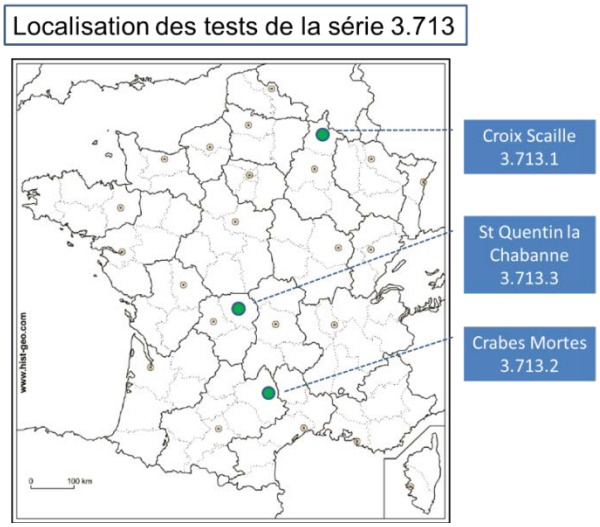
Les tests de la série 3.713 ont pour objectif d'évaluer les descendances demi-frères et pleins frères de quelques clones des vergers Washington 2 et Couze (sélection de clones hollandais) et de les comparer à 5 lots témoins issus de récoltes commerciales : VG Couze, VG Darrington, VG Bout 24, VG Luzette et peuplement ‘contrôlé’ Chassagne. En outre, 18 descendances open de l'aire naturelle du Douglas (Washington) sont également mises en comparaison. Ces tests ont été plantés par l'INRA au printemps 1998 dans 3 sites suivant un dispositif en blocs incomplets à composition aléatoire et parcelles unitaires mono arbres:

- Forêt domaniale de Croix Scaille (Ardennes – 3.713.1)
- Forêt domaniale de Crabes Mortes (Tarn – 3.713.2)
- Saint Quentin La Chabanne (Creuse – 3.713.3)

Les caractéristiques de ces trois sites sont décrites ci-dessous :

| | Croix Scaille - 3.713.1 | Crabes Mortes – 3.713.2 | Saint Quentin – 3.713.3 |
|---|---|---|---|
| Latitude | 49°56'05"N | 43°25'N | 45°50'N |
| Longitude | 4°50'60"E | 2°07'E | 2°10'E |
| Altitude | 500 m | 450 à 710 m | 650 m |
| Pluviométrie annuelle | 1211 mm | 1288 mm | 1100 mm |
| Date de plantation | 1998 | 1998 | 1998 |
| Densité à la plantation | 1100 | 952 | 1143 |

Ces trois sites sont donc situés sur un transect Nord-Sud à altitude et précipitations annuelles comparables.




## 2.1- Matériel végétal

| Populations | Croix Scaille - 3.713.1 | Crabes Mortes – 3.713.2 | Saint Quentin – 3.713.3 |
|---|---|---|---|
| Wash2 pl | 36 familles ½ frères polycross du VG Washington 2 | 33 familles ½ frères polycross du VG Washington 2 | 33 familles ½ frères polycross du VG Washington 2 |
| Wash2 fs | 68 familles pleins frères issues de 70 clones du VG Washington 2 | 67 familles pleins frères issues de 68 clones du VG Washington 2 | 67 familles pleins frères issues de 68 clones du VG Washington 2 |
| Couze pl | 34 familles ½ frères open du VG Couze | 34 familles ½ frères open du VG Couze | 34 familles du VG Couze |
| Wash pl | 18 familles½ frères open représentatives de l'aire naturelle (Washington) | 18 familles½ frères open représentatives de l'aire naturelle (Washington) | 18 familles½ frères open représentatives de l'aire naturelle (Washington) |
| Témoins : BOUT, Couze-com, Luze-com, Darr-com, CHAS | VG Bout 2, VG Couze, VG Luzette, VG Darrington Peuplement : Chassagne | VG Bout 2, VG Couze, VG Luzette, VG Darrington Peuplement : Chassagne | VG Bout 2, VG Couze, VG Luzette, VG Darrington Peuplement : Chassagne |

Dans le présent rapport seul le niveau population sera considéré. Les données portent sur quatre groupes de caractères : adaptation, croissance et architecture de la branchaison

## 2.2- Adaptation

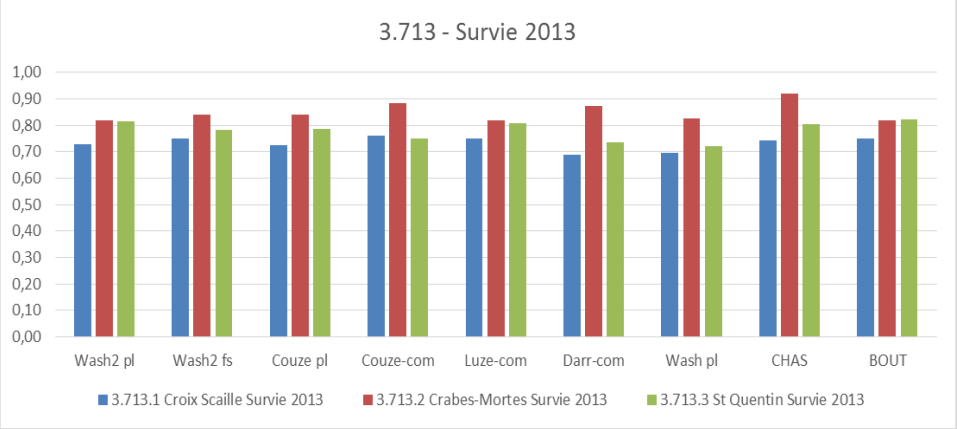
L'adaptation est évaluée sur deux caractères : la survie et le débourrement végétatif.

### 2.2.1- Survie

En 2013, le bilan de la survie dans les trois sites s'établit comme suit :

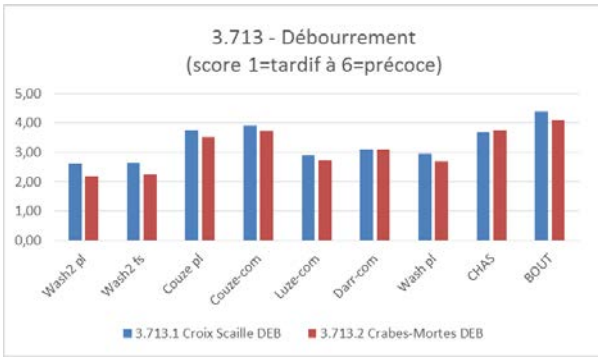
| Populations | Croix Scaille - 3.713.1 | Crabes Mortes – 3.713.2 | Saint Quentin – 3.713.3 |
|---|---|---|---|
| Wash2 fs | 0,75 | 0,82 | 0,82 |
| Wash2 pl | 0,73 | 0,84 | 0,78 |
| Couze pl | 0,72 | 0,84 | 0,79 |
| Couze-com | 0,76 | 0,88 | 0,75 |
| Luze-com | 0,75 | 0,82 | 0,74 |
| Darr-com | 0,69 | 0,87 | 0,72 |
| Wash pl | 0,70 | 0,83 | 0,80 |
| CHAS | 0,74 | 0,92 | 0,82 |
| BOUT | 0,75 | 0,82 | 0,82 |
| **Moy. Générale** | **0,73** | **0,84** | **0,77** |

Les survies ont peu évolué au depuis la plantation puisque que lors du premier relevé, en 2002 elles étaient respectivement de 0,77, 0,88 et 0,80. Aucune différence entre populations n'est mise en évidence intrasite pour la survie, comme le montre le graphique ci-dessous.




### 2.2.2- Débourrement

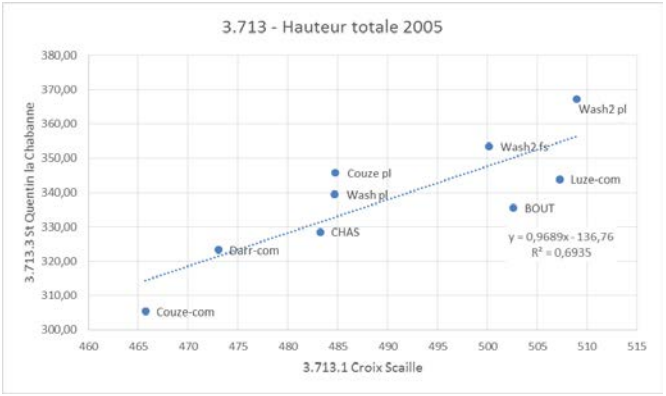
Ce caractère a été évalué en 2001 (4 ans après plantation) dans deux sites : Croix Scaille et Crabes Mortes. Les résultats par population dans chaque site sont présentés dans le graphique ci-contre.
Les vergers Washington 2, Luzette et Darrington confirment leur bon niveau de tardiveté et, à l'inverse les deux lots du VG Couze révèlent une précocité comparable à celle bien connue du VG BOUT ou celle des peuplements français représentés ici par le peuplement Chassagne.



## 2.3- Croissance

Deux caractères sont disponibles : la hauteur totale 2005 (8 ans) et la circonférence 2013 (16 ans).

La hauteur à 8 ans n'est disponible que pour les sites de Croix Scaille et de St Quentin la Chabanne. Les performances par population sont présentées dans le graphique ci-contre:




A 8 ans, la hauteur totale des populations est très bien corrélée entre les deux sites ($R^2$=0,7). Les vergers Washington 2 (représenté ici par un nombre limité de familles open) et Luzette se distinguent dans les deux sites pour leur bonne croissance. A l'opposé, on retrouve la faible croissance en hauteur du VG Darrington. Les deux lots du VG de Couze sont contrastés : le lot commercial est le moins vigoureux de tous les lots testés alors que la moyenne des descendances récoltées dans le VG se situe en milieu de distribution, comme le peuplement Chassagne. Il est vraisemblable que le lot commercial du VG de Couze n'est pas issu d'un nombre suffisamment représentatif des clones qui composent le VG.

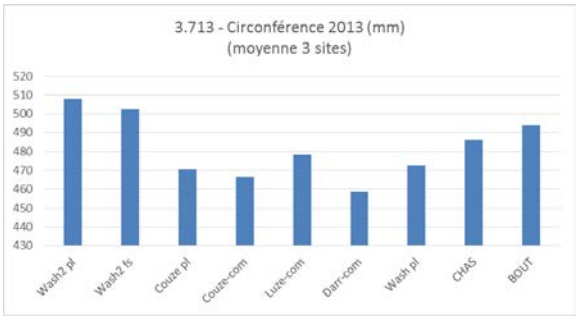
La circonférence 2013 est disponible sur les trois sites. Les performances des populations dans ces trois sites (exprimées en mm) figurent dans le tableau ci-dessous :

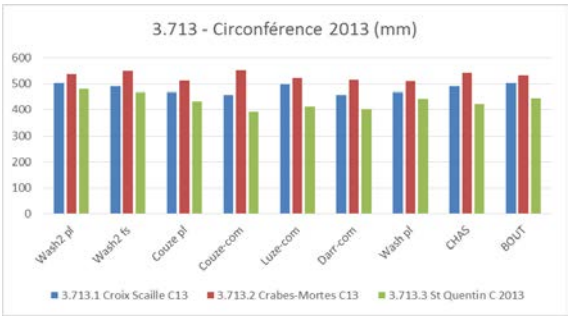
| **Populations** | **Croix Scaille - 3.713.1** | **Crabes Mortes – 3.713.2** | **Saint Quentin – 3.713.3** |
|---|---|---|---|
| Wash2 fs | 505 | 538 | 481 |
| Wash2 pl | 490 | 550 | 467 |
| Couze pl | 469 | 511 | 431 |
| Couze-com | 457 | 551 | 392 |
| Luze-com | 500 | 522 | 414 |
| Darr-com | 458 | 515 | 404 |
| Wash pl | 467 | 510 | 441 |
| CHAS | 493 | 543 | 423 |
| BOUT | 504 | 533 | 445 |
| **Moy. générale** | **486** | **530** | **450** |

Le site de Crabes Mortes, dans le Tarn, se distingue par une croissance en diamètre nettement supérieure à celle des deux autres sites plus septentrionaux. C'est aussi celui dans lequel le classement des populations diffère le plus des deux autres, comme en attestent ci-dessous les coefficients de corrélations inter-sites:

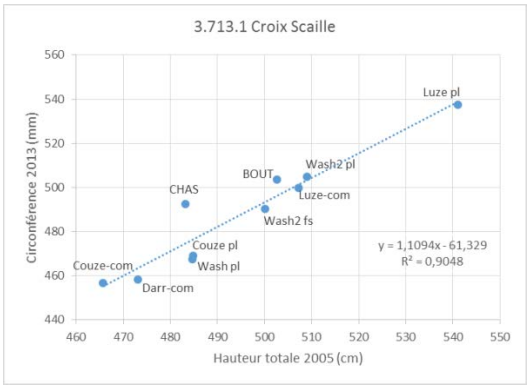
| | **Croix Scaille** | **Crabes Mortes** |
|---|---|---|
| **Crabes Mortes** | 0,29 | |
| **St Quentin** | 0,63 | 0,15 |

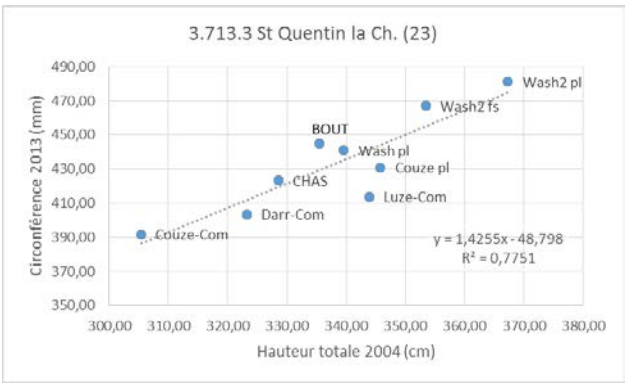
Néanmoins, sur l'ensemble des trois sites, le classement en circonférence de populations est très logique : on retrouve en tête de classement les deux lots de VG Washington 2 et en queue de classement les VG de Darrington et Couze. Les écarts restent toutefois non significatifs, en raison de la forte interaction GxE due au site de Crabes Mortes.




On notera par ailleurs la bonne prédiction de la circonférence à 16 ans par la hauteur à 8 ans, comme le montrent les graphiques ci-dessous et les coefficients de détermination de la régression linéaire entre les deux variables

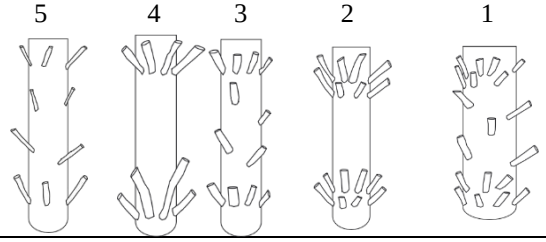



On notera aussi les très bonnes performances en vigueur des deux descendances open du VG Luzette à Croix Scaille, qui avaient été repérées dans d'autres dispositifs et qui avaient justifié la présence de ces génotypes comme témoins dans le test 3.713.1.

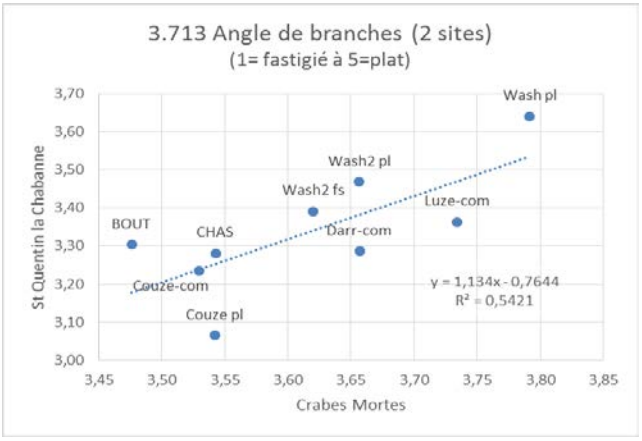
## 2.4- Architecture

Les trois caractères pris en compte lors des mesures de 2013 (16 ans) n'ont pas été systématiquement mesurés dans les trois sites. Le tableau ci-dessous décrit ces mesures:

| Type de caractère mesuré | Sites mesurés |
|---|---|
| **Angle de branche** suivant un score à 5 classes (1=fastigié à 5=plat) | St Quentin la Chabanne, Crabes Mortes |
| **Fourchaison** : nombre de verticilles présentant un défaut de fourche ou ramicorne | Croix Scaille, St Quentin la Chabanne, Crabes Mortes |
| **Taux de branchaison** avec un suivant un score à 5 classes suivant le barème ci-dessous :   | St Quentin la Chabanne, Crabes Mortes |

## 2.4.1- Angle de branche

Le graphique ci-contre présente les moyennes observées par population dans les deux sites mesurés.



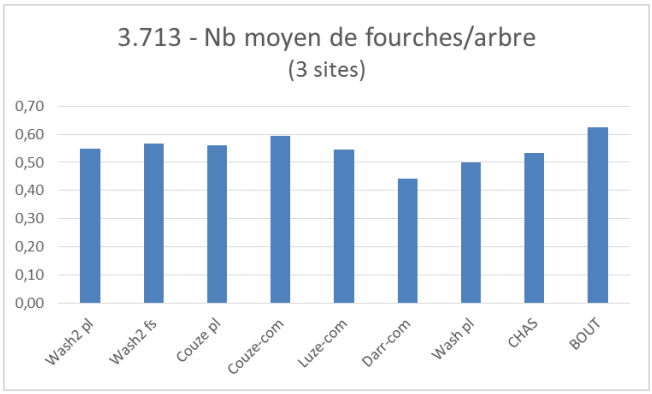

On retrouve sur ce graphique le fait que l'angle de branche est un caractère relativement indépendant du site. Ce graphique montre aussi une séparation entre les 5 provenances américaines et les 4 lots "européens". Sans être au niveau de qualité des descendances représentatives de l'aire naturelle du Washington, les VG de douglas de l'Etat présentent un angle de branche plutôt favorable. A l'opposé les VG Couze et Bout font état, comme le peuplement Chassagne d'un angle de branches sensiblement plus fermé.

## 2.4.2- Fourchaison

Le nombre moyen de défauts observés par arbre sur les trois sites sont présentés dans le tableau ci-dessous :

| **Populations** | **Croix Scaille - 3.713.1** | **Crabes Mortes – 3.713.2** | **St Quentin – 3.713.3** |
|---|---|---|---|
| Wash2 fs | 0,83 | 0,53 | 0,29 |
| Wash2 pl | 0,85 | 0,55 | 0,29 |
| Couze pl | 0,94 | 0,47 | 0,27 |
| Couze-com | 0,93 | 0,56 | 0,29 |
| Luze-com | 0,79 | 0,61 | 0,24 |
| Darr-com | 0,76 | 0,43 | 0,14 |
| Wash pl | 0,79 | 0,48 | 0,23 |
| CHAS | 0,65 | 0,63 | 0,32 |
| BOUT | 0,95 | 0,59 | 0,34 |
| **Moy. générale** | **0,86** | **0,52** | **0,27** |

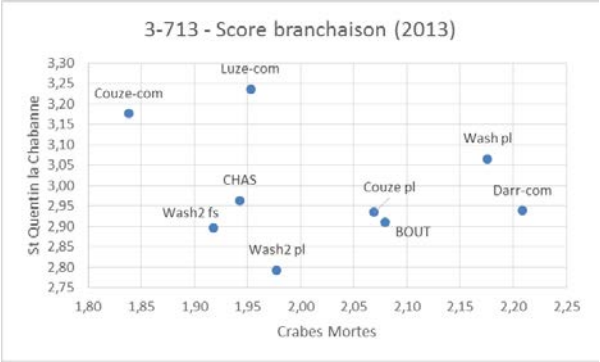
On constate que le nombre moyen de défauts de fourches par arbre est très dépendant du site et est sensiblement proportionnel à la fertilité de la station (jugée par la vigueur des arbres).




Même s'il est difficile de dégager les différences significatives entre populations, du fait de la grande variabilité du caractère intra population et inter sites, on notera que le VG Darrington se distingue des autres populations par un taux de fourchaison comparativement bas. A contrario, dans le site le plus discriminant (Croix Scaille) le VG Couze fait état d'un taux particulièrement élevé de fourches, comparable à celui du VG Bout, que l'on rapprochera de sa tendance à un débourrement précoce (coef. de corrélation entre ces deux traits : 0,44).

## 2.4.2- Taux de branchaison

Ce trait s'avère peu discriminant entre populations alors qu'il est en moyenne très différent d'un site à l'autre (scores moyens : 2,01 à Crabes Mortes et 3,0 à St Quentin).
A St Quentin, les VG Luzette et Couze présentent le meilleur taux de branchaison (plutôt élevé), ce qui n'est pas confirmé par leurs performances dans le site de Crabes Mortes. Ce comportement interactif contraste avec la relative stabilité des classements intersites des autres populations (corrélation linéaire intersites de 0,52 si l'on enlève Luzette et Couze commercial de la distribution).




## Conclusion

Les deux groupes de descendances (polycross et plein-frères) représentant le VG Washington 2 sont très proches pour tous les caractères. Il n'en est pas tout à fait de même des familles open et du lot commercial du VG de Couze, notamment pour les caractères de vigueur. Le tableau ci-dessous tente de synthétiser les principales caractéristiques de ces deux VG, telles qu'elles ont été mises en évidence dans la série de tests 3.715.

--= plutôt faible, -= faible, 0= neutre, + = bon, ++= très bon, +++ = excellent

| **Caractères** | **VG Washington 2** | **VG Couze** |
|---|---|---|
| Survie | 0 | 0 |
| Tardiveté du débourrement | +++ | -- |
| Croissance juvénile en hauteur | ++ | -- |
| Croissance en circonférence | +++ | -- |
| Angle de branches | + | - |
| Taux de fourchaison | 0 | - |
| Taux de branchaison | + | - |

Pour la branchaison et la tardiveté du débourrement, Washington 2 est très comparable au VG Luzette. Il semble cependant procurer un léger gain génétique par rapport à Luzette en matière de tardiveté du débourrement et surtout croissance (juvénile en hauteur et circonférence). Le gain de croissance en circonférence serait de l'ordre de 6% à 8% par rapport à la Luzette selon la richesse du site et probablement de l'ordre du double par rapport à Darrington.
En revanche, le verger de Couze, du fait de sa précocité de débourrement, sa croissance modérée et son architecture "perfectible" ne présente pas pour le moment un intérêt prioritaire pour les reboisements en France.
Pour ces deux vergers, une analyse détaillée du comportement des familles serait à engager pour orienter une éclaircie génétique, si elle est jugée nécessaire, et identifier quelques clones élites (VG Washington 2 seulement) à incorporer dans la population d'amélioration.

## *3- Verger Californie (INRA)*

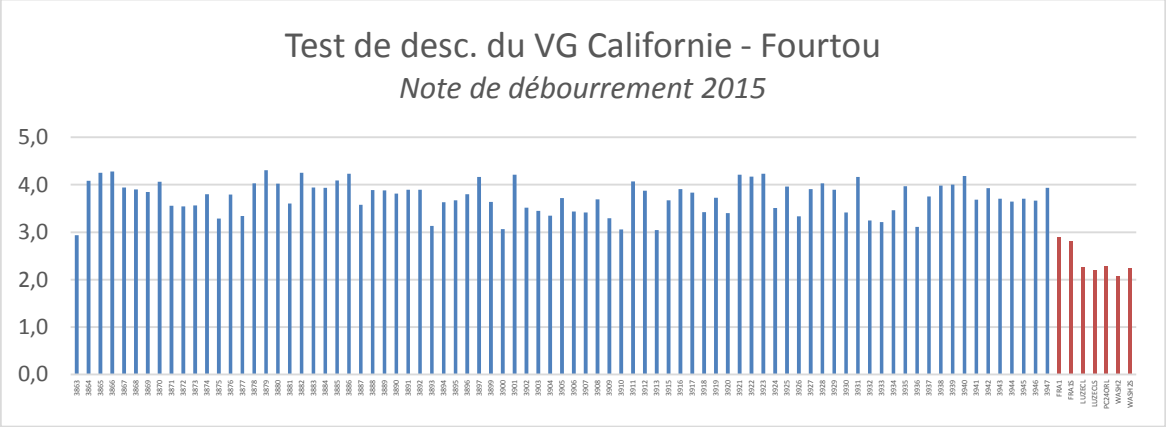
Un bilan de la survie et de la croissance deux ans après plantation des tests de descendances des clones du verger Californie a été présenté dans le rapport d'activité 2013. Il était prévu de compléter ce bilan par une mesure de débourrement végétatif. Cette mesure, programmée pour le printemps 2014 n'a pu être réalisée que dans le test de St Junien la Bregère (Haute Vienne). Cette mesure a été reprogrammée pour le printemps 2015 dans le test de Fourtou (Aude). Le score traditionnel [1= bourgeon dormant à 6= bourgeon en croissance] a été affecté à tous les arbres au cours de 2 passages effectués fin avril et début mai 2015. Le score final de débourrement de chaque arbre correspond au score moyen des deux passages.

Pour rappel, les tests de St Junien et de Fourtou ont été plantés en mars 2011 avec des semis d'un an élevés en conteneurs de 0,5 litres à la pépinière des Milles. Le matériel végétal mis en place dans les deux sites est le suivant :

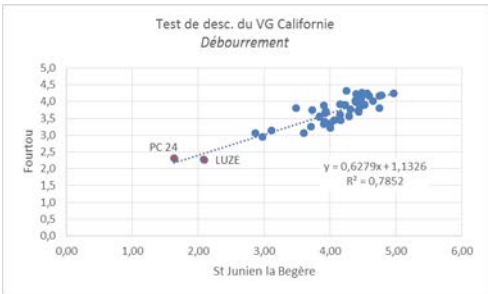
- Fourtou : 83 descendances open du VG Californie et 4 lots témoins (VG France 1, VG Luzette, VG Washington 2 et PC 24)
- St Junien : 42 descendances open (communes à celles plantées à Fourtou) et 2 lots témoins (VG Luzette et PC24)

Nota : PC 24 est un lot de graines 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 descendances des populations Darrington et Arlington (série de tests INRA 2-703)

Le graphique ci-dessous montre qu'aucune famille ne présente un stade de débourrement comparable (en termes de tardiveté) aux témoins de référence. La précocité du débourrement est une caractéristique intrinsèque de ce verger.




Cet autre graphique compare le stade de débourrement observé dans les deux sites de test sur les 42 descendances et les 2 lots témoins communs. Il confirme une fois encore la grande stabilité intersites de la phénologie du débourrement chez le Douglas et l'extrême précocité des MFR engendrés par les clones du VG Californie.




**Conclusion** : il est encore trop tôt pour juger de l'utilisation qui pourra être faire des MFR issus du VG Californie. Pour le moment on ne peut que confirmer que leur précocité de débourrement les restreint de toute façon et de manière stricte aux zones indemnes de gelées tardives.

# MELEZES

## *1- Identification des hybrides à l'aide de la spectrométrie infrarouge (SPIR) (INRA)*

Les analyses de spectres SPIR réalisées en 2011 et 2012 par l'INRA ont démontré la possibilité de prédire l'appartenance d'échantillons d'aiguilles aux trois espèces de mélèze d'intérêt (mélèzes d'Europe, du Japon et mélèze hybride), avec des niveaux de précision élevés (cf comptes rendus d'activité 2011, pp 241-245, et 2012, pp 154-158). Ces travaux ont été présentés à la communauté scientifique en 2015 :

Segura et al. Discrimination des espèces de mélèze à l'aide de la Spectroscopie Proche InfraRouge (SPIR). 2èmes rencontres scientifiques du réseau NIRS INRA, 26 et 27 mars 2015, INRA Val de Loire Orléans (présentation orale).

Segura et al. Determination of Larch taxa with Near Infrared Spectroscopy, 17$^{th}$ international conference on Near Infrared Spectrometry, NIR2015, Foz do Iguassu - Brazil - 18$^{th}$ to 23$^{rd}$ October 2015 (poster).

Il était prévu de présenter ici une synthèse de ces essais mais un tel bilan est apparu prématuré. En effet, il convient de vérifier que les critères spectraux utilisés pour cette discrimination ne confondent pas les effets 'espèce' et 'site de récolte' des aiguilles. L'utilisation de la SPIR pour détecter l'origine géographique (site) de lots de grumes d'épicéa à travers l'Europe s'est montrée très efficace et nous incite à la prudence.

Aussi une nouvelle récolte d'aiguilles a été réalisée, sur les mêmes clones que ceux analysés précédemment, mais dans un autre site que la station INRA d'Orléans : elle évitera de confondre un effet « taxa » avec un effet « site » et permettra de rendre le modèle de discrimination spécifique plus robuste. La récolte a eu lieu durant l'été 2015, dans le verger du Theil pour le mélèze d'Europe et dans les archives clonales de l'INRA à la pépinière PNRGF de Peyrat pour le mélèze du Japon et mélèze hybride. Le broyage des aiguilles a été réalisé et l'analyse des spectres SPIR est programmée début 2016.

## *2- Détermination de l'origine des composants des vergers 'Sudètes' français (INRA)*

Les 177 clones du verger à graines du verger du Theil ont été analysés avec les 13 marqueurs microsatellites mis au point par S. Wagner. Des clones supplémentaires issus des populations d'amélioration du mélèze d'Europe de l'INRA ont été également analysés de manière à constituer des populations de référence pour les différentes « races » de mélèze d'Europe (sudetica, polonica et alpin). Ces analyses ont permis de révéler une très grande hétérogénéité génétique du matériel analysé avec la présence de clones alpins mais surtout de nombreuses formes hybrides liées très probablement à des introgressions plus ou moins anciennes dans les peuplements où les clones ont été sélectionnés.

Plusieurs seuils de détection des non sudètes ont été testés de manière à évaluer l'impact sur la composition et effectif du verger.

Tableau 3. Evolution des assignations des clones pour des seuils de probabilité de plus en plus faibles.

| | Seuil de probabilité | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Origines génétiques | 0.875 | 0.85 | 0.8 | 0.75 | 0.7 | 0.65 | 0.6 | 0.55 |
| sudetica | 67 | 76 | 91 | 95 | 111 | 113 | 114 | 117 |
| SxP | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 |
| AxS | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| polonica | 0 | 0 | 3 | 8 | 9 | 13 | 14 | 18 |
| Alpes | 8 | 14 | 14 | 14 | 16 | 18 | 19 | 21 |
| AxP | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Hybrides multiples | 90 | 75 | 57 | 48 | 29 | 21 | 18 | 10 |
| Total général | 177 | 177 | 177 | 177 | 177 | 177 | 177 | 177 |

Les résultats ont été exposés au CTC de juin 2015 (annexe 3), en présentant une option d'élimination dans un premier temps des clones strictement alpins dès l'hiver 2015-2016 qui sera suivie d'une éclaircie génétique quand les résultats des tests de descendances d'évaluation seront disponibles. Par ailleurs des tests d'inoculation au chancre sont prévus courant 2016 de manière à caractériser la sensibilité des clones au chancre.

## *3- Performances de descendances hybrides et d'espèces pures (INRA)*

L'INRA a analysé les données collectées dans un test de Peyrat-le-Château qui compare des individus hybrides et non-hybrides issus de plusieurs variétés européennes. Les analyses, qui devaient initialement être restreintes au module d'élasticité (cf rapport 2014, pp. 78-81), ont été étendues à des caractères d'adaptation, de vigueur et de forme. Les résultats ont été incorporés dans une publication commune Irstea-INRA qui a été soumise en juin 2015 à la revue New Forests :
G. Philippe, C. Buret, S. Matz, L. Pâques – Composition of hybrid larch (*Larix x eurolepis* Henry) Forest Reproductive Materials: how much does hybrid percentage affect stand performance.

**Objectif** : suivre l'évolution de la composition spécifique de différentes variétés de mélèze hybride et son impact sur les performances des variétés.

### 3.1- MATERIEL ET METHODES

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 deux 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 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 (2) | Nbre graines ou semis | Testé sur (1) | Proportion des taxa (%) | | | | Taux d'hybrides (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | EL | ELxJL | JlxEL | JL | |
| FH 201 Barres (F) | B | 1 EL x 1 FS JL | 200 | S | 50.7 | - | - | 0 | 49.3 |
| | | | 81 | P | 28.4 | 71.6 | 0 | 0 | 71.6 |
| Schnappenhammer (D) | S | 1 EL x 1 JL | 200 | S | 86.4 | - | - | 0 | 13.6 |
| | | | 131 | P | 82.0 | 15.0 | 2.0 | 1.0 | 17.0 |
| Vaals (NL) (3) | V | 1 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 | 1.0 | 21.4 | 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 | 26.7 | 23.3 | 18.0 | 32.0 | 41.3 |
| | H98 | 15 EL x 15 JL | 205 | S | 22.4 | 24.9 | 22.4 | 30.2 | 47.3 |
| | | | 160 | P | 29.0 | 22.0 | 26.0 | 23.0 | 48.0 |

*(1) S= graines et P = semis*
*(2) EL : mélèze d'Europe, JL : mélèze du Japon ; l'espèce maternelle est soulignée*
*(3) Le verger Vaals est composé de 13 clones de mélèze d'Europe mais les cônes ne sont récoltés que dans la partie centrale constituée d'un clone maternel unique.*

## 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.

## Mesures et observations

Hauteur totale : en 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2007 et 2008
Diamètre ou circonférence à 1.3m : en 2005, 2007, 2008, 2010 et 2011
Note de rectitude (échelle 1 à 5 ; 5 = droit) : en 2011
Mortalité : notée à chaque campagne de mesures
Accidents biotiques/abiotiques :

- Canicule 2003 : l'impact de la canicule a été enregistré par une notation de dégât (D=descente de cime / R=bout des rameaux desséché) et une mesure de la longueur de la descente de cime en avril 2004.
- *Meria* : une attaque forte attribuée à *M. laricis* a été observée et notée en juillet 2008 (échelle 1 à 5 : 1 = arbre très affecté, cime complètement jaune).

## Eclaircie

Une 1ère éclaircie planifiée pour l'hiver 2013/2014 a été simulée selon 3 critères :

- vigueur : volume individuel des tiges en 2011 calculé selon Thill et Palm (1984).
- forme des tiges,
- index combinant vigueur et forme.

Le taux d'éclaircie a été fixé à 30% dans chaque parcelle, ce taux incluant les individus morts.

Par ailleurs, une éclaircie de type sylvicole a été marquée sur le terrain par l'équipe de la pépinière à travers l'ensemble de la plantation (sans distinguer les placettes).

## 3.2- RESULTATS

### 3.2.1- Suivi de la composition spécifique

Les marqueurs moléculaires cytoplasmiques mis au point à l'INRA par Acheré et al. (2004) ont permis de déterminer la composition spécifique des variétés testées, d'abord au stade des lots de graines puis en fin d'élevage en pépinière (Tableau 2). Ce tableau montre la très forte variabilité des taux d'hybrides entre vergers quel que soit le stade observé. Pour la plupart des vergers, on observe une augmentation du taux d'hybrides entre le lot de graines et les plants en pépinière et en plantation. L'élimination naturelle des individus autofécondés peut certainement être invoquée pour les vergers des Barres et de Schnappenhammer et dans une mesure plus modeste pour les autres vergers.

Tableau 2 – Evolution du taux d'hybrides (%) dans les lots de graines, en pépinière à 2 ans, à la plantation puis en cours de développement de la plantation suite à la mortalité naturelle

| Vergers | Graines | Pep. | Plantation | Evolution taux hybride suite à mortalité | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **1999** | **2001** | **2002** | **2003** | **2004** | **2005** | **2007** | **2008** | **2010** | **2011** |
| B | 49.3 | 71.6 | 72.2 | 83.3 | 83.3 | 83.3 | 83.0 | 83.0 | 83.0 | 83.0 |
| H87 | 35.6 | 41.3 | 40.3 | 41.0 | 41.0 | 41.0 | 41.0 | 41.0 | 40.6 | 40.6 |
| H98 | 47.3 | 48.0 | 49.7 | 50.7 | 51.1 | 51.1 | 51.1 | 51.1 | 51.1 | 51.1 |
| N | 22.5 | 22.4 | 22.4 | 22.2 | 21.1 | 21.1 | 21.1 | 21.1 | 21.1 | 21.1 |
| S | 13.6 | 17.0 | 17.1 | 17.1 | 17.1 | 17.1 | 17.1 | 17.1 | 17.1 | 17.1 |
| V | 68.0 | 77.7 | 78.9 | 79.4 | 79.2 | 79.2 | 79.2 | 79.2 | 79.2 | 79.2 |

#### 3.2.1.1- Influence de la mortalité naturelle

La mortalité naturelle est restée très limitée dans cette plantation puisqu'elle ne dépasse pas 7.1% en 2011, hormis pour le verger des Barres (Tableau 3). La crise de plantation et sans doute dans une certaine mesure la canicule de 2003 sont la principale source de mortalité mais elles ont eu une incidence modérée puisqu'elles n'ont entrainé qu'une faible mortalité (6.4%) (Tableau 3), hormis pour le verger des Barres pour les plants de mélèze d'Europe (jusqu'à 55%) : le taux d'hybrides est ainsi passé de 72.2 à 83.3% (Tableau 2). La mortalité n'ayant ensuite augmenté que très légèrement, les taux d'hybrides ont peu évolué pour toutes les variétés.

Table 3 : Evolution de la mortalité de 2003 à 2011 (%)

| Vergers | **2003** | **2004** | **2005** | **2007** | **2008** | **2010** | **2011** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B | 25.0 | 25.0 | 26.4 | 26.4 | 26.4 | 26.4 | 26.4 |
| H87 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 4.3 | 4.3 |
| H98 | 7.3 | 7.9 | 7.9 | 7.9 | 7.9 | 7.9 | 7.9 |
| N | 6.5 | 7.8 | 7.8 | 7.8 | 7.8 | 7.8 | 7.8 |
| S | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| V | 1.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 |
| **Total** | **6.4** | **6.8** | **7.0** | **7.0** | **7.0** | **7.1** | **7.1** |

### 3.2.1.2- Influence de l'éclaircie

Sur base des mesures 2011, l'influence de plusieurs scénarios d'éclaircie sur le taux d'hybrides a été mesurée. Un taux d'éclaircie fixe de 30% (y compris les plants morts) a été appliqué à toutes les parcelles. Les critères retenus sont :

- la hauteur totale (HT2008, la dernière disponible)
- le volume tige (Vol2011)
- la rectitude de la tige (Fl2011)
- un index combinant vigueur et forme (index2011)
- le même que précédemment mais en le corrigeant pour éliminer prioritairement les tiges avec défauts (fourche, fente, cime cassée, etc) (index2011b)

Ces valeurs sont aussi comparées à une éclaircie (EclPeyrat) marquée sur le terrain (mais pas réalisée) par les agents de la pépinière de Peyrat, correspondant à l'éclaircie qu'un sylviculteur pourrait effectivement réaliser. A noter que son taux est plus fort (48.6%) mais surtout variable entre placettes (43 à 53%) puisque cette simulation a concerné l'ensemble de la plantation et pas chaque parcelle individuellement. Elle prend donc aussi en compte les performances moyennes de chaque variété.

Tableau 4. Evolution du taux d'hybrides (%) selon différents scénarios d'éclaircie

| | Avant éclaircie (2011) | %vivants marqués | Simulations : critères d'éclaircie | | | | | Peyrat | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | HT2008 | Vol2011 | Fl2011 | index2011 | Index2011b | %vivants marqués | après éclaircie |
| B | 83.0 | 5.7 | 88.0 | 88.0 | 84.0 | 86.0 | 82.0 | 32.1 | 97.2 |
| H87 | 40.6 | 27.1 | 48.5 | 48.5 | 41.2 | 47.4 | 47.4 | 51.1 | 50.8 |
| H98 | 51.1 | 23.7 | 57.5 | 56.6 | 54.7 | 54.7 | 51.9 | 40.3 | 59.0 |
| N | 21.1 | 23.9 | 16.7 | 16.7 | 25.9 | 22.2 | 22.2 | 45.1 | 17.9 |
| S | 17.1 | 29.7 | 23.1 | 23.1 | 19.0 | 20.5 | 19.2 | 50.9 | 29.6 |
| V | 79.2 | 28.3 | 97.4 | 98.7 | 88.2 | 89.3 | 87.8 | 41.5 | 93.5 |

A de rares exceptions près (pour N), tous les scénarios d'éclaircie testés améliorent au moins légèrement le taux d'hybrides (de 1 à +/- 15%). En général, l'augmentation est plus forte quand la sélection des tiges à enlever porte sur les caractères de vigueur plutôt que sur la forme, hormis pour le verger N. Cette augmentation est limitée par au moins trois facteurs : i) le taux effectif d'éclaircie sur les arbres vivants (par exemple très faible pour le verger B), ii) le faible taux d'hybrides au départ (ex. N et S) et iii) la forte proportion de mélèze du Japon dans le mélange dans un site favorable à cette espèce (ex. Halle).

La simulation faite par Peyrat augmente nettement le taux d'hybrides pour toutes les variétés sauf N : le taux d'éclaircie appliqué est non seulement plus fort mais porte proportionnellement sur plus d'arbres vivants et intègre la valeur moyenne des variétés.

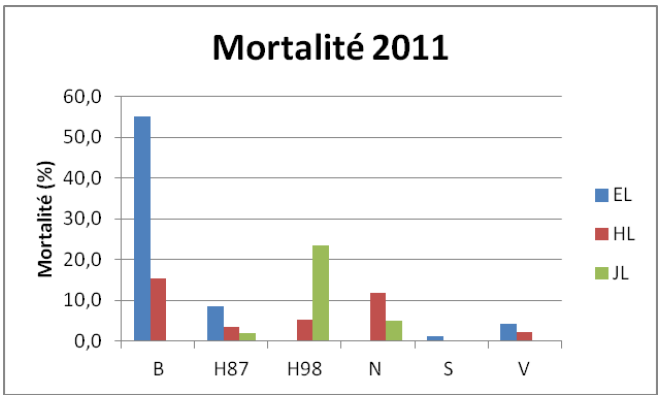
### 3.2.2- **Performances comparées des hybrides et des espèces parentales**

#### 3.2.2.1- Caractères adaptatifs

*Mortalité*

La mortalité est restée faible sur l'ensemble du dispositif (7.1% en 2011) avec peu de différences entre les taxa : 7.5%, 8.5% et 5.9% respectivement pour EL, JL et HL. La crise de plantation et la canicule 2003 sont principalement responsables de cette mortalité qui se stabilise ensuite. La plus forte mortalité a été observée pour le verger des Barres (Tableau 3) et surtout pour le mélèze d'Europe (55%). Elle est également forte pour la composante japonaise du verger H98 (23.8%), ce qui n'est pas le cas pour la récolte de 1987 (H87) (Fig. 1).

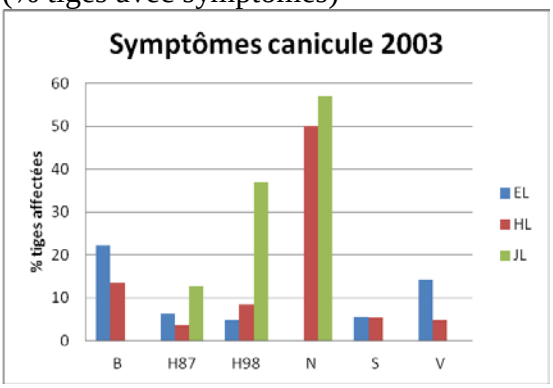
Figure 1. Mortalité cumulée en 2011, par taxon et par verger




*Dégâts liés à la canicule de 2003*

L'effet de la canicule 2003 s'est manifesté soit sous forme d'une descente de cime, soit de dessèchement de rameaux. Sur la plantation, 14.4% des arbres ont manifesté un symptôme, dont en moyenne, 7.2%, 36.9% et 9.3% respectivement pour le mélèze d'Europe, du Japon et de l'hybride.
Pour les trois vergers avec une composante Japon, celui-ci manifeste bien la plus forte sensibilité tant en fréquence de tiges affectées (Fig.2) que d'intensité du dégât (Fig.3). Hormis pour le verger N, l'hybride a un bon comportement, assez semblable à celui du mélèze d'Europe (Fig.2).

Figure 2. Impact de la canicule
(% tiges avec symptômes)



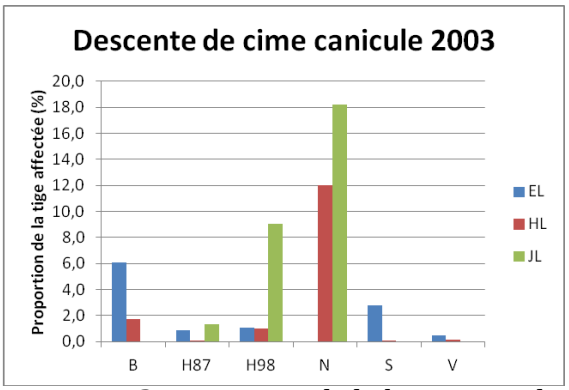



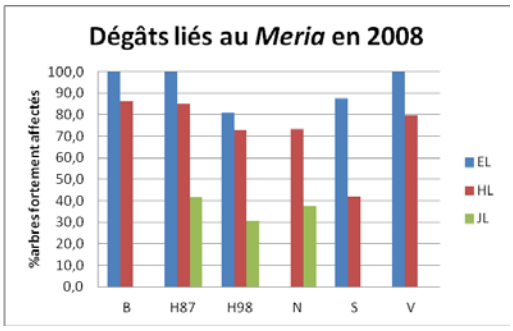

Figure 3. Proportion de la hauteur totale affectée par une descente de cime

*Dégâts liés à Meria*

Un printemps particulièrement doux et humide ainsi qu'un été humide en 2008 a provoqué dans le Limousin une forte attaque de *Meria laricis*. Les dégâts supposés liés à cet agent ont été évalués en juillet 2008 par une note de 1 à 5 caractérisant de manière subjective l'intensité de l'attaque, soit la proportion du feuillage jaunissant. 74% des arbres présentaient des attaques 'sévères' (notes 1 à 3), dont respectivement 90.3%, 42.6% et 77.3% des mélèzes d'Europe, des mélèzes du Japon et des hybrides. Quel que soit le verger, le mélèze du Japon est toujours le moins affecté et le mélèze d'Europe le plus affecté. L'hybride est intermédiaire mais assez proche du mélèze d'Europe (Fig.4).

Une estimation de la perte de croissance suite à l'attaque de *M. laricis* est donnée à la figure 5 en comparant l'évolution relative de la pousse formée entre 2005 et 2007 d'une part, de celle formée l'année de l'attaque. La différence (perte) moyenne est sévère d'une manière générale pour le mélèze d'Europe (-16 à -29%), plutôt faible pour l'hybride (-3 à -15%). Pour le mélèze du Japon, la pousse 2008 était au moins équivalente à celle des années précédentes.

Figure 4. Fréquence des dégâts de *M. laricis*



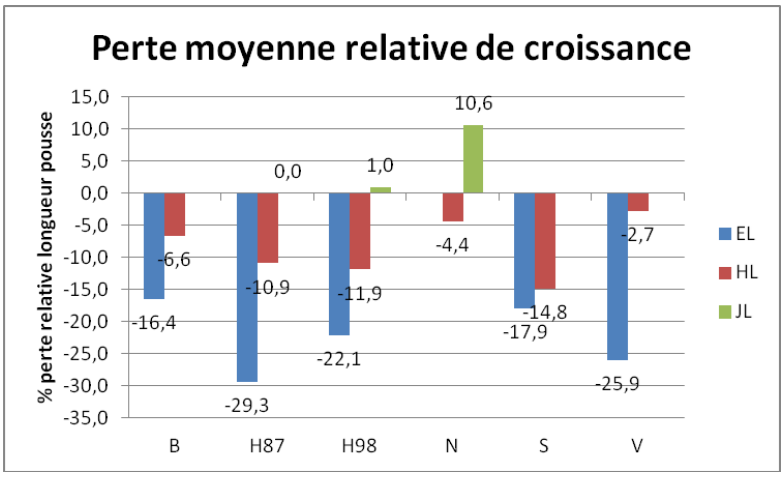




Figure 5. Perte de croissance attribuée à *M. laricis*

## 3.2.2.2- Caractères de croissance et de forme

** Avant éclaircie*

Le tableau 5 indique les performances des différentes variétés avant simulation d'éclaircie, avec HT=HT2008, Po= longueur moyenne de pousse annuelle depuis la taille jusqu'en 2008, AR= accroissement courant moyen sur le rayon entre 2005 et 2011 ; Circ = circonférence en 2011 et Vol= volume tige en 2011. Les paramètres de forme sont donnés dans le tableau 6, avec HD=H/D2008 et Fl=Fl2011.

La variété des Barres (B) combine une forte vigueur et une bonne rectitude de tiges, avec des arbres trapus. Le verger Vaals est également de très bonne qualité. Schnappenhammer (S) est avec NT23 (N) la variété la moins vigoureuse ; elle est caractérisée aussi pour ses tiges très effilées. Les lots de Halle et NT23 ont les moins bonnes formes de tige.

Tableau 5. Performances moyennes des vergers pour la croissance

| | HT2008 (cm) | ET | Po2003/2008 (cm) | ET | AR2005/2008 (mm) | ET | C2011 (cm) | ET | V2011 (dm3) | ET |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **B** | 803.9 | 140.5 | 102.9 | 17.7 | 0.94 | 0.22 | 50.90 | 0.23 | 195.88 | 91.92 |
| **H87** | 870.8 | 140.2 | 109.4 | 16.4 | 0.73 | 0.19 | 46.10 | 0.26 | 153.93 | 90.74 |
| **H98** | 840.2 | 124.2 | 107.2 | 16.0 | 0.78 | 0.17 | 44.60 | 0.23 | 137.81 | 74.68 |
| **N** | 640.9 | 114.7 | 83.6 | 14.7 | 0.93 | 0.13 | 42.50 | 0.20 | 117.55 | 55.15 |
| **S** | 749.6 | 141.0 | 97.7 | 17.7 | 0.64 | 0.20 | 37.10 | 0.31 | 89.36 | 78.56 |
| **V** | 825.4 | 123.7 | 102.5 | 15.5 | 0.72 | 0.18 | 44.70 | 0.26 | 141.26 | 75.65 |

*ET : écart type*

Tableau 6. Performances moyennes des vergers pour la forme

| | HD2008 | ET | Fl2011 (note) | ET |
|---|---|---|---|---|
| **B** | 65.3 | 9.1 | 4.51 | 0.78 |
| **H87** | 78.9 | 14.6 | 4.02 | 0.83 |
| **H98** | 77.9 | 13.3 | 3.74 | 0.99 |
| **N** | 71.2 | 22.7 | 4.01 | 0.99 |
| **S** | 88.0 | 13.7 | 4.34 | 0.75 |
| **V** | 75.3 | 14.1 | 4.23 | 0.83 |

La supériorité relative des hybrides est présentée dans le tableau 7. Elle est très forte pour la vigueur par rapport au mélèze d'Europe - souvent plus de 200% pour le volume en 2011 - mais plus modérée par rapport au mélèze du Japon (15-28%), voire négative (pour le verger N). Pour le coefficient de forme, l'hybride est toujours caractérisé par un H/D plus faible (tiges plus trapues) que celui du mélèze d'Europe, mais plus fort que celui du mélèze du Japon. Il est légèrement supérieur au mélèze du Japon pour la rectitude de la tige mais inférieur au mélèze d'Europe.

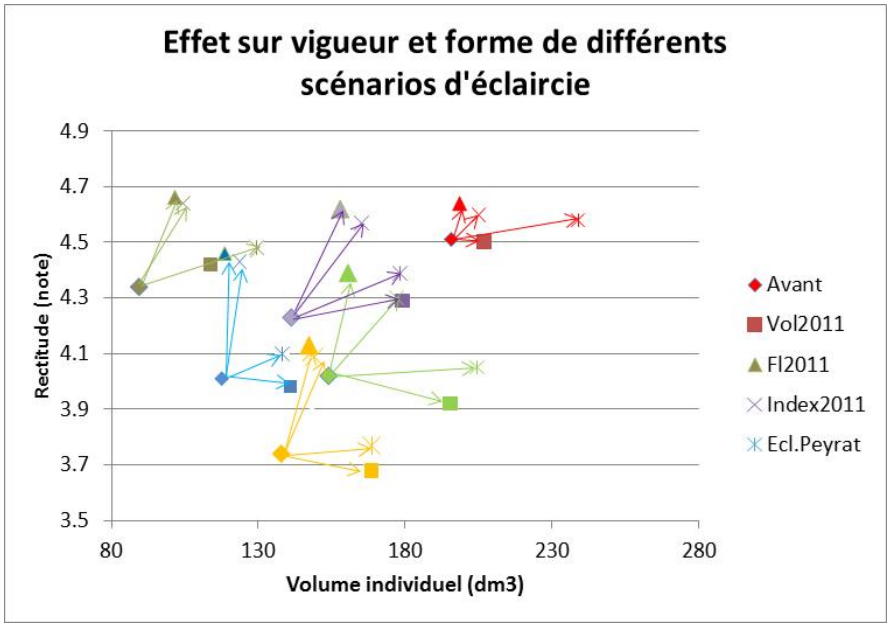
Tableau 8 : supériorité des hybrides vis-à-vis du mélèze d'Europe et du Japon

| | HT2008 | | Po | | ACRayon | | C2011 | | V2011 | | H/D2008 | | Fl2011 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **EL** | **JL** | **EL** | **JL** | **EL** | **JL** | **EL** | **JL** | **EL** | **JL** | **EL** | **JL** | **EL** | **JL** |
| **B** | 43.1 | | 41.9 | | 65.6 | | 73.2 | | 248.8 | | -16.0 | | -4.1 | |
| **H87** | 21.1 | 7.3 | 18.4 | 9.8 | 48.1 | 0.0 | 52.8 | 4.3 | 219.1 | 15.1 | -20.1 | 6.7 | -7.0 | 2.8 |
| **H98** | 8.9 | 16.0 | 8.0 | 16.1 | 25.4 | 5.0 | 23.1 | 10.1 | 74.6 | 28.7 | -14.4 | -1.6 | -8.0 | 5.1 |
| **N** | | -4.6 | | -6.1 | | -6.4 | | -7.2 | | -12.4 | | 20.5 | | 10.2 |
| **S** | 22.5 | | 18.8 | | 55.2 | | 54.2 | | 215.1 | | -21.8 | | -3.4 | |
| **V** | 32.2 | | 27.7 | | 73.3 | | 81.1 | | 442.1 | | -25.0 | | -1.4 | |

** Après simulations d'éclaircie*

L'impact de différents scénarios d'éclaircie sur la valeur moyenne des variétés pour le volume et la rectitude de tige en 2011 est donné à la figure 6. On vérifie une nouvelle fois l'absence d'antagonisme fort entre vigueur et rectitude du tronc.

Fig.6. Evolution des caractéristiques de croissance et de forme suite à différents types d'éclaircie.




rouge : Barres violet : Vaals bleu : N
vert : Schnappenhammer vert clair et jaune : H87 et H98.

## ***4- Performances de variétés hybrides***

Les dispositifs comparatifs de variétés hybrides font l'objet de mesures récurrentes, tous les cinq ans en moyenne, pour disposer de points de comparaison réguliers tout au long de la période de suivi. En outre, des interventions ponctuelles peuvent être dictées par les décisions des propriétaires/gestionnaires en matière d'éclaircie. Les relevés d'éclaircie et mesures qui sont alors réalisés ont pour but de déceler les inévitables erreurs commises lors de l'abattage et de pouvoir réaliser un bilan des performances des variétés avant chaque éclaircie.

### 4.1- Première vague d'essais multisites (Irstea)

Les travaux concernent trois dispositifs installés en 1995-96 par Irstea :

La Courtine (Creuse)

Pour mémoire, l'ONF a procédé de son propre chef à la seconde éclaircie, pour partie systématique (élimination d'une ligne sur quatre) et pour partie sélective, en août 2013. Un relevé d'éclaircie, ainsi que des mesures de circonférence et de forme, ont été réalisés en mai 2014. Ces données n'ont pas encore été analysées.

Brenod (Ain)

Des mesures de circonférence et des notations de forme (flexuosité du tronc, courbure basale, fourchaison) ont été effectuées les 20-21 avril 2015. En concertation avec le propriétaire, ce déplacement a été mis à profit pour marquer la seconde éclaircie, entièrement sélective. Elle a été conçue pour éliminer le tiers des individus sur pied et équilibrer les effectifs à 22 arbres par parcelle unitaire (sur 64 emplacements plantés). Cette éclaircie a pu être réalisée début octobre 2015. Un relevé de terrain sera nécessaire pour noter le taux de prélèvement réel par placette. L'exploitation a permis de sortir 15 m3 de sciage en qualité palette et environ 30 m3 de trituration.

Arleuf (Nièvre)

La seconde éclaircie a été marquée par Irstea en décembre 2013, avec un taux de prélèvement de 38% (élimination de 11-12 individus par parcelle unitaire), et elle était programmée en 2014. Sa réalisation ayant été reportée du fait d'un changement de gestionnaire, le relevé de terrain n'a pu être effectué. Il reste à espérer que les traces de peinture demeurent visibles et que ce report ne contraigne pas Irstea à effectuer un nouveau marquage. En l'absence d'éclaircie, il n'est pas paru prioritaire d'analyser les données collectées en décembre 2013 (état sanitaire, circonférence, flexuosité, courbure basale).

## 4.2- Deuxième vague d'essais multisites (INRA, Irstea)

Les travaux concernent deux dispositifs gérés par Irstea et un dispositif INRA plantés au tout début des années 2000 :

Guiscriff (Morbihan) - Irstea

Un relevé de terrain a été organisé en octobre 2015 pour effectuer un relevé de la seconde éclaircie marquée en novembre 2014. Il s'avère qu'une nouvelle fois le propriétaire n'a pas intégralement respecté les consignes d'Irstea, ce qui se traduit par des variations d'effectifs entre parcelles unitaires. Un nouveau déplacement devra être organisé en 2016 pour remarquer 80 arbres et ainsi homogénéiser la concurrence intra-parcelle. La situation n'étant pas stabilisée, l'analyse des mesures de novembre 2014 n'a pas été jugée prioritaire.

Champoly (Loire) - Irstea

La visite du 9 septembre 2015 montre que ce dispositif en grandes parcelles unitaires n'est malheureusement plus exploitable. Installé dans une région à forte pression de gibier, il a beaucoup souffert de frottis de chevreuil durant les années qui ont suivi la plantation en 2001. Par la suite, les plants les moins vigoureux ont été étouffés par la végétation, volontairement laissée en place pour limiter l'accès au gibier. Le bilan effectué fin 2006 fait état de 18% de plants morts et 26% de plants non mesurables. 9 ans plus tard, les parcelles unitaires sont extrêmement hétérogènes en termes d'effectifs (larges trouées, arbres cassés) et de hauteur. Les limites des parcelles ne sont plus identifiables du fait de la mortalité. Enfin, les piquets cloués installés près des plants pour les protéger des frottis se retrouvent à terre et représentent un danger pour les opérateurs. Irstea se résout donc à abandonner ce dispositif.

Ahun (Creuse) - INRA

Les mesures ont été réalisées comme prévu en début d'année 2015. Les données n'étant toujours pas disponibles en provenance de l'Unité expérimentale, elles n'ont pu être analysées.

## 4.3- Evaluation des propriétés du bois de la variété Rêve-vert (INRA)

La variété de mélèze hybride REVE-VERT a été sélectionnée sur base des performances des descendances plein-frères de ses composantes familiales qui avaient été installées sur trois sites (Cranou, Epinal et Peyrat) en 1981. La connaissance de ses propriétés du bois permettrait de mieux la positionner par rapport à la variété existante FH201-Lavercantière, caractérisée par de faibles valeurs de densité et de module d'élasticité (MOE).

L'étude initiée en 2015 prévoyait la récolte de carottes dans les trois sites expérimentaux puis, à moyen terme, leur analyse en termes de microdensité, de duraminisation et de teneur en extractibles du bois.

En 2015, 125 carottes ont été récoltées en FD du Cranou. L'opération sera renouvelée sur le site du Domaine INRA à Peyrat en janvier 2016. Sur le site d'Epinal, la fermeture de l'Unité Expérimentale Lorraine a compromis la récolte prévue courant 2015 ; un autre mode de fonctionnement doit donc être mis en place.

# EPICEA COMMUN

## RESEAU MULTIPARTENAIRE D'EVALUATION DU VERGER D'EPICEA RACHOVO : Compte rendu des analyses de 2013-2015

## Table des matières

1. Résumé

2. Présentation courte du réseau
   2.1. Les dispositifs expérimentaux
   2.2. Les provenances testées
   2.3. Les mesures réalisées

3. Objectifs des analyses et questions posées

4. Méthodes d'analyses des données
   4.1. Analyses individuelles pour chacun des dispositifs expérimentaux
   4.2. Regroupements des dispositifs en réseaux
   4.3. Méthodes statistiques

5. Résultats
   5.1. Survie et croissance du VG Rachovo par rapport aux autres provenances
      5.1.1. Chapois et VG Rachovo sur l'ensemble du réseau entre 6 et 8 ans
         5.1.1.1. Survie
         5.1.1.2. Accroissement annuel en hauteur
         5.1.1.3. Bilan
      5.1.2. VG Rachovo, Chapois, Bonnetage et Istebna sur 9 dispositifs entre 6 et 8 ans
         5.1.2.1. Survie
         5.1.2.2. Accroissement annuel en hauteur
      5.1.3. Mesures à 16 ans pour 5 provenances dans 4 sites
         5.1.3.1. Survie
         5.1.3.2. Circonférence
   5.2. Branchaison : limites de la méthode et résultats partiels
      5.2.1. Description et limites de la méthode
      5.2.2. Résultats partiels

## *1- Résumé*

Ce rapport n'est pas dans sa version définitive mais les premiers résultats exposés permettent déjà d'avoir une bonne idée de l'excellent comportement du verger à graines Rachovo, au moins à un stade juvénile mais aussi à un stade plus mature pour la croissance.

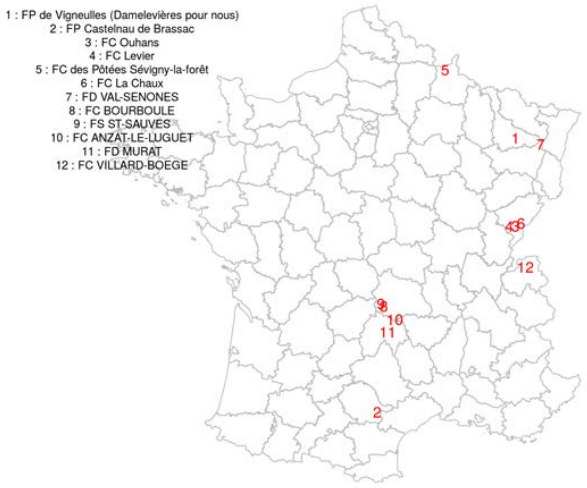
## *2- Presentation courte du réseau*

Le réseau d'évaluation du verger à graines d'épicéa Rachovo est présenté dans l'article **« Evaluer les variétés forestières résineuses issues de vergers à graines : un outil commun ONF – Cemagref, les réseaux expérimentaux »** écrit par Arianne Angelier *et al* et paru dans le n°13 des *Rendez-vous Techniques de l'ONF* en 2006. Tous les renseignements exposés dans cet article ne sont pas repris ici.

### 2.1- Les dispositifs expérimentaux

Quatorze dispositifs composent ce réseau, 8 pour le Cemagref/Irstea et 6 pour l'ONF. Les années de plantation vont de 1994 à 1997.
Trois des dispositifs du Cemagref vont servir à l'homologation du VG Rachovo. Un dispositif de l'ONF est un dispositif sans répétition en plantation sylvicole.
Les dispositifs du Cemagref sont plutôt situés à basse altitude, entre 225 et 950 m alors que les dispositifs ONF sont à plus haute altitude, entre 880 et 1490 m.
Les densités de plantation sont comprises entre 950 et 1142 plants/ha pour la plupart des dispositifs du Cemagref (sauf celui en FC de La Chaux planté à 2000 plants/ha) et de 1600 plants/ha pour les dispositifs ONF (sauf le dispositif de démonstration de la Bourboule planté à 1330 plants/ha).

*Figure 1 – Carte des dispositifs du réseau*




Les schémas des dispositifs expérimentaux sont relativement homogènes sur l'ensemble du réseau. Dans la plupart des dispositifs, chaque provenance est évaluée par 5 plants dans chacun des 20 blocs. Le dispositif de Ouhans EV3 ne contient que 12 blocs. Celui de Vigneulles EV4 est un peu particulier, il est composé de 5 blocs de 40 plants contigus pour chaque provenance. C'est dans ce dispositif que sont aussi évaluées des lignées AFOCEL et INRA.

Les 5 plants d'une provenance sont soit répartis aléatoirement dans chaque bloc comme dans la plupart des dispositifs Irstea, soit alignés comme dans tous les dispositifs ONF et dans le dispositif de La Chaux de l'Irstea.

Les plants des dispositifs Irstea sont plantés en double-alignement et leurs coordonnées sont indiquées dans le tableau de données.

## 2.2- Les provenances testées

L'objectif du réseau était de tester la valeur du **VG Rachovo** par rapport à des provenances classiquement utilisées à l'époque.

**Synthèse des informations contenues dans la fiche de Conseils d'Utilisation des MFR :**

> Le VG Rachovo est issu du programme d'amélioration de l'INRA qui avait pour objectif de « produire des variétés pour les reboisements à basse altitude en dehors de l'aire naturelle ». Le VG Rachovo est issu de sélection sur du matériel Ukrainien. Les critères de sélection sont la vigueur, la tardiveté de débourrement, la forme et la densité du bois. Les premiers résultats de tests de comparaison entre le VG Rachovo et d'autres provenances montrent que le VG Rachovo est le plus performant en vigueur, aussi tardif que Bonnétage (réputé le plus tardif des peuplements français) mais un peu plus précoce que les meilleurs origines du centre de la Pologne.
>
> La fiche insiste sur la prudence à avoir quand on plante de l'épicéa en altitude. Le tableau de conseil contient donc des indications d'altitude, qui peuvent être différentes pour chaque zone d'utilisation. Le VG Rachovo est recommandé dans les zones suivantes :
>
> - Massif vosgien, substrat gréseux (le reste des Vosges étant dans l'aire naturelle de l'épicéa, les provenances locales sont privilégiées),
> - Ardennes,
> - Massif Central en dessous de 800 m,
> - Pyrénées en dessous de 800 m,
> - hors des massifs montagneux.

**Deux récoltes du VG Rachovo sont testées**, une récolte réalisée en 1990 et une autre en 1992. L'année 1990 était une bonne année pour la floraison et la récolte a été faite sans induction florale alors que les arbres ont peu fleuri et fructifié en 1992 en dehors des 4 essais d'induction d'Irstea[1]. De plus, les deux récoltes sont assez faibles :

- 17 kg de graines pour 24 hL de cônes en 1990 et
- 13 kg de graines pour 21 hL de cônes en 1992.

La question de la représentativité des lots testés se pose donc. Les récoltes suivantes ont été plus conséquentes (50 kg en 1994 et 482 kg en 1997 par exemple).

1 Les informations sur les fructifications du VG viennent de Gwenaël Philippe, Irstea.

**Deux régions de provenances françaises sont testées :** RP05 pour les dispositifs ONF et RP08 pour les dispositifs Irstea. Les régions de provenances ont été modifiées depuis dans la fiche de CU des MFR. La région RP05 correspondrait à la RP actuelle PAB502 (Haut Jura basse altitude) et la RP08 correspondrait à la RP actuelle PAB504 (entre Jura et Savoie)[2]. Il est à noter que les anciennes régions ont plutôt été regroupées en plus grosses régions lors de la modification.

Trois peuplements classés sont testés :

- Bonnétage (nord-est du Doubs)
- Chapois (nord du Jura)
- Gerardmer (est des Vosges)

Deux provenances polonaises sont testées :

- Borki (nord-est de la Pologne)
- Istebna (sud de la Pologne).

Des clones AFOCEL et INRA sont aussi testées dans un des 2 dispositifs d'Irstea en FP de Vigneulles (54).

### 2.3- Les mesures réalisées

Les mesures réalisées et les âges de mesures ne sont pas les mêmes pour tous les dispositifs.

Dans les dispositifs Irstea, des mesures de hauteurs et d'états sanitaires ont été réalisées jusqu'à 7 ou 8 ans avec des mesures intermédiaires pour les 2 dispositifs de Vigneulles.

Les dispositifs ONF ont été suivis jusqu'à 15 ou 16 ans. Des mesures de hauteurs et de survie ont été réalisées tous les 3 ou 4 ans. La dernière mesure de hauteur est parfois une hauteur dominante par parcelle unitaire (Murat, Saint Sauves et Apcher).

Les **circonférences** ont été mesurées dans les dernières mesures à 10 et/ou à 16 ans dans les dispositifs ONF.

Le **débourrement** a été mesuré dans 4 dispositifs ONF (Murat, Apcher, Villard et Sénones). Dans les 2 premiers, il a été mesuré sur le bourgeon terminal et sur la plante entière alors que dans les 2 derniers, il a uniquement été mesuré sur la plante entière.

Enfin, des notations de **branchaison** ont été réalisées de différentes façons sur 3 sites ONF (Sénones, Saint Sauves et Apcher). La **fourchaison** a été notée en même temps que la branchaison dans les mêmes sites.

## *3- Objectifs des analyses et questions posées*

**Comportement et valeur du VG Rachovo par rapport aux autres provenances**

C'est l'objectif principal qui a guidé la mise en place de ce réseau d'évaluation : connaître la valeur du VG Rachovo par rapport à des provenances de bonne qualité utilisées à l'époque.

L'intérêt de ce verger par rapport aux autres provenances est estimé par la croissance et la survie mais aussi la qualité de branchaison.

2 Communication personnelle de Anne Pierangelo, chargée des MFR à l'Irstea.

**Effet de la densité de plantation**

On pourrait vouloir étudier l'impact des différentes densités de plantation sur le comportement des provenances dans le réseau. Le dispositif avec la plus forte densité est celui en FC de La Chaux qui est planté à 2000 plants/ha. Il est situé dans le Doubs à 950 m d'altitude. Pour voir l'effet de la densité, on pourrait le comparer à des dispositifs à des altitudes comparables comme celui de FS Saint-Sauves (63) à 890 m et planté à 1600 plants/ha et à celui de la FC de Levier (25) à 780 m d'altitude planté à 1111 plants/ha.

Cependant, une seule mesure à 4 ans a été réalisée à La Chaux. La pertinence de cette approche est donc discutable.

**Effet de l'altitude ?**

Les conseils d'utilisation placent une limite d'utilisation à 800 m. Qu'en est-il dans le réseau ?

**Effet des conditions pédoclimatiques sur le comportement des provenances et de l'espèce**

Le réseau étant relativement bien réparti sur la France, il est peut-être possible d'interpréter les potentielles différences entre les sites à l'aide de données pédo-climatiques.

**Différences entre les deux lots de VG Rachovo**

Il est certainement justifié de comparer les performances des plants issus des récoltes 1990 et 1992 du verger afin de pouvoir déceler un éventuel effet ‘millésime’.

## *4- Méthodes d’analyse des données*

### 4.1- Analyses individuelles pour chaque dispositif expérimental

Les analyses séparées pour chacun des dispositifs permettent de vérifier et de nettoyer les données. Elles peuvent aussi permettre d'écarter un dispositif qui aurait subi un accident de parcours. C'est le cas par exemple du dispositif Irstea de **Damelevières EV4** qui contient les clones AFOCEL et INRA. La survie dans ce dispositif chute très fortement à 75 % dès 2 ans. Ce faible taux de reprise est expliqué par deux blocs dans lesquels le taux de survie est de 62 % et de moins de 40 %. Un autre dispositif du réseau étant installé dans la même forêt, ce dispositif a été éliminé des analyses.

### 4.2- Regroupement des dispositifs en réseaux

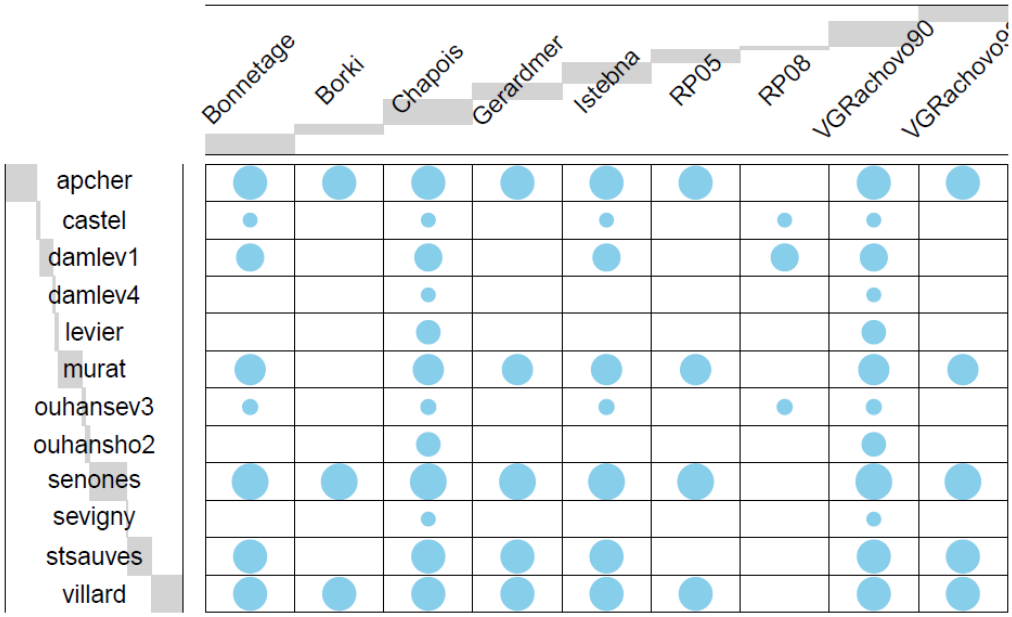
Les données disponibles pour les différents dispositifs ne sont pas homogènes et ceci pour plusieurs raisons :

1. Ce ne sont pas les mêmes provenances qui sont évaluées dans les différents dispositifs.
2. Les âges de mesures et les durées de suivi ne sont pas les mêmes.
3. Certaines variables n'ont été mesurées que dans quelques dispositifs.

Pour ces différentes raisons, la mise en commun de toutes les données n'est pas possible pour créer un unique réseau. Il faut créer des réseaux différents selon les questions posées et les caractères qui nous intéressent.

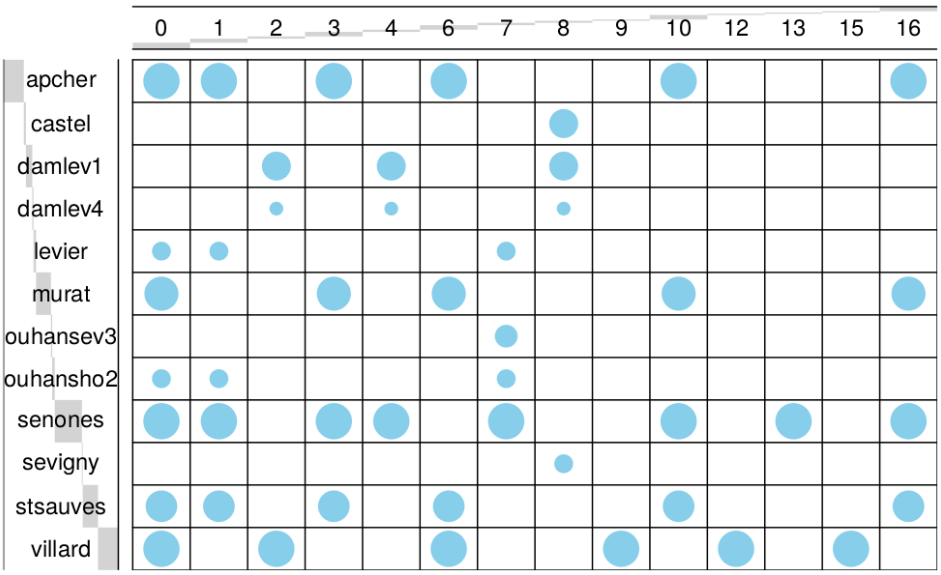
Le tableau 1 montre les provenances évaluées dans les différents dispositifs du réseau. Certaines (**Borki** et **RP08**) ne sont évaluées que dans 3 dispositifs et certains dispositifs ne contiennent que **Chapois** et **VGRachovo90**. Ces deux provenances sont d'ailleurs les seules provenances à être présentes dans tous les dispositifs.

*Tableau 1- Bilan des provenances testées dans les différents dispositifs*




Le tableau 2 montre qu'il n'existe pas un seul âge de mesure de hauteur commun à tous les dispositifs. Il va donc falloir travailler sur des accroissements bien sûr mais en regroupant des âges de mesures différents. Puisque tous les dispositifs ont été mesurés entre 6 et 8 ans, on se propose donc de **comparer les provenances pour la croissance sur la base d'accroissements estimés entre 6 et 8 ans.**

*Tableau 2- Age des mesures de hauteur pour les différents dispositifs*



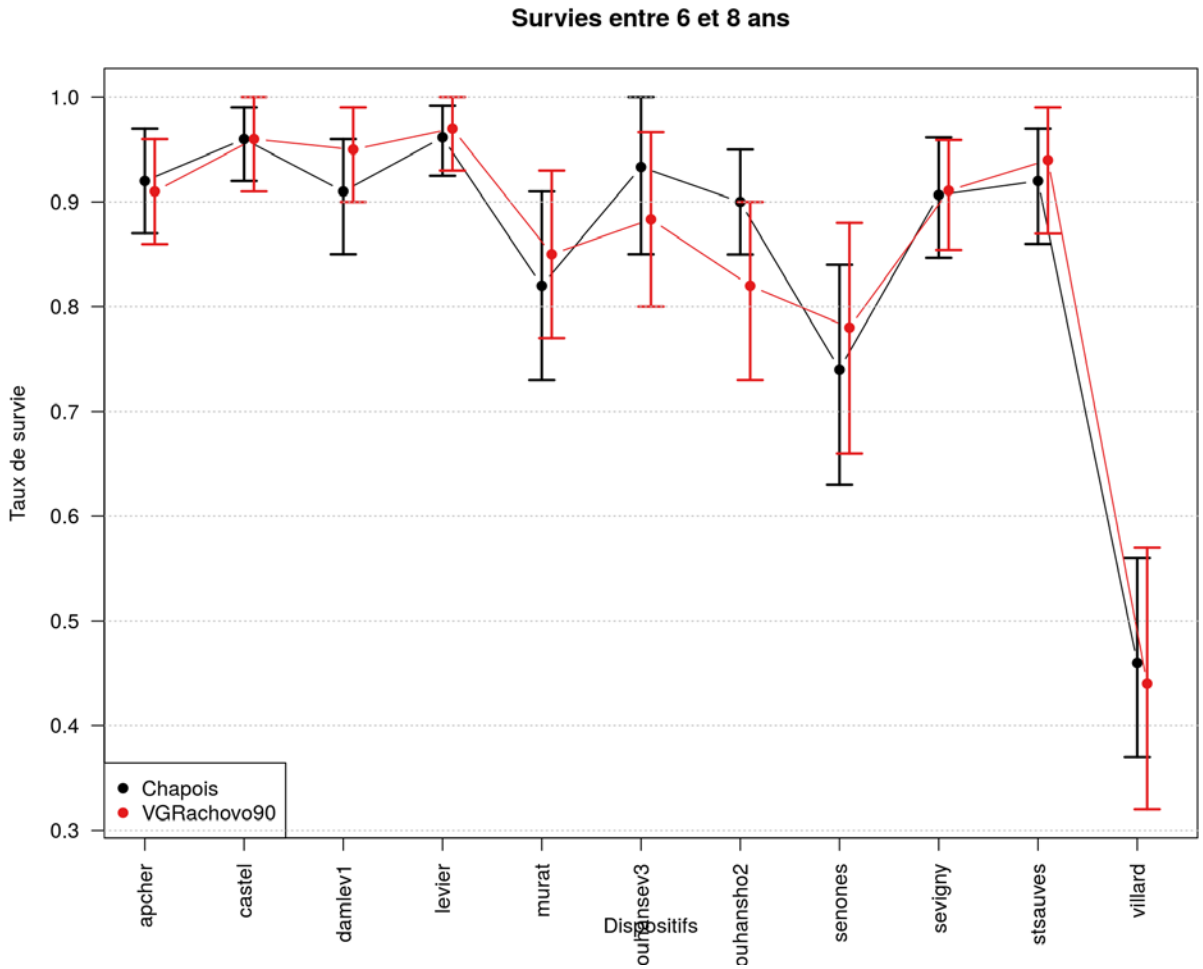
# *5- Résultats*

## 5.1- Survie et croissance du VG Rachovo par rapport aux autres provenances

### 5.1.1- Comparaison de Chapois et VG Rachovo entre 6 et 8 ans sur l'ensemble du réseau

#### *5.1.1.1- Survie*

La figure 2 suivant montre que les deux provenances présentent des taux de survie très proches et assez corrects sauf pour Villard.

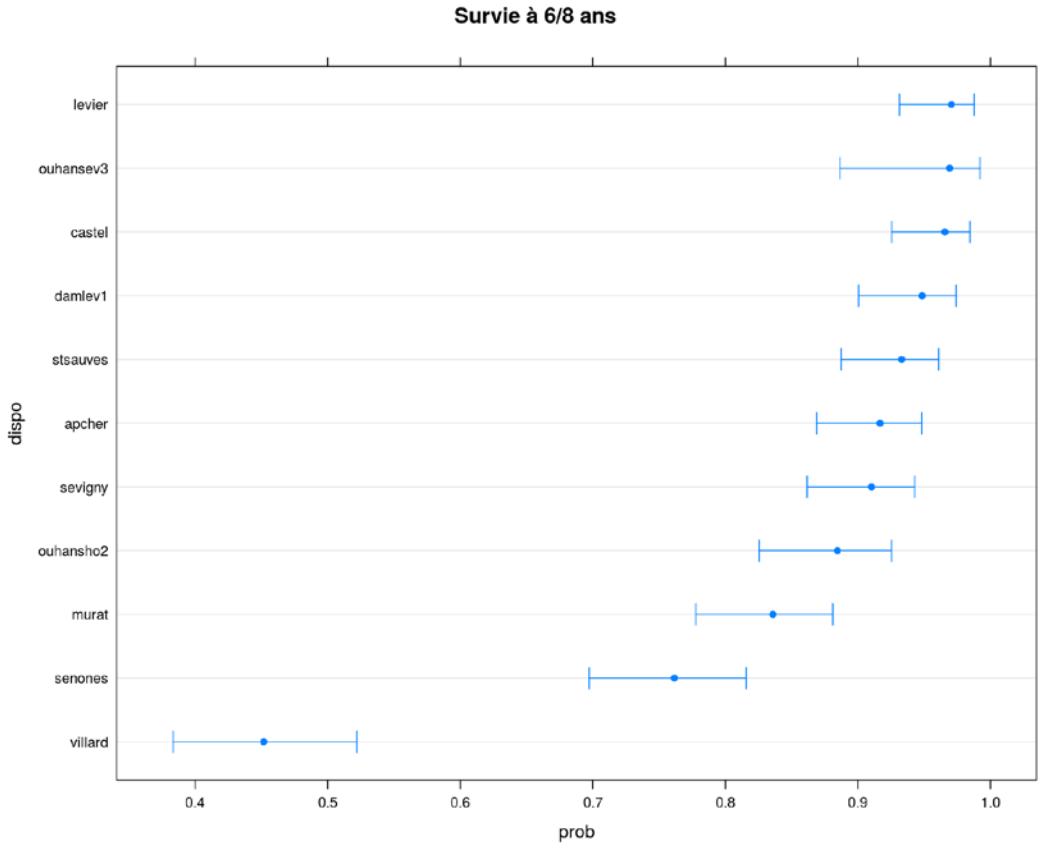



En dépit de problèmes de convergence et d'estimation des coefficients pour les modèles intégrant les effets blocs hiérarchisés aux dispositifs, le GLM fixe fonctionne suffisamment bien pour qu'on puisse mettre en évidence un fort effet dispositif et un fort effet bloc dans les dispositifs :

```
##                  Df Deviance Resid. Df Resid. Dev  Pr(>Chi)
## NULL                            423     784.59
## provenance        1    0.005       422     784.58 0.9428931
## dispo            10  278.753       412     505.83 < 2.2e-16 ***
## provenance:dispo 10    6.241       402     499.59 0.7946662
## dispo:bloc       11   36.571       391     463.02 0.0001359 ***
```

Par contre, ce modèle ne permet pas d'estimer les moyennes ajustées pour les dispositifs. Il est nécessaire de passer par un modèle sans effet des blocs.

Les taux de survie moyens ajustés par dispositif et les groupes statistiques sont présentés ci-dessous :




```
##  dispo          prob         SE df asymp.LCL asymp.UCL .group
##  villard   0.4499798 0.03518523 NA 0.3823966 0.5194610  1
##  senones   0.7605719 0.03023256 NA 0.6964448 0.8147553   2
##  murat     0.8355487 0.02626794 NA 0.7774366 0.8808137   23
##  ouhansho2 0.8649219 0.02470533 NA 0.8088154 0.9064670   234
##  sevigny   0.9098761 0.02026396 NA 0.8614974 0.9424844    345
##  ouhansev3 0.9114702 0.02644388 NA 0.8441472 0.9513867   2345
##  apcher    0.9151335 0.01972309 NA 0.8676400 0.9466336    345
##  stsauves  0.9306645 0.01805561 NA 0.8857984 0.9587254    345
##  damlev1   0.9327071 0.01809933 NA 0.8873391 0.9606165    345
##  castel    0.9600000 0.01385636 NA 0.9220704 0.9798717     45
##  levier    0.9653461 0.01299987 NA 0.9286035 0.9835156      5
```

Villard est, sans surprise, le dispositif où la survie est la plus faible (44,9%) et de façon significative par rapport aux autres dispositifs.

Les dispositifs de Senones, Murat et Ouhans HO2 forment un groupe homogène caractérisée par une survie plus faible (entre 76 et 86 %) mais néanmoins correcte. Ce groupe est cependant différent du groupe de tête qui présente des taux de survie supérieurs à 90 %.

Le cas de Ouhans EV3 est un peu particulier. Il n'est pas différent du groupe 2 mais présente une limite inférieure de son intervalle de confiance étonnamment basse. Cet essai nécessite un examen plus approfondi.

### *5.1.1.2- Accroissement annuel en hauteur*

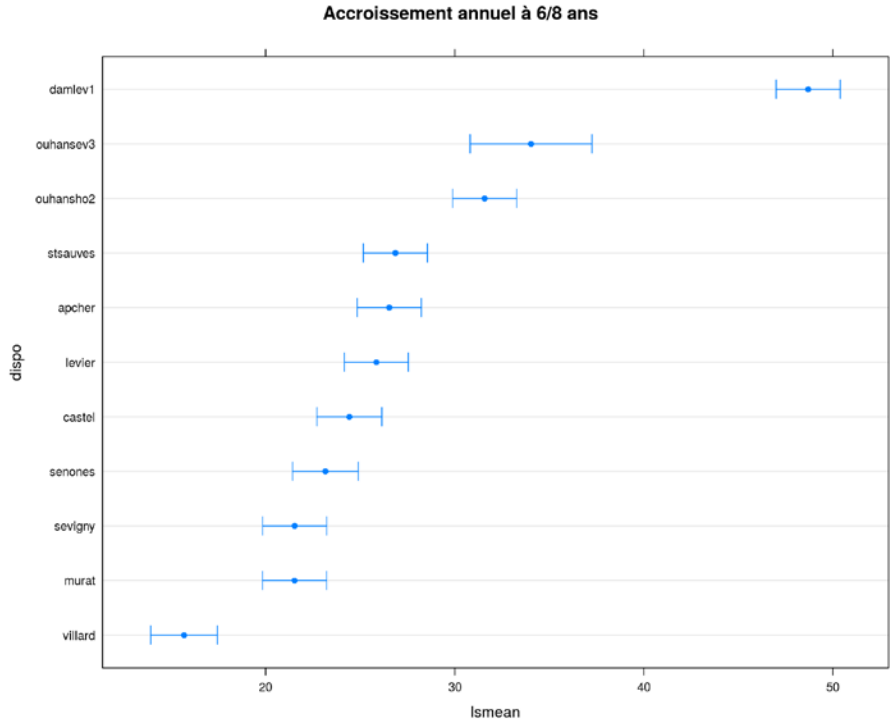
Le modèle montre un fort effet de la provenance et du dispositif, ainsi qu'un effet des blocs :

```
## Response: moyenne.acc
##                   Df  Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## provenance         1  1431.3 1431.33 48.3125 1.562e-11 ***
## dispo             10 28070.5 2807.05 94.7479 < 2.2e-16 ***
## provenance:dispo  10   376.0   37.60  1.2690     0.246
## dispo:bloc        11  1716.4  156.04  5.2668 9.206e-08 ***
## Residuals        385 11406.2   29.63
```

L'interaction provenance par dispositif n'est pas significative ou alors faiblement dans le cas du modèle mixte avec les blocs en aléatoire.

Le VG Rachovo présente des accroissements annuels significativement supérieurs à Chapois de 3,64 cm. Ce gain de croissance représente 15% de la croissance de Chapois.

Les accroissements moyens ajustés pour l'effet dispositif sont représentés dans la figure et le tableau suivants.




```
##  dispo       lsmean        SE  df lower.CL upper.CL .group
##  villard   15.68301 0.8952212 385 13.92288 17.44314  1
##  murat     21.52899 0.8614815 385 19.83519 23.22279   2
##  sevigny   21.53382 0.8614815 385 19.84002 23.22761   2
##  senones   23.16113 0.8831977 385 21.42464 24.89763   23
##  castel    24.42860 0.8726364 385 22.71287 26.14433   23
##  levier    25.85241 0.8614815 385 24.15861 27.54621    3
##  apcher    26.53578 0.8614815 385 24.84198 28.22958    3
##  stsauves  26.85704 0.8614815 385 25.16324 28.55083    3
##  ouhansho2 31.57849 0.8614815 385 29.88470 33.27229     4
##  ouhansev3 34.03636 1.6384948 385 30.81484 37.25788     4
##  damlev1   48.69787 0.8614815 385 47.00408 50.39167      5
```

Les accroissements les plus faibles et les plus forts se retrouvent respectivement dans les dispositifs de Villard (15 cm) et de Damelévières EV1 (48 cm). La différence de croissance entre ces sites extrêmes est assez importante puisqu'elle atteint presque 70 %.

Les deux dispositifs d'Ouhans, caractérisés par une croissance forte (31 et 34 cm/an), quoiqu'en retrait par rapport à Damelévières EV1, forment un groupe distinct.

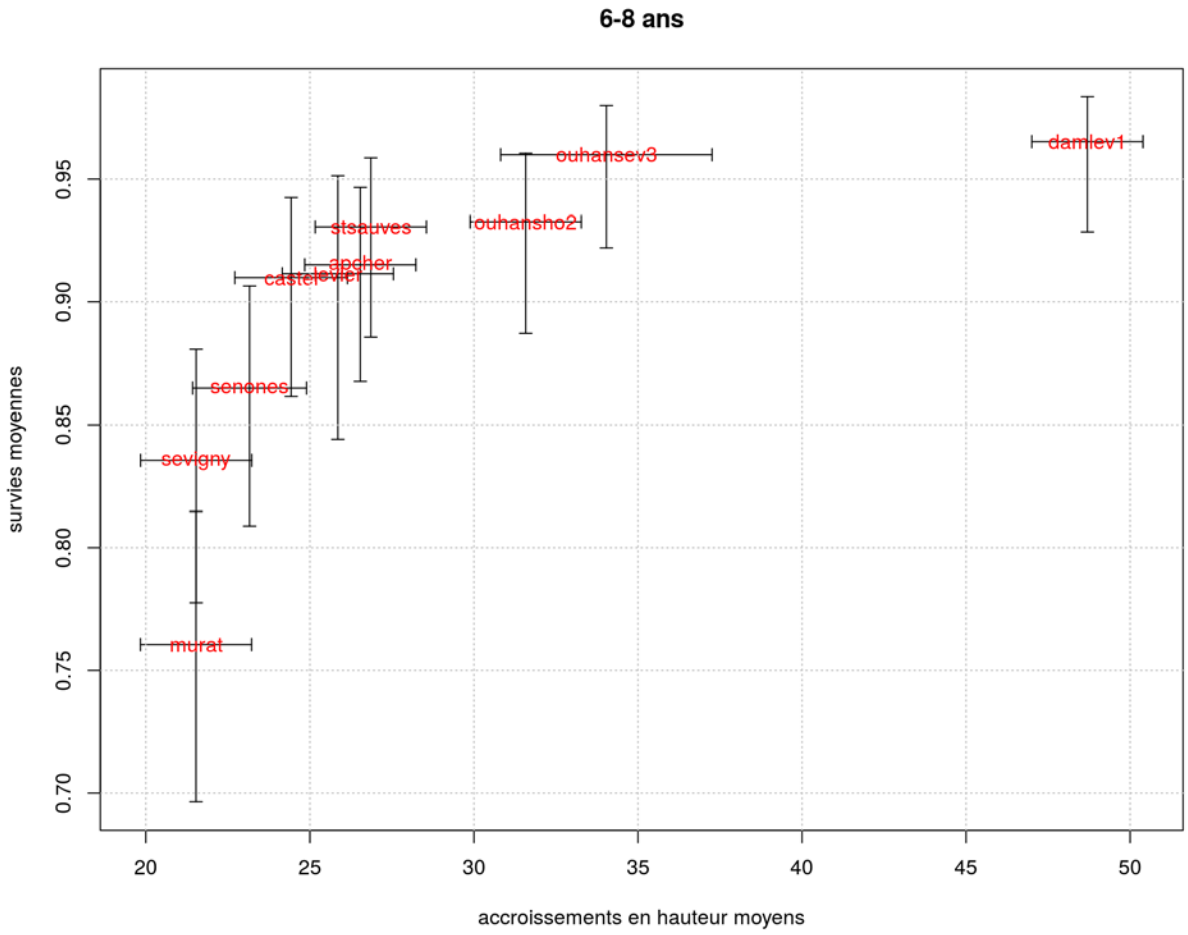
Murat et Sévigny (à peine plus de 20 cm/an) sont plutôt à la traîne par rapport au peloton moyen, dont la croissance se situe autour de 25 cm/an.

Les effets d'interaction sont dus à des faibles variations des différences entre les deux provenances selon les dispositifs. Cependant, VG Rachovo est toujours supérieur à Chapois même si les différences au sein des sites ne sont pas toujours significatives.

### *5.1.1.3- Bilan*

Les deux provenances ne diffèrent pas pour la survie. En revanche, l'accroissement en hauteur du VG Rachovo est plus important que celui de Chapois, le gain est de 15 %.

Les valeurs de survie et de croissance des dispositifs sont représentées dans la figure ci-dessous :




Damelevières EV1 se détache nettement des autres dispositifs du réseau par son accroissement en hauteur. Sénones et Sévigny et encore plus Murat se distinguent aussi par leur faible croissances faibles et des taux de survie tout juste corrects.

## 5.1.2- Comparaison de VG Rachovo, Chapois, Bonnetage et Istebna entre 6 et 8 ans

Les 8 dispositifs utilisés sont les suivants : Damelevières EV1, Castelnau, Ouhans EV3, Villard, Murat, St Sauves, Sénones et Apcher.

Par rapport aux analyses avec Chapois et VG Rachovo uniquement, deux dispositifs ne sont pas utilisés : Ouhans HO2 et Sévigny qui ne comparaient que VG Rachovo et Chapois.

Le site d'Ouhans reste représenté par le dispositif Ouhans EV3. Sévigny était un des 3 dispositifs un peu limite pour le couple VG Rachovo / Chapois (cf ci-dessus).

### *5.1.2.1- Survie*

Les analyses n'apportent pas de nouvelles informations. Elles montrent une nouvelle fois l'absence d'effet provenance et l'existence d'un effet site, Villard présentant un faible taux de survie et Murat et Sénones se situant en position intermédiaire.

### *5.1.2.2- Accroissement annuel en hauteur*

Les modèles montrent un effet de la provenance, du dispositif et des blocs dans les dispositifs. Le modèle mixte avec les blocs en aléatoire ajoute un effet significatif de l'interaction.

Le VG Rachovo présente toujours les meilleurs accroissements annuels avec des accroissements de 28,6 cm/an contre 23,5 cm/an pour Bonnétage qui est significativement la provenance la moins vigoureuse. Le gain produit par VG Rachovo par rapport à Bonnétage est donc de 22 %. Chapois et Istebna forment un groupe intermédiaire.

Les dispositifs se répartissent de la même manière qu'avec Chapois et VG Rachovo.

L'étude de l'interaction montre une variation de positionnement d'Istebna selon les dispositifs. VG Rachovo est toujours en tête.

## 5.1.3- Mesures à 16 ans pour 5 provenances dans 4 sites

Les sites d'étude correspondent aux 4 dispositifs ONF dans lesquels les mesures ont été maintenues jusqu'à 16 ans : Murat, St Sauves, Sénones et Apcher.

Deux de ces sites se sont révélés favorables à l'épicéa : Apcher et St Sauves. Les deux autres sont caractérisés par une survie et/ou une croissance médiocre.

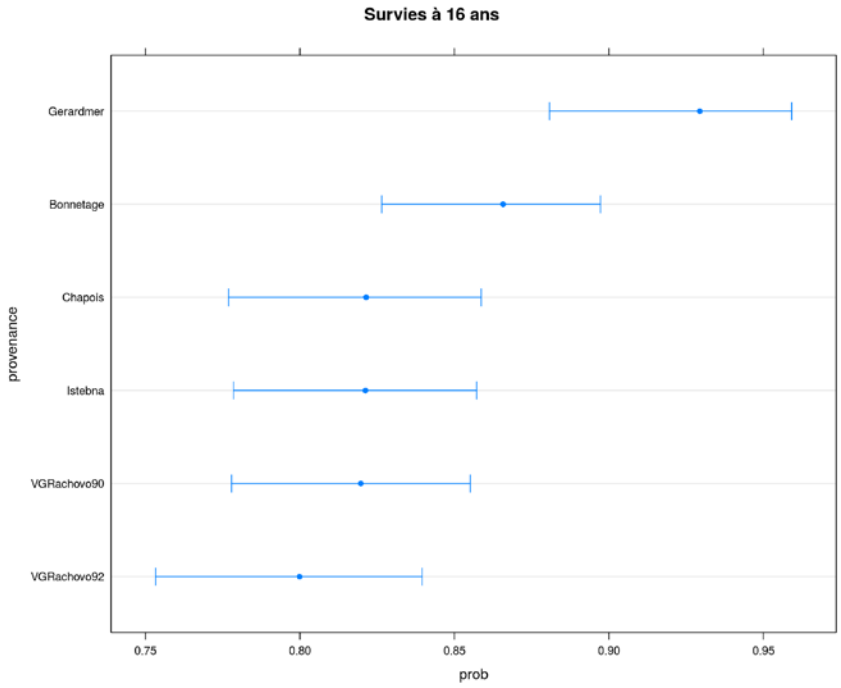
Ces dispositifs permettent d'étudier 5 provenances : VG Rachovo (deux lots 90 et 92), Bonnétage, Chapois, Gerardmer et Istebna.

### *5.1.3.1- Survie*

Le *GLM* montre un effet significatif des provenances, des dispos et de l'interaction des deux :

```
##                  Df Deviance Resid. Df Resid. Dev Pr(>Chi)
## NULL                              477     838.30
## provenance        5   19.980       472     818.32  0.00126 **
## dispo             3  102.548       469     715.78  < 2e-16 ***
## provenance:dispo 15   29.216       454     686.56  0.01508 *
## dispo:bloc        4    9.411       450     677.15  0.05160 .
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

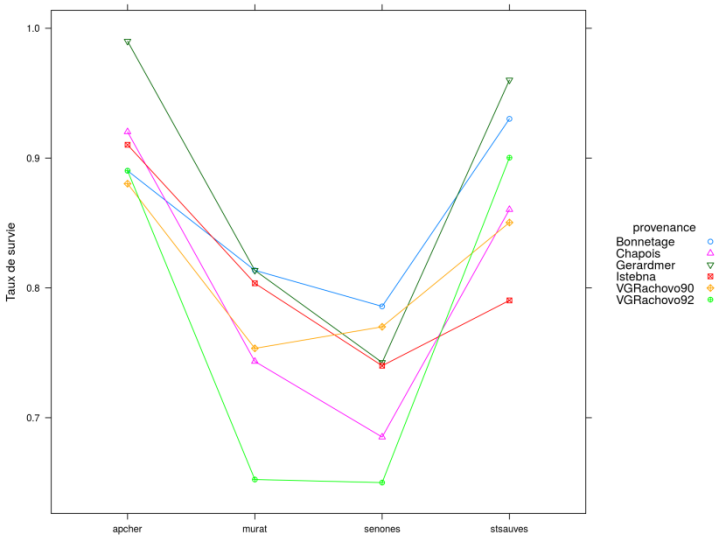
Les taux de survie des provenances sont présentés ci-dessous :




Gerardmer et Bonnétage forment un groupe. Les autres provenances avec Bonnétage en forment un autre. Les deux lots du VG Rachovo se placent en dernière position mais ne diffèrent significativement que de Gerardmer.

Le classement des dispositifs est cohérent avec ce qui a été montré précédemment à 6-8 ans : Murat et Sénones présentent un taux de survie significativement plus faible que St Sauves et Apcher (respectivement 75% et 92%).

Même si elle peut paraître faible, l'interaction entre les provenances et les dispositifs complexifie les résultats concernant les provenances. Gerardmer et, dans une moindre mesure, Bonnetage montrent une meilleure survie par rapport aux autres provenances. Le graphique des taux de survie par provenance dans chaque site montre en effet que ces deux provenances forment le duo de tête dans les 4 sites sauf à Apcher où Bonnetage est moyen et à Sénones où c'est Gerardmer qui est moyen. Par ailleurs, le mauvais classement des deux lots du VG Rachovo se confirme, notamment celui récolté en 1992.

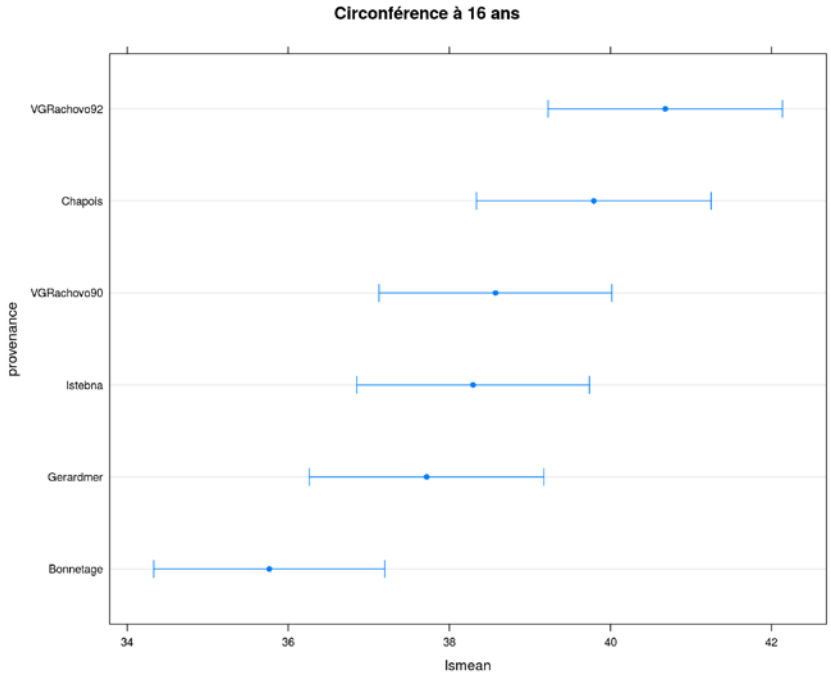


*5.1.3.2- Circonférence*

Le modèle montre un effet significatif de la provenance sur la circonférence à 16 ans dans les 4 sites de ce jeu de données :

```
## Response: moyenne.circ
##                   Df  Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## provenance         5  1137.2  227.45  5.4040 7.774e-05 ***
## dispo              3  1737.5  579.15 13.7604 1.363e-08 ***
## provenance:dispo  15   461.7   30.78  0.7313   0.75295
## dispo:bloc         4   496.6  124.15  2.9498   0.01999 *
## Residuals        438 18434.7   42.09
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Les différences sont relativement faibles comme l'indique la figure suivante. Malgré tout, le gain en croissance entre Bonnetage et le VG Rachovo 92 est de 14 %, ce qui n'est pas négligeable.




## 5.2- Branchaison : limite de la méthode et résultats partiels

### 5.2.1- Description et limites de la méthode

La branchaison a été mesurée sur 3 dispositifs ONF du réseau :

- Sénones en 2006 (10 ans) et en 2009 (13 ans)
- St Sauves en 2006 (10 ans) (mesures sur une moitié du dispositif)
- Apcher en 2006 (10 ans).

Le tableau suivant détaille les différents types de mesures qui ont été prises dans les 3 dispositifs.

| | **Nombre de branches** | **Grosseur des branches** |
|---|---|---|
| Sénones 2006 | Comptage | Note de 1 à 3 |
| Sénones 2009 | 2 comptages : 0-2m et 2-4 m | Notes de 1 à 3 entre 0-2m et 2-4m |
| St Sauves 2006 | Comptage + note de 1 à 3 | 2 mesures de diamètre + note de 1 à 3 |
| Apcher 2006 | Note de 1 à 3 | Note de 1 à 3 |

### *5.2.1.1- Premières remarques sur les mesures réalisées*

La façon de « noter » les deux aspects de la branchaison (nombre et grosseur) est donc différente entre les 3 sites. Cette incohérence de méthode pose problème pour une analyse globale de ces caractères sur les 3 sites.

Deux autres inconvénients sont à signaler : une note est beaucoup moins facile à analyser qu'une mesure quantitative et elle manque d'objectivité (effet dispositif incluant un effet observateur). Ces aspects vont handicaper l'approche multi-site.

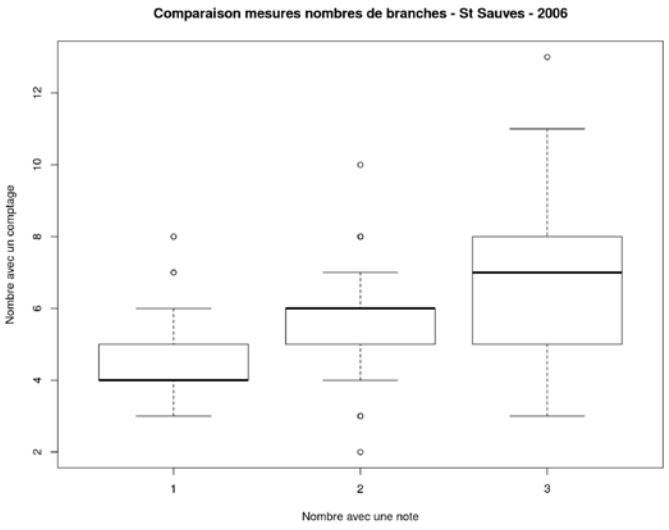
Enfin, le fait que le nombre de branches soit appréhendé uniquement avec une note de 1 à 3 à Apcher va vraiment poser problème pour relier les résultats de ce dispositif aux deux autres.

D'un point de vue méthodologique, la double approche réalisée à St Sauves avec une mesure quantitative (nombre et diamètre) et une notation de 1 à 3 pour les deux caractères est très intéressante. Elle va nous permettre d'estimer le niveau de confiance qu'on peut accorder à la notation de 1 à 3 pour évaluer les provenances.

### *5.2.1.2- Pertinence de la note de 1 à 3*

** Nombre de branches*

Les 3 classes de la notation du nombre de branches correspondent bien à des échantillons d'arbres ayant des nombres de branches différentes : la note 1 englobe les arbres possédant le moins de branches et la note 3 des arbres très branchus. Cependant, les distributions des nombres de branches des 3 classes se chevauchent. Ce phénomène est particulièrement important pour la classe 3 qui contient des arbres avec une large gamme de nombre de branches.

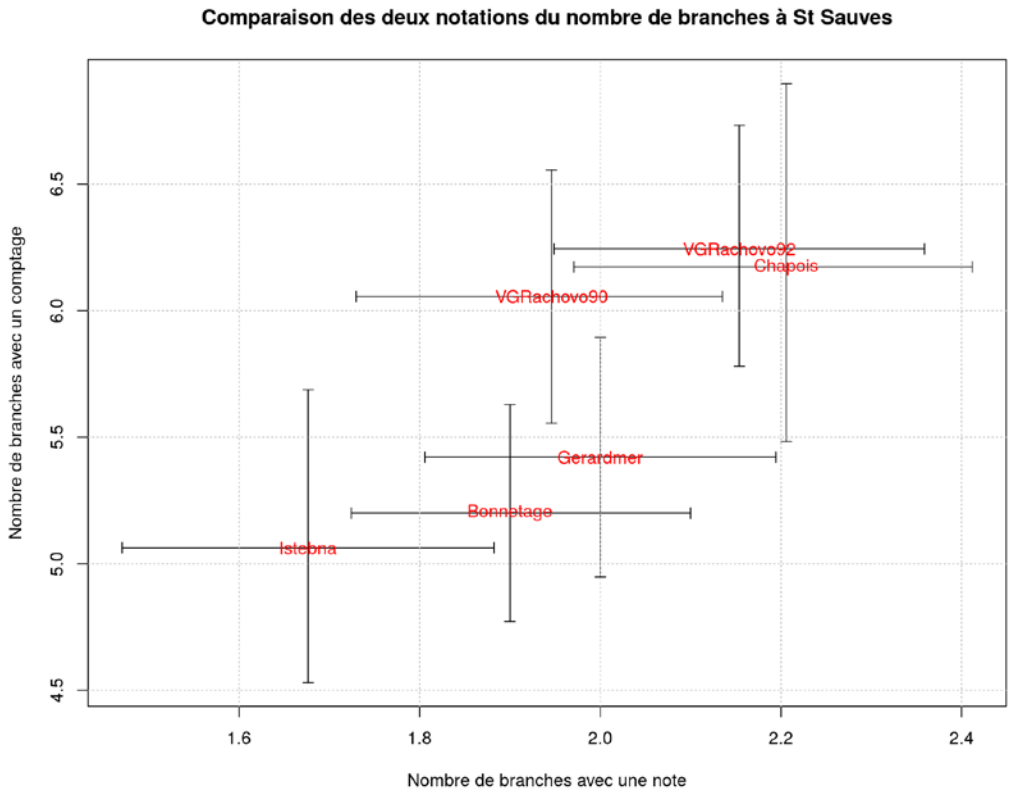



Cependant, des tests de comparaisons multiples de moyennes montrent que les 3 classes se caractérisent par des nombres de branches moyens significativement différents. Les différences entre deux catégories successives est de l'ordre de une branche et elle est de 2,5 branches entre les classes 1 et 3.

Ces résultats démontrent que la notation est moins précise et moins discriminante que le comptage, même si elle permet de former des groupes distincts.

Les comptages de branches et les notes fournissent des résultats cohérents lorsqu'on compare les provenances. Celles qui ont plus de branches sont aussi celles qui ont des notes moyennes élevées. On note cependant une inversion de classement minime : le VG-Rachovo90 qui a tendance à être mieux noté que la provenance Gerardmer alors que les comptages lui attribuent un plus grand nombre de branches.

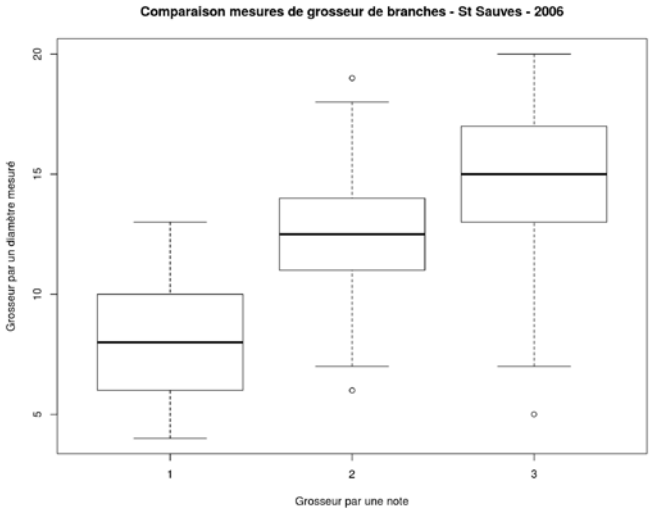
Les intervalles de confiance sont, proportionnellement aux différences entre les provenances, assez comparables pour les deux méthodes d'estimation de la densité de branchaison. **Le comptage des branches ne semble donc pas apporter une plus grande précision ni une plus grande capacité à discriminer les provenances que la note 1-2-3.**




** Grosseur de branches*

Deux diamètres ont été mesurés en mm, a priori sur le même verticille. La corrélation significative et forte entre ces 2 mesures montre qu'elles sont redondantes. Nous avons donc utilisé la mesure ayant le moins de données manquantes.

Les distributions des diamètres mesurés dans les 3 classes de la note montrent que la notation sépare bien les bonnes catégories (cf figure ci-contre). Comme pour le nombre de branches, la classe 3 a tendance à être un peu plus étendue que les deux autres.

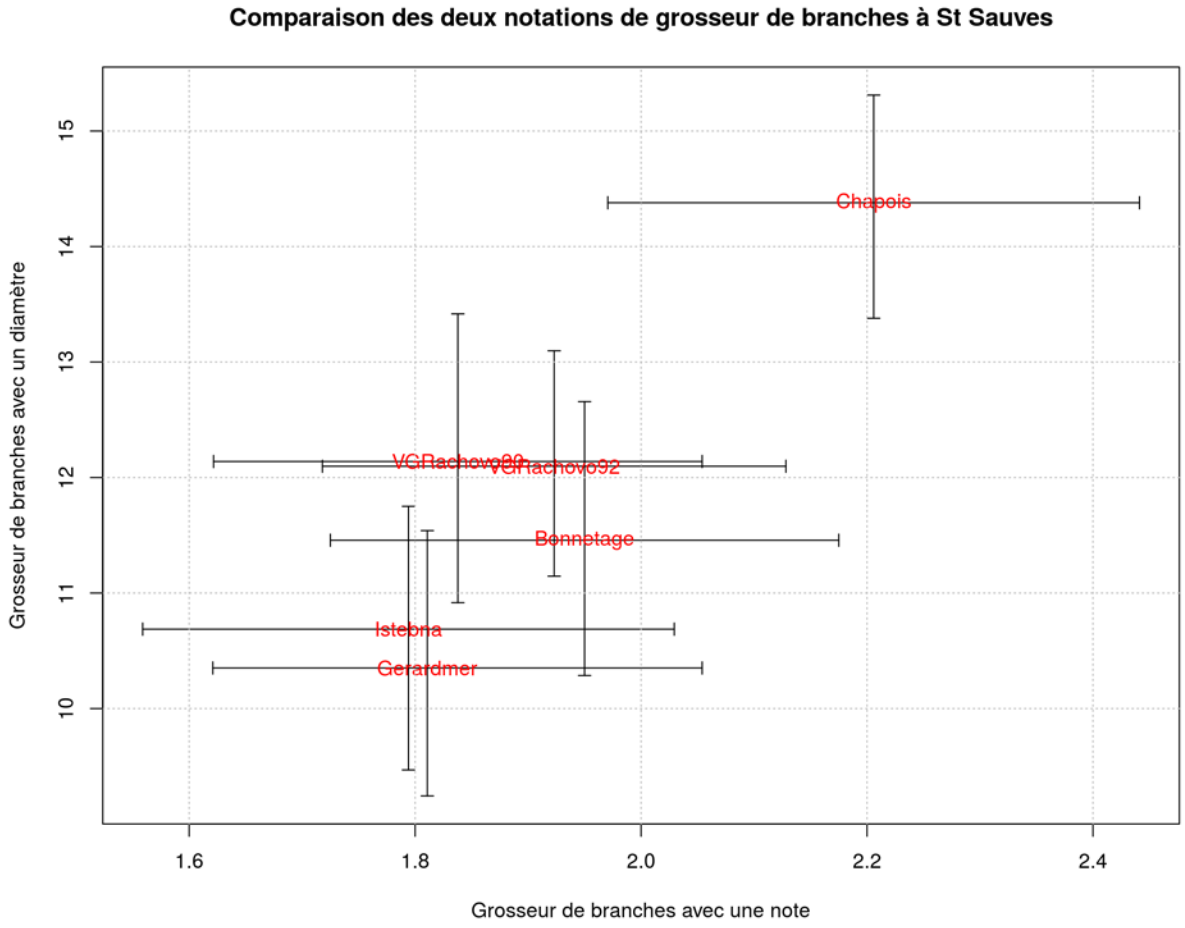


Les tests par paires de moyennes de diamètre pour les 3 classes de note montrent que les 3 échantillons définis par les notes sont tous significativement différents les uns des autres. Les différences de moyennes sont indiquées ci-dessous :

```
##         diff      lwr      upr   p adj
## 2-1 4.425926 3.359833 5.492019 0.0e+00
## 3-1 6.855556 5.564453 8.146658 0.0e+00
## 3-2 2.429630 1.294687 3.564572 2.9e-06
```

On remarque que les différences de moyennes de diamètres entre classes successives ne sont pas équivalentes. Le passage de la classe 1 à la classe 2 correspond à une augmentation de diamètre de 4,43 cm alors que le passage de la classe 2 à la classe 3 correspond à une augmentation de diamètre de 2,43 cm. Ceci implique que les notes ne peuvent pas être interprétées de façon quantitative. Estimer des moyennes ou appliquer des modèles de types ANOVA sur ces données ne serait pas pertinent.

La représentation graphique ci-dessous montre une bonne relation entre les deux ‘mesures’ au niveau des moyennes par provenance. Les intervalles de confiance des notes sont légèrement plus importants que ceux des diamètres mais la différence est faible. La note permet de bien séparer la provenance **Chapois**, dotée de grosses branches, des autres provenances. Par contre, les deux lots de **VG-Rachovo** sont notés plus favorablement que **Bonnetage** alors qu’ils ont tendance à produire des branches plus grosses. Ces écarts restent néanmoins minimes.



## 5.2.2- Résultats partiels

Les résultats issus de ces mesures sont à considérer avec prudence étant données les limites soulevées précédemment. On peut cependant exploiter les données disponibles pour obtenir une première estimation de la qualité de la branchaison du VG-Rachovo.

### *5.2.2.1- Nombre de branches*

*Senones 2006* : le nombre de branches est peu variable (entre 4 et 6 branches/arbre quelle que soit la provenance) ; les effets provenance et bloc ne sont pas significatifs.

*Senones 2009* : on n'observe pas d'effet provenance significatif pour la densité de branchaison des billons situés à 0-2 m et 2-4 m de hauteur ; les nombres de branches des deux billons sont très faiblement corrélés.

*St Sauves 2006* : les analyses portant sur les données issues du comptage de branches mettent en évidence un effet provenance : VGRachovo92 a, en moyenne, une branche de plus que Istebna et Bonnetage (6 et 5 branches respectivement) et Chapois a marginalement une branche de plus que Istebna.

Apcher 2006 : l'analyse des notes ne montre pas de différence entre provenances.

### *5.2.2.2- Grosseur de branches*

*Sénones 2006* – La grosseur des branches est expliquée en majorité par la circonférence et est donc très dépendante de la vigueur. L'intégration de la provenance dans le modèle n'apporte pas d'amélioration. L'absence d'interaction signifie qu'aucune provenance n'échappe à la corrélation défavorable entre la circonférence du tronc et la grosseur de branches.

*Sénones 2009* – Les résultats diffèrent peu de ceux de 2006 mais on observe cependant une légère interaction entre provenance et circonférence (due semble-t-il à Chapois).

*St Sauves 2006* – Un modèle qui explique les diamètres de branches par la seule circonférence de l'arbre prend en compte 75 % de la variabilité. Cependant, la provenance a un effet sur le diamètre des branches : Chapois a des branches significativement plus grosses que toutes les autres provenances, et leur diamètre n'est pas en rapport avec celui de l'arbre (il est plus fort que ce que le diamètre du tronc laisserait présager).

# FRENE

Les travaux de l'INRA consistent à estimer la croissance et la sensibilité à *Chalara fraxinea* de provenances de frêne, parfois structurées en familles demi-frères. L'objectif étant d'étudier et d'exploiter la variabilité génétique pour la résistance/tolérance à la chalarose. La valorisation du réseau expérimental pourrait aboutir, à terme, à la création d'un verger à graines fournissant du matériel résistant ou peu sensible à la chalarose et à l'admission en catégorie testée de peuplements français.

Le tableau ci-dessous montre la composition des essais du réseau INRA, dresse le bilan des dernières mesures/notations et renseigne sur la sévérité des dégâts causés par *Chalara*.

**15 dispositifs « actifs », un total de 32 304 arbres**

| Dispositif *code couleur fonction de l'état global vis-à-vis de la chalarose* | **Année de plantation** (nbre d'années où l'INRA a mesuré le dispositif ; dernière année de suivi) | **Intensité de suivi par l'INRA**[a] *code couleur fonction du niveau de suivi* | Nbre de plants | Nbre de provenances françaises | Nbre de provenances étrangères | Nbre de familles[b] | Dernière mesure de hauteur **(valeur moyenne)** | Dernière mesure de circonférence à 1m30 **(valeur moyenne)** | Présence de chalara et intensité moyenne des dégâts | **Nombre de plants morts** (% ; année de mesure) | **Nombre de plants indemnes**[c] (% ; année de mesure) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Villedieu lès Bailleul (61) | **1988** (5 ; 2001) | **0.2** | 3418 | 0 | 50 | - | Avril 2001 **(751 cm)** | Avril 2001 **(271 mm)** | **Mesures prévues en 2016** | **41** (1.2% ; 2001) | |
| Soula (St Cirac) (09) | **1989** (8 ; 2003) | **0.3** | 1152 | 1 | 50 | - | Janvier 2001 **(768 cm)** | Janvier 2003 **(260 mm)** | Hors zone contaminée | **20** (1.7% ; 2003) | |
| Heugas (40) | **1989** (3 ; 2001) | **0.1** | 3742 | 1 | 50 | - | Avril 1999 **(660 cm)** | Avril 2001 **(291 mm)** | Hors zone contaminée | **852** (23% ; 2001) | |
| Fontenois Lès Montbozon (70) | **1992** (7 ; 2015) | **0.3** | 1134 | 10 | - | - | Hiver 2002 **(456 cm)** | Juin 2014 **(530 mm)** | Oui<br>2.63 sur une échelle de 0 à 5 pour le dépérissement au houppier (août 2015)<br>0.39 sur une échelle de 0 à 1 pour la ceinturation moyenne par les chancres au collet (septembre 2014) | **220** (19% ; 2015) | **13** (1.1% ; 2015) |
| Havrincourt (62) | **1993** (6 ; 2015) | **0.3** | 911 | 12 | - | - | Janvier 2003 **(843 cm)** | Septembre 2015 **(677 mm)** | Oui<br>1.94 sur une échelle de 0 à 5 pour le dépérissement au houppier (juillet 2015)<br>0.34 sur une échelle de 0 à 1 pour la ceinturation moyenne par les chancres au collet (septembre 2014) | 105 (12% ; 2015) | 44 (5% ; 2015) |
| Devecey (25) | **1995** (11 ; 2015) | **0.6** | 788 | 3 | - | 23 | Novembre 2004 **(685 cm)** | Juin 2014 **(482 mm)** | Oui<br>2.2 sur une échelle de 0 à 5 pour le dépérissement au houppier (juillet 2015)<br>0.28 sur une échelle de 0 à 1 pour la ceinturation moyenne par les chancres au collet (juillet 2015) | **103** (13% ; 2015) | **13** (1.6% ; 2015) |
| Proville (59) | **1996** (6 ; 2006) | **0.3** | 2343 | 4 | - | 70 | Février 2006 **(930 cm)** | Octobre 2005 **(288 mm)** | **Mesures prévues en 2016** | **105** (4% ; 2006) | |
| Esnes (59) | 2003 (6 ; 2015) | **0.5** | 1485 | 16 | - | 213 | Novembre 2012 **(990 cm)** | Juillet 2015 **(435 mm)** | Oui<br>1.86 sur une échelle de 0 à 5 pour le dépérissement au houppier (Juillet 2015)<br>0.38 sur une échelle de 0 à 1 pour la ceinturation moyenne par les chancres au collet (juillet 2015) | **446** (30% ; 2015) | **49** (3% ; 2015) |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Moulins-sur-Yèvre (18) | 2005 (6°;·2015) | **0.6** | 3022 | 10 | 15 | 357 | Avril·2015· (**627·cm**) | Avril·2015· (**230·mm**) | Oui Moyenne·générale·de·0.06· sur·une·échelle·de·0· (indemne)·à·2·(symptômes· fort·visibles) (avril·2015) | **154** (5%°;· 2015) | **2661** (88%°;· 2015) |
| Planches (61) | 2005 (5°;·2015) | **0.5** | 3638 | 8 | 25 | 406 | Mars· 2015· (**628·cm**) | Mars·2015 (**246·mm**) | Oui Moyenne·générale·de·1.2·sur· une·échelle·de·0·(sain)·à·2· (symptômes· fort·visibles) (mars·2015) | **23** (0.6%°;· 2015) | **1237** (34%°;· 2015) |
| Saint-Salvi-de-Carcaves (81) | 2005 (0) | **0** | 2588 | 7 | 13 | 315 | - | - | Hors·zone·contaminée Dispositif·très·sale,·pas· entretenu | ? | |
| Paulhiac (47) | 2008 (1°;·2012) | **0.1** | 2529 | 24 | - | 467 | Février· 2012 (**172·cm**) | | Hors·zone·contaminée | **4** (0.2%°;· 2012) | |
| Grainville-Ymauville (76) | 2009 (1°;·2014) | **0.2** | 1103 | 9 | - | 173 | Avril·2014 (**135·cm**) | - | Oui Moyenne·générale·de·3.2·sur· une·échelle·de·0·(plant·mort)· à·5·(plant·sain) (avril·2014) | **294** (27%°;· 2014) | **575** (52%°;· 2014) |
| Castillon (14) | 2009 (2°;·2015) | **0.3** | 1653 | 13 | - | 243 | Octobre· 2015 (**428·cm**) | Octobre·2015· (**152·mm**) | Oui Moyenne·générale·de·0.93· sur·une·échelle·de·0· (indemne)·à·3·(symptômes· fort·visibles)· (octobre·2015) | **10** (0.6%°;· 2015) | **785** (47%°;· 2015) |
| Le·Tourneur (14) | 2009 (2°;·2015) | **0.3** | 2798 | 24 | - | | Octobre· 2015 *Données·en· cours· d'analyse* | Octobre·2015 *Données·en· cours· d'analyse* | Plants·fortement·élagués,· suivi·de·maladie·impossible· mais·plusieurs· symptômes· indiquent· la·présence·de·la· maladie. | *Données· en·cours· d'analyse* | *Données· en·cours· d'analyse* |

[a] *intensité de suivi = âge du dispositif / nombre d'années où l'INRA est passé, valeur comprise entre 0 et 1 (0.5 = l'INRA est passé en moyenne tous les 2 ans)*
[b] *« famille » désigne ici des plants issus de graines récoltées sur le même arbre mère (ce sont donc des familles de demi-frères)*
[c] *ni symptômes au houppier ni symptômes au collet (si les chancres au collet ont été suivis et mesurés)*

On peut constater que le programme prévisionnel 2015 a quasi intégralement été respecté. De plus, l'INRA a adressé une lettre aux propriétaires des terrains hébergeant les essais pour les sensibiliser à l'expansion de la chalarose, leur fournir des indices pour le dépistage de la maladie et les informer des actions de recherche en cours (annexe 4).

Enfin, un article scientifique reprenant des résultats du test de Devecey a été soumis à Phytopathology :

F. Muñoz, B. Marçais, J. Dufour, A. Dowkiw - Rising out of the ashes: additive genetic variation for susceptibility to *Hymenoscyphus fraxineus* in *Fraxinus excelsior*.

**ANNEXE 1 – Compte rendu de la réunion annuelle du groupe 'évaluation VFA Douglas' (Chaumont, 24 juin 2015)**

*Participants :*
*Yves Rousselle, Bruno Chopard, Didier François (ONF)*
*Sabine Girard (CNPF)*
*Stéphane Matz, Gwenaël Philippe (Irstea)*
*Jean-Charles Bastien (INRA) excusé.*

## ***Extension du réseau***

Contexte : cf CR réunion 2012 (Les Barres).
Installation de 10 nouveaux dispositifs pour combler les lacunes du réseau.

### Réalisations

Plantation de 4 dispositifs ONF au printemps 2015 :
- Champagne-Ardenne : FD Plachet (52, grandes p.u.) et FD Clairvaux (10, mono-arbre)
- Franche-Comté : FC La Longeville (25, mono) et FC Villers-sous-Chalamont (25, grandes p.u.).

Le groupe a pu constater la vitalité des plants lors de la visite des tests de Clairvaux et Plachet (belles pousses 2015). Le gros investissement consenti à l'installation de ces essais (engrillagement, préparation du sol, ouverture de potets, cartographie fine de la profondeur du sol avant implantation des blocs au Plachet, surveillance régulière) est un gage de pérennité.
*NB- Espérons que les températures reviendront à un niveau raisonnable et que la pluie soit au rendez-vous.*

L'ONF enverra au groupe les fiches d'installation des 4 essais d'ici fin 2015.
NB- le verger néo-zélandais Tramway est évalué à Clairvaux.

### Projets

* Automne 2015 : FD Maures, Le Ruscas (83, mono, ONF).
Ce test comparera les 10 provenances de Douglas et un témoin cèdre. La surface disponible étant limitée, chaque unité génétique sera représentée par 60 plants.

* Printemps 2016 :
- St Quirin (88, mono, ONF)
- FD du Francbois Bryas (08, grandes p.u., ONF)
- Sologne (45, grandes p.u., ONF)
- FD Ecouves (61, type de dispo non communiqué, INRA)
- Bretagne (mono, Irstea) : grâce à l'annonce parue dans le bulletin de liaison du CRPF Bretagne, Irstea a reçu 15 propositions de terrains, dont 5-6 intéressantes ; Irstea est confiant quant à l'installation de ce dispositif.
- 4 tests de démonstration CNPF en Franche-Comté, Champagne-Ardenne, Rhône-Alpes et Normandie (prospection en cours).

Les cinq dispositifs ONF, INRA et Irstea évalueront les 8 vergers français, le verger néo-zélandais Tramway et la seed zone Washington 403. Chaque unité génétique sera représentée par 100 plants (mono) ou 200 plants (4 blocs x 50 plants pour les dispositifs en grandes p.u.).

Tramway sera absent des tests de démonstration CNPF. Le design des tests n'est pas définitivement fixé. Dans certains tests, les populations pourraient être réparties en 4 blocs de manière à pouvoir effectuer une analyse statistique au niveau du site (4 x 20 ou 4 x 30 plants/provenance). Une alternative consisterait à installer un test mono-arbre à proximité du test de démo. Une décision sera prise lorsque la disponibilité en plants plantables sera connue.

Le choix des sites d'implantation des nouveaux dispositifs se basera sur les variables pédoclimatiques utilisées par l'ONF pour identifier les lacunes du réseau : bilan hydrique estival, température mini hivernale, pH et C/N bio-indiqués. Irstea, l'INRA Orléans et l'IDF n'ayant pas accès aux bases de données correspondantes, ils enverront les coordonnées géographiques des sites candidats à Bruno d'ici fin juillet 2015 qui transmettra au Pôle R&D ONF de Nancy (en lien avec le LERFOB). Les caractéristiques pédoclimatiques seront disponibles pour fin Août 2015, de manière à pouvoir effectuer les visites de terrain en septembre.

A la demande de Bruno, Gwen fera circuler le fichier récapitulant les caractéristiques des essais.

**Disponibilités en plants**

Les tests proprement dits seront réalisés avec des plants du semis 2014. Les effectifs sont a priori suffisants mais il convient de s'en assurer. Yves demandera à Peyrat de réaliser un inventaire des plants plantables par provenance en fin de saison. Il concernera les plants issus du semis 2014 mais aussi les survivants des semis 2013 qui seront utilisés pour les bordures.

S. Guérinet a récemment indiqué à Irstea qu'il pensait livrer des plants de 30-50 cm de hauteur.

**Livraison des plants**

Les livraisons seront a priori assurées par le PNRGF de Peyrat, comme cela a été le cas pour les plantations du printemps dernier. Le coût peut être imputé i) à la convention « évaluation VFA » mais la prise en charge ne serait que partielle (environ 30%) car les dépenses ne sont pas financées intégralement, ou ii) à la MIG PNRGF qui intègre déjà l'éducation des plants à Peyrat. La 2ème solution serait plus avantageuse puisque les coûts seraient financés à 100% par la DGPE. Gwen demandera à Pierre Bouillon de se prononcer sur la possibilité d'un financement via la MIG PNRGF.
En cas de refus, le coût des livraisons devra être chiffré par Peyrat. En fonction du montant, le CNPF et Irstea décideront de contracter avec l'ONF ou d'assurer le transport par eux-mêmes.

**Intensité et fréquence du suivi**

Les mesures annuelles ne se justifient pas car on note peu d'évolution du statut des provenances au fil des 5 premières années (résultats constatés sur les premiers sites du réseau). Les notations et mesures seront donc effectuées 1 an, 3 ans et 5 ans après plantation. Il est néanmoins nécessaire d'organiser des visites de surveillance annuelles pour s'assurer du bon état des dispositifs et, en cas d'accident climatique ou biotique, pouvoir effectuer des notations ponctuelles et/ou des interventions à but sanitaire. Pour les essais éloignés des bases, l'expérimentateur s'appuiera sur un correspondant local avec qui il maintiendra des relations étroites.

**Caractères mesurés**

Le protocole habituel est maintenu. L'état sanitaire sera caractérisé par une note générale, complétée le cas échéant par une notation de la couleur du feuillage et de rétention foliaire. La hauteur sera mesurée systématiquement (H1 et H0 en fin de 1ère année, puis H3 et H5).

Note générale : 0- sain, 2- cime sèche, 5- abrouti, 6- frotté, 7- dégât de dégagement, 8- problème particulier à identifier dans une colonne « remarques », 9- mort.
En cas de problème concernant de nombreux individus (gel, hylobe, ...), ajouter une variable spécifique avec une codification à préciser que l'observateur renseignera pour chaque plant (oui/non ou, si possible, un code d'intensité).

*Rappel des décisions antérieures :*
** Lorsque plusieurs dégâts sont visibles, la cause (ex. frottis) prime sur la conséquence (ex. cime sèche).*
** Les jaunissements (note 1) ou rougissements (note 2) ne sont notés que si les décolorations de feuillage touchent plus de 5-10% des plants.*
** la rétention d'aiguilles (présence d'aiguilles de 1, 2 ou 3 années) ne sera pas notée avant 3 ans.*

Selon les organismes, la hauteur est mesurée à la base du bourgeon de l'axe terminal (Irstea) ou à la base du bourgeon le plus haut (ONF, CNPF). Les deux méthodes génèrent de très faibles écarts au niveau provenance. Il n'apparaît donc pas nécessaire d'utiliser un protocole unifié.

## *Essais plantés de 2009 à 2012*

**Age des prochaines mesures - caractères**

Les mesures seront réalisées 8 ans après plantation. Les dispositifs de la 1ère vague de plantation seront donc remesurés fin 2016. Les expérimentateurs devront prévoir des dégagements, souvent à leur charge car non indispensables du point de vue sylvicole.
NB- Les essais d'Anglès et des Barres ont été clos après les mesures à 5 ans. Raisons : survie insuffisante (Barres, Anglès) et concurrence des regarnis de mélèze hybride (Anglès).

Les notations/mesures concerneront l'état sanitaire, la hauteur, la circonférence et l'angle de branchaison. Une décision sera prise ultérieurement pour les autres caractères de forme.

- Etat sanitaire et hauteur : protocole habituel.

- Circonférence : mesure à 1,30 m. Si cette hauteur se situe au niveau d'un verticille, la mesure est prise à un endroit 'non perturbé', dans la fourchette 1,20-1,40 m. L'ONF et l'IDF insistent pour que le niveau de mesure soit marqué à la peinture ; Irstea y est opposé.

- Angle de branche : note INRA à 5 classes déterminée après examen des branches du verticille le plus proche de 2 m. Cette notation sera effectuée sur deux dispositifs de chaque type de milieu (8 sites), et en se limitant éventuellement aux arbres les plus vigoureux (éliminer les petits individus pour lesquels le verticille à 2 m est trop jeune). Ce protocole sera affiné *in situ* cet automne à Peyrat.

- La discussion sur l'estimation du nombre et de la grosseur de branches n'a pas permis d'aboutir à un protocole faisant consensus. La réflexion se poursuivra en conditions réelles à Peyrat, ce qui permettra aussi de voir les plants destinés aux nouveaux essais du printemps 2016.

Emergent néanmoins les réflexions suivantes :
* nécessité de prendre en compte ces deux caractères dont l'importance économique est grande, en dépit de leur faible héritabilité et de leur lien avec le diamètre du tronc (la vigueur). Bruno suggère de noter la grosseur de branches relativement au diamètre de l'axe principal.
* les notes « classiques » à 3-4 niveaux sont trop subjectives (nombreux notateurs impliqués, en particulier à l'ONF) et insuffisamment précises
* privilégier des mesures fines (et fastidieuses) sur un très petit nombre de sites ; Yves transmettra les résultats de densité de branchaison et de grosseur de branche obtenus sur épicéa à l'aide d'une méthode » sommaire (note 1-2-3) et des mesures précises
* ces mesures/notations ne seront réalisées qu'une seule fois ; l'âge de 8 ans paraît un peu jeune.
* Bruno juge nécessaire de noter la fourchaison, défaut majeur sur le plan sylvicole (mais peu héritable).

**Analyse des données**

Populations d'étude

Dans les 5 essais Irstea pour lesquels l'analyse a porté sur les hauteurs réelle (tous les arbres) et potentielle (arbres jamais endommagés), le classement des variétés est relativement stable et indépendant de la variable analysée. D'autre part, le différentiel de hauteur est plus faible que prévu (1 à 10 cm). Il convient donc de relativiser l'importance du choix de la population d'étude et de faire preuve de pragmatisme. Concrètement, on étudiera la population potentielle « la plus objective possible ». Dans les essais peu touchés par les problèmes sanitaires, les arbres endommagés seront éliminés ; dans les essais ayant subi des dégâts plus importants, on se permettra de « réinjecter » dans la population analysée des arbres anciennement endommagés si les blessures sont cicatrisées et si leur hauteur est « proche » de la moyenne de la provenance (+/-20%). Dans tous les cas, on indiquera le nombre d'arbres éliminés dans chaque provenance.

Analyse des données (à l'échelle de l'essai)

La méthode statistique diffère selon les organismes dans le cas des variables continues en tests en grandes p.u. : analyse des moyennes par p.u. (ONF) ou analyse des données individuelles en testant la variété par rapport à l'interaction variété x bloc (Irstea). Les deux approches ayant leurs qualités et leurs inconvénients (prudence *versus* puissance), aucune consigne définitive n'est donnée. Les analyses se poursuivront comme jusqu'à présent, en détaillant la méthode suivie.

Eléments de discussion :
- L'indépendance des valeurs est effectivement une hypothèse de base pour les analyses de variance et il ne faut pas la négliger. Cette question, soulevée dans le cas des essais en grandes p.u., mériterait de l'être également dans le cas des dispositifs monoarbres.
- Les méthodes d'analyse spatiale, qui consistent à ajuster la valeur de chaque individu en fonction de la performance des proches voisins, sont à privilégier.
- A titre d'exemple, il serait utile d'analyser les données d'un essai en spatial et selon les méthodes ONF et Irstea.

Analyses multisites

Un des intérêts de l'analyse en réseau est de déterminer les exigences écologiques des variétés. Or, le découpage actuel en « milieux », basé sur les cartes Carbofor et l'altitude, est trop sommaire ; il convient de mieux caractériser les stations dans lesquelles les essais ont été installés. Les variables édaphiques d'importance devront être déterminées (données sur la richesse chimique disponible seulement pour les tests CNPF). Les données climatiques devront être celles des cinq dernières années, favorables à la croissance, et non des moyennes trentenaires (modèle SAFRAN ou achat à Météo-France des données de stations météo proches des essais).

D'un point de vue statistique, les analyses seront réalisées à plusieurs niveaux. En travaillant en spatial, il devrait être possible d'intégrer tous les essais (mono, grandes p.u., tests de démonstration) dans une même « analyse ». Ce travail, qui nécessite des recherches méthodo, sera réalisé par Yves en 2016.
Les partenaires lui enverront leurs jeux de données dans le courant de l'année (une variable par colonne, en accompagnant le fichier d'une fiche explicative pour les codes et les observations abrégées). Sont concernés les 24 dispositifs encore actifs cinq ans après plantation.

Il convient d'officialiser ces échanges de données en intégrant dans la convention « évaluation VFA 2016 » une mention du type : « les partenaires mettront en commun les données brutes collectées dans leurs essais respectifs ; elles seront analysées par le CGAF dans le cadre de l'évaluation des vergers français et ne pourront être utilisées à d'autres fins sans le consentement explicite des organismes expérimentateurs ». Sabine reformulera le cas échéant.

Les données issues de notations (jaunissement, déficit foliaire), susceptibles de varier en fonction de l'opérateur et de la période d'observation, ne sont pas analysables en tant que telles. En revanche, la variable « classement » l'est potentiellement.

## ***Résistance à « la » sécheresse***

### Vulnérabilité à la cavitation

Le PIAF n'a pas mis en évidence de différence entre Californie, France 1 et Washington 2 pour le P50, potentiel hydrique induisant 50% de perte de conductivité (cf CRA 2014 pp 60-62). Cette absence de variabilité intra-spécifique semble générique et non spécifique aux espèces européennes. Cela signifie que les arbres ont très peu de marges de manœuvre pour ce trait. Il n'apparaît donc pas nécessaire de poursuivre les tests de cavitation. Néanmoins, le groupe se tiendra informé des travaux menés par Ph. Rozenberg à l'INRA Orléans (projet EMPIR).

### Etude de caractères d'adaptation à la sécheresse

Trois caractères simples à mesurer (transpiration $_{min}$, water deficit et specific leaf area) ont été utilisés en « common gardens » pour évaluer l'adaptation à la sécheresse de 35 populations du Washington, de l'Oregon et de Californie (Bansal et al. 2014). Des essais similaires pourraient être menés dans notre réseau, en sélectionnant un petit nombre de variétés et de sites. Une telle étude n'apparaît pas prioritaire dans l'immédiat et sa pertinence scientifique devrait au préalable être validée par des écophysiologistes.

**Essais en conditions semi-contrôlées**

Les essais menés par le CGAF sur sapin sont terminés. Un essai comparable, auquel Irstea souhaite être associé, est envisagé à moyen terme sur Douglas. Il pourrait être entrepris en 2017 à la pépinière de Cadarache, sous la responsabilité de Brigitte Musch.

## ***Tailles de formation***

Ce sujet a été longuement discuté lors des réunions annuelles de 2012 et 2013 (cf comptes rendus), en s'appuyant sur l'exemple de Saulieu. Ce dispositif a été sévèrement malmené par le chevreuil et, aujourd'hui encore, 20% des arbres présentent une fourche basse (H < 1 m) ou "multi-têtes". Ces défauts, indépendants de la provenance, risquent de déprécier fortement la valeur de la bille de pied. Dans de telles conditions, le groupe s'autorise un défourchage jusqu'à une hauteur de 1.30 m, en notant en observation les individus taillés (et le nombre de leaders éliminés ?). A Saulieu, l'opération aura lieu fin 2015, lors des mesures à 5 ans. Sabine appliquera peut-être le même traitement au test d'Autun qui a subi des attaques de gibier et d'hylobe.

Il sera intéressant de comparer les accroissements en hauteur et diamètre entre 5 et 8 ans des arbres taillés et non taillés.

## ***Divers***

**Perspectives d'éclaircie génétique dans certains vergers**

Des notations de débourrement végétatif et de branchaison ont été effectuées ou sont programmées dans les vergers France 2, France 3 et un test de descendances de France 2 dans la perspective de réaliser une éclaircie génétique. Elle serait pratiquée *a minima* dans le verger France 3 qui possède un grand nombre de ramets mal conformés, mais la discussion du CTC de juin 2015 montre des velléités d'intervention dans d'autres vergers.

Le groupe chargé de l'évaluation des vergers n'est pas opposé par principe à de telles éclaircies si elles améliorent réellement la qualité des MFR, d'autant que les arbres se concurrencent (plantation en 1989/90 à espacements de 8m x 8m). Il souhaite cependant s'assurer que les éclaircies n'impacteront pas les caractères mesurés dans les tests d'évaluation ou au moins, si ce devait être le cas, que les pertes (ou gains) soient quantifiées. En effet, si la recherche doit améliorer autant que possible la qualité des MFR, elle se doit aussi de fournir à la filière des informations sur leurs performances. Les matériels évalués doivent donc être conformes aux matériels disponibles sur le marché.

Pour ces raisons, la position du groupe varie selon les caractères sélectionnés. Une éclaircie basée sur l'angle de branchaison, qui aura peu d'incidence sur l'adaptation et la croissance, serait bien perçue. En revanche, les participants se montrent beaucoup plus réticents, voire opposés, à une éclaircie sur la grosseur de branches qui est fortement corrélée à la vigueur. Il en va de même pour la tardiveté de débourrement. Le groupe considère en effet que la diversité de la panoplie actuelle, constituée de variétés précoces et tardives, constitue une richesse et qu'il n'est pas pertinent de vouloir l'homogénéiser pour ce caractère. Ceci est d'autant plus vrai que la précocité de débourrement n'est pas nécessairement défavorable (corrélations possibles avec d'autres variables d'intérêt : adaptation à la sécheresse, et éventuellement aux fortes

températures, aux gels d'automne) … et que France 3 n'a pas été identifiée comme particulièrement vulnérable aux gelées tardives.

Enfin, les discussions ont fait émerger plusieurs questions auxquelles des réponses devront être apportées pour que la proposition d'éclaircie recueille l'assentiment du groupe :

- Relation entre la valeur propre et la valeur des descendances ? Un verger, qui a subi des traitements d'induction florale, peut-il être assimilé à un test génétique ? Les mesures effectuées dans le verger France 2 et son test de descendances de Masnau-Massuguiés nous renseigneront sur ce point.

- Quel pourcentage d'arbres/clones convient-il d'éliminer pour obtenir un gain significatif sur le(s) caractère(s) sélectionné(s) ? La marge de manœuvre existe mais est limitée par les apparentements entre clones (110-150 clones par verger France mais seulement 53-59 clones efficaces).

- Comment quantifier des gains réalisés sur un caractère évalué par une note ?

**Conventions « évaluation VFA » - échéances**

Le groupe est d'accord sur le principe de restaurer une logique dans les échéances administratives des conventions DGPE en produisant le compte rendu d'activité de l'année n avant le programme d'activité de l'année n+1. Ce timing répondrait mieux à la demande répétée de la DGPE de faire coïncider les périodes de convention avec les années civiles.

Dans ce nouveau système, le CRA 2015 serait remis à la DGPE en décembre 2015 et le programme 2016 envoyé en janvier 2016. La période octobre-décembre étant traditionnellement très chargée, les données ne pourront pas être toutes analysées et le rapport final de 2015, année de transition, sera certainement moins étoffé que les précédents. A l'avenir, on séparera la collecte des données (inscrite dans la convention n) et leur analyse (convention n+1).

Gwen sollicitera l'accord de Pierre Bouillon.

**Avancement du projet « Douglas avenir »**

La 1ère étape consistera à créer une population d'amélioration d'environ 300 clones (200 nordistes + 100 sudistes), la 2ème à proposer la mise en place de vergers à graines, spécialisés ou à large spectre. Pour ces deux phases, les partenaires scientifiques attendent de la filière qu'elle leur fasse part des orientations souhaitées. Ce point sera mis en avant lors de la réunion du comité de pilotage qui se tiendra début juillet à Limoges. Bruno annonce que l'utilisateur ONF privilégiera l'adaptation écologique ; le choix se portera sur des variétés plastiques plutôt que sur des « Formule 1 ».

G. Philippe, juillet 2015

## ANNEXE 2 – Test de démonstration CNPF de Fraïsse-sur-Agout

Ref. ILEX
341000x

# Réseau "Variétés de douglas pour le futur"
# Fraïsse/Agout (Hérault)

Propriété du Groupement forestier SILVA

CNPF
INSTITUT POUR LE DÉVELOPPEMENT FORESTIER
CENTRE RÉGIONAL LANGUEDOC ROUSSILLON

***Objectifs : Evaluer le comportement de nouvelles variétés de douglas***

**Caractéristiques de la parcelle :**

-50 ha (dont 0.9 ha environ occupé par le dispositif)
-Altitude : 895 m — Orientation : Sud-Ouest
-Milieu de versant — Pente : 5 %
-T° moy annuelle : 9°2 (données Aurelhy)
-1445 mm d'eau / an (données Aurelhy)
-Brunisol formé sur gneiss quartzo-feldspathiques à texture SL sur 20 cm, arène à 40/60 cm de profondeur (pH : 4.5)

**Gestion appliquée :**

Antécédent : Epicéa commun avec Abies grandis et Sitka coupés en 2007/2008 et 2008/09.
Travaux préparatoires : Pas de dessouchage mais nettoyage au croque souche. Andainage à la pelle chenillée équipée d'un godet.
Plantation : 3 x 3 m, pas de protection contre le gibier.
Regarnis : Automne 2011 avec Douglas RN 3 ans Luzette-VG.
Pas de traitement contre l'hylobe.
Dégagement des plants : sur la ligne (courant 2011 et courant 2012).



Janv. 2011



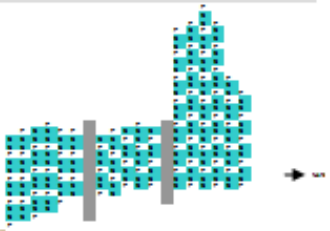
H0



+ 3 ans

**•Dispositif :**

•Neuf placettes unitaires de 60 douglas d'une même variété.
•Une placette unitaire se situe dans un seul inter-andain.
•69 pins laricio et 120 cèdres de l'Atlas suivis.

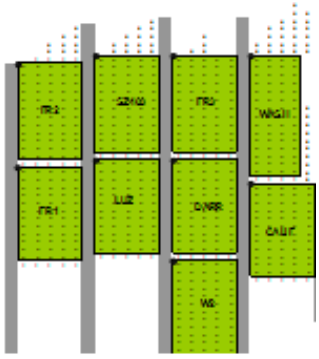


**Matériel végétal :**

-520 plants de 1 an élevés en godet de 600 cm³
-9 variétés différentes :
-**Darrington-VG** (PME-VG-001)
-**La Luzette-VG** (PME-VG-002)
-**Washington-VG** (PME-VG-003)
-**Washington2-VG** (PME-VG-005)
-**Californie-VG** (PME-VG-006)
-**France1-VG** (PME-VG-004)
-**France2-VG** (PME-VG-007)
-**France3-VG** (PME-VG-008)
-**Seed Zone 403** (matériel américain)



Oct. 2014

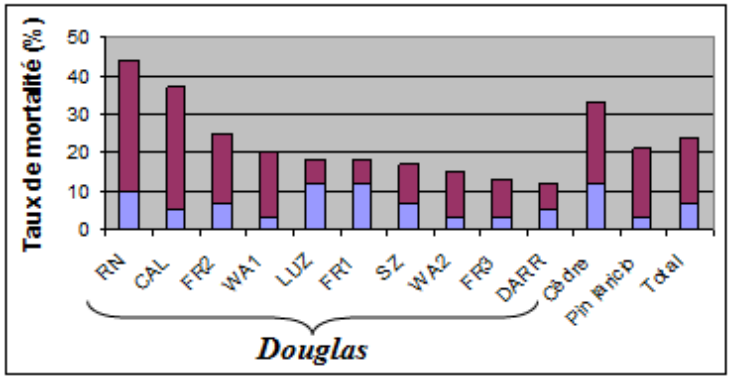


Photos : S. Girard

Ref. ILEX
341000x

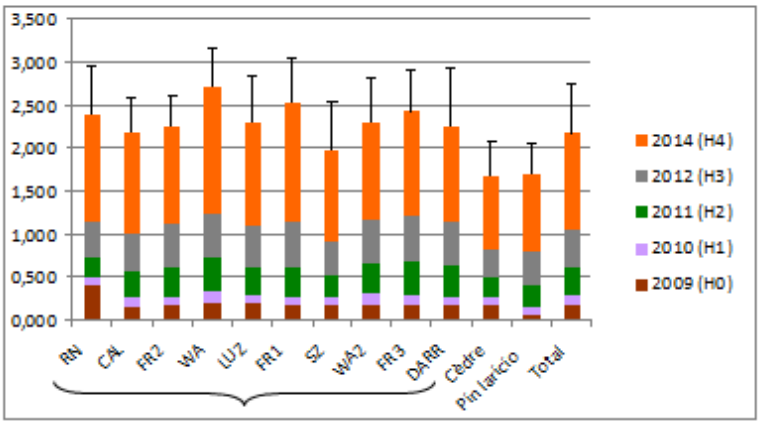
**Mesures et observations :**
Hauteur et mortalité : Printemps 2010 (H0) Janvier 2011 (H1), Mars 2012 (H2), Novembre 2012 (H3), Octobre 2014 (H5)

*Un an après plantation, la mortalité était de 7 % (3 % pour les pins laricio, 6 % pour les douglas et 12 % pour les cèdres). Les dégagements de 2011 et 2012, effectués sur la ligne, ont réduit le nombre de plants mesurés (coupe à la débroussailleuse + augmentation des dégâts de gibier). Remarque: les dégâts sont répartis inégalement sur le dispositif.*




*Cinq ans après plantation, le taux de reprise est de 76 % (21 % de mortalité chez les pins laricio, 22 % chez les douglas et 33 chez les cèdres).*

*Parmi les variétés de douglas, Californie-VG est celle qui a le taux de reprise le plus faible (63%) et Darrington-VG le plus élevé (88 %).*




*Les douglas du dispositif mesuraient en moyenne 17 cm de hauteur au moment de la plantation, 1.1 m trois ans après plantation et 2.3 m à 5 ans. Les croissances les plus faibles sont observées sur l'origine américaine SZ 403 (2 m) et les plus fortes sur les variétés Washington-VG et France1-VG (2.6 et 2.5 m).*

*Les pins laricio et cèdres atteignent des hauteurs très proches (1.6 m), significativement inférieures à celles des douglas.*

**ANNEXE 3 – Détermination de l'origine des composants des vergers 'Sudètes' français (INRA) : présentation à la réunion CTC de juin 2015**

*Compte rendu de la réunion CTC*

Une étude INRA-DSF, motivée par la recrudescence du chancre dans le massif central, a démontré la vulnérabilité de certains matériels originaires d'Europe centrale. La bonne résistance des provenances 'Europe centrale', en tout cas celles identifiées comme telles à l'aide de marqueurs moléculaires, a été confirmée mais il s'avère aussi que les peuplements de ces régions sont souvent mélangés et/ou hybridés avec des populations plus sensibles au chancre. Pour plusieurs raisons, les risques de pollution sont potentiellement grands pour la provenance Sudètes : introductions multiples de matériels allemands et autrichiens, controverse sur les limites géographiques de l'aire Sudètes, importations de République tchèque limitées à des MFR de moindre qualité. L'INRA d'Orléans a donc analysé l'ensemble de sa population d'amélioration, incluant les clones des vergers du Theil et de La Luzette, pour confirmer leur origine et, le cas échéant, éliminer les génotypes qui ne seraient pas conformes.

Après avoir présenté les travaux d'amélioration génétique sur la provenance Sudètes et décrit la méthode de travail, L. Pâques montre qu'au seuil de probabilité de 0.875, seulement 38% des clones du verger du Theil peuvent être affectés à l'origine Sudètes. Parmi les clones restants, on trouve majoritairement des matériels issus d'introgressions multiples, mais aussi 8 clones alpins et 6 hybrides intraspécifiques à composant alpin, potentiellement vulnérables au chancre. Le CTC valide les recommandations de L. Pâques qui consistent, dans un premier temps, à améliorer la résistance au chancre des produits du verger. Il conviendra donc d'éliminer, avant la prochaine floraison, 11 clones (Alpes ou Alpes x Polonica), soit 238 ramets, et de cibler les récoltes sur les 67 clones dont l'origine Sudètes est attestée par les marqueurs.

A l'issue de cette éclaircie, le verger du Theil renfermera encore une forte proportion de génotypes non identifiés comme de purs Sudètes. Leur éradication n'est pas souhaitable dans l'immédiat car elle conduirait à éliminer les 2/3 des ramets du verger et laisserait peu de marge de manœuvre pour une éclaircie génétique. L'avenir de ces clones dépendra de leurs performances en tests de descendances et en test d'inoculation. L'INRA collectera ces données, de manière à pouvoir réaliser une éclaircie génétique à l'horizon 2020. Elle prendra en compte la valeur reproductrice des composants pour la vigueur et la forme, leur sensibilité au chancre, leur origine génétique et éventuellement, comme le suggère A. Roques, leur aptitude à produire des graines pleines. L. Pâques rappelle que le verger du Theil est à présent constitué de matériel sauvage et que l'obtention de gains génétiques passe par cette éclaircie.

Les 11 clones alpins ou à composante alpine devront également être éliminés du nouveau verger de La Luzette, et remplacés par des clones d'origine Sudètes. D'autre part, il est prévu que ce processus d'analyse et de 'purification' soit étendu aux vergers étrangers, dans le cadre du projet européen Trees4Future ; il a débuté en République tchèque et en Slovaquie. Il sera donc possible d'établir prochainement une liste « positive » de vergers.

Présentation L.E. Pâques, V. Jorge, C. Buret, V. Guérin

## *Larix decidua : sudetica*

- *Une composante majeure des programmes d'amélioration de mélèze d'Europe avec le polonica*

  *Tests IUFRO (70 sites) et français (3 sites)*

  - *Origines de basses et moyennes altitudes*
  - *Plus tolérante à la compétition (moins sciaphylle)*
  - *Forte croissance*
  - *Faible sensibilité au chancre*
  - *Très grande flexibilité environnementale*

- *Nombreux vergers à graines en Europe: BE, CZ, DE, FR, PL, SK, (YO)*

- Une aire naturelle contestée
- Une zone fortement anthropisée avec flux de matériel ancien (sécheries AT, reboisement DE)
- CZ: un statut des peuplements classés compliqués
- Zones difficilement accessibles jusque récemment




## Programme INRA *sudetica* & vergers à graines

- Population d'amélioration
  - constituée dans les années 70 essentiellement par échanges (directs & indirects),
    - *Collection Kociecki (IBL, PL), sélection partiellement validée par JF Lacaze*
    - *Collection Vincent (CZ)*
    - *Collection Kleinschmit (DE)*
    - *Collection Dietrich (DE)*
    - *Sélection en test de provenances (Coat-An-Noz, FR).*
  - Sélection phénotypique : vigueur, forme, branchaison
  - *PC INRA Orléans (45) & Cadouin (24)*

- *Evaluation génétique de la population d'amélioration*
  - *TD 2002-2005-2010: 1 (+1), 1, 5 = 7*

- Prospection en 2000 (PL & CZ)
  - *TD en 2003 (INRA-VULHM-IBL): +/- 80 descendances*

  *→ Nouvelles sélections*

## Vergers *sudetica*

- 1980 : Cadouin: 121 clones – 8.4 ha (abandonné)

- **1984-1987: Theil: 177 clones – 13 ha – 21 ramets/clone ;** *récolte commerciale depuis 1999*

- **2011…: Nouveau verger (en cours d'installation) : 195 clones**

- Tests d'évaluation (IRSTEA, INRA):
  - 1995- 1996: Ain, Creuse, Doubs, Nièvre
  - 2000-2002 : Allier, Creuse, Hautes-Alpes, Loire, Morbihan
  - 2002 -2010: TD Allier, Cantal, Manche, Orne, Puy de Dôme.
  - + tests à l'étranger (projet européen LARCH)

  - Evaluation par INRA des VG allemands et de certains VG slovaques
  - semis 2015P: VG Theil: 5 années de récolte

## Les vergers *sudetica* dans le contexte de la recrudescence du chancre

### Enquête de D.Piou: 55 pplts Massif central

Piou et al. dans thèse S.Wagner 2013

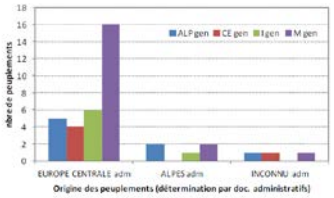



**Figure 5 :** Classification croisée de l'origine des 39 peuplements de mélèze, en fonction des informations déclarées sur les documents administratifs et des marqueurs génétiques

APPENDIX 1

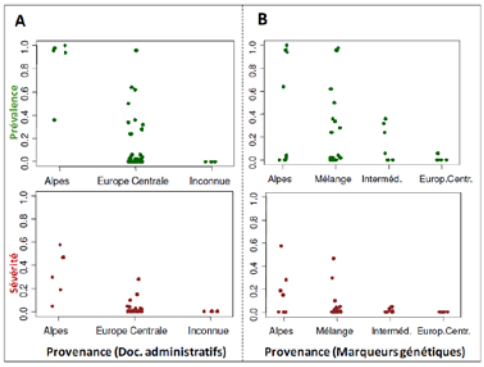



**Figure 6 :** Prévalence et Sévérité des attaques de chancre dans 39 peuplements de mélèze du Massif central en fonction de l'origine déclarée sur les documents administratifs (A), ou de l'origine déterminée à l'aide des marqueurs génétiques.

Ex Thèse S.Wagner 2013

## Analyse des clones *sudetica* collection INRA

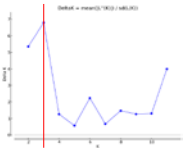
- Etape 1: constituer des populations de référence (garantie de l'autochtonie?)
- Etape 2: assigner les individus du verger à ces populations
- Etape 3: quelles recommandations pour la gestion du VG ?

## Etape 1

- Collecte de cambium ou bourgeons ou aiguilles sur:
  - Alpes : 35 clones
  - *polonica* : 46 clones + 201 descendants de la récolte 1987
  - *sudetica* : 228 clones : 219 clones et 9 descendants selfs
  - non connus (échange avec SRFGx-B) : 7 clones.
- Extraction ADN : kit Macherey Nagel
- PCR: 13 marqueurs SSR regroupés en 2 kits multiplexes (Wagner et al 2012)

## Etapes 1 & 2

- Constitution des clusters (pop.référence)
  - logiciel STRUCTURE (Paramètres : Burnin : 50000 / reps : 50000)
  - Nbre théorique de groupes testés de 2 à 12
  - Détermination du nbre optimal de clusters: critère d'Evanno et al (2005) (deltaK)



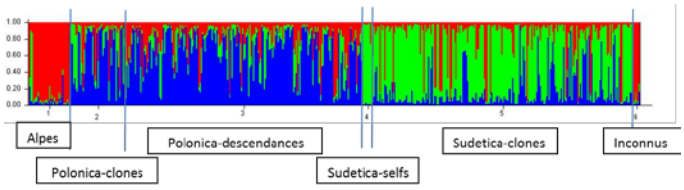
## Etape 2

Tableau 2. Nombre de clones du verger assignés aux différents groupes par origine géographique (seuil de probabilité 0.875)

| Origine | Sudetica | Alpes | polonica | AxS | SxP | AxP | 0 | Total | Proportion de Sudètes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | |
| CZ | 35 | 5 | | 2 | 4 | 1 | 46 | 93 | 38% |
| DE | 5 | 3 | | | 2 | 2 | 19 | 31 | 16% |
| PL | 27 | | | 1 | | | 25 | 53 | 51% |
| **Total** | **67** | **8** | **0** | **3** | **6** | **3** | **90** | **177** | **37.8%** |

## Etape 2

- Assignation des individus aux 3 clusters




| | | clusters | | |
|---|---|---|---|---|
| Collections | ni | 1 | 2 | 3 |
| Alpes | 35 | **0.867** | 0.083 | 0.051 |
| polonica clones | 46 | 0.160 | 0.235 | **0.605** |
| polonica descendances | 201 | 0.198 | 0.156 | **0.647** |
| sudetica clones | 219 | 0.175 | **0.645** | 0.180 |
| sudetica selfs | 9 | 0.044 | **0.939** | 0.017 |
| inconnus | 7 | **0.783** | 0.084 | 0.133 |

Tableau 1. Proportion d'individus des diverses collections INRA assignés à chaque cluster

## Etape 3 : Recommandations pour le verger

- **Contexte:**
  - Recrudescence du chancre
    - Forte sensibilité du mélèze alpin au chancre
    - Faible sensibilité du mélèze *sudetica* mais probablement une variabilité intraspécifique existe
    - ? sur le comportement des hybrides intraspécifiques (double, triple)
    - chancre = hôte x milieu
  - Valeur d'une variété
    - = compromis entre divers caractères (adaptifs & économiques)
    - = valeur génétique + sylviculture (choix du site – traitements)
    - TD en place pour évaluer la valeur génétique des composants du verger pour divers caractères d'intérêt économique
      → *Programmation d'une éclaircie génétique*

- Améliorer la pureté génétique du verger & réduire le risque de chancre

Tableau 3. Evolution des assignations des clones pour des seuils de probabilité de plus en plus faibles.

| | Seuil de probabilité | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Origines génétiques | 0.875 | 0.85 | 0.8 | 0.75 | 0.7 | 0.65 | 0.6 | 0.55 |
| sudetica | 67 | 76 | 91 | 95 | 111 | 113 | 114 | 117 |
| SxP | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 |
| AxS | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| polonica | 0 | 0 | 3 | 8 | 9 | 13 | 14 | 18 |
| Alpes | 8 | 14 | 14 | 14 | 16 | 18 | 19 | 21 |
| AxP | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Hybrides multiples | 90 | 75 | 57 | 48 | 29 | 21 | 18 | 10 |
| Total général | 177 | 177 | 177 | 177 | 177 | 177 | 177 | 177 |

Tableau 4. Simulation de 4 niveaux d'éradication en fonction du seuil de probabilité choisi : nombre de clones et de ramets à éliminer.

| | 0.875 | | 0.75 | | 0.55 | | Non sudetica à 0.875 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | clones | ramets | clones | ramets | clones | ramets | clones | ramets |
| Alpes | 8 | 178 | 15 | 313 | 21 | 480 | | |
| polonica | 0 | 0 | 8 | 158 | 18 | 359 | | |
| AxP | 3 | 60 | 3 | 60 | 3 | 60 | | |
| | | | | | | | | |
| Nombre total | 11 | 238 | 26 | 531 | 42 | 899 | 110 | 2324 |
| Proportion (%) | 6.2 | 6.3 | 14.7 | 14.2 | 23.7 | 24.0 | 62 | 62 |
| Proportion Sudètes pur (%) | 40.4 | 40.6 | 62.9 | 63.5 | 86.7 | 86.9 | 100 | 100 |

# Perspectives

- Etape 1: Eradication de 8 (à 21) alpins + 3 hybrides AxP
  - Validation: examen morphologique des clones dits 'alpins' en collection: Couleur des fleurs & grosseur des cônes, branchaison
  - Dans nouveau VG: remplacement des 8+3 clones par du *sudetica*
  - Récolte ciblée sur les 67 clones *sudetica*
- Etape 2: Mesures & analyses TD
  - Positionnement des alpins & hybrides vs *sudetica*
- Etape 3:
  - Test inoculation (programmé pour 2016?)
  - Repérer des plantations VG Theil avec chancre: test de paternité/maternité des clones qui s'avéreraient sensibles

→ *Programmation éclaircie génétique*

**ANNEXE 4 – Information donnée par l'INRA aux propriétaires de terrains hébergeant des essais.**

INRA
SCIENCE & IMPACT

Inra Val de Loire
UR AGPF
2163, avenue de la pomme de pin
Ardon - CS 40001
F-45075 Orléans Cedex 2

Arnaud Dowkiw
Chargé de recherche
*PhD, Research Officer*

Centre de recherche Val de Loire
UR Amélioration, Génétique et Physiologie Forestières

Tél. : +33 (0)2 38 41 80 12
Fax : +33 (0)2 38 41 48 09
Courriel : Arnaud.Dowkiw@orleans.inra.fr

Orléans, le 17 décembre 2015

Madame, Monsieur,

Depuis plusieurs années, vous collaborez avec l'INRA d'Orléans (désormais INRA Val de Loire) dans le cadre du programme national d'amélioration du frêne commun (*Fraxinus excelsior*). Un test de comparaison de provenances a été installé chez vous à l'initiative de mon prédécesseur, Monsieur Jean Dufour.

J'ai pris la suite de M. Dufour en 2012. Depuis lors, j'ai eu le plaisir de rencontrer certains d'entre vous mais il est encore des dispositifs que je n'ai pas pu visiter faute de temps et de moyens. C'est pour cette raison que je prends l'initiative de ce courrier où je tente de réponde à certaines questions que vous pourriez vous poser.

## 1- La chalarose du frêne (prononcer « kalarose »), en quelques mots

Vous le savez certainement, la situation du frêne est devenue très critique avec l'arrivée de la chalarose. Cette maladie a été détectée en France en 2008 (Haute-Saône) et elle progresse à une vitesse d'environ 50 km par an selon un axe nord-est -> sud-ouest. Apparue en Pologne et en Lituanie au début des années 90, cette maladie est longtemps restée une énigme. Il aura fallu aux chercheurs plus de 15 ans pour en identifier l'agent responsable, à savoir un champignon que l'on appelle *Chalara fraxinea* sous sa forme asexuée et *Hymenoscyphus fraxineus* sous sa forme sexuée. Ce n'est que très récemment qu'il a pu être avancé que ce champignon serait originaire d'Asie. Il s'agit donc d'un agent pathogène totalement nouveau pour nos frênes européens.

Si le champignon est présent sur votre parcelle, vous pouvez l'observer directement, comme ci-dessous. Il se présente sous la forme de petits chapeaux blanchâtres d'un ou deux millimètres de diamètre. On le trouve au sol, sur les rachis de feuilles mortes. Ce sont ces fructifications qui produisent les spores qui, dispersées par le vent, vont contaminer le feuillage sain en saison de végétation. Attention cependant, un autre champignon (*Hymenoscyphus albidus*), inoffensif et autochtone celui-là, se développe également sur les rachis de feuilles mortes de frêne. Seule une analyse en laboratoire permet de les distinguer.



Vous pouvez aussi observer la chalarose indirectement, via les symptômes qu'elle provoque sur les arbres. Ces symptômes peuvent prendre diverses formes.

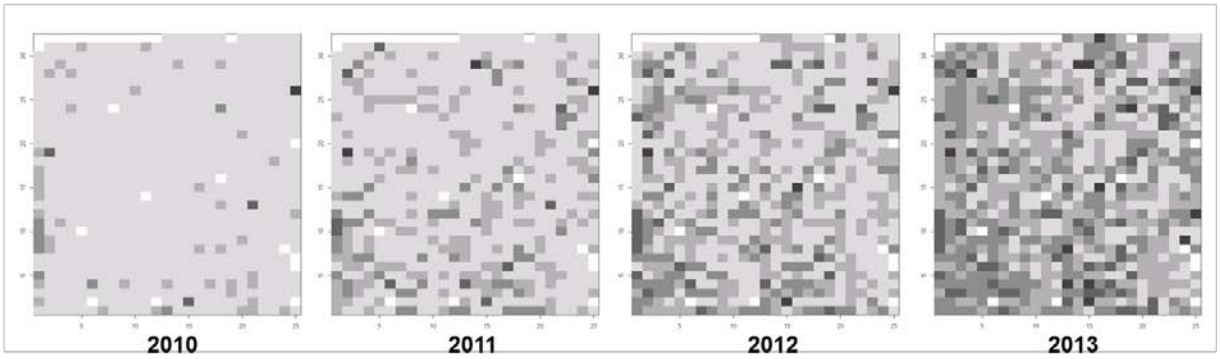


Nécroses sur rameaux, souvent autour de cicatrices foliaires (gauche). Colorations anormales du bois mort (centre). Dépérissements de branches ou d'extrémités de branches (droite).



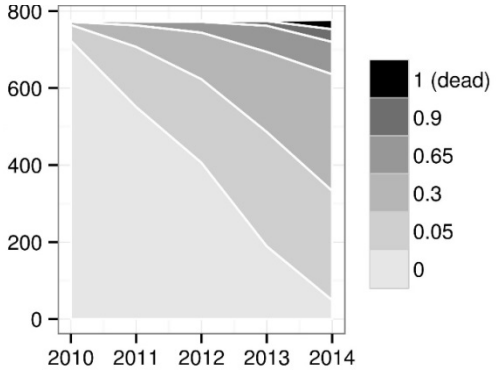

Feuilles flétries qui sont souvent signe d'une nécrose plus bas sur le rameau (gauche). Chancres au collet visibles par grattage (droite).

En l'état actuel des connaissances, cette maladie est incurable. Une fois installée dans une parcelle, elle se propage rapidement, comme le montre la figure ci-dessous qui représente le plan du premier dispositif INRA touché par la maladie (Devecey, Doubs). Chaque arbre y est représenté par un carré. Les arbres en gris clair n'ont pas de symptômes, ceux en gris foncé en ont.



Un arbre atteint de chalarose ne meurt pas immédiatement. Le processus prend plusieurs années mais la présence de chancres au collet l'accélère considérablement. Ces chancres n'apparaissent pas dans toutes les parcelles et beaucoup de choses restent à élucider à leur sujet.

Sur la figure ci-dessous (données issues du même dispositif de Devecey) vous pouvez voir comment la proportion d'arbres indemnes de symptômes au houppier (en gris clair, note 0) chute fortement en 4 ans. En revanche, la proportion d'arbres morts (en noir, note 1) reste faible au bout de 4 ans.




Ces données sont issues d'un dispositif où les arbres étaient âgés de 15 ans quand la maladie est apparue. Il est à noter que des arbres plus jeunes souffrent plus.

**Le tableau que je joins à ce courrier** vous permet de prendre connaissance de quelques chiffres concernant le dispositif installé chez vous mais également de le comparer aux autres. Vous noterez que dans les dispositifs fortement atteints, le taux d'individus indemnes tombe à quelques pourcents, surtout lorsque l'on s'intéresse non seulement aux houppiers mais également aux collets.

## 2- Que fait l'INRA ?

Jusqu'à très récemment, le frêne commun n'était pas considéré comme une espèce majeure dans les programmes de recherche de l'INRA. Très peu de moyens y étaient alloués comparativement à des espèces comme le peuplier ou le pin maritime. Un seul chercheur portait le programme « frêne » et encore, pour une partie de son temps, puisque mon prédécesseur officiait également sur merisier. En ce qui me concerne, je conserve également une activité de recherche sur peuplier (génétique de la résistance à la rouille et hybridation entre peupliers sauvages et cultivés).

Heureusement, le frêne commun était une espèce «facile » qui ne connaissait pas de problème majeur. La sélection portait sur la vigueur, la précocité et la conformation (les trois paramètres étant liés). C'est au gré de divers projets nationaux et internationaux que mon collègue a pu installer le réseau de dispositifs *in situ* de comparaison de provenances dont votre parcelle fait partie et dont j'assure désormais le suivi scientifique. Ce réseau est représenté ci-contre :

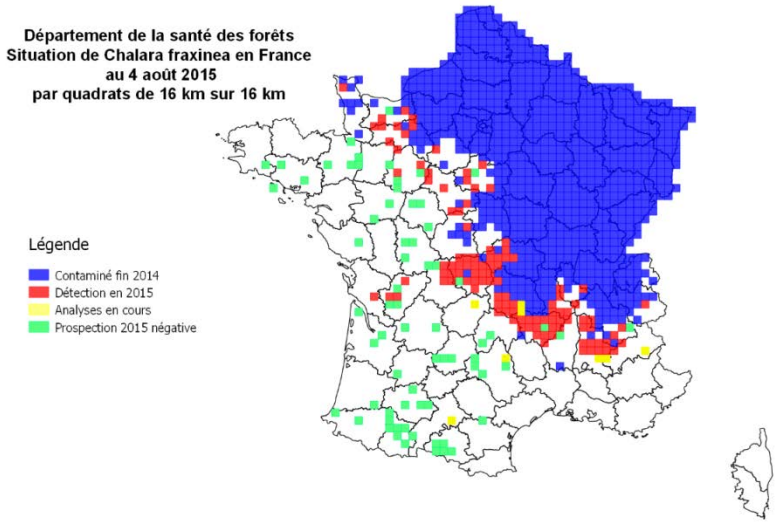


Sont représentés :

- En vert, les dispositifs de Villedieu-lès-Bailleul (M), Heugas (N) et Soula (O). Ces trois dispositifs ont été installés en 1988-1989 et comportent des provenances allemandes, autrichiennes, suisses et roumaines.
- En rouge, les dispositifs de comparaison de provenances françaises installés en 1993 et 2009 : Havrincourt (A), Fontenois (B), Le Nouvion (C, abandonné), Sommelonne (D, abandonné), Paulhiac (H), Esnes (I), Le Tourneur (J), Castillon(K), Grainville-Ymauville(L), Devecey (P) et Proville (Q)
- En bleu les dispositifs de Planches (E), Saint-Salvi (F) et Moulins sur Yèvre (G). Ces trois dispositifs ont été installés en 2005 dans le cadre d'un projet européen et contiennent des provenances de divers pays européens dont la France.

Evidemment, l'expansion de la chalarose change la donne. Il s'agit désormais d'exploiter la variabilité génétique présente dans ce réseau de dispositifs pour répondre à la question suivante : existe-t-il une variabilité d'origine génétique pour la résistance/tolérance à la chalarose chez le frêne commun ?

Un projet de recherche coordonné par le CNPF a été financé pour la période 2015-2017 par le DSF (Département de la Santé des Forêts du Ministère en charge de la Forêt). Ce projet nous permet de passer à une vitesse supérieure, mais ne nous permet cependant pas de visiter l'ensemble du réseau chaque année. La priorité est évidemment donnée aux dispositifs qui sont infectés par la chalarose.
La dernière carte de progression de l'épidémie dont je dispose est la suivante (source : Département de la santé des Forêts) :




## 3- Que dois-je faire ? Que puis-je faire ?

Les dispositifs que nous avons installés chez vous, si vous êtes en zone de chalarose, sont malheureusement compromis s'ils sont loin de leur maturité. Il est important d'en effectuer le bilan sanitaire, ce que nous nous efforçons de faire (je peux vous faire parvenir des bilans détaillés sur demande, avec localisation des arbres morts ou moribonds). Mesurer les chancres au collet est fastidieux, mais il est important de les détecter car ils conduisent à une mort plus certaine que les symptômes au houppier. Nous sommes preneurs de toute observation que vous pourrez faire dans votre parcelle, n'hésitez pas à interagir avec moi par téléphone ou par courrier électronique. Pensez à prendre des photos.

Enlever les arbres morts ne présente aucun intérêt si l'objectif est de freiner la maladie. En effet, ce sont les feuilles vivantes qui hébergent le champignon et qui lui permettent de passer l'hiver une fois tombées au sol. Evidemment, si les arbres morts présentent un danger de chute ou si leur bois peut être exploité, le raisonnement est différent.

Ces dispositifs que vous avez accepté d'accueillir présentent un intérêt considérable pour la recherche car ils vont nous permettre de savoir :

1- comment la sensibilité à la maladie évolue avec l'âge des plants
2- s'il existe une variabilité pour la résistance à la maladie
3- comment exploiter au mieux cette variabilité pour la création de nouvelles variétés de frêne

De nombreux pays européens nous envient ce réseau et il serait vraiment regrettable pour la France de le faire disparaître. La mise en place de ce réseau a nécessité un immense travail de récolte de graines, d'élevage de plants, de préparation de terrain, de plantation, de réflexion scientifique et de planification.

Si, pour des raisons économiques que je comprends parfaitement, vous souhaitez remplacer toute ou partie de vos arbres, essayons de le faire en concertation afin que nous déterminions la meilleure façon d'agir sans compromettre les études scientifiques.

Enfin, si certains parmi vous souhaitent apporter leur collaboration à nos travaux, en assurant par exemple des relevés de circonférence, votre aide serait vraiment précieuse et nous pouvons vous fournir tous les plans et fichiers utiles.

J'espère avoir répondu à la plupart de vos questions dans ce courrier. N'hésitez pas à me contacter pour tout complément d'information.

Permettez-moi également de vous souhaiter de belles fêtes de fin d'année.

Bien sincèrement,

Arnaud DOWKIW
Chargé de Recherche
02 38 41 80 12
arnaud.dowkiw@orleans.inra.fr