

Placettes d'observation du dépérissement du Sapin pectiné sur un gradient altitudinal

Code INRA :
Vx12345
(Dvx1 à Dvx5)

Forêts et parcelles :

5 placettes en F.C. de **Beaumont-du-Ventoux**,
Parcelles 20 (Dvx1 et Dvx3), 9 (Dvx2), 16 (Dvx4), 17 (Dvx5)

Essence étudiée : Sapin pectiné (dans la limite sud de son aire de répartition naturelle).

Nature du Dispositif : 5 placettes carrées de 20 m X 20 m, soit 4 ares chacune sur un gradient altitudinal entre 995 m (Dvx1) et 1340 m (Dvx5). Un dispositif similaire est installé sur deux autres régions en Issole (04) et Vésubie (06).

Surface (ha) : 0.20 ha

Objectif : Description du fonctionnement des sapinières du Mont-Ventoux et potentialités d'adaptation de ces forêts dans le contexte du changement global. Sur chaque parcelle, le fonctionnement de la sapinière est étudié et l'état sanitaire est suivi.

Type de Mesures/Observations :

Par placette : (i) inventaire complet, (ii) sur un échantillon d'arbres dominants, hauteurs totale et de base du houppier, diamètre de la tige, dendromètre sur la Dvx5, âge à 30 et 130 cm du sol et état sanitaire, (iii) indice foliaire, (iv) caractérisation stationnelle (topographie, fosse pédologique et mesures de résistivité¹ du sol), (v) climatologie, (vi) photosynthèse, potentiel hydrique de base, croissance intra annuelle, propriétés chimiques du sol sur deux placettes et vulnérabilité à la cavitation (Dvx2 et Dvx5) (vii) transplantations réciproques de sapin (viii) suivi isotopique depuis 2014 sur la Dvx5.

Début et fin du Suivi : 2007 -> 2010 dans le cadre de l'ANR Dryade puis au-delà.

Contraintes pour la Gestion : Avertir l'INRA avant toute intervention (dès sa programmation), puis avant le martelage, et enfin avant l'exploitation. Protéger la zone : la mettre hors gestion si possible.

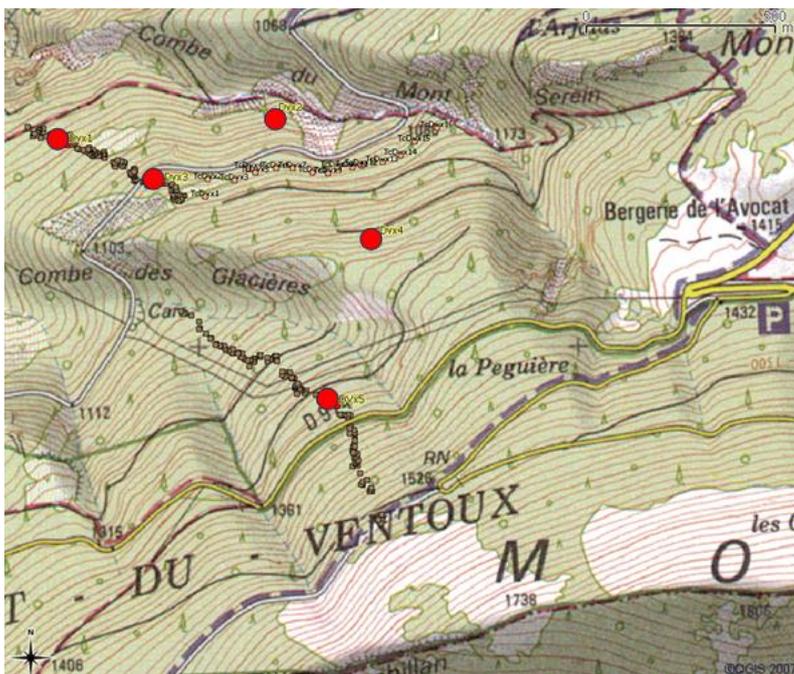
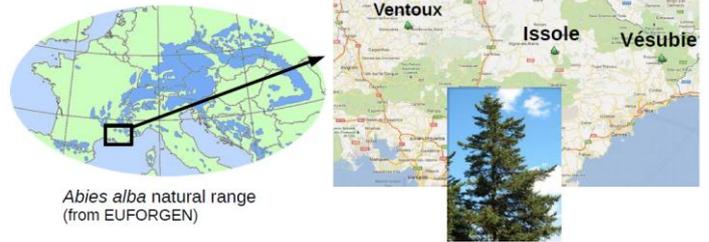
Matérialisation :

- petits piquets rouges aux 4 coins de chaque cellule de 20 m x 20 m ;
- un piquet central rouge avec n° de la placette et 4 piquets blancs au centre des sous cellules de 10 m x 10 m ;
- sur les arbres échantillons, étiquettes en plastique, numérotées, fixées sur le tronc.

Responsable scientifique : H. Davi (hendrik.davi@avignon.inra.fr) - C. Pichot (christian.pichot@inra.fr) INRA-URFM

Responsable technique : N. Mariotte (INRA-URFM, 04 32 72 29 05, mariotte@avignon.inra.fr)

Informations diverses : Des photographies aériennes et infra-rouge de la zone ont été prises en parallèle par l'UMR EMMAH (INRA d'Avignon).

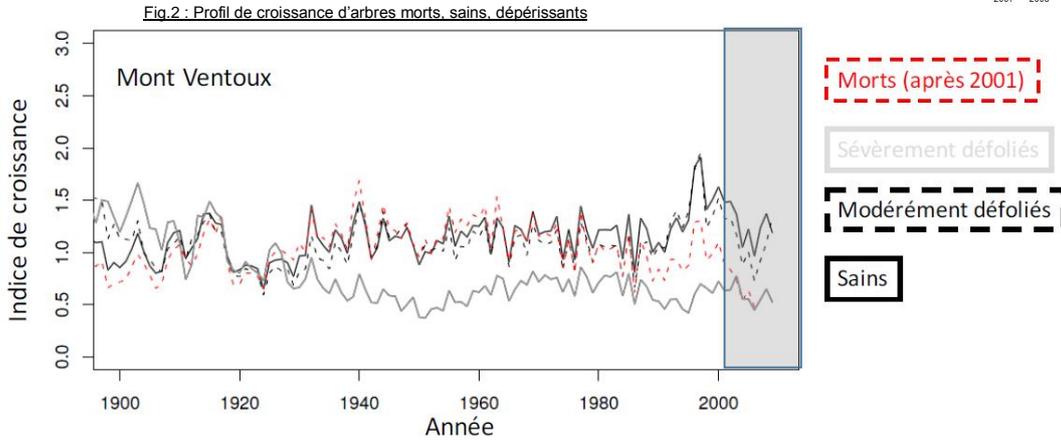
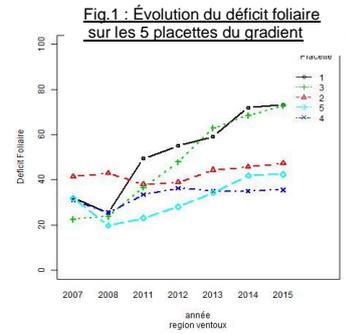


Localisation des placettes du gradient altitudinal : Dvx1 à Dvx5 (points rouges) par rapport aux autres dispositifs : arbres du gradient altitudinal (brun) et placettes du transect en courbe de niveau (points orangés).

¹ La mesure de la résistivité électrique du sol est une technique géoélectrique non destructive utilisée pour caractériser certaines propriétés du sol, basée sur la réponse des matériaux du sol au flux des charges électriques

• Résultats : Croissance, dépérissement et mortalité sapin pectiné

• La confrontation du climat passé et des indices de croissance des arbres a confirmé que la croissance du Sapin pectiné est surtout déterminée par les **sécheresses estivales**. Les réactions des arbres à des sécheresses anciennes (1935 et 1989) sont des facteurs prédisposant de la vulnérabilité actuelle, les sécheresses plus récentes depuis 2003 étant le facteur déclenchant du dépérissement actuel¹. Les suivis sanitaires sur ce gradient montrent une dynamique de mortalité et de dépérissement plus forte en basse altitude sauf en conditions locales plus favorables (comme en Dvx2, en rouge sur la Fig.1, placette à 1020 m d'alt. mais à proximité d'une combe).

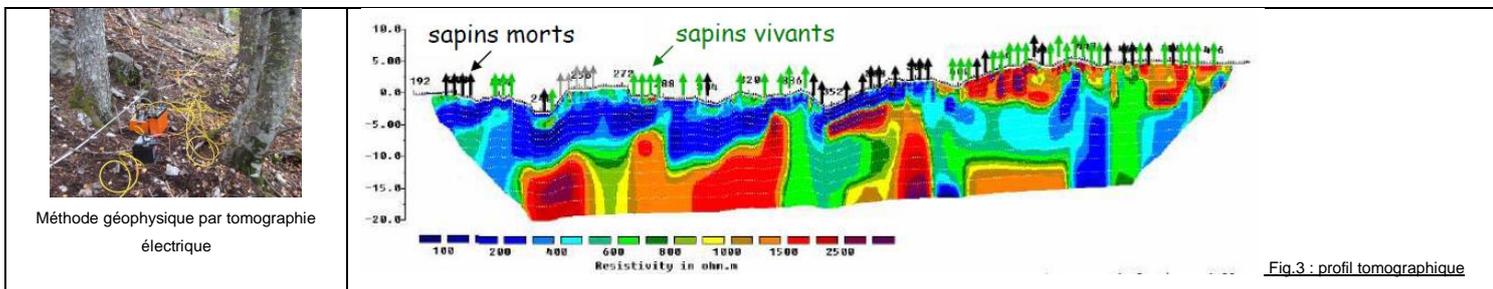


• Les facteurs déclenchant de mortalité massive sont variés, mais les sécheresses apparaissent comme une des causes majeures. Sur le Ventoux, à même altitude, la **mortalité** est associée à des croissances cumulées plus faibles sur les dernières années, mais à une croissance juvénile plus forte (Fig.2). Ces résultats ne se retrouvent pas sur les sites de l'Issole et Vésubie.

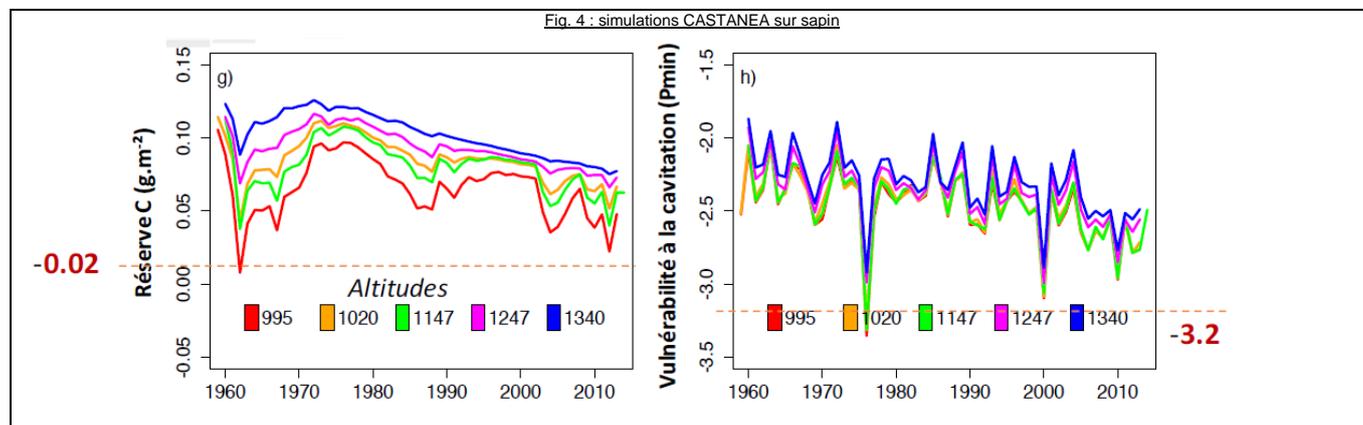
• Le dépérissement semble associé à une faible croissance (Fig.2, depuis 1920). Même si la plupart des études montrent que la croissance des arbres est reliée à leur taux de défoliation, Becker (Levy et al. 198714) avait déjà observé que cette relation est vraie seulement lorsque les taux de déficit foliaire sont supérieurs à 40%. Les travaux de Maxime Cailleret² indiquent que ce lien est encore plus complexe : en Issole, les arbres dont le houppier est très défolié ont la meilleure croissance. Si l'état du houppier d'un arbre est probablement un bon indicateur du changement temporel de vitalité, il ne peut pas être utilisé comme un indicateur spatial de la vitalité des arbres, car une défoliation partielle peut aussi être un mécanisme adaptatif face à la sécheresse. D'autre part, concernant l'interaction entre risque biotique (insectes) et abiotique (sécheresse), nous avons montré que la prévalence des attaques de scolytes sur Sapin pectiné était plus importante pour les arbres dépérissants³.

• Résultats : Hétérogénéité spatiale, adaptation et vulnérabilité des arbres à la sécheresse

• Des méthodes de géophysique ont montrées une **hétérogénéité spatiale** du sous-sol ; les arbres sains n'étant pas forcément situés sur les meilleurs sols. En termes de plasticité, certains individus, populations ou espèces ferment plus ou moins tôt leurs stomates en réaction à la sécheresse mais elles peuvent aussi acclimater leur développement racinaire en puisant de l'eau dans le sous-sol. Certains sapins peuvent ainsi puiser de l'eau jusqu'à 4 m de profondeur dans le karst⁴ et la contribution en eau profonde peut atteindre plus de 50% durant la période estivale⁵.



• Des mesures de transpiration⁶, de photosynthèse ou de traits foliaires⁷ ont permis de compléter notre compréhension de l'effet du stress hydrique sur le fonctionnement du Sapin pectiné. L'ensemble de ces travaux a abouti à une modélisation du dépérissement du Sapin pectiné qui s'expliquerait plutôt par un manque progressif de carbone dû aux sécheresses successives que par une embolie estivale massive⁸ (Fig.4).



• Bibliographie:

- (1) Cailleret, Maxime et al (2016). « Towards a Common Methodology for Developing Logistic Tree Mortality Models Based on Ring-Width Data ». *Ecological Applications* 26, no 6 : 1827-41. doi:10.1890/15-1402.1.
- (2) Cailleret, Maxime et al. (2017) « A Synthesis of Radial Growth Patterns Preceding Tree Mortality ». *Global Change Biology* 23, no 4 (avril 2017): 1675-90. doi:10.1111/gcb.13535.
- (3) Cailleret, Maxime, Marie Nourtier, Annabelle Amm, Marion Durand-Gillmann, et Hendrik Davi. « Drought-Induced Decline and Mortality of Silver Fir Differ among Three Sites in Southern France ». *Annals of Forest Science* 71, no 6 (7 février 2013): 643-57. doi:10.1007/s13595-013-0265-0.
- (4) Davi, Hendrik, et Maxime Cailleret. « Assessing Drought-Driven Mortality Trees with Physiological Process-Based Models ». *Agricultural and Forest Meteorology* 232 (janvier 2017): 279-90. doi:10.1016/j.agrformet.2016.08.019.
- (5) Durand-Gillmann, Marion, Maxime Cailleret, Thomas Boivin, Louis-Michel Nageleisen, et Hendrik Davi. « Individual Vulnerability Factors of Silver Fir (*Abies Alba* Mill.) to Parasitism by Two Contrasting Biotic Agents: Mistletoe (*Viscum Album* L. Ssp. *Abietis*) and Bark Beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) during a Decline Process ». *Annals of Forest Science* 71, no 6 (22 novembre 2012): 659-73. doi:10.1007/s13595-012-0251-y.
- (6) Carrière, Simon Damien, Charles Danquigny, Florence Courdier, Nicolas Mariotte, Konstantinos Chalikakis, Hendrik Davi, Chloé Ollivier, Nicolas K. Martin-Stpaul, Daniel Boyer, et Christophe Emblanch. « Étude de la recharge des hydrosystèmes karstiques à l'échelle de la parcelle: modélisation et analyse de corrélation-Site du Laboratoire souterrain à bas bruit de Rustrel », 2015.
- (7) Nourtier, Marie, André Chanzy, Maxime Cailleret, Xie Yingge, Roland Huc, et Hendrik Davi. « Transpiration of Silver Fir (*Abies Alba* Mill.) during and after Drought in Relation to Soil Properties in a Mediterranean Mountain Area ». *Annals of Forest Science* 71, no 6 (1 septembre 2014): 683-95. doi:10.1007/s13595-012-0229-9.
- (8) Cailleret, M., Nourtier, M., Amm, A., Durand-Gillmann, M., Davi, H. (2014). Drought-induced decline and mortality of silver fir differ among three sites in southern France. *Annals of Forest Science*, 71 (6), 1-15. <http://prodinra.inra.fr/record/179436>
- (9) Cailleret, M. (2011). Causes fonctionnelles du dépérissement et de la mortalité du sapin pectiné en Provence (Thèse de doctorat, Université Paul Cézanne (Aix Marseille 3), Aix-en-Provence, FRA). <http://prodinra.inra.fr/record/49611>
- (10) Durand-Gillmann, M., Cailleret, M., Boivin, T., Nageleisen, L.-M., Davi, H. (2014). Individual vulnerability factors of Silver fir (*Abies alba* Mill.) to parasitism by two contrasting biotic agents: mistletoe (*Viscum album* L. ssp. *abietis*) and bark beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) during a decline process. *Annals of Forest Science*, 71 (6), 659-673. <http://prodinra.inra.fr/record/181292>
- (11) Nourtier, M., Chanzy, A., Cailleret, M., Xie, Y., Huc, R., Davi, H. (2014). Transpiration of silver Fir (*Abies alba* mill.) during and after drought in relation to soil properties in a mediterranean mountain area. *Annals of Forest Science*, 71 (6), 683-695. <http://prodinra.inra.fr/record/179438>
- (12) Cakpo B. (2015). Etude du bilan hydrique en contexte forestier méditerranéen, approche par géophysique, traçage isotopique, modélisation écophysologique (Mémoire Master 2, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, FRA, Université de Lorraine, FRA). <http://prodinra.inra.fr/record/349550>
- (13) Nourtier, M., Chanzy, A., Granier, A., Huc, R. (2011). Sap flow measurements by thermal dissipation method using cyclic Heating: a processing method accounting for the non-stationary regime. *Annals of Forest Science*, 68 (7), 1255-1264. <http://prodinra.inra.fr/record/42822>
- (14) Cailleret, M., Davi, H. (2011). Effects of climate on diameter growth of co-occurring *Fagus sylvatica* and *Abies alba* along an altitudinal gradient. *Trees*, 25 (2), 265-276. <http://prodinra.inra.fr/record/47872>
- (15) Davi, H., Cailleret, M. (2016). Assessing drought-driven mortality with a process-based model. *Agricultural and Forest Meteorology* 232 (2017) 279–290.
- (16) Latreille, A. (2016). Diversité et adaptation locale des arbres forestiers : analyse de gradients altitudinaux et de transplantations croisées chez le Sapin pectiné. Thèse de doctorat, Aix Marseille Université, FR.
- (17) Latreille, A., Pichot, C. Local scale diversity and adaption from a multi-site reciprocal transplant experiment: silver fir as a study case. Soumis à *Ecosphere*.