

# ESTIMATION DU POTENTIEL STATIONNEL EN PEUPEMENTS MÉLANGÉS, IRRÉGULIERS EFFETS COMBINÉS DU MILIEU, DE LA COMPÉTITION ET DE LA SYLVICULTURE

Philippe Dreyfus<sup>(1)</sup> (coord.), Florence Courdier<sup>(1)</sup>,  
Éric Bruno<sup>(2)</sup>, Jean Ladier<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> INRA Unité de Recherches Forestières Méditerranéennes (UR 629)

Domaine Saint-Paul, Site Agroparc 84914 AVIGNON CEDEX 9, 04 32 72 29 09, 04 32 72 29 09, dreyfus@avignon.inra.fr

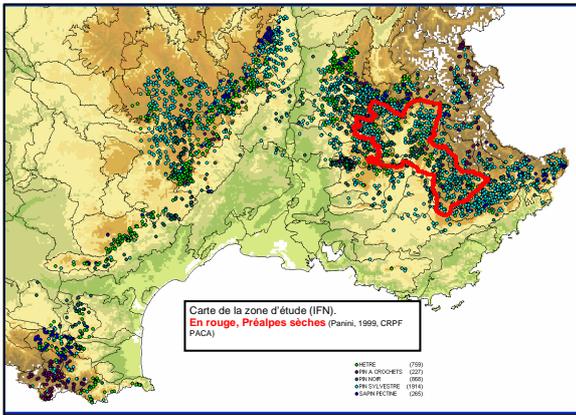
<sup>(2)</sup> IFN Écologie - Montpellier <sup>(3)</sup> ONF Direction Territoriale Méditerranée - Pôle Appui et Progrès Technique - Manosque

## Objectifs - Démarche de recherche

Ce projet contribue à répondre à l'un des points - intitulé « *Potentialité : éclaircir le lien station-production* » - de l'Appel à Propositions de Recherche « Typologie de stations forestières » d'ECOFOR (juin 2004). Cet APR fait notamment référence au besoin d'indicateurs de fertilité pour « les peuplements irréguliers, mélangés, voire en milieu ouvert ». L'objectif finalisé est de pouvoir prévoir la croissance des essences forestières pour une large gamme de conditions stationnelles et pour des types de peuplements très diversifiés, et de contribuer ainsi au choix d'essences objectifs. Nous avons étudié cette question dans le contexte de l'arrière-pays méditerranéen français, où les dynamiques forestières en cours tendent à accroître la surface et la diversité de peuplements que l'on qualifie d'« hétérogènes », soit du fait de leur caractère mélangé (retour du Hêtre et du Sapin dans des peuplements purs de Pins, notamment), soit à cause de leur stratification verticale ou de leur structure horizontale en mosaïque.

Compte tenu de la complexité de la question, le cas des peuplements « homogènes » (monospécifiques, équiennes, réguliers) a été utilisé comme situation de référence, considérant qu'ils sont, en quelque sorte, un cas particulier très simple de peuplement hétérogène. Les effets de divers types d'hétérogénéité, qui déterminent des conditions de compétition variées, peuvent ensuite être évalués par comparaison, à caractéristiques stationnelles égales.

## Peuplements Homogènes : une situation de référence



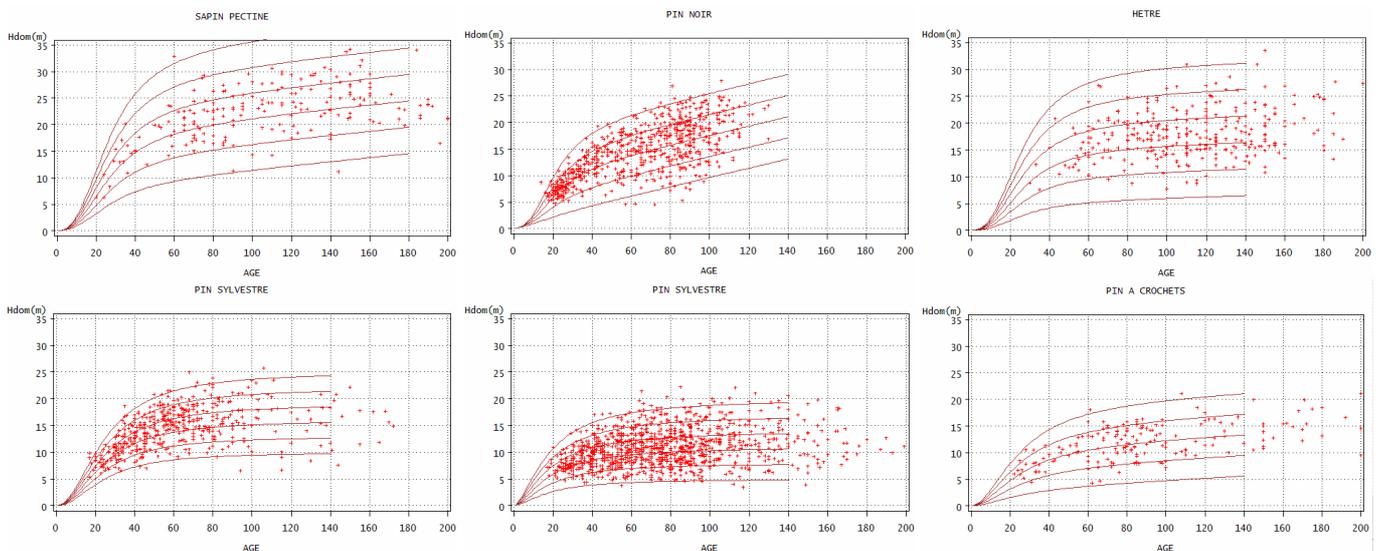
À partir de données de l'IFN couvrant 12 départements (Lozère, Gard, Hérault, Ardèche, Pyrénées-Orientales, Aude, Vaucluse, Var, Alpes-Maritimes, Alpes-de-Haute-Provence, Hautes-Alpes, Drôme), pour des peuplements homogènes des 5 principales essences impliquées dans les évolutions dynamiques en cours dans l'arrière-pays méditerranéen (Hêtre, Sapin pectiné, Pin sylvestre, Pin noir et Pin à crochets), nous avons établi des relations entre hauteur dominante et âge en fonction du niveau de potentialité stationnelle. Les faisceaux de courbes [Hdom, âge] obtenus comblent un manque pour ces espèces et cette grande région. Ils peuvent de plus servir de référence pour une comparaison avec diverses formes de peuplements hétérogènes.

Alors que de tels faisceaux sont classiquement obtenus par analyse de tiges d'arbres dominants, ils ont ici été construits à partir des nuages de points des placettes IFN. Pour pallier le manque d'information longitudinale (hauteurs successives d'un arbre ou accroissements), des familles de placettes ont été constituées à partir de leurs caractéristiques stationnelles ou floristiques (données IFN) ; ensemble, ces familles de point déterminent la forme du faisceau ajusté statistiquement pour l'essence

considérée ; le niveau de fertilité stationnelle est repéré par une hauteur dominante à un âge de référence. Le faisceau obtenu *via* l'analyse phyto-écologique (É. Bruno, IFN) constitue une validation du faisceau fondé sur les variables écologiques. L'ajout d'une information climatique (base AURELHY de Météo-France) n'a pas amélioré sensiblement le faisceau fondé sur les données écologiques, mais ouvre des perspectives dans la prise en compte des changements climatiques.

Faisceaux obtenus : Hauteur dominante en fonction de l'âge total IFN.

N.B. : pour le Pin sylvestre : à gauche, sur substrat siliceux ; à droite, sur substrat calcaire.

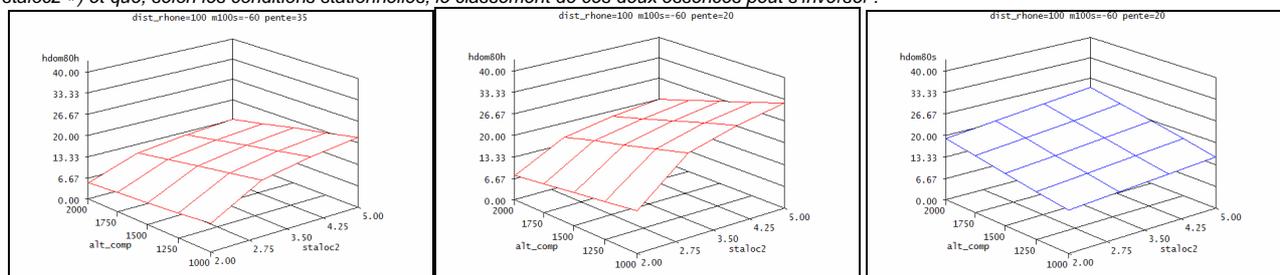


Les croix figurent les placettes IFN. Le faisceau de courbe correspond au modèle ajusté pour l'essence (et le type de substrat, le cas échéant) ; une série de valeurs du paramètre qui détermine la hauteur de la courbe, ont été choisies de manière à couvrir à peu près le même domaine que les placettes.

Le lien entre la hauteur dominante et les conditions stationnelles a été approfondi dans le cas d'une région plus petite (Préalpes sèches), sur laquelle a porté la suite du projet (peuplements hétérogènes). À partir de 138 placettes pour lesquelles la caractérisation stationnelle a été faite selon une méthode qui diffère de celle de l'IFN, notamment par la prise en compte de variables complémentaires établies à partir d'un Modèle Numérique de Terrain (masques nord et sud, altitude compensée par le rayonnement ...), une relation a été établie entre, d'une part, la hauteur dominante à un âge de référence (fixé à 80 ans) en peuplement homogène et, d'autre part, les variables stationnelles les plus significatives pour chacune des 5 essences. À partir de la note de bilan hydrique définie dans le catalogue des stations des Préalpes sèches<sup>1</sup>, un indice synthétique continu exprimant la capacité de stockage du sol en eau a été élaboré ; il intègre le réservoir utile maximal du sol (fonction de la profondeur, de la charge en éléments grossiers et de la texture des différents horizons), une note de topographie locale (convexe : -1, neutre : 0, concave : 1) et la pente.

Les figures ci-dessous illustrent les relations obtenues, respectivement, pour le Hêtre et pour le Sapin pectiné.

Elles montrent notamment que l'altitude compensée joue sur le Hêtre et le Sapin en sens opposés, que le Sapin est moins sensible à la capacité de stockage du sol en eau (notée « staloc2 ») et que, selon les conditions stationnelles, le classement de ces deux essences peut s'inverser :



Hêtre, pente 20 degrés

Hêtre, pente 35 degrés

Sapin pectiné, pente 20 ou 35 degrés (mêmes valeurs)

N.B. : uniquement pour un versant nord ; la valeur des autres variables explicatives (distance au Rhône, masque sud à 100 m) est fixée.

## Peuplements Hétérogènes : la compétition modifie la croissance en hauteur des dominants, actuels ou futurs

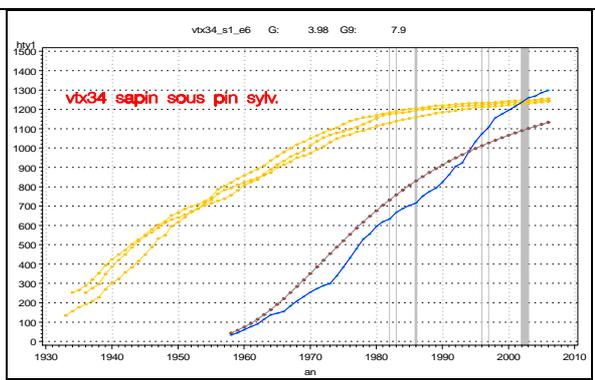
Alors qu'en peuplement homogène, la croissance en hauteur des arbres dominants est à peu près indépendante de la compétition et reflète donc uniquement les caractéristiques de l'espèce et le potentiel stationnel, divers effets de la compétition sont notés en peuplements hétérogènes :

- la croissance en hauteur d'une régénération apparue sous un couvert (de la même espèce ou d'une autre) dépend des conditions de lumière et d'humidité sous ce couvert et peut donc varier fortement ; devenus à leur tour dominants (après coupe ou disparition naturelle et progressive du couvert) les anciens semis auront une hauteur différente de celle d'individus de la même espèce, sur la même station, qui auraient poussé en plein découvert ;
- même en peuplement monospécifique, équienné, la croissance en hauteur dominante peut-être modifiée si la densité du peuplement est trop forte ou, - cas plus fréquent dans la région d'étude -, si le peuplement est plus ou moins ouvert, que ce soit à la suite d'interventions sylvicoles ou à cause d'une densité faible dès l'origine (peuplements lâches).

Au cours de ce projet, nous avons étudié le cas de peuplements de Pin noir fortement éclaircis : les mesures confirment un effet négatif, plus ou moins transitoire, sur la croissance en hauteur ; ces données complètent des informations qui permettront de modéliser cet effet.

Dans le cas d'une régénération sous couvert - très fréquent dans le contexte forestier étudié -, on constate généralement un effet négatif de la strate supérieure sur la croissance en hauteur. Les données acquises dans ce projet sur des régénérations de Sapin ou de Hêtre arrivées à hauteur du couvert laissent penser que ce dernier peut également avoir un effet positif sur la croissance en hauteur du toit de la régénération, en tous cas pour ces deux essences réputées tolérantes à un certain ombrage et pour un couvert relativement clair de Pins. En effet, les cinétiques mesurées montrent un ralentissement de croissance lorsque les sapins dépassent le couvert, ou bien lorsqu'ils se trouvent dans des trouées fortement éclaircies à la suite d'une coupe. Cet effet du couvert sur la croissance en hauteur, apparemment contradictoire avec l'effet négatif cité plus haut, requiert, pour être entièrement modélisé, des informations complémentaires ; certaines viennent d'être obtenues dans le cadre d'un projet parallèle et vont être analysées en lien avec celles acquises ici.

Figure XXX : Exemple de reconstitution de croissance en hauteur d'un sapin (courbe bleue) ayant poussé sous une plantation de Pin sylvestre (cf. 3 courbes jaunes correspondant à des pins dominants du couvert). La courbe brune, prise comme référence, simule la croissance d'un semis de même âge, sur la même station, mais appartenant à un peuplement homogène (pur, équienné, régulier) de Sapin. On note que la croissance s'accélère jusqu'à rattraper et dépasser la référence, puis ralentit lorsque la hauteur approche et dépasse celle du toit du peuplement. Les repères verticaux correspondent à l'exploitation de deux coupes (1982-83 et 1996-97), à deux années particulières au plan climatique (1987, favorable, et 2003, à été particulièrement sec et chaud).



## Comparaison de diverses formes de Peuplements Hétérogènes, à station équivalente

Pour ce faire, on doit se placer dans des conditions telles qu'un écart de croissance observé ne soit pas lié à des différences stationnelles. Comme les situations « hétérogènes » sont potentiellement très variées, il faudrait trouver tout une gamme de peuplements, à station équivalente, pour évaluer dans quelle mesure la nature et l'ampleur de l'hétérogénéité détermine l'amplitude de l'écart de hauteur ; et ceci pour chacune des 5 espèces étudiées.

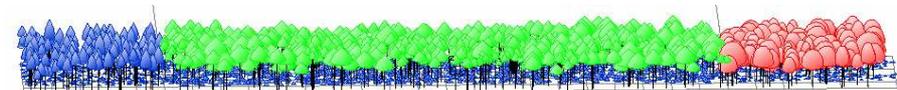
<sup>1</sup> Ladièr J., 2004. Les stations forestières des Préalpes sèches : définition, répartition, dynamique, fertilité – ONF, Direction Territoriale Méditerranée – 124 pp.

L'alternative utilisée ici a consisté à recourir au modèle de dynamique<sup>2</sup> établi par ailleurs pour les peuplements de l'arrière-pays méditerranéen, modèle dont les relations de croissance (en hauteur, en diamètre) intègrent l'espèce, l'âge individuel, un indice de fertilité stationnelle et l'intensité de la compétition (inter-spécifique, intra-spécifique, en tenant compte de la position respective de l'arbre et de ses compétiteurs en terme de hauteur dans le peuplement). Divers types de simulations (à l'aide du module Ventoux de la plate-forme Capsis, <http://capsis.free.fr>) peuvent être réalisées à partir de ce modèle et un plan de simulation est en cours de réflexion. Sa mise en œuvre complète interviendra dès que le modèle aura été amélioré sur la base des éléments indiqués précédemment (effet des faibles densités, effet favorable de certains couverts sur certaines espèces).

### Exemple de comparaison entre Peuplements hétérogènes : régénération de Sapin, sous lui-même, sous Pin sylvestre et sous hêtraie

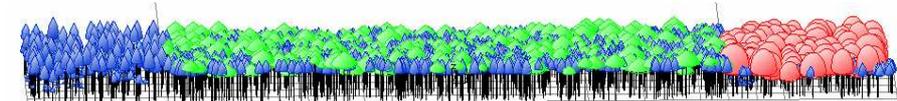
Futaies adultes monospécifiques générées à 60 ans, avec une surface terrière de 25 m<sup>2</sup>/ha, et un nombre de tiges de 500/ha, dans une situation stationnelle - fictive -, où les 3 essences ont les mêmes potentialités de croissance (Hdom80 = 17 m). Sous chacun de ces 3 peuplements, on simule une régénération initiale de Sapin, à raison de 20 semis de 30 cm de hauteur par are. L'évolution de ces peuplements est représentée par les diagrammes ci-dessous :

Situation initiale :



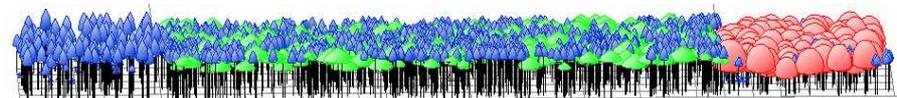
... avec une jeune régénération de sapin sous 3 types de couvert.

À + 60 ans :

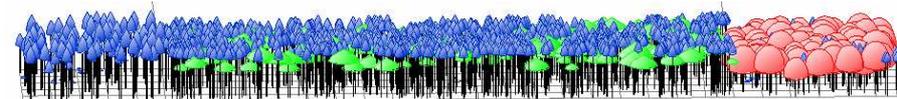


... on note que la régénération de Sapin, plus jeune, donc à croissance plus rapide que celle des arbres du couvert, a grandi (N.B. : on n'a pas simulé de nouvelle régénération pour bien visualiser le devenir de celle qui date de l'initialisation) jusqu'au point de rivaliser en hauteur avec le couvert de Pin sylvestre (à couvert relativement lumineux) mais pas encore avec le couvert sombre de Sapin ou de Hêtre.

À + 110 ans :

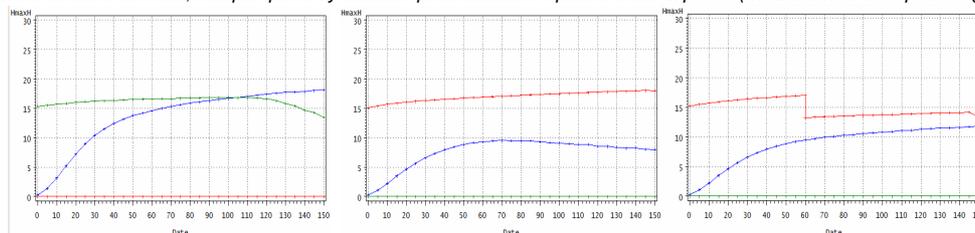


À + 150 ans :



Après 110 ans, le Sapin rattrape le Pin sylvestre, en hauteur ; après 150 ans, il l'a nettement dépassé. Par contre, sous couvert de Hêtre ou Sapin, la plupart des sapins issus de la régénération initiale n'arrivent pas à rejoindre ce couvert.

Les graphiques ci-dessous représentent l'évolution de la hauteur du Sapin (courbe bleue) sous Pin sylvestre (courbe verte) ou sous Hêtre (courbe rouge). La régénération initiale de Sapin finit par rattraper puis supplanter le Pin (à gauche) mais pas le Hêtre (au milieu) ; toutefois, la figure de droite, qui correspond à un cas où une coupe est intervenue après 60 ans dans le couvert de Hêtre, indique que la sylviculture peut modifier l'équilibre entre espèces (notamment si on répète ce genre d'intervention) :



## Conclusion - Perspectives

- Sur la base de jeux de données existants et nouveaux, ce projet a abouti à des connaissances permettant de faire la part de l'effet stationnel de l'effet de la compétition (modulée par la sylviculture) en utilisant une approche qui fait appel simultanément à des compétences en écologie, en dendrométrie, en modélisation. Ces connaissances contribuent à améliorer le diagnostic, c'est-à-dire l'évaluation du potentiel stationnel, et les pronostics, c'est-à-dire les prévisions d'évolution (en structure et composition) des peuplements hétérogènes en fonction du milieu et de la sylviculture. La conjonction avec d'autres projets en cours et la poursuite de l'analyse des informations rassemblées dans le cadre du présent projet déboucheront à court terme sur des outils dont les gestionnaires forestiers pourront tirer bénéfice pour la gestion des dynamiques forestières dans l'arrière-pays méditerranéen.
- Outre cette meilleure compréhension du lien entre station et croissance, ce travail a contribué à la mise au point d'indices synthétiques continus (variable quantifiant la capacité de stockage de l'eau dans le sol, notamment) et a permis de confirmer ou de préciser l'importance de certaines variables topographiques (masque local, notamment) accessibles via un SIG et un MNT.
- Ce projet a également permis d'aborder sommairement l'étude du lien entre hétérogénéité stationnelle et hétérogénéité du peuplement ; la poursuite dans cette voie nous semble devoir aller de pair avec la mise au point d'une méthode de description stationnelle capable de rendre compte de la variabilité locale (intra-parcelle) de la profondeur du sol.
- L'évolution des conditions stationnelles liée aux changements climatiques en cours pourrait être prise en compte grâce à l'introduction de variables climatiques explicites (première ébauche dans le cadre de ce projet ; un autre projet portant spécifiquement sur le lien entre étages de végétation et paramètres climatiques est en cours d'achèvement). Les risques de dépérissement ne peuvent cependant pas être liés strictement aux mauvaises conditions de croissance ; ils dépendent en outre de variations temporelles interannuelles (notamment épisodes extrêmes) des conditions stationnelles qui ne sont pas prises en compte ici.

<sup>2</sup> « Gestion d'une Évolution Forestière Majeure de l'Arrière-Pays Méditerranéen : la maturation sylvigénétique des Pinèdes pionnières. Conséquences pour la Biodiversité sur le Site Pilote du Mont-Ventoux - Évolution sur 5 ans » - Convention ECOFOR N°2003.29 (et avenant N°2004.36), Rapport Scientifique Final - Ph. Dreyfus - décembre 2006