

## Conférence « Adaptation des arbres et forêts au changement climatique »

Organisation : Cette conférence a été donnée le mardi 4 février 2020 à Orléans, dans le cadre des mardis de la science, organisés par Centre Sciences : <http://www.centre-sciences.org/CentreSciences/MardisDeLaScience>

Intervenant : Philippe Rozenberg – Directeur de recherche à l'INRAE - Équipe Génétique, Adaptation et Amélioration (GA<sup>2</sup>) - "Adaptation des arbres aux changements environnementaux par analyse rétrospective de cernes, plasticité phénotypique et réponse aux pressions de sélection". Laboratoire "Biologie intégrée pour la valorisation de la diversité des arbres et de la forêt" (BioForA) du centre INRAE Val de Loire d'Orléans.

Retranscription : Florine Pilatus (Cerema)

---

*Les arbres forestiers sont des organismes fixés et à longue durée de vie, dépassant souvent plusieurs centaines d'années. Ils sont donc très exposés aux variations de leur environnement et notamment au changement climatique, particulièrement rapide.*

*Quels sont les mécanismes qui peuvent leur permettre de s'adapter ? Comment évaluer leur potentiel d'adaptation aux nouvelles conditions climatiques ? Peut-on en déduire des interventions humaines facilitant ou accélérant cette adaptation ?*

Les études menées à l'INRAE sont basées sur l'analyse rétrospective de la formation des cernes annuelles de croissance du bois.

### **Les dépérissements d'arbres sont liés à la sécheresse du sol**

Avec les sécheresses de plus en plus longues et intenses l'été, on assiste à de nombreux dépérissements d'arbres, ceux-ci étant signalés sur toute la surface du globe et dans tout type de climat. Des dépérissements liés aux insectes sont signalés depuis les années 2000 (cas de forêts de hêtres en Haute-Saône en août 2019). Le Département de la Santé des Forêts (DSF, hébergé par la DRAAF) a cartographié les dépérissements pour toute la France en 2019 et il a été constaté une correspondance entre les zones de dépérissements et les zones de sécheresse du sol, sauf en région méditerranéenne où la végétation est adaptée. Les essences les plus concernées sont celles ayant besoin d'humidité, telles que l'Epicéa, le Hêtre, le Sapin, le Pin Sylvestre ou le Charme.

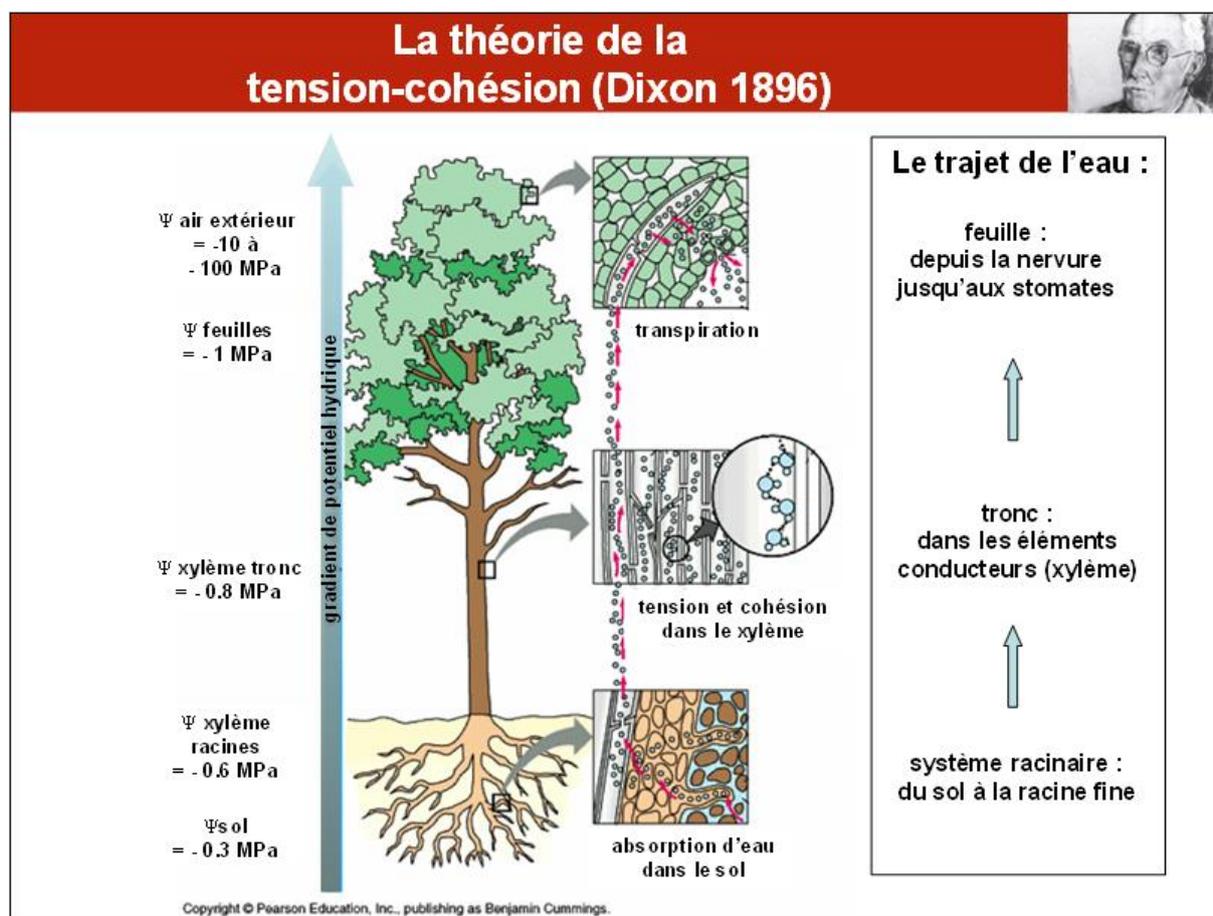
Les travaux des chercheurs ont mis en évidence que la cause des dépérissements était essentiellement la sécheresse. Ceci a notamment pu être mis en évidence grâce aux travaux sur le pin Douglas.

Le Douglas est une espèce de conifère originaire du Nord-Ouest de l'Amérique du Nord, introduite au 19<sup>ème</sup> siècle en France. Elle est exploitée car elle pousse vite et produit du bois de qualité. Depuis la fin des années 90, un dépérissement des plantations cartographiées par le DSF et l'IFN, a été constaté en Normandie, Bourgogne sud et Midi-Pyrénées. Il a été mis en évidence une relation entre le taux de dépérissement et le déficit hydrique du sol, ce taux étant plus sensible sous des climats secs.

Ces dépérissements peuvent avoir lieu de manière dispersée ou en massifs, aussi bien dans des forêts naturelles que de plantation et qu'il s'agisse d'espèces introduites ou autochtones.

## Phénomène physiologique à l'origine du dépérissement en situation de déficit hydrique

En situation de sécheresse du sol, la disponibilité en eau s'amointrit alors que l'évaporation augmente. Cela entraîne une augmentation de la tension exercée sur la colonne d'eau dans l'arbre : si celle-ci est trop forte, la colonne se brise : cela provoque un arrêt de la circulation qu'on appelle cavitation ou embolie.



<https://plantes-et-eau.fr>

### Conséquences sur la distribution spatiale des arbres forestiers

On assiste à une rétractation à basse latitude ou altitude et à une expansion à haute latitude ou altitude.

### Conséquences sur le rôle des arbres dans l'atténuation et l'adaptation au changement climatique

On met souvent en avant le rôle de stockage de carbone des arbres comme une solution d'atténuation du changement climatique, par le biais de création de « puits de carbone » en réalisant de nouvelles plantations par exemple. Or, pour que le stockage de carbone soit efficace, il faut que l'arbre soit dans des conditions optimales : la photosynthèse, à l'origine du stockage de carbone, doit être supérieure à la respiration qui libère le carbone. Autrement dit, le bilan carbone doit être positif en termes de stockage. Or, avec le changement climatique, se pose la question du maintien de ces conditions permettant un stockage efficace. Des arbres mal adaptés à leur milieu ne feront pas un stockage de carbone efficace. De plus, les dépérissements d'arbres induisent une libération de carbone dans

l'atmosphère ce qui contribue à accentuer l'effet de serre. D'où la nécessité de créer des forêts mieux adaptées.

Concernant le rôle des arbres dans l'adaptation au changement climatique, l'évapotranspiration refroidit l'atmosphère mais la couleur des arbres souvent vert foncé induit une accumulation d'énergie solaire et donc un réchauffement.

### **Vers des forêts mieux adaptées : les caractères de résistance à la sécheresse**

Pour sélectionner des individus aux caractères adaptés à la sécheresse, il faut les identifier. Ils doivent être transmissibles et contribuer au succès reproducteur global de l'espèce. Or, la durée de vie de l'arbre étant longue, le seul caractère de résistance à la sécheresse accessible facilement est la survie.

Les travaux sur le Douglas ont permis de comparer les arbres ayant survécu après un épisode de sécheresse aux arbres morts, en se basant sur l'observation des cernes du bois.

Les cellules du bois sont fabriquées pendant la saison de végétation (printemps – été) en se multipliant vers l'intérieur (de l'écorce vers le tronc) : les cernes les plus anciens sont donc au centre. On peut les dater et les mettre en relation avec le climat passé.

Un cerne est composé à 95% de cellules « tuyau » acheminant l'eau. La partie initiale est constituée de grandes cellules aux parois fines, fabriquées au printemps. En période plus sèche (l'été), des cellules plus petites aux parois plus épaisses sont fabriquées. Grâce à la technique de microdensité indirecte aux rayons X sur une carotte réalisée dans le tronc de l'arbre, on peut visualiser :

- Les zones sombres : les grandes cellules aux parois fines (densité faible) ;
- Les zones claires : les petites cellules aux parois épaisses (densité forte).

Des profils microdensimétriques peuvent être réalisés pour les arbres survivants et morts après une sécheresse. Il est constaté que les arbres qui survivent ont une valeur de densité de bois plus élevée que les arbres morts. Cette différence s'explique par des dimensions internes différentes des cellules tuyau, induisant un effet sur le fonctionnement hydraulique de l'arbre.

Ainsi, la densité du bois est le caractère adaptatif permettant de mesurer le potentiel de résistance à la sécheresse.

Des plantations expérimentales ont été mises en place à partir de 3 origines différentes de pin Douglas dans 3 régions de France (Normandie, Vosges et Aude) sous des climats relativement humides. Les profils densimétriques ont révélé que c'était la partie initiale du cerne qui avait le potentiel d'adaptation à la sécheresse le plus élevé : la densité y était élevée, mettant en évidence la présence de petites cellules aux parois épaisses. Ces cellules ont la faculté de mieux conserver leur colonne d'eau en cas de sécheresse.

D'autres plantations expérimentales permettent de comparer différentes origines de Douglas dans les conditions climatiques françaises.

- Provenance Washington – Oregon : zone climatique avec température relativement basse et précipitations moyennes
- Provenance Californie : zone climatique avec températures plus élevées et précipitations moyennes

Deux parcelles expérimentales avec des pins d'origine californienne sont présentes dans le Gard et en Corse. Leur sensibilité à la sécheresse a été mise en évidence car ils ont dépéri dans les années 90 – 2000.

Initialement la zone d'introduction du pin Douglas en France correspondait à la zone climatique de la provenance Washington – Oregon mais avec le changement climatique, on se rapproche de plus en plus de la zone climatique californienne. Remplacer les arbres de la zone Oregon par les arbres de la zone Californie n'est pas une solution car le changement climatique est trop rapide à l'échelle de vie de l'arbre. La nouvelle prévision de Météo France est de + 5 à 6°C à l'horizon 2100 ce qui signifierait que c'est toute l'espèce Douglas qui deviendrait inadaptée.

### **Travaux sur les espèces autochtones à fort gradient climatique**

En France, les forts gradients climatiques sont à corréliser aux gradients altitudinaux. Le Mélèze est une espèce intéressante pour cela car elle est présente sur plus de 1000 m de dénivelé, ce qui correspond à une variation de 6°C environ : elle pousse entre 250 et 1500 m d'altitude. En limite haute de sa répartition, le facteur limitant est le froid, en limite basse c'est le stress hydrique.

L'étude des cernes par microdensimétrie a permis d'étudier le climat entre 1966 et 2017 au niveau de Briançon. La température moyenne annuelle a augmenté sur cette période, tandis qu'il n'y a quasiment pas eu de variations pour les précipitations. On constate également que le réchauffement est plus rapide à haute altitude et latitude.

Deux groupes ont donc été comparés : le groupe à basse altitude et le groupe à haute altitude. A partir de 1995, on constate une diminution de la croissance de l'arbre surtout pour le groupe à basse altitude : avec l'augmentation de la température, la croissance du Mélèze ralentit, les cernes étant moins larges. Cette diminution de croissance est entièrement liée au changement climatique et correspond peut-être à une contraction de sa limite inférieure. Celle-ci n'est pas compensée par une expansion à plus haute altitude, la surface y étant plus restreinte, et le substrat s'y prêtant moins (rocheux). En revanche, le Mélèze peut être remplacé par d'autres espèces à basse altitude, à condition que le changement climatique ne soit pas trop rapide.

### **Utilisation des résultats pour la gestion des forêts**

Dans les forêts plantées, il pourrait être envisagé de planter des variétés améliorées pour la résistance à la sécheresse, mais la sélection des plants adaptés prend beaucoup de temps (il faut compter une dizaine d'années). Ces caractères peuvent être mesurés rapidement par la spectroscopie proche infrarouge. Des croisements entre individus résistants peuvent alors être réalisés pour produire des graines qui seront plantées. Parmi ces plants, les individus les plus résistants seront repérés et installés dans des vergers à graines. On les laissera se croiser entre eux afin d'obtenir des graines résistantes permettant la commercialisation de plants.

Pour les forêts en régénération naturelle, l'objectif serait plutôt de sélectionner les plants restant en place pour les générations futures : il s'agit de repérer les caractères de résistance sur pied avant la régénération et d'éliminer les moins résistants. On laisse ensuite les individus résistants se croiser entre eux pour produire une nouvelle génération plus résistante à la sécheresse.

En matière de gestion, certaines interventions permettent de favoriser la résistance à la sécheresse comme diminuer la densité de plantation.

Etant donné le temps et le coût requis pour sélectionner des espèces résistantes, cela ne peut pas être mis en œuvre pour toutes les espèces. La question de l'adaptation des arbres se pose aussi au regard de la rapidité du changement climatique. Le plus efficace et le moins coûteux reste de limiter l'intensité du changement climatique.

L'adaptation des espèces n'est donc possible que si le changement climatique reste modéré, sinon il faudra avoir recours à des techniques de substitution d'espèces ou de « migration assistée » : les espèces du sud sont remontées vers le nord comme c'est le cas pour le Chêne pubescent, en mélange avec le Chêne sessile. Avec les projections climatiques, on sait que le Hêtre, le Chêne pédonculé ou le Chêne sessile sont amenés à disparaître.