

Transplantation croisée de Hêtre sur un gradient altitudinal

Code INRA
(PlantExp) :
2 8301 04 01/ 02

Forêts et parcelles :

- 1 placette FD du Mont Ventoux, Parcelle 40 (piste de ski désaffectée) ; 1 placette FD du Toulourenc, Parcelle 1B (ancien reboisement qui a échoué).

Essence étudiée : Hêtre commun

Nature du Dispositif :

- Nature du Dispositif : Plantation en novembre 2012 de semis issus de graines (collectées sur 60 arbres-mères du Ventoux), selon un dispositif BICA (Blocs Incomplets à Composition Aléatoire).

- Parcelle 40 (FD Mont Serein), altitude 1450 m, surface 0,8 ha : 1469 plants (plantation en potets travaillés, 2 x 2m) en 49 blocs.
- Parcelle 1B (FD Toulourenc), altitude 970 m, surface 1,03 ha : 1499 plants (plantation en potets travaillés, 2,6 x 2.5m environ) en 50 blocs.

Surface (ha) :

- Surface (ha) : 1.83 ha

Objectif :

- Objectif : Caractérisation de l'adaptation locale chez le Hêtre par l'étude de la mortalité, des performances et des caractères fonctionnels de familles issues de trois placettes du gradient altitudinal versant Nord (N1, N2, N4, voir fiche correspondante) et transplantées sur deux placettes (P40 FD du Mont Ventoux et P1B, FD du Toulourenc).

Type de Mesures/Observations :

- Type de Mesures/Observations : Suivi de la mortalité et hauteur totale : 2013 (etat0), 2017. Suivi de la phénologie du débourrement végétatif : 2014 et 2015

Début et fin du Suivi :

- Début et fin du Suivi : 2012 -> 2020 dans le cadre des projets LINKTREE, MeCC et GENTREE, puis au-delà

Contraintes pour la Gestion :

- Contraintes pour la Gestion : Avertir l'INRA avant toute intervention (dès sa programmation). Protéger la zone : la mettre hors gestion si possible.

Matérialisation :

- Parcelle 40 (FD Mont Ventoux) : piquet en bout de ligne + piquet indiquant le numéro du bloc. Chaque plant est étiqueté.
- Parcelle 1B (FD Toulourenc) : chaque plant est équipé d'une protection individuelle +étiquette..

Responsable scientifique :

- Responsable scientifique : S. Muratorio (INRA-URFM, 04 32 72 29 04, sylvie.muratorio@inra.fr)

Responsables techniques :

- Responsables techniques : Frank Rei (INRA-UEFM, 04 32 72 29 58, franck.rei@inra.fr) & Denis Vauthier (INRA-UEFM, 04 32 72 29 07, denis.vauthier@inra.fr)

Informations diverses :

- Informations diverses : Les semis de ce dispositif sont issus de graines récoltées en 2009, et élevées depuis le printemps 2010 à la pépinière d'Aix les Milles. Cette première plantation comparative ex-situ a été analysée pendant la thèse de Julie Gaüzere et maintenue jusqu'à l'automne 2012 , date à laquelle une partie des semis (2968 sur les >6000 semis plantés en 2010) ont été récupérés pour la transplantation croisée. Le dispositif de transplantation croisée est archivé dans la BDD PlantaExp de l'URFM.

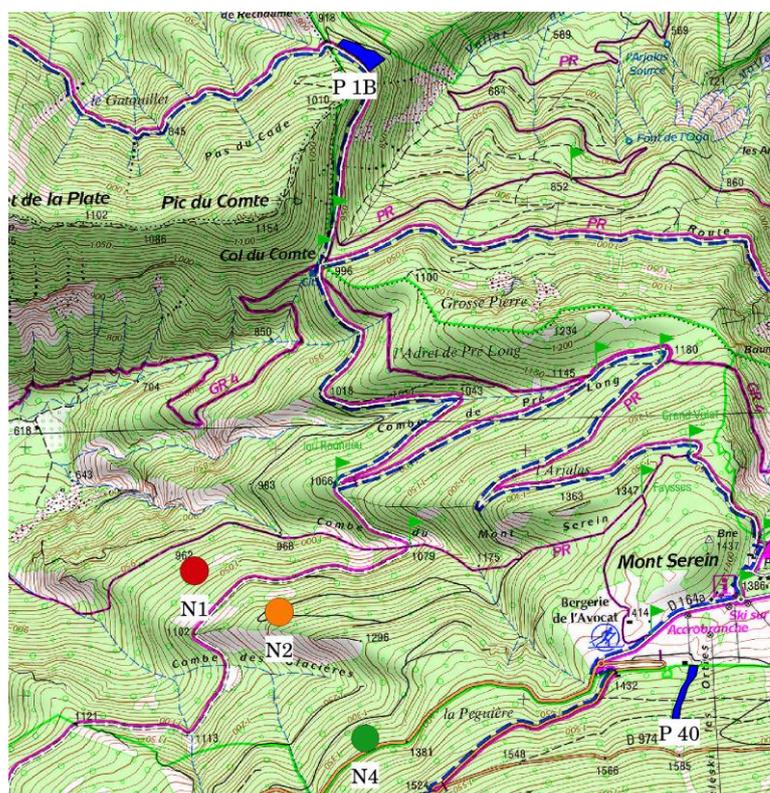


Figure 1 : Localisation des sites de transplantation (en bleu foncé), et des sites d'origine des semis de hêtre (placettes N1, N2, N4 sur le gradient altitudinal du versant Nord)

Altitude des placettes d'origine : N1=995 m ; N2 = 1117 m ; N4= 1340 m

Altitude des sites de transplantation : P1B=970 m ; P40=1450 m

Photo de la plantation comparative d'Aix-Les-Milles dont sont issus les semis



Résultats : Différenciation entre populations des caractères adaptatifs liés à la réponse au climat.

Nous avons étudié un certain nombre de **caractères fonctionnels** (morphologiques comme la surface des feuilles, physiologiques comme la teneur en azote ou phénologiques comme la date de débourrement), qui par définition, sont supposés **adaptatifs** puisque qu'ils affectent généralement les performances individuelles. Les caractères étudiés varient généralement de façon plastique avec l'altitude sous l'effet de facteurs climatiques, ce que l'on peut observer en mesurant ces caractères sur les arbres adultes en forêt (« in situ », Tableau 1). Mais une partie de la variation de ces caractères est aussi susceptible d'être d'origine génétique, et on peut accéder à cette composante génétique en mesurant les caractères sur des familles (issues de lots de graines) en conditions contrôlées (plantation comparative ou transplantation croisée). Le dispositif de transplantation croisée est encore trop jeune pour produire des résultats. En revanche, l'analyse détaillée de la plantation comparative d'Aix Les Milles dont sont issus ces semis a déjà apporté un grand nombre de connaissances sur la différenciation des caractères adaptatifs le long du gradient d'altitude (Figure 2).

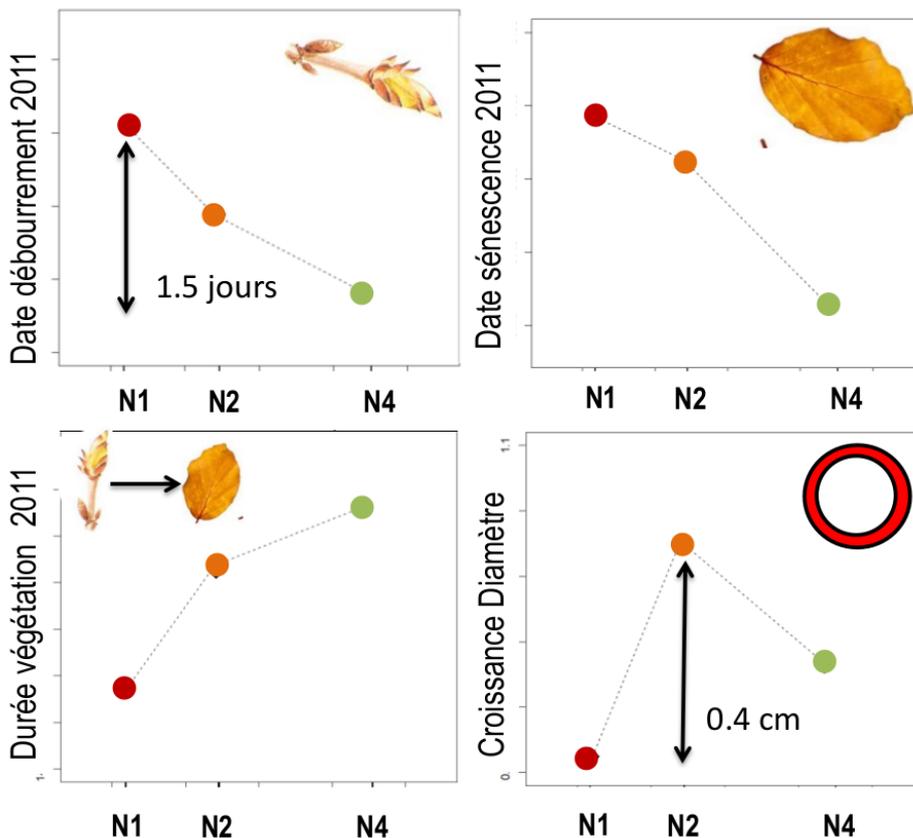
Tableau 1. Variation plastique des caractères fonctionnels étudiés le long du gradient d'altitude (placettes N1, N2, N4, voir figure 1). La flèche indique le sens de la variation de la valeur moyenne du caractère quand l'altitude augmente et le «gradient phénotypique » indique le changement de la moyenne du caractère entre les placettes N1 et N4.

Catégorie	Trait fonctionnel	Variation en altitude	Gradient phénotypique in situ
Phénologie	Date de débourrement	↗	+6-12 jours/km
	Date de sénescence foliaire	↘	5 jours/km
	Durée de saison de végétation	↘	13 jours/km
Morphologie	Surface foliaire	↗	+11.3 cm ² /100 m
	LMA [§]	↘	-5.7 g.m ⁻² /100 m
Physiologie	δ13C*	↘	0.13 /100 m
	Teneur en azote	↗↘	Minimum en N2
	Teneur en carbone	-	

§ « Leaf Mass Area »=rapport de la masse foliaire sèche sur la surface foliaire

* proxy de l'efficacité d'utilisation de l'eau, mesurée par discrimination isotopique du carbone.

Figure 2. Variation génétique des caractères fonctionnels le long du gradient d'altitude. Chaque point représente la moyenne génétique du caractère dans chaque placette (N1, N2, N4), estimée à partir des mesures sur les descendants de la plantation comparative.



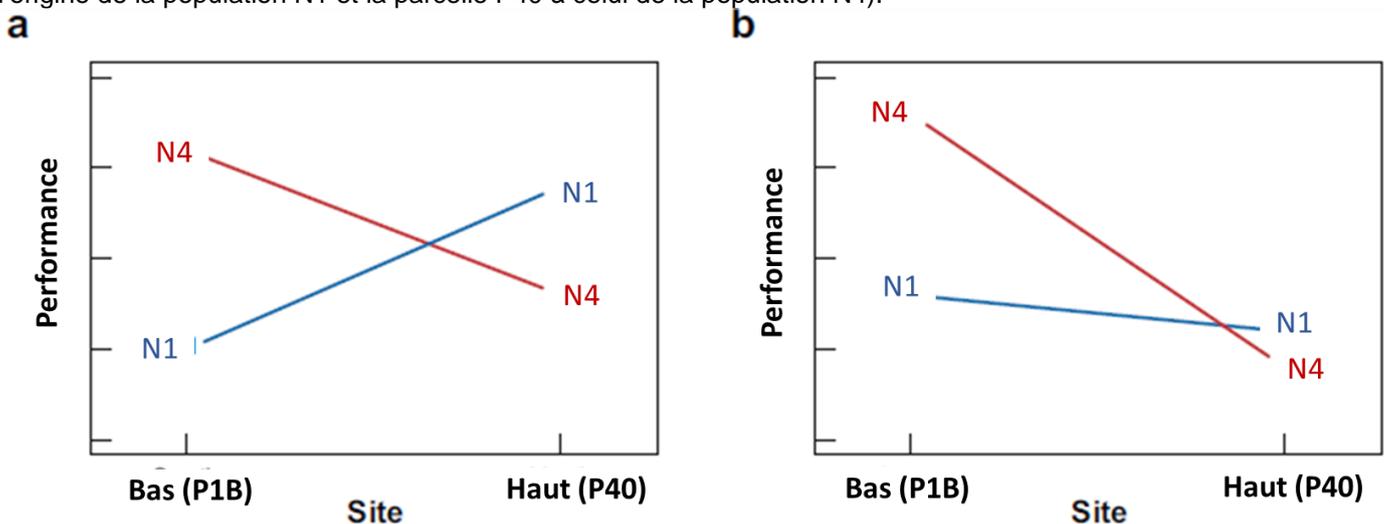
Pour les trois caractères phénologiques, nous observons des clines génétiques significatifs : en plantation comparative, la population N4 débourre en moyenne 1.5 jours avant les populations (N1+N2) ; elle montre également une senescence plus précoce, et une saison de végétation plus longue. La variation génétique de la date de débourrement révèle donc un cline génétique de type « contre-gradient » : les populations de hautes altitudes (qui débourrent le plus tard dans leur environnement) ont évolué vers des sommes de températures requises pour débourrer plus faibles. Ce contre-gradient est communément observé à l'échelle Européenne pour des populations de Hêtre de différentes latitudes/altitudes, et également été observé le long de gradient environnementaux locaux. Il faut néanmoins noter que la différence génétique de date de débourrement (1.5 jours entre populations N1 et N4) est faible par rapport à la différence de date de débourrement observée in situ (~9 jours). Pour la date de senescence, le cline génétique observé, de type co-gradient, avait aussi été mis en évidence sur un gradient altitudinal pyrénéen (INRA BIOGECO). Enfin, le cline de type contre-gradient pour la durée de la saison de végétation n'avait jamais été mis en évidence chez le Hêtre. **Ainsi, malgré leur divergence récente et la faible distance les séparant, les populations de hautes et basses altitudes ont évolué vers des optimums phénotypiques différents pour les caractères phénologiques.** L'ensemble de ces résultats suggèrent donc que les **températures froides limitent effectivement la croissance et la reproduction du Hêtre à haute altitude, et peuvent induire une pression de sélection sur les caractères phénologiques permettant d'augmenter la durée de végétation.**

En revanche, nous n'observons pas de cline génétique les caractères fonctionnels attendus comme étant le plus liés à la réponse au stress hydrique, notamment le LMA, ou le $\delta^{13}C$. De même, sur le gradient altitudinal pyrénéen (INRA BIOGECO) aucun cline génétique significatif n'avait été observé sur les composantes de l'efficacité d'utilisation de l'eau (assimilation et conductance stomatique). En revanche, un cline génétique de type co-gradient avait été mis en évidence pour le LMA (peut-être parce que leur gradient couvrait une gamme altitudinale plus large que le nôtre).

Enfin, nous observons une différenciation génétique significative pour l'accroissement en diamètre des semis, avec un accroissement maximal en population N2. Une différenciation génétique significative avait aussi été rapportée sur le gradient altitudinal pyrénéen, et suggérait un optimum génétique pour l'accroissement à basse altitude. Dans notre cas, les résultats suggèrent que les populations aux extrêmes du gradient pour avoir évolué vers des stratégies coûteuses en termes de croissance, possiblement sous l'effet de contrainte comme le stress hydrique.

Pourquoi une transplantation croisée?

La transplantation croisée (ou réciproque) de hêtre vise notamment à tester si les populations N1 et N4 sont localement adaptées à leur environnement (malgré la faible distance entre elles), en comparant entre elles les performances de ces deux populations dans chacun de leur environnement d'origine (la parcelle P1B correspondant à l'environnement d'origine de la population N1 et la parcelle P40 à celui de la population N4).



Les deux graphes a) et b) illustrent deux cas possibles d'adaptation locale des populations N1 et N4 à leur environnement d'origine que nous pourrions observer (ou pas). Dans le cas a) chaque population montre des performances relatives et absolues les plus fortes sur son site d'origine. Dans le cas b), chacune des deux populations montrent de meilleures performances absolues sur le site Bas, mais la performance relative de la population N1 est meilleure dans sur le site Haut. Ce cas b) illustre l'effet majeur des conditions environnementales (défavorable sur le site Haut) sur les performances des individus.

Ces deux plantations comparatives permettront en outre d'estimer la composante génétique de la variation de traits adaptatifs qui pourront être mesurés tout le long de la vie des arbres. Dans cette optique, nous avons aussi inclus des plants issus de la population N2 (bien que l'environnement d'origine de cette population ne fasse pas l'objet d'une plantation supplémentaire). Les effectifs des plants de la population N2 (12 plants/famille en moyenne) sont inférieurs à ceux des populations N1 et N4 (31 plants/famille en moyenne).

Bilan 2017 sur le dispositif de transplantation croisée

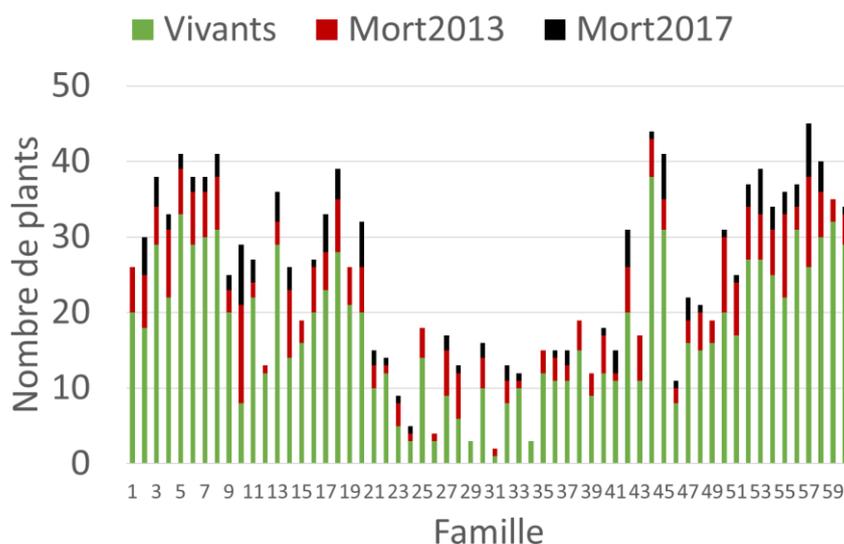
P40- Mont Serein

Résultats globaux :

- Mortalité en 2013 : 19.5% (0% - 50%) ;
- Mortalité en 2017 : 27.6% (0% - 72.4%);
(+120 morts entre 2013 et 2017)
- Accroissement en hauteur de 2.2 cm / an

Faibles variations entre placettes d'origine :

- Mortalité 2017 N1= 27.5% ; N2=29% ; N4=27%.
- Accroissement en hauteur : N1= 1.9 cm ; N2=2.0 cm ; N4=2.5 cm.



- Le filet anti skieurs mis en place à la plantation donne des signes de fatigue et la signalisation est à refaire. Malgré sa présence, des signes caractéristiques de coupure laissent penser que cela n'a pas découragé tous les skieurs...
- La présence de gibiers (chevreuils, chamois et biches) se fait sentir sur la partie haute et moyenne (sectionnements des tiges supérieures, présence de nouveaux signes de frotis de cerfs)
- Sur la partie basse, les arbres ont été taillés en boule par le troupeau de moutons (virage près du chalet Liotard).

Si rien n'est fait sur la parcelle P40, la croissance restera faible et l'avenir de la plantation apparaît compromis

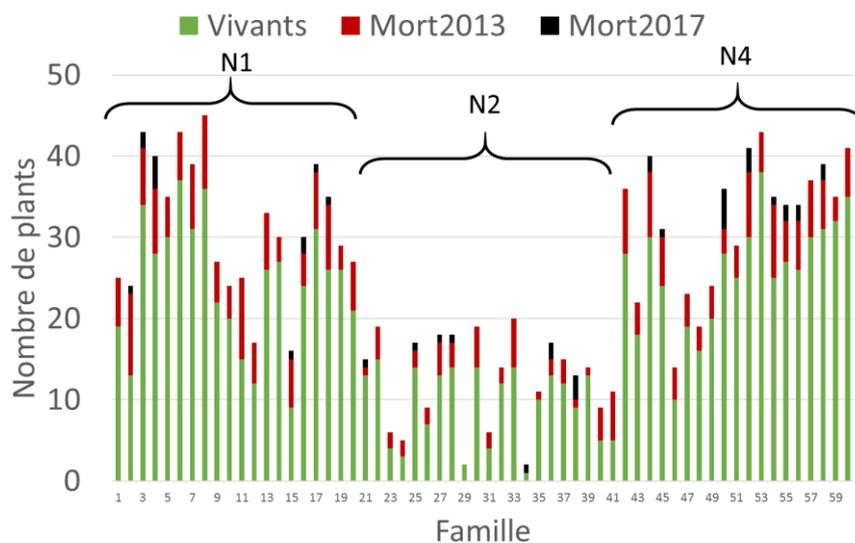
P1B- Toulourenc

Résultats globaux :

- Mortalité en 2013 : 20% (0% - 54.5%)
- Mortalité en 2017= 21.6% (0% - 54.5%)
(+24 morts entre 2013 et 2017)
- Accroissement en hauteur de 11 cm / an

Faibles variations entre placettes d'origine :

- Mortalité 2017 N1= 23% ; N2=24% ; N4=22%.
- Accroissement en hauteur : N1= 11 cm ; N2=11.3 cm ; N4=11.4 cm.



- Le filet a bien joué son rôle et la croissance des arbres laisse prévoir un très bon développement pour le futur ; néanmoins, le filet présente maintenant un réel problème car certains arbres sont très déformés (ayant poussé à travers) et vont être difficiles à dégager sans nouveaux dégâts.
- Ces filets devront être enlevés au plus vite en période hors végétation mais devra subsister au moins un des piquets en bois comme repère sauf pour tous les arbres morts (marque de peinture sur le filet ou sur piquet) où le filet devra rester tel quel comme balise.
- La végétation naturelle non enlevée à la plantation commence à concurrencer les arbres étudiés, et gagnerait à être dégagée en même temps que l'enlèvement du filet.
- Ce piquet retiré pourra éventuellement être placé sur chaque arbre de la P40, lui offrant une protection efficace contre les skieurs et les frotis, en même temps qu'un bon repère.