

Construire avec les essences du futur

Marie-Christine TROUY
ENSTIB/LERMAB
Epinal, France



1. Une forêt en mutation

1.1. Atténuation et adaptation

La forêt a un rôle à jouer dans l'atténuation des changements climatiques tout en étant confrontée à une nécessité d'adaptation aux nouvelles conditions environnementales.

L'effet d'atténuation de la filière forêt-bois comprend 4 volets en lien avec la réduction du carbone atmosphérique :

- Substitution du bois énergie aux combustibles fossiles
- Substitution du bois aux matériaux à forte empreinte carbone
- Absorption et séquestration du carbone par les forêts
- Prolongation de la séquestration du carbone dans les produits bois.

Pour pérenniser ses effets bénéfiques, la filière forêt/bois doit s'inscrire dans un fonctionnement vertueux intégré au cycle naturel du carbone : le bois est produit, utilisé, éliminé sans jamais mettre en péril la ressource.

Par ailleurs, la sylviculture doit accompagner l'adaptation des forêts aux changements climatiques et prévenir les risques accrus comme les tempêtes, les incendies, la sécheresse ou les épidémies.

Les arbres, comme tous les êtres vivants sont amenés à migrer et à évoluer sous la pression d'une sélection naturelle d'autant plus forte que les changements de l'environnement sont importants. Cependant les changements climatiques sont rapides au regard du temps nécessaire à la migration des espèces ligneuses. L'évolution qui repose sur le hasard des mutations et permet l'émergence de nouveaux caractères, est encore plus lente.

Au regard des multiples bénéfices apportés par l'arbre et la forêt, l'homme doit donc intervenir pour sélectionner les espèces les mieux adaptées aux conditions à venir et accélérer leur implantation.

1.2. La résistance à la sécheresse des conifères

La résistance à la sécheresse d'une espèce d'arbres repose sur deux caractéristiques :

- La résistance à la cavitation (= apparition de bulles de gaz) du système conducteur de sève brute
- La limitation des pertes d'eau par fermeture des stomates (= ouvertures permettant les échanges gazeux) au niveau des feuilles via la synthèse d'une hormone, l'acide abscissique

Lemaire et al. (2014) ont pu caractériser la résistance à la cavitation de plus de 260 espèces de conifères à travers le monde (figure 1)¹.

¹ Des conifères champions de la résistance à la sécheresse – Cédric Lemaire, Tim Brobitt et Sylvain Delzon – Jardins de France – novembre-décembre 2014

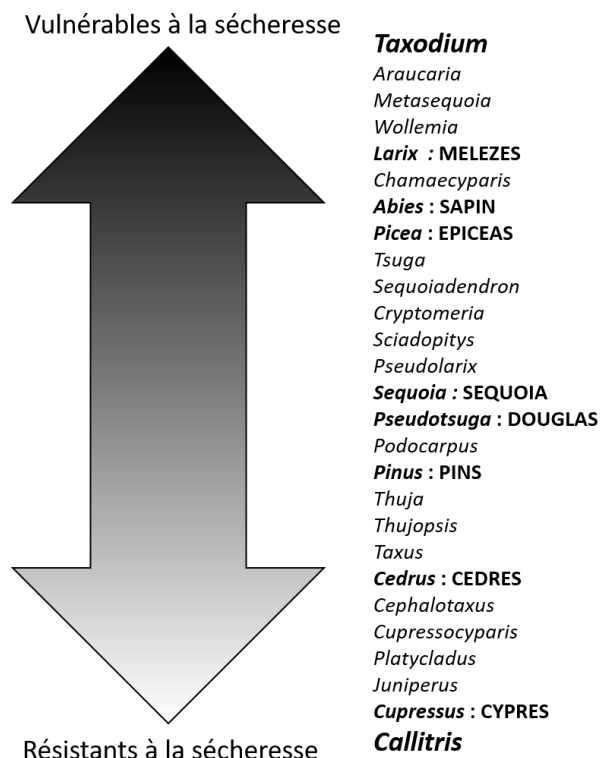


Figure 1 : Classement des genres de conifères selon leur vulnérabilité à la sécheresse (d’après Lemaire et al. 2014)

Parmi les résineux utilisés dans la construction, les mélèzes, les épicéas et les sapins sont adaptés au froid et à l’altitude alors que les pins ont une aire naturelle de répartition qui s’étend aux zones arides, notamment grâce à leur capacité à limiter les pertes par transpiration en fermant leurs stomates.

L’inventaire forestier réalisé par l’IGN (institut national de l’information géographique et forestière) montre que les cyprès et les genévriers, particulièrement résistants à la sécheresse, sont naturellement présents sur le pourtour méditerranéen en milieu forestier (image 2).

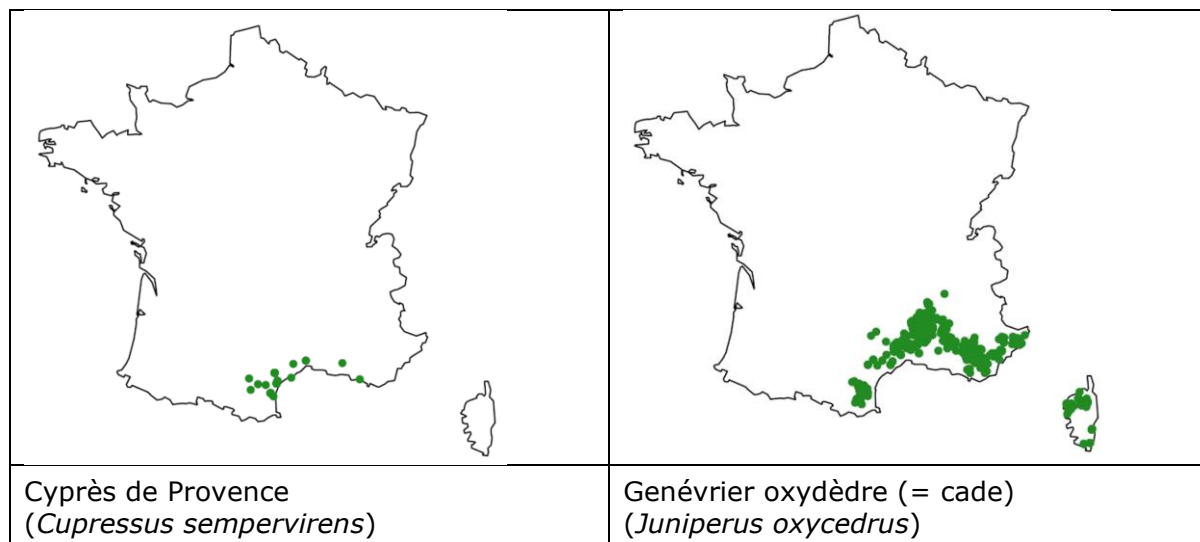


Figure 2 : Cartes de distribution géographique sur le territoire français métropolitain du cyprès de Provence et du genévrier oxydèdre (inventaire forestier de 2008 à 2019)

1.3. De nouveaux conifères dans la forêt vosgienne

Dans le cadre d'expérimentations d'îlots d'avenir FUTURFOREST, de nouvelles espèces de conifères font l'objet de plantations dans la forêt vosgienne, auxquelles viennent s'ajouter des espèces méditerranéennes déjà connues en France (tableau 1).

Tableau 1 : Nouvelles espèces de conifères plantées par l'ONF des Vosges

NOM SCIENTIFIQUE	NOMS COMMUNS	AIRE NATURELLE
<i>Abies bornmuelleriana</i>	Sapin de Bornmüller	Turquie
<i>Abies cilicica</i>	Sapin de Cilicie	Turquie, Syrie, Liban
<i>Calocedrus decurrens</i>	Calocèdre	Californie et Oregon
<i>Cedrus atlantica</i>	Cèdre de l'Atlas	Afrique du Nord
<i>Cupressus arizonica</i>	Cyprès de l'Arizona	Californie, Arizona, Texas...
<i>Pinus brutia</i>	Pin brutia	Turquie, Chypre, Crète
<i>Pinus nigra var. corsicana</i>	Pin laricio de Corse	Corse
<i>Pinus peuce</i>	Pin de Macédoine	Montagnes des Balkans
<i>Pinus pinaster</i>	Pin maritime	Bassin méditerranéen
<i>Pinus nigra subsp. salzmannii</i>	Pin de Salzmann	Cévennes, Pyrénées, Espagne
<i>Sequoia sempervirens</i>	Séquoia toujours vert	Californie et Oregon

Parmi les espèces du tableau 1, celles écrites en gras ont déjà été recensées par l'IGN entre 2008 et 2019 dans le cadre de l'inventaire forestier.

2. Les bois du futur

2.1. Les essences de bois du futur

Les espèces exotiques de sapins ou de pins donneront vraisemblablement un bois similaire à celui des espèces connues de sapins et de pins. Le sapin de Bornmüller est considéré comme une sous-espèce du sapin de Nordmann et le sapin de Cilicie appartient à la sous-section botanique commune au sapin blanc et au sapin de Nordmann.

Le pin de Salzmann est une sous-espèce de pin noir, le pin brutia est botaniquement proche du pin d'Alep, et le pin de Macédoine du pin cembro.

L'aptitude des bois des autres essences, jusqu'alors inconnues des constructeurs européens, est une question à laquelle il est possible de répondre partiellement en consultant les ressources documentaires et en étudiant les utilisations de ces bois dans leurs régions d'origine, avec une réserve concernant la qualité du bois car elle dépend des conditions de croissance. Les photographies présentées ici correspondent à des provenances françaises (figure 3).



Figure 3 : Echantillons de provenance française des potentiels conifères du futur, le cèdre de l'Atlas, le cyprès de l'Arizona, le Sequoia,

Le calocèdre

Durabilité (norme EN350²) : durable à très durable vis-à-vis des champignons

Densité : 370 kg/m³

Utilisations en Amérique du Nord (Farjon 2017)³: crayons, bardage, menuiseries extérieures, aménagements paysagers (clôtures)

Le cèdre de l'Atlas

Durabilité (norme EN350) : durable à très durable vis-à-vis des champignons, durable vis-à-vis des coléoptères à larve xylophage, moyennement durable vis-à-vis des termites

Densité : 500-520 kg/m³

Utilisations en Afrique du Nord (Farjon 2017) : construction, ameublement

Le cyprès de l'Arizona

Cette espèce est moins documentée.

Durabilité (norme EN350) : /

Densité : /

Utilisations en Amérique du Nord (Farjon 2017) : /

Le sequoia

Durabilité (norme EN350) : durable vis-à-vis des champignons

Densité : 400 à 450 kg/m³

Utilisations en Amérique du Nord (Farjon 2017) : construction (surtout par le passé)

La plupart des anciennes maisons de Californie et de l'Oregon ont été construites avec du bois de séquoia de qualité supérieure issu de vieux peuplements. Le bois de sequoia produit actuellement est davantage utilisé pour l'ébénisterie et pour les aménagements extérieurs (terrasses, bardage, clôtures).

Parmi ces conifères exotiques, le plus prometteur pour des usages structurels semble être le cèdre de l'Atlas, au regard de sa masse volumique.

² Norme EN350 - Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois — Méthodes d'essai et de classification de la durabilité vis-à-vis des agents biologiques du bois et des matériaux dérivés du bois - 2016

³ A handbook of the world's conifers- Volumes 1 et 2 - Aljos Farjon - 2017 -BRILL

2.2. La qualité des bois du futur

La qualité du bois, en particulier sa densité et les propriétés mécaniques qui en découlent, dépendent de la station, c'est-à-dire de l'endroit où a poussé. Des espèces différentes ayant poussé dans les mêmes conditions se ressemblent souvent davantage que des individus appartenant à la même espèce mais ayant poussé dans des conditions, de sol, de climat, d'altitude et de peuplement, différentes. Plusieurs espèces nord-américaines introduites en France produisent un bois bien différent que celui produit par des individus de la même espèce dans leur forêt d'origine. L'exemple le plus connu est celui de *Pseudotsuga menziesii*, appelé douglas lorsqu'il provient des plantations françaises et « pin » d'Orégon lorsqu'il est importé sous forme de sciages d'Amérique du Nord. Le douglas est un exemple particulièrement réussi d'introduction car malgré une croissance rapide dans les plantations françaises, il produit un bois d'une densité adaptée aux usages structurels.

2.3. Le projet XyloDensMap

Issu de la collaboration entre le laboratoire d'inventaire forestier (LIF) de l'IGN et de l'INRAE, le projet XyloDensMap visait à évaluer la biomasse de la forêt française. Les carottes de sondage réalisées dans le cadre de l'inventaire forestier ont été collectées et leur infra-densité a été déterminée à l'INRAE grâce à une technologie mettant en œuvre un scanner tomographique à rayons X. Ainsi, au cours de 4 années de campagne, de 2016 à 2019, plus de 110000 carottes de plus de 150 essences différentes ont été traitées.

Les données chiffrées issues du projet XyloDensMap et de l'IGN correspondent à une photographie de la ressource forestière actuelle. Cet état des lieux est d'une importance capitale pour prendre la mesure des changements à venir qui modifieront non seulement la composition spécifique des forêts mais aussi la vitesse de croissance des arbres, la qualité et la densité du bois produit.

L'infra-densité du bois est définie comme le rapport de la masse anhydre sur le volume à l'état saturé. Elle s'exprime en kg/m^3 . L'infra-densité, et de manière générale toute expression de la densité, est variable, aussi bien entre espèces qu'à l'intérieur d'une même espèce. Par exemple, l'infra-densité moyenne du cèdre de l'Atlas poussant en France est de l'ordre de 475 kg/m^3 , mais certains spécimens ont une infra-densité inférieure à 400 et d'autres supérieure à 550 kg/m^3 (figure 4).

Dans le cadre du projet XyloDensMap, un atlas d'identification des bois résineux de France est en cours de rédaction à partir d'un échantillonnage exceptionnel. Il intègre de manière inédite l'approche multi-échelle et le lien entre matériau et ressource⁴.

Pour chaque espèce recensée dans le cadre de l'inventaire forestier, l'aspect général du bois sera illustré par la photographie d'un cylindre, comme celles présentées sur la figure 3. Les cylindres ont été fabriqués à partir de bois spécialement collectés sur tout le territoire français. Le calocèdre n'a pas été recensé, c'est la raison pour laquelle, nous ne disposons pas d'échantillon de ce bois. Afin de traduire et d'illustrer la notion primordiale de variabilité et l'influence de la provenance sur l'aspect et les propriétés du bois, en particulier la densité, plusieurs cylindres seront présentés pour certaines espèces.

⁴ Atlas des bois résineux de France – Marie-Christine TROUY - soumis aux Editions QUAE pour une parution fin 2022

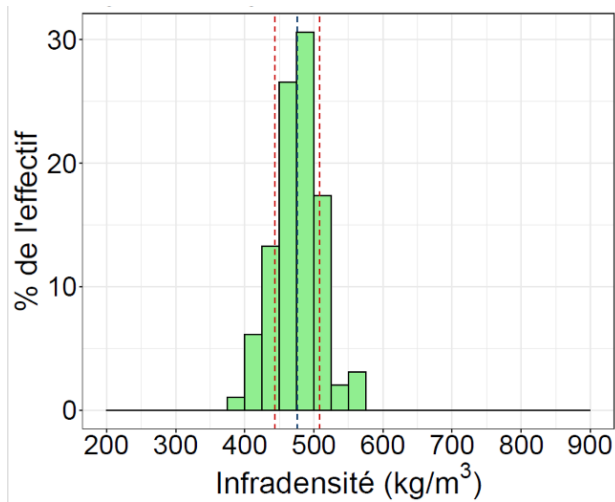


Figure 4 : Histogrammes de répartition des bois de cèdre de l'Atlas recensés par l'inventaire forestier national entre 2016 et 2019 en fonction de leur infra-densité ; effectif : 98 arbres.

Dans un même ouvrage, seront pour la première fois réunies les informations nécessaires à l'identification des bois résineux à l'échelle macroscopique et à l'échelle microscopique. L'anatomie du bois permet non seulement d'identifier les bois, mais également de comprendre pourquoi certaines espèces sont plus résistantes à la sécheresse, en particulier la structure des ponctuations aréolées qui permettent le passage de la sève entre les trachéides et qu'on peut comparer à de petites valves. Les ponctuations aréolées capables de se fermer de manière hermétique limitent le risque de cavitation précédemment évoqué (figure 5).

Sans rentrer dans le détail, la figure 6 permet simplement d'illustrer que la biodiversité s'exprime également dans la microstructure du bois et que cette dernière explique en grande partie la résistance ou la vulnérabilité à la sécheresse des arbres. Le petit explique le grand.

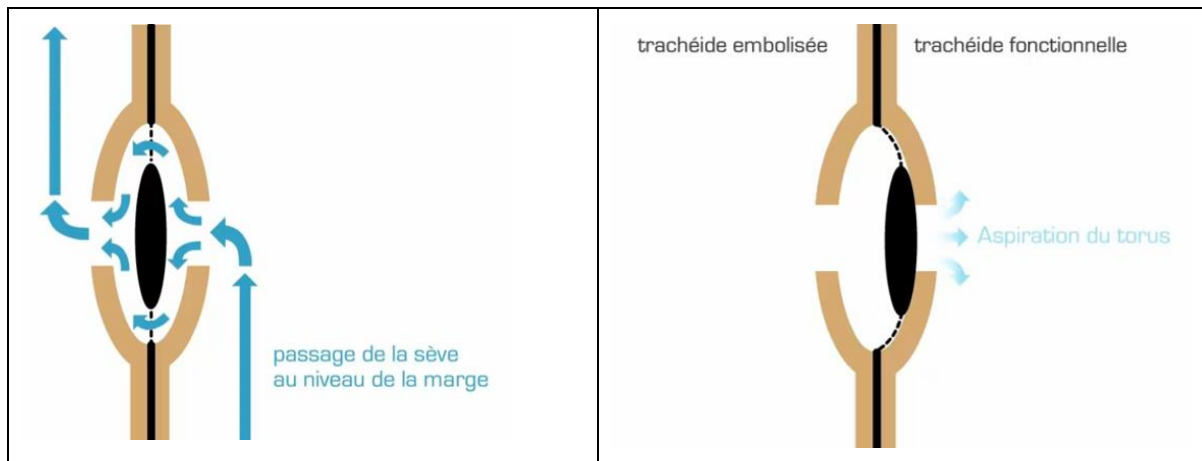


Figure 5 : Représentation schématique de ponctuations aréolées en coupe (coupe tangentielle) ; à gauche la ponctuation aréolée permet le passage de la sève brute d'une trachéide à l'autre ; à droite, la ponctuation aréolée se ferme suite à l'aspiration du torus lorsqu'une trachéide est embolisée suite à une cavitation (=apparition de bulles de gaz).

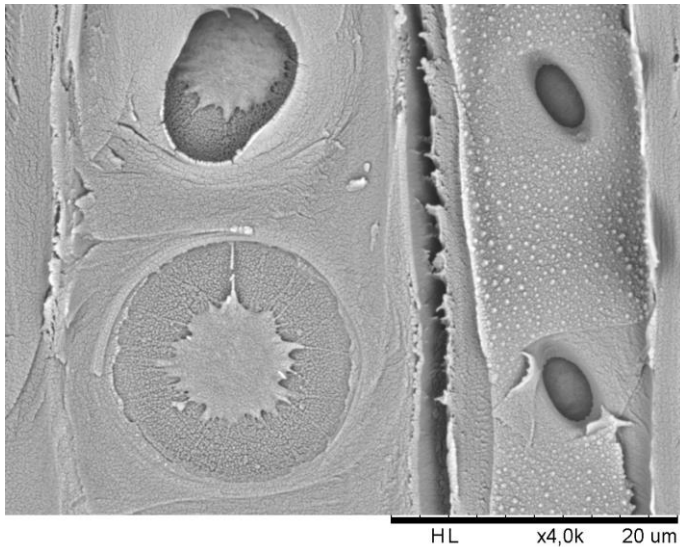


Figure 6 : Coupe radiale de Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) observée en microscopie électronique à balayage ; les ponctuations aréolées sont visibles de face ; à droite, la surface externe de 2 ponctuations aréolées est visible ; à gauche, grâce à un arrachement partiel de la paroi, l'intérieur de 2 autres ponctuations aréolées est visible et permet d'observer le contour irrégulier des torus, caractéristique du genre *Cedrus*.

Conclusion

Dans un contexte de changement climatique, la forêt française va subir de profondes transformations dans les décennies à venir et le bois produit pour la construction va vraisemblablement se diversifier. Des essences aujourd'hui secondaires ou même inconnues donneront le bois des charpentes de demain. Certaines espèces résineuses paraissent prometteuses au regard de leur résistance à la sécheresse d'une part et de la qualité de leur bois d'autre part. Nous finirons en évoquant les chênes et la migration certaine des chênes méditerranéens vers le nord dans les décennies à venir et l'expérimentation de nouvelles espèces, comme le chêne de Hongrie, *Quercus frainetto*, le chêne des Canaries, *Q. canariensis*, et le chêne des marais, *Quercus palustris*.