

# La sécheresse : quels risques pour les forêts ?

Les forêts ont de tous temps été exposées aux aléas climatiques tels que la sécheresse, mais l'augmentation observée sous nos latitudes de la fréquence et de l'intensité de cet aléa liée au changement climatique, et les perspectives d'aggravation, soulèvent beaucoup d'interrogations. Comment caractérise-t-on la sécheresse ? Comment les arbres y répondent-ils et avec quelles conséquences ? Quels sont ou seront les effets forestiers des sécheresses ?

## Comment caractériser la sécheresse ?

On peut définir la sécheresse de quatre manières :

**1. la sécheresse météorologique** liée à un déficit de pluie, qui en été se combine à une température élevée et un faible taux d'humidité de l'air - **2. la sécheresse hydrologique**, qui affecte les écoulements de surface et les ressources en eau - **3. la sécheresse socio-économique**, qui impacte nos équipements (barrages, refroidissement des centrales) - **4. la sécheresse « agricole »** qui est liée à une **faible disponibilité de l'eau du sol** pour les plantes.

Pour une forêt, la sécheresse est donc essentiellement un déficit plus ou moins marqué de la disponibilité en eau pour les arbres, lié à une réserve en eau du sol devenue insuffisante pour pouvoir être extraite dans de bonnes conditions par les racines. Or un minimum d'eau dans le sol est nécessaire à la survie des plantes, car il permet de maintenir un flux d'eau depuis les racines jusqu'aux feuilles assurant une turgescence cellulaire suffisante pour la croissance, le turnover des nutriments et l'ouverture des stomates permettant les échanges gazeux (cf. fiche 2.04). La sécheresse a une dimension temporelle (le déficit s'étend sur une durée plus ou moins longue, cf. fig.1), et spatiale, (le déficit est variable au sein d'une même forêt, selon la profondeur du sol et ses propriétés). Sous nos latitudes, ce déficit en eau du sol est évidemment plus fréquent et plus intense en été, saison caractérisée par des précipitations faibles, une faible humidité atmosphérique et des températures élevées qui accroissent la demande évaporative, tous ces facteurs se combinant pour induire ses stress.

## Comment la sécheresse agit-elle sur les forêts ?

La réponse de l'arbre à ce stress, va être de contrôler ses pertes en eau grâce à différents mécanismes. La réponse la plus rapide est la fermeture des stomates (cf. fiche 2.04) qui réduit la conductance stomatique pour l'eau, mais en même temps réduit la fixation du carbone par la photosynthèse (cf. fig.2).

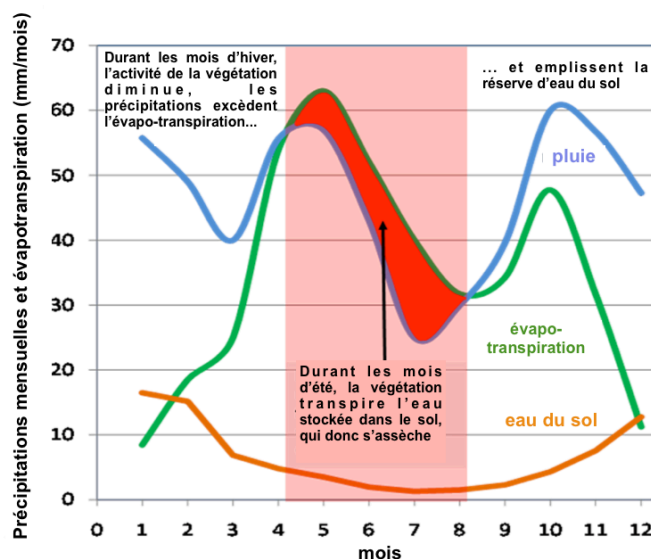
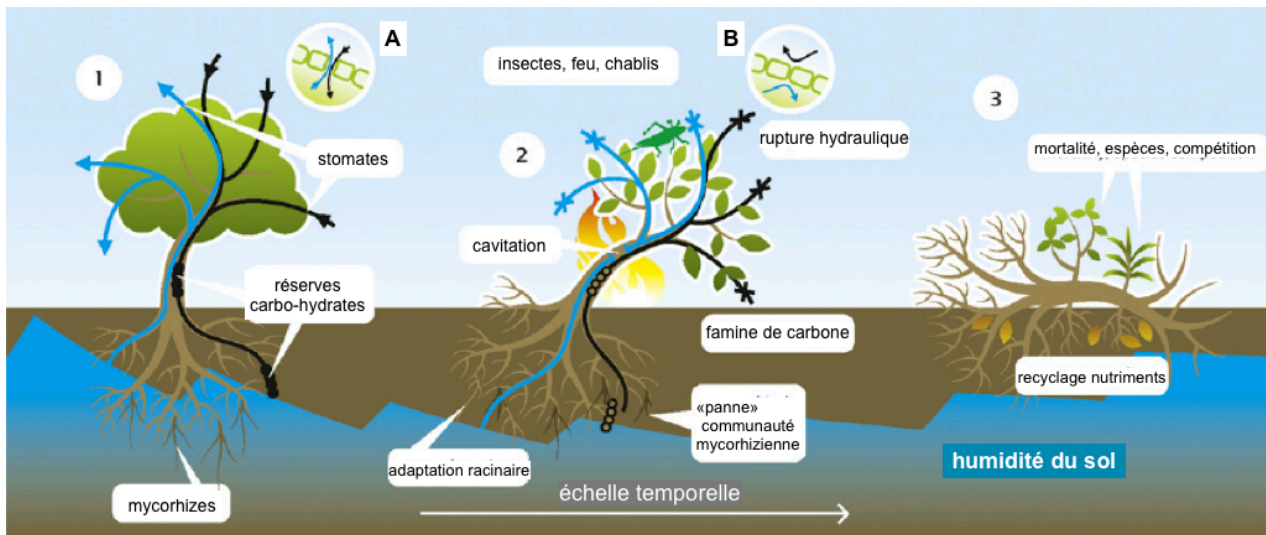


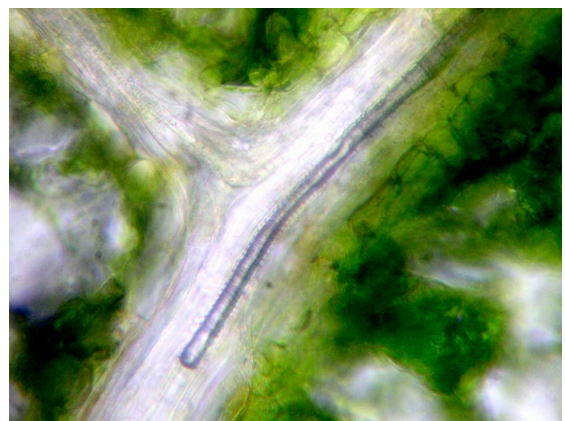
Figure 1. Évolution annuelle de l'eau dans le sol, de l'évapotranspiration et de la pluviométrie dans une forêt de *Quercus ilex* (chêne vert) à Prades (Catalogne). L'estimation de la quantité d'eau du sol de cette forêt va de 96 à 0,2mm selon la profondeur du sol et la saison dans l'année. On observe que la sécheresse s'installe à partir du mois d'avril pour une durée de 4 mois. Source : Sabaté et Gracia (2011)

Il existe aussi un mécanisme physiologique de tolérance à la dessiccation appelé «ajustement osmotique» par lequel la plante maintient ses cellules turgescentes. À court terme, la plante résout ainsi le problème de la déshydratation continue des tissus qui la menaçait. La réduction de la photosynthèse peut causer des problèmes si les réserves carbonées de la plante sont insuffisamment disponibles pour subvenir aux besoins de la respiration de la plante. Par ailleurs, le manque d'eau peut limiter la fonction de transport du phloème (liber) et la translocation du carbone sur une longue distance à l'intérieur des arbres. D'autres problèmes peuvent surgir, comme une température excessive de la feuille, favorisée par une réduction de la transpiration, ou une radiation excessive pouvant endommager les photosystèmes du chloroplaste. (d'après Sabaté et Gracia, 2011).



**Figure 2. Illustration schématique de l'interaction entre la sécheresse et le cycle du carbone avant, pendant et après une période d'intense stress hydrique, et les échelles de temps impliquées dans la réponse.** Dans la situation (1) l'humidité du sol est suffisante et les flux d'eau et de carbone sont corrélés à la conductance stomatique (A : stomates ouverts). Dans la situation (2) une intense sécheresse survient, entraînant la fermeture des stomates (B), la cavitation et/ou la privation de carbone, suivie par une vulnérabilité accrue à d'autres perturbations comme les insectes, le feu et le vent. Dans la situation (3) de la mortalité sélective et de la repousse (permise par la recharge en eau du sol) se produisent, en cohérence avec la stratégie des espèces. D'après van der Molen et al. (2011).

Lorsque la limitation en eau est prolongée, la plante répond à moyen terme, par exemple par la chute des feuilles (fig.2). D'autres réponses interviennent à long terme, telles que l'ajustement de caractères morphologiques ou anatomiques (par exemple, feuille ou racines) de la plante ou encore des caractéristiques de ses tissus. Lorsque le stress hydrique devient encore plus prononcé, la pression négative (= tension) dans la sève du xylème (vaisseaux conducteurs) augmente et la **cavitation** peut avoir lieu. Soumise à cette tension, l'eau est en effet physiquement métastable et peut passer à une phase gazeuse plus stable par **cavitation**. L'entrée d'air dans les vaisseaux du xylème crée une **embolie** qui interrompt l'alimentation en eau des feuilles et peut conduire à la **mort** des branches ou de l'arbre entier par dessiccation (fig.3).



**Figure 3. Une bulle d'air emprisonnée dans un vaisseau du xylème d'une veine de feuille d'arbre.** (Source : Brendel et Cochard, 2011)

Il existe une forte variabilité entre espèces, et à l'intérieur des espèces, dans leurs capacités à éviter ou tolérer la sécheresse, à travers les différents mécanismes mentionnés ci-dessus. D'autres mécanismes comme les associations mycorhiziennes sont aussi affectées par la sécheresse (fig.2). Sans surprise, les espèces ligneuses méditerranéennes se distinguent nettement des autres espèces de zone tempérée pour leur adaptation à la sécheresse.

### La sécheresse : quels impacts sur les forêts ?

L'impact visuel de la sécheresse sur les arbres est facile à observer les années où le déficit hydrique est important et les températures élevées. Il peut s'agir de la mort par dessiccation de certains organes ou parties de l'arbre, de l'arbre tout entier, ou de tout ou partie du peuplement qui peut apparaître l'année du stress mais aussi de manière différée, et ainsi se cumuler. Ces dégâts peuvent concerner des arbres jeunes mais aussi des arbres adultes. Depuis une vingtaine d'année, les inventaires forestiers en Europe constatent depuis un accroissement des taux de mortalité, dont la cause semble liée aux phénomènes de sécheresse. Des études plus détaillées ont montré que même sur des sols assez profonds, les niveaux de stress hydrique subis par les peuplements étaient importants (INRA, 2015). Une sécheresse modérée et sans impacts visibles peut aussi affecter les arbres dans la mesure où elle perturbe le fonctionnement physiologique des arbres et des processus au sein de l'écosystème. Ainsi **le rôle de puits de carbone joué par les forêts est fortement réduit en cas de stress hydrique**. L'évaluation de ces impacts est complexe, car les réponses des arbres de la forêt à la sécheresse varient dans le temps, dans l'espace et entre les essences.

Les dépérissements importants apparaissent en cas de sécheresse répétée là où les espèces ne sont plus adaptées à leur nouvel environnement. Il peut s'agir soit de peuplements en limite de leur aire naturelle (par exemple hêtre, sapin pectiné ou pin sylvestre), soit de peuplements issus de plantations d'espèces qu'elles soient introduites ou locales.

Au delà de ses effets directs sur les arbres, la sécheresse induit d'autres effets indirects, avec l'augmentation du risque d'incendie, et le développement épidémique d'insectes ravageurs ou de pathogènes. Une situation particulièrement grave concerne les forêts d'épicéa et de pin sylvestre en Europe central et dans l'Est de la France, massivement atteintes par des populations de scolytes (fig.4). Il s'agit de forêts plantées hors de l'aire naturelle de ces espèces dans des zones jugées à l'époque (fin XIXe et début XXe s.) écologiquement aptes à les accueillir, alors que le changement climatique n'était pas prévisible. On assiste, sans pouvoir les juguler, à des dégâts considérables : des centaines de milliers d'ha touchés, des millions de mètres cube de bois à terre.

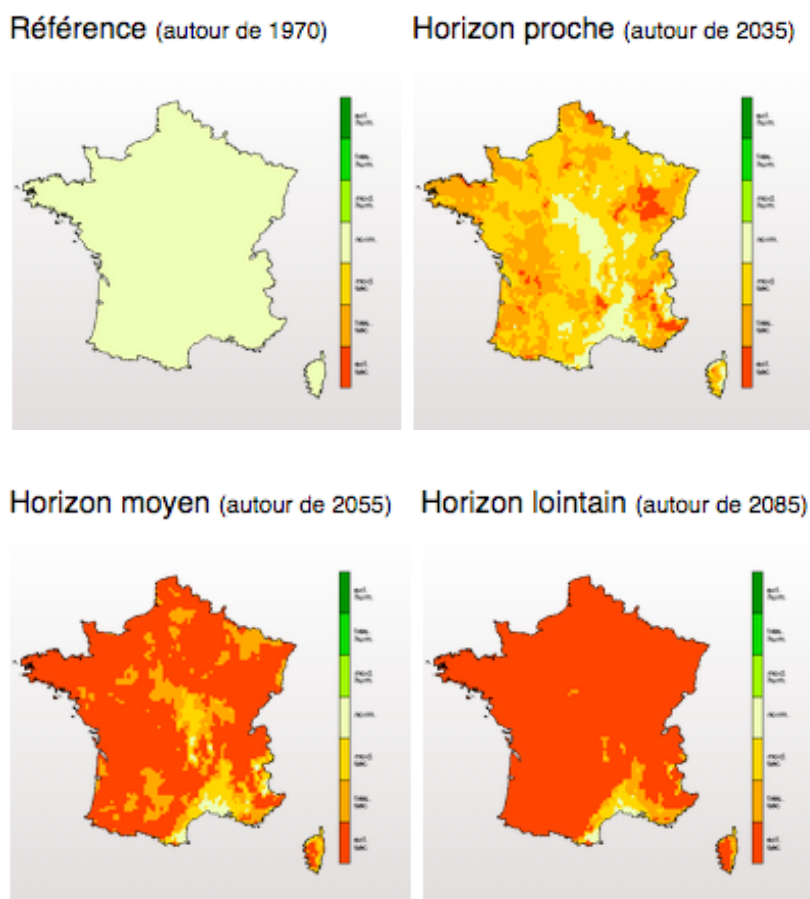
Ainsi, la sécheresse peut entraîner de sérieuses perturbations sur l'ensemble des services écosystémiques fournis par les forêts.



**Figure 4.** Mortalité massive de forêts plantées d'épicéa en Argonne due à la conjonction de la sécheresse suivie d'attaques de scolytes. Crédit : Sylvain Gaudin CNPF

## Sécheresses et forêts : à quoi faut-il s'attendre demain ?

Les projections montrent que le changement climatique va **accentuer la sécheresse météorologique** sur les forêts françaises en terme d'intensité et de durée et altérer leurs habitats (cf. fiches 6.01 et 6.02). Allant plus loin, une étude novatrice conduite en France métropolitaine (projet CLIMSEC), fondée sur des simulations utilisant les projections climatiques du GIEC en fonction de différents scénarios (voir fiche 6.01) et des modèles régionalisés de MétéoFrance, montre que la **sécheresse du sol** («sécheresse agricole») va aller en s'**aggravant** au cours du siècle actuel (fig.5) laissant craindre des stress importants pour les forêts, avec toutefois des différences régionales d'intensité.



**Figure 5.** Simulation de l'évolution de l'indicateur sécheresse d'humidité des sols caractérisant la disponibilité de l'eau du sol pour la végétation pour le scénario intermédiaire du GIEC A1B, pour 3 horizons temporels autour de 2035, 2055, et 2085)

© DRIAS

### Ce qu'il faut retenir

- Le stress hydrique affectant les arbres résulte d'une forte demande évaporative et d'une faible disponibilité de l'eau du sol
- Des mécanismes de régulation physiologiques et anatomiques, variables selon les espèces, permettent aux arbres de répondre au stress mais au détriment de la croissance et de la fixation du carbone
- Un stress hydrique intense peut entraîner des phénomènes d'embolie pouvant conduire à la mort de l'arbre
- Le changement climatique agit fortement sur la disponibilité en eau du sol et l'aggravation de cette tendance va impacter les écosystèmes forestiers

Au milieu du siècle (2050), on observe, en toute saison en moyenne, une aggravation de la sécheresse du sol (malgré une évolution peu sensible du régime pluviométrique), notamment dans le Nord et en montagne, là où les sols sont aujourd'hui en moyenne plus humides. À la fin du siècle (2080), il est très probable qu'une grande partie du territoire connaisse de très longues sécheresses du sol, quasiment sans retour à la situation normale (en référence au climat actuel). L'étude souligne aussi l'évolution plus rapide et plus forte des sécheresses du sol par rapport aux sécheresses météorologiques, sous l'effet probable de l'augmentation de l'évaporation (liée à la température). Ceci met en évidence que la prise en compte des seules précipitations comme variable explicative pour décrire l'évolution des sécheresses, n'est pas pertinente..(d'après CLIMSEC et MétéoFrance).

**Recommandation** : la lecture de cette fiche peut être complétée par celle des fiches 6.01, 6.02 et de la fiche 6.07 qui informe sur les stratégies à mettre en oeuvre pour anticiper les risques de sécheresse.