

Anne-Sophie Sergent (IDF), Jean Ladier (ONF), Hendrik Davi (INRA) et Albert Maillet (CPRF)

Sapinière en moyenne montagne méditerranéenne

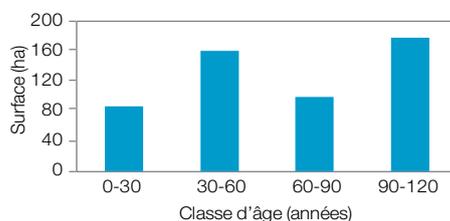
Le cas étudié porte sur une forêt domaniale de 640 hectares située dans le département de l'Aude. Le sapin est l'essence dominante des peuplements de cette forêt sur plus de 72 % de sa surface. Cette forêt ancienne est gérée principalement en futaie régulière avec réensemencement naturel depuis 1839. Depuis 2003, des dépérissements de sapin sont observés sur les stations les moins favorables (versant sud et versant ouest sur sol superficiel). Le volume sur pied actuel est relativement faible du fait d'une exploitation massive par le passé des gros bois et du fait des mortalités et des dépérissements récents. Les enjeux de cette forêt sont d'une part la production de bois d'œuvre et, d'autre part, la protection.

1. Diagnostic de l'unité de gestion forestière et de son environnement proche

■ Caractéristiques de l'unité de gestion forestière

La forêt étudiée fait majoritairement l'objet d'un traitement régulier (54 % de la surface totale) mais la part des peuplements irréguliers (19 %), des peuplements ouverts (12 %) et des taillis (12 %) est non négligeable. La surface importante, la présence d'essences diverses (sapin, hêtre, épicéa, feuillus et résineux divers), ainsi que les peuplements mélangés (sapinière-hêtraie, hêtraie-sapinière, sapinière-pessière, etc.) font apparaître de nombreux types de peuplements imbriqués les uns aux autres par plages plus ou moins vastes (presque tous les types de futaies de sapin et de sapinières-hêtraies sont représentés). Le mélange reste cependant limité et le sapin occupe plus de 70 % de la surface.

Figure 1 : Répartition des surfaces par classe d'âge dans le cas étudié pour les peuplements dont l'âge est connu.



Source : ONF.

Futaies de Sapin

| Indicateurs | Valeurs | Remarques |
|--|--|--------------------------------|
| Surface | 370 ha | 57 % de la surface totale |
| Origine des peuplements | Issus de la régénération naturelle et de plantations | |
| Age des peuplements | De 1 à 120 ans | Variable entre les peuplements |
| Historique de gestion | Gestion en futaie régulière (75 %) ou irrégulière (25 %) | |
| Itinéraire sylvicole envisagé jusqu'à l'exploitation | Récolte à 90-110 ans pour un diamètre de 55 à 65 cm | |

Futaies mélangées de sapin et de hêtre (sapinière-hêtraie ou hêtraie-sapinière)

| Indicateurs | Valeurs | Remarques |
|--|--|---|
| Surface | 120 ha | 19 % de la surface totale soit 120 ha répartis en trois grands types : 20 ha de bois clairs, 71 ha de futaies régulières et 29 ha de futaies irrégulières |
| Origine des peuplements | Issus de la régénération naturelle | |
| Age des peuplements | De 30 à 120 ans | Variable entre les peuplements |
| Historique de gestion | Gestion en futaie régulière ou irrégulière | |
| Itinéraire sylvicole envisagé jusqu'à l'exploitation | Récolte à 90-110 ans pour un diamètre de 55 à 65 cm pour le sapin et de 35 à 50 cm pour le hêtre | |

Taillis de chêne pubescent ou de feuillus divers

| Indicateurs | Valeurs | Remarques |
|--|---|-------------------------------|
| Surface | 60 ha | Soit 9 % de la surface totale |
| Origine des peuplements | Issus de la régénération naturelle | |
| Age des peuplements | Inconnu | |
| Historique de gestion | Taillis exploités en coupe rase avec des rotations probablement courtes jusqu'en 1945 | |
| Itinéraire sylvicole envisagé jusqu'à l'exploitation | Taillis non convertibles ou à maintenir pour protection pour 80 % de la surface | |

Futaies de cèdre de l'Atlas

| Indicateurs | Valeurs | Remarques |
|--|---|-----------------------------------|
| Surface | 10 ha | Moins de 2 % de la surface totale |
| Origine des peuplements | Plantation | |
| Age des peuplements | De 15 à 30 ans | |
| Historique de gestion | Futaie régulière | |
| Itinéraire sylvicole envisagé jusqu'à l'exploitation | Récolte à 80-100 ans pour un diamètre de 35 à 45 cm | |

Ne sont détaillés ci-dessus que les types de peuplements principaux, importants en termes de surface, d'enjeu ou d'adaptation.

Les autres types de peuplements présents sont des :

- futaies d'épicéa commun (10 ha) ;
- futaies mélangées d'épicéa et de sapin (10 ha) ;

Cette fiche ne représente pas nécessairement les positions officielles du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation. Elle n'engage que ses auteurs.

Source : Centre d'études et de prospective, 2013, *Agriculture, forêt, climat. Vers des stratégies d'adaptation*, MAF

- futaies mélangées de sapin et d'autre feuillus (10 ha) ;
- futaies de hêtre (5 ha) ;
- futaies de pin d'Autriche (2 ha) ;
- sols boisables (8 ha) et non boisables (33 ha).

| | |
|-------------|---|
| Atouts | 180 ha à régénérer au cours des 30 prochaines années |
| Contraintes | 87 ha déjà régénérés au cours des 15 dernières années. Massif composé à 70 % de sapin, dont une partie connaît des problèmes de dépérissement |

Source des tableaux : Plan d'aménagement forestier (ONF).

■ Productions et résultats économiques

| Indicateurs | Valeurs | Remarques |
|-------------------------------|--|--|
| Productivité | 3 à 7,6 m ³ /ha et /an | Variable selon les stations |
| Prix de vente sur pied | 2 à 30 €/m ³ | 30€/m ³ - bois d'œuvre de sapin 11€/m ³ - bois d'industrie de sapin 2€/m ³ - bois de chauffage (hêtre et autres feuillus) Prix moyen de vente dans cette forêt entre 2000 et 2005 |
| Coût annuel | 48€/ha et /an | Comprend les travaux sylvicoles pour près de 40 % du coût total (régénération, dégagement, amélioration, etc.), la maintenance du parcellaire, l'entretien des infrastructures (route forestière, accotement, revers d'eau, etc.), la sécurisation des routes et l'entretien du bâti |
| Recette annuelle | 132€/ha et /an | Calculée sur l'ensemble de la forêt |
| Bénéfice annuel | 84 €/ha et /an | Valeur assez basse lorsque que l'on déduit de ce bénéfice les impôts et les frais de gestion |
| Taux interne de rentabilité | - | Non calculé |
| Autres revenus non forestiers | 1760 €/an | Chasse et vente de venaison (année de référence 2005) |
| Atouts | Certification PEFC | |
| Faiblesses | Le maintien du sapin comme essence principale de production dans ce massif suppose qu'il n'y ait pas de problème sanitaire majeur Chute du prix du bois de sapin suite aux dépérissements Risque d'inadéquation entre la demande et l'offre sur le diamètre des bois | |

Source : Plan d'aménagement forestier (ONF).

La production de cette forêt est variable entre les stations. Les conditions d'accès limitent parfois l'exploitation des produits forestiers. Les coûts d'entretien et de régénération sont assez élevés au regard des recettes liées à la vente de bois, le bilan net est donc assez bas. Cette situation ne devrait pas s'améliorer dans les années à venir. En effet, les forts volumes de bois dépérissants mis en vente depuis la canicule de 2003 ont tiré les prix du sapin vers le bas, y compris pour les plus belles qualités. Ce phénomène est dû à la faible capacité d'absorption de ces bois par les unités de transformation locales. Cela a induit une ouverture du marché à des acheteurs extérieurs alignés sur les cours nationaux du sapin. À l'échelle de la région, la demande de sapin est tournée vers les bois de qualité de diamètre 40 à 50 cm. L'offre de bois frais, indépendamment des dépérissements, comporte pour les années à venir une proportion importante de bois de diamètre 55 et plus. Il y a donc une inadéquation structurelle entre l'offre et la demande sur cette catégorie de produits, laquelle est amplifiée par la nécessité de mettre en œuvre une sylviculture dynamique dans les jeunes peuplements¹.

1. Source : Directive régionale d'aménagement (ONF).

■ Contexte local

Contexte forestier et éléments paysagers

Le paysage est montagneux, à dominance forestière et pastorale. La forêt occupe en général les versants nord tandis que les versants sud sont occupés par des landes ou des pâturages. Le taux de boisement de 73% dans la sylvoécologie est largement supérieur à la moyenne nationale. La végétation du Pays de Sault est caractérisée par de vastes sapinières, souvent mêlées de hêtre en proportions variables. Les chênes (pubescent, vert et rouvre) sont bien représentés en basse altitude. Ils forment principalement des taillis ou des mélanges de futaies et de taillis assez pauvres. On les trouve aussi en essence accessoire dans la sapinière ou la hêtraie. Une autre particularité de la région est l'existence de boisements naturels de pin sylvestre, dans les zones où les influences méditerranéennes sont les plus nettes. Ils se situent entre la sapinière et la chênaie avec des mélanges de transition².

■ Caractéristiques stationnelles, pédologiques et climatiques

Éléments environnementaux³

Cinq habitats d'intérêt communautaire sont présents dans cette forêt (éboulis calcaires pyrénéens; végétation chasmophytique des pentes rocheuses; formations stables à buis des pentes rocheuses calcaires; forêts de pentes, éboulis, ravins du Tilio-Acerion; chênaies blanches occidentales). Ces habitats sont répartis de façon localisée sur plusieurs zones du massif forestier et constituent pour la plupart des zones non boisables ou non soumises à une gestion sylvicole de production. La forêt est incluse en grande partie dans une ZNIEFF (zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique) de type II. Cette zone propice à la nidification de nombreux oiseaux est couverte en partie par une ZICO (zone d'intérêt communautaire pour les oiseaux). Il est également à noter la présence d'ifs disséminés dans la forêt.

Bien que la conservation ne soit pas l'objectif prioritaire dans cette forêt, cette dernière présente des intérêts faunistiques et floristiques, mais également paysagers. Ils supposent une gestion forestière appropriée : les coupes trop importantes et les reboisements monospécifiques sont, par exemple, à éviter et un traitement léger et local des peuplements existants est à préférer.

Description stationnelle⁴

Le relief accidenté est composé d'une succession de mamelons élevés, disposés selon un axe est-ouest et ponctués de petites cuvettes d'effondrement. L'exposition et la pente varient très souvent. La pente moyenne est de 26%. Des zones de topographie difficile (fortes pentes, chaos rocheux) sont présentes de façon ponctuelle. L'altitude moyenne est de 950 m et oscille entre 860 et 1 130 m.

La géologie est caractérisée par un modèle karstique avec dolines et réseaux souterrains. Les roches mères sont en majorité des roches sédimentaires (marnes et calcaires). Le réseau hydrographique est faible, voire absent, dans certaines parties de la forêt domaniale, ce qui s'explique par la géologie karstique.

2. Source : IFN.

3. Sources : Plan d'aménagement forestier (ONF) et MNHN.

4. Source : Plan d'aménagement forestier (ONF).

Les sols sur calcaires sont des rendosols (secs et superficiels) et des rendisols (épaisseur du sol variable selon la topographie locale). Sur marnes, les sols rencontrés vont des brunisols aux néoluvissols (souvent profonds et humides).

Les types de station rencontrés sont au nombre de quatre ; on peut distinguer deux groupes :

- les stations sur lesquelles le sapin ne présente pas de signes de dépérissement. Il s'agit des sapinières de basse altitude à réserve en eau moyenne à bonne (63% de la surface de la forêt). Les zones les plus favorables se situent sur les versants nord bien arrosés. Les pentes sont faibles (19% en moyenne). Le sapin ne présente pas de signes de dépérissement sur cette station. Le sol est profond et les sapins y ont une croissance exceptionnelle. La hauteur moyenne des sapins adultes est comprise entre 25 et 35 m. Les plus vigoureux mesurent jusqu'à 39 m. La profondeur du sol, l'exposition et l'altitude concourent à faire de ces stations les zones les plus fertiles de la forêt. Cette station couvre près de 40% de la surface de cette forêt. Les essences adaptées actuellement sont le sapin pectiné, le hêtre et l'épicéa. Les sapinières de basse altitude à réserve en eau moyenne se distinguent des précédentes par une fertilité plus faible due à un sol moins épais et une pierrosité plus importante. On rencontre cette station en mosaïque avec la station précédente, avec des expositions diverses et une pente moyenne de 27%. La profondeur du sol est variable. Cette station couvre 23% de la surface. Le sapin est actuellement considéré comme adapté à cette station, les autres essences actuellement adaptées sont le hêtre, le pin sylvestre, le sapin pectiné, l'épicéa commun, le sapin de Nordmann, l'érable, le tilleul et le merisier ;
- les stations sur lesquelles le sapin est inadapté ou présente des signes de dépérissement suite aux sécheresses de 2003 et 2004 : chênaies pubescentes de plateau calcaire, chênaies pubescentes de versant sur sols peu profonds et sapinières de basse altitude à faible réserve utile (37% de la surface de la forêt). Dans les stations à chênaies pubescentes de plateau calcaire et à chênaies pubescentes de versants sur sols peu profonds, la faible profondeur du sol, associée à une exposition sud et à une pente importante (47% en moyenne) entraîne une disponibilité en eau très faible. Sur les parties les moins fertiles, on rencontre essentiellement des buis accompagnés d'un taillis épars de feuillus divers (chênes pubescents, tilleuls, érables champêtres et quelques chênes verts). Les essences actuellement adaptées sont le chêne pubescent, le cèdre de l'Atlas et le pin noir. Ces stations couvrent 10% de la surface de la forêt. Les sapinières de basse altitude à faible réserve utile se différencient des sapinières de basse altitude décrite en première partie par une fertilité plus faible due à des pentes plus fortes, un sol moins épais et une pierrosité plus importante. Elles sont situées dans les zones les plus rocheuses en exposition principale sud et sur les crêtes. La pente moyenne est de 27%. La profondeur du sol et la réserve en eau sont faibles. Le buis et les blocs rocheux sont abondants. Des mortalités importantes des sapins et de certains épicéas ont été constatées dans ces parcelles. Les essences actuellement adaptées sont le hêtre, le pin sylvestre, le cèdre de l'Atlas, l'érable champêtre, le tilleul, le pin noir et le chêne pubescent. Cette station couvre 20% de la surface de la forêt.

Caractéristiques climatiques

Cette forêt est sous un climat montagnard humide, marqué par deux influences principales : l'influence océanique avec des pluies de printemps, des vents de nord-ouest et des brouillards fréquents, et l'influence méditerranéenne moins marquée du fait de l'altitude. Les températures et les durées d'enneigement présentent des variations marquées selon l'altitude et l'exposition. Des sécheresses exceptionnelles avec des valeurs jamais observées au cours des 25 années précédentes ont eu lieu en 2003, 2004 et 2006.

Climat moyen sur la période 1970-2000 pour la station de Nohedes (Pyrénées-Orientales)

| Indicateurs | Valeurs | Remarques |
|-------------------------------|----------|---|
| Pluviométrie annuelle | 757 mm | Certainement supérieure dans la zone où se situe la forêt, valeur proche de 1000 mm * Pluviométrie régulièrement répartie dans l'année |
| Pluviométrie estivale | 179 mm | Pas de déficit pluviométrique estival. |
| Température moyenne annuelle | 10,7°C | Valeur faible pour la région, liée à l'altitude |
| Nombre de jours de gel par an | 62 jours | Valeur forte pour la région, liée à l'altitude |
| Bilan hydrique climatique | + 20 mm | Bilan hydrique faiblement positif |

* Données de la station de Belcaire, non utilisables car non disponibles sur l'ensemble de la période de référence.

Source : Météo-France.

2. Effets du changement climatique sur la forêt

Description du changement climatique

Évolution du climat moyen et des événements climatiques extrêmes (canicules, gels intenses)

Les données suivantes sont issues de simulations climatiques mensuelles réalisées spécifiquement pour cet exercice par Météo-France. Elles concernent trois périodes : une période de référence centrée en 1985 allant de 1971 à 2000 (passé récent PR), une deuxième période future centrée en 2035 allant de 2021 à 2050 (futur proche FP) et une troisième période future centrée en 2085 allant de 2071 à 2100 (futur lointain FL). Elles présentent l'évolution future du climat moyen et des événements climatiques extrêmes (canicule, gels intenses).

Évolution future du climat moyen pour la station de Nohedes (Pyrénées-Orientales)

| Indicateurs | Valeurs (en évolution) | | Remarques |
|------------------------------|------------------------|------------|--|
| | De PR à FP | De PR à FL | |
| Température moyenne annuelle | + 1,8°C | + 3,7°C | Augmentation importante de la température dès le futur proche et très marquée dans le futur lointain |
| Nombre de jours de gel / an | - 26 jours | - 38 jours | Diminution importante du nombre de jours de gel dès le futur proche |
| Précipitations annuelles | - 14 mm | - 88 mm | Pas de réduction significative des précipitations à l'horizon 2035 et une réduction limitée à l'horizon 2085 |
| Précipitations estivales | + 9 mm | - 38 mm | Pas d'évolution significative des précipitations |

| Indicateurs | Valeurs (en évolution) | | Remarques |
|---------------------------|------------------------|-----------|--|
| | 1971-2000 | 2021-2050 | |
| Bilan hydrique climatique | - 110 mm | - 389 mm | Réduction très importante du bilan hydrique dès le futur proche et très marquée dans le futur lointain |

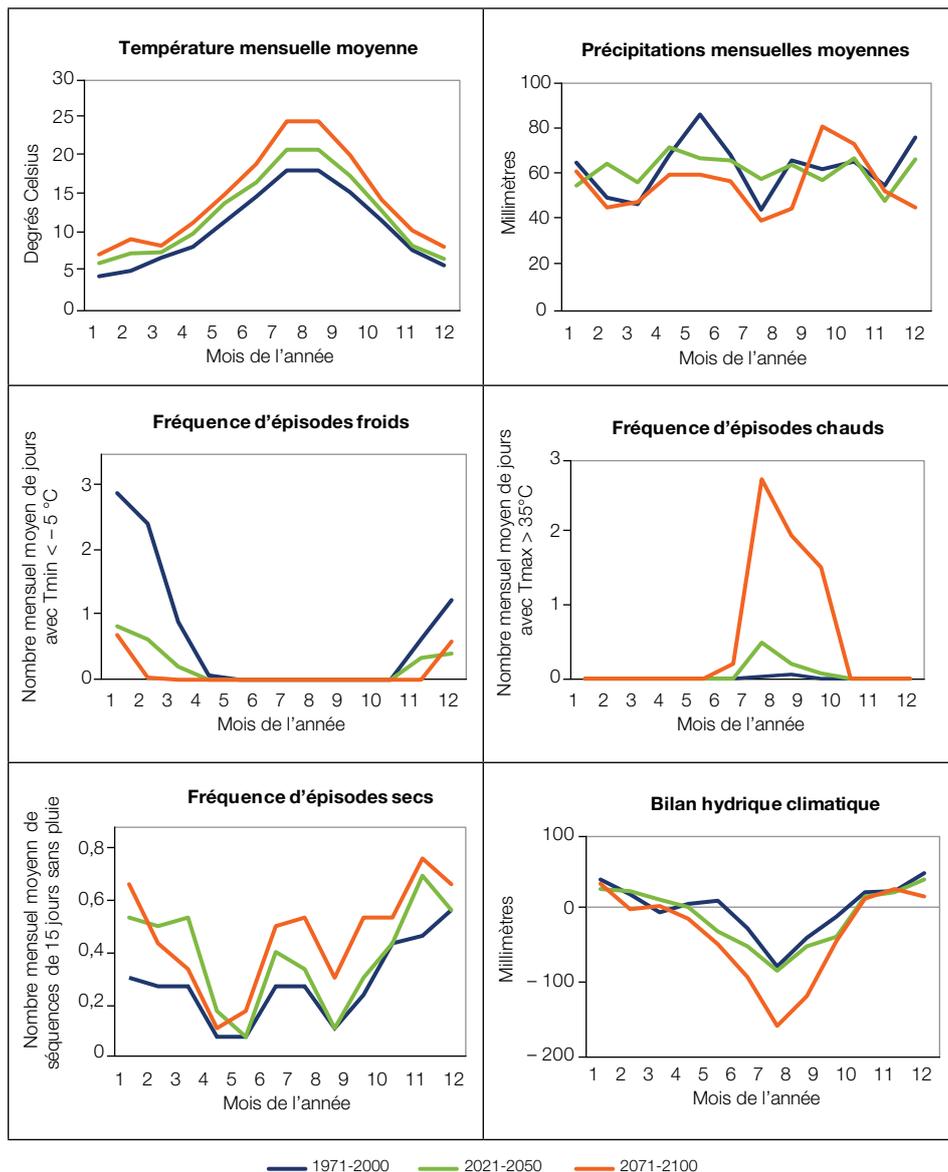
Source : Météo-France.

La comparaison entre les périodes 1971-2001, 2021-2050 et 2071-2100 montre :

- une augmentation des températures moyennes dès l'horizon 2035 et qui s'accroît à l'horizon 2085, notamment pour les mois d'été ;

- une diminution du nombre de jours de gel et de la fréquence des gels intenses ;
- une augmentation importante du nombre de jours où les températures maximales dépassent 35°C et un étalement de la période d'occurrence de ce phénomène ;
- pas de modification significative du régime des précipitations ;
- une dégradation du bilan hydrique pendant toute la saison de végétation, particulièrement marquée d'avril à octobre à l'horizon 2085.

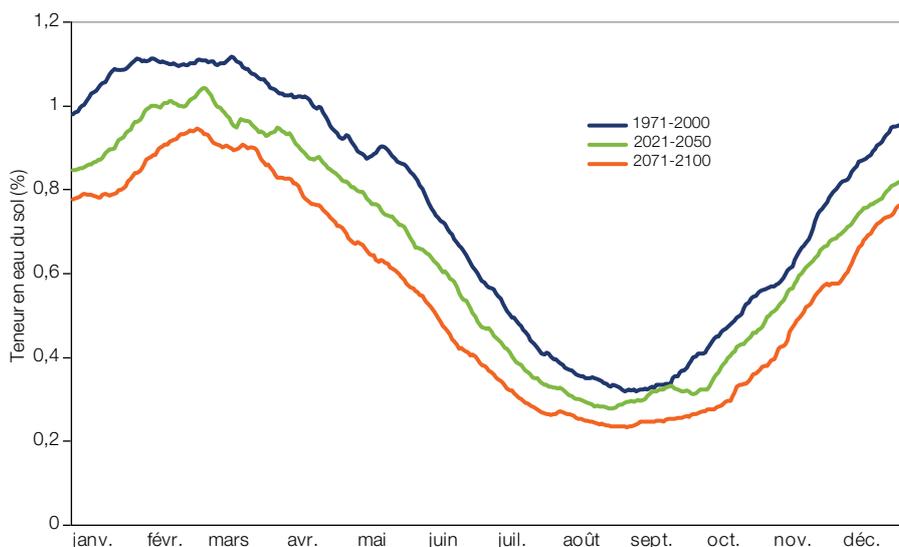
Figure 2 : Évolution mensuelle des principaux indicateurs météorologiques pour les périodes passé récent (1971-2000), futur proche (2021-2050) et futur lointain (2071-2100)



Source : Météo-France.

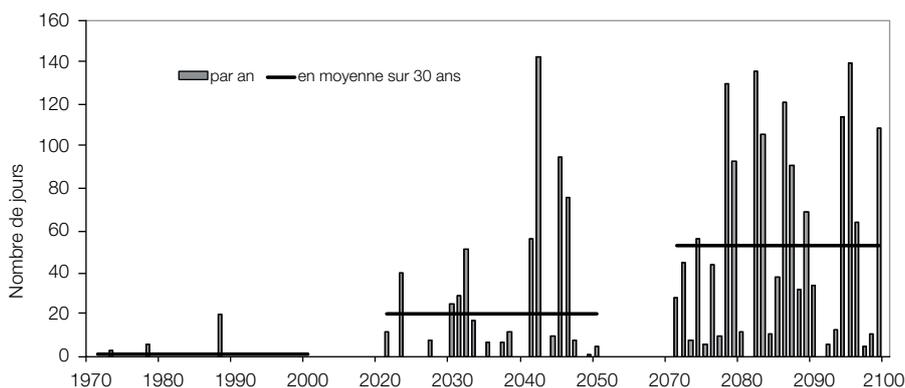
Évolution de la teneur en eau du sol et de l'intensité des sécheresses édaphiques

Figure 3 : Évolution annuelle de la teneur en eau du sol en moyenne sur une période de 30 ans



Source : Météo-France, maille SAFRAN à proximité du cas étudié - Projet CLIMSEC – Modèle ISBA..

Figure 4 : Évolution annuelle de nombre de jours de sécheresse intense pour les trois périodes étudiées



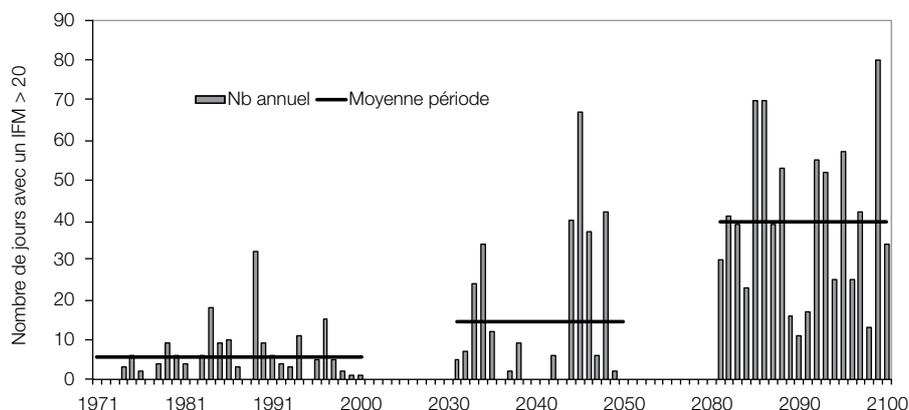
Source : Météo-France, maille SAFRAN à proximité du cas étudié - Projet CLIMSEC – Modèle ISBA.

La comparaison entre les périodes 1971-2000, 2021-2050 et 2071-2100 montre une augmentation du nombre de jours de sécheresse qui passe d'environ 100 jours (1971-2000) à 130 jours (2021-2050) puis à 160 jours (2071-2100). Cet allongement de la période de sécheresse estivale à l'horizon 2085 débutera en moyenne un mois plus tôt dans la saison

(mi-juillet pour 1971-2000 et mi-juin pour 2071-2100). Les résultats montrent également une recharge incomplète en eau du sol au cours de l'hiver à l'horizon 2085 et une augmentation importante de la fréquence et de la durée des sécheresses intenses, dès l'horizon 2035.

Évolution du risque incendie

Figure 5: Évolution annuelle de nombre de jours où l'Indice Forêt Météo (IFM) dépasse la valeur seuil de 20 pour les trois périodes étudiées (1971-2000, 2031-2050 et 2081-2100)



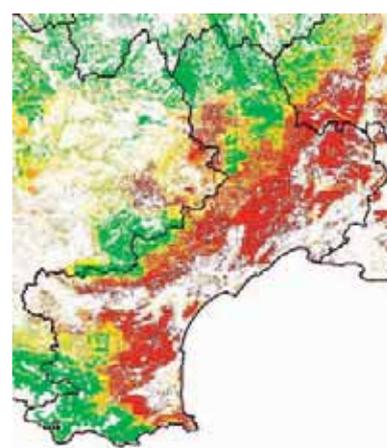
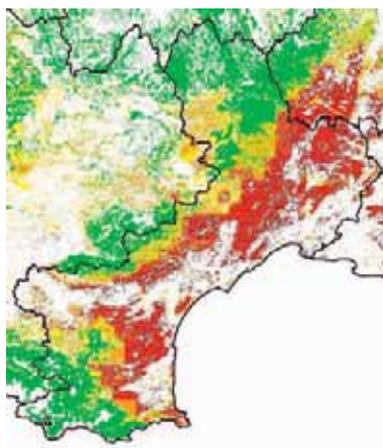
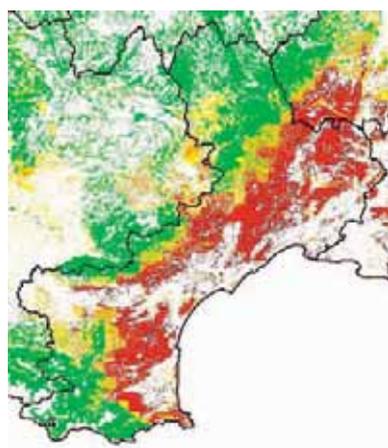
Source : Météo-France, maille SAFRAN à proximité du cas étudié.

Figure 6 : Évolution du risque incendie en fonction de la sensibilité des forêts aux feux estivaux et du danger météorologique dans le Languedoc-Roussillon

Référence 1989-2009

Modélisation 2040

Modélisation 2060



Indice de sensibilité
de la végétation aux
incendies de forêt
estivaux



0 50 100 200 300 400
Kilomètres

Sources : Météo-France ; IFN et ONF ; Chatry *et al.*, 2010.

La comparaison entre les périodes 1989-2008, 2031-2050 et 2081-2100 montre :

- une augmentation de la fréquence du danger météorologique se traduisant par une augmentation du risque d'incendie dans l'ensemble du massif dès 2040 et qui s'accroît à l'horizon 2090 ;
- le nombre de jours où l'IFM dépasse 20 est multiplié par 2,5 dans le futur proche et par 7 dans le futur lointain ;
- le nombre de jours où l'IFM dépasse 40 est multiplié par 3 dans le futur proche et dans le futur lointain avec une probabilité d'occurrence stable (une année sur dix) ;

- les cartes de sensibilité au feu de forêt montrent au contraire une certaine stabilité du risque incendie du fait de la présence d'espèces peu sensibles au feu.

En résumé, une augmentation importante du risque climatique d'éclosion des feux est attendue dès 2040. Elle ne devrait pas forcément se traduire par une augmentation des incendies si les essences actuellement en place se maintiennent et si le système de lutte et de prévention reste le même. Ce risque météorologique devra être pris en compte en cas de substitution d'essence.

■ Effets attendus du changement climatique sur le sapin dans le système étudié

| Modifications dues au CC sur ↓ | Description des modifications attendues et de leurs effets potentiels sur la productivité, la mortalité et la régénération |
|---|--|
| Confort hydrique / fréquence et Intensité des sécheresses | <p>D'importants dépérissements de sapin ont déjà été observés sur certaines zones de la forêt suite aux sécheresses exceptionnelles de 2003 et 2004. Le sapin est une espèce particulièrement sensible à la sécheresse édaphique (Becker, 1970 ; Becker, 1977 ; Aussenac, 1980) et aux températures élevées (Aussenac, 1987). Les simulations de Météo-France prévoient pour les années qui viennent une augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses. Ce phénomène devrait entraîner une augmentation des dépérissements dès l'horizon 2035. À l'horizon 2085, les sécheresses intenses seront récurrentes et longues (jusqu'à 4 mois). Elles pourraient alors entraîner des dépérissements et des mortalités, même dans les zones les plus favorables de la forêt.</p> <p>Les sécheresses peuvent également affecter la régénération naturelle, soit en limitant l'installation des semis soit en réduisant le nombre de graines viables produites. Des difficultés de régénération sont déjà observées dans la forêt étudiée, ces difficultés pourraient s'accroître sous l'effet du changement climatique.</p> <p>De plus, si le confort hydrique diminue comme annoncé, cela aura pour conséquence un affaiblissement des arbres, les rendant plus sensibles aux attaques de ravageurs et de pathogènes (voir ci-dessous).</p> |
| Interactions avec les ravageurs et les pathogènes | <p>Les scolytes sont des parasites de faiblesse. Avec le changement climatique, les arbres affaiblis par les sécheresses pourraient être plus sensibles à leurs attaques. De plus, une augmentation modérée de la température pourrait favoriser le développement de ces ravageurs (nombre de génération, date d'envol, etc.) (Nageleisen, 2010).</p> <p>Le gui est un agent d'affaiblissement (Noetzi <i>et al.</i>, 2003) qui affecte les flux hydriques et l'allocation du carbone des arbres (Sala <i>et al.</i>, 2001). Lors des sécheresses, le gui, contrairement au sapin, ne régule pas sa consommation en eau. Il augmente donc le déficit hydrique édaphique auquel l'arbre est soumis.</p> <p>Le fomes et l'armillaire sont deux pathogènes racinaires impliqués dans certains dépérissements de sapin (Oliva et Colinas, 2007). L'armillaire est un agent secondaire qui envahit les arbres affaiblis par les sécheresses. Son développement pourrait donc être favorisé par leur augmentation (Nageleisen, 2010). De même, la colonisation par le fomes pourrait être favorisée pendant les périodes de sécheresse (Desprez-Loustau <i>et al.</i>, 2006).</p> <p><i>Sphaeropsis sapinea</i> est un champignon qui entraîne de nombreux dégâts (rouille sur les pousses, chancre sur les branches et les tiges, maladies des racines, etc.) et aboutit généralement à la mort de l'arbre infecté (Desprez-Loustau <i>et al.</i>, 2006). Sa croissance mycélienne pourrait être accrue par l'augmentation des températures (Nageleisen, 2010).</p> |

| Modifications dues au CC sur ↓ | Description des modifications attendues et de leurs effets potentiels sur la productivité, la mortalité et la régénération |
|---|--|
| Fréquence des incendies | Les projections climatiques prévoient une augmentation importante du risque climatique d'apparition des incendies mais cette augmentation est en réalité limitée si on prend en compte l'essence présente (Météo-France ; Chatry <i>et al.</i> , 2010). Pour faire face à cette augmentation en cas de substitution d'essences, les systèmes DFCI (Défense de la Forêt contre les Incendies), mis en place dans la région, devront évoluer en conséquence. |
| Durée de la saison de végétation et risque de gel tardifs et augmentation des températures hivernales | <p>Si on se réfère aux simulations de Météo-France, à l'horizon 2035, le débourrement devrait avancer de 18 jours en moyenne par rapport à la période récente. Cette avancée importante n'entraînera pas d'augmentation du risque de gels tardifs. Aucune occurrence de jours où la température minimale est inférieure à -2°C après la date de débourrement n'est attendue sur la période 2021-2050. À l'horizon 2085, le débourrement devrait, en revanche, avancer de 32 jours en moyenne, le risque de gelées tardives sera identique à la période actuelle, c'est-à-dire équivalent à une année sur dix (modélisations effectuées dans le cadre de cette prospective à partir des données de Météo-France).</p> <p>L'augmentation des températures hivernales annoncée pourrait permettre une augmentation de la photosynthèse pendant cette période (Guehl, 1985). Cependant, les effets potentiels de cette augmentation de la photosynthèse hivernale sur le fonctionnement carboné de l'arbre restent méconnus.</p> |
| Augmentation de la disponibilité du CO ₂ | En absence d'autres facteurs limitant, l'augmentation de la disponibilité atmosphérique en CO ₂ entraîne chez le sapin une augmentation de la croissance et de l'efficacité de l'utilisation de l'eau (Bert <i>et al.</i> , 1997). Des analyses rétrospectives ont mis en évidence ces tendances au cours du xx ^e siècle pour le sapin, notamment dans des régions situées à proximité du cas d'étude (Linares <i>et al.</i> , 2012). Cependant ces auteurs ont également montré que, depuis les années 1980, avec l'augmentation des températures et des sécheresses, les effets de l'augmentation du CO ₂ sur la croissance et l'efficacité de l'utilisation de l'eau étaient diminués voir annulés dans les peuplements dépérisissants. |

■ Synthèse : effet du changement climatique sur le système étudié

L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses devrait entraîner une augmentation des dépérissements, pouvant s'étendre aux zones les plus favorables à l'horizon 2085, accentuer les difficultés de régénération naturelle et rendre les arbres plus sensibles aux pathogènes et aux ravageurs. L'augmentation importante du risque climatique incendie sera en réalité limitée, si on prend en compte l'essence présente. L'augmentation des températures devrait entraîner une avancée de la date de débournement sans pour autant se traduire par une augmentation du risque de gelées tardives. L'augmentation attendue de la croissance et de l'efficacité de l'utilisation de l'eau, liée à l'augmentation de la disponibilité en CO₂, pourraient être annulée par l'effet des sécheresses.

3. Options d'adaptation à l'échelle de l'exploitation et de son territoire

■ Option S1 : Maintien du système actuel et mise en place de pratiques sylvicoles adaptatives

Dans cette option, le propriétaire n'envisage que des effets limités du changement climatique, qui n'entraîneraient pas de dépérissements dans les zones où le sapin est considéré aujourd'hui comme adapté. Il décide donc de maintenir un objectif principal de production de bois de sapin sur la majeure partie de sa forêt.

Dans les zones les plus favorables du point de vue hydrique (3/4 de la surface), la vocation principale reste la production de bois d'œuvre de qualité de sapin et de hêtre. L'âge d'exploitabilité est maintenu à 90-110 ans pour un diamètre de 45-50 cm

pour le sapin et de 35-40 pour le hêtre. La gestion en futaie irrégulière est privilégiée avec un mélange d'essences plus important et des densités de tiges à l'hectare plus faibles. La régénération naturelle est recherchée au maximum et complétée par des plantations. Dans les zones où les conditions sont les plus favorables, des plantations de bois précieux (merisiers, etc.) peuvent être réalisées sur de petites surfaces pour diversifier les revenus.

Dans les zones les plus défavorables (1/4 de la surface), le sapin est affecté par des dépérissements massifs. Une substitution d'essence est donc nécessaire, au profit du cèdre de l'Atlas pour la production de bois d'œuvre. Dans un premier temps, la substitution est effectuée dans le cadre d'une régénération artificielle, les peuplements déjà en place étant trop jeunes. La gestion du mélange est réalisée lors des travaux de nettoyage et de dépressage (75% de cèdres pour 25% de feuillus et résineux divers tels que hêtres, épicéas, sapins, etc.).

À ces deux zones, il convient d'ajouter des secteurs où l'objectif ne sera pas la production de bois d'œuvre : taillis de feuillus divers et îlots de vieillissement maintenus au titre de la biodiversité, sur 60 ha environ au total.

Cette stratégie ne permet pas la substitution complète des peuplements dépérissants dans un futur proche, faute de moyens permettant une substitution importante en cèdre (coût élevé de l'ordre de 7 000 €/ha) et/ou une régénération artificielle des peuplements de sapin dont la survie est inférieure à 30 ans et pour lesquels la régénération naturelle n'est pas acquise.

■ Option S2 : Diversification et mélange d'essences face aux dépérissements et aux difficultés de régénération

Conscient de l'existence d'un risque fort de dépérissement du sapin dès le futur proche, le propriétaire choisit de diversifier le plus tôt possible ses objectifs, mais en limitant les coûts d'investissement. Seules les parcelles les plus favorables restent à vocation de production de bois d'œuvre. Il choisit de diversifier autant que possible les essences présentes.

Les conditions climatiques (sécheresse) ainsi que les difficultés de régénération ne permettent plus le maintien du sapin de façon homogène dans le massif. Le sapin reste donc présent, mais de façon disséminée et localisée dans les zones les moins vulnérables où la réserve utile du sol permet d'atténuer l'intensité des déficits hydriques. La substitution importante par une autre essence comme le cèdre est difficile à envisager du fait de la pression des cervidés sur le massif et des coûts liés aux plantations. La gestion est donc effectuée de manière irrégulière et laisse une large place au mélange avec des essences feuillues déjà présentes (hêtre, chêne pubescent, tilleul, érable). Des îlots limités de chêne vert, de pin d'Alep et de cèdre sont introduits afin d'accélérer la migration naturelle depuis les zones plus basses en altitude ou plus méridionales. De même, sous réserve d'assouplissement de la législation sur l'utilisation des régions de provenance, le sapin de Nordmann et les sapins méditerranéens pourraient être introduits afin que leur hybridation avec le sapin pectiné permette un maintien du sapin. Ces îlots ne constitueront pas des peuplements exploitables dans un futur proche mais permettront à plus long terme de maintenir un couvert boisé et d'appliquer une sylviculture irrégulière et mélangée dans laquelle une production de bois pourra être envisagée.

Les feuillus divers (chêne pubescent et tilleul principalement), naturellement adaptés aux conditions stationnelles les moins bonnes, se développent et couvrent une part importante du massif. À l'heure actuelle, ces essences ne permettent pas d'envisager de production de bois d'œuvre (faible qualité des bois) ni même de bois de chauffage (terrains trop accidentés et pentes trop fortes pour ce type de valorisation). Cependant leur développement dans des zones plus accessibles et l'augmentation de la demande en bois-énergie et en éco-construction pourraient permettre de lever ces contraintes.

■ Option S3 : Abandon du sapin et substitution par des sapins méditerranéens et du cèdre

Le propriétaire est confronté à des conditions climatiques (sécheresses édaphiques, atmosphériques et températures élevées) et des difficultés de régénération qui ne permettent plus le maintien du sapin, même dans les zones les plus favorables. D'autre part, les priorités données aux objectifs d'atténuation du changement climatique et de maintien du paysage conduisent à essayer de maintenir une production de bois sur une grande partie du massif. Le propriétaire ne souhaite pas prendre de risque, même dans les zones les plus favorables et investit pour maintenir une production de bois.

L'assouplissement de la législation sur l'utilisation des régions de provenance permet au propriétaire de réaliser des plantations de sapin de Nordmann et de sapins méditerranéens. Ces plantations de sapins plus adaptées à la sécheresse sont permises par une diminution des contraintes liées aux gels. Elles viennent compléter les plantations de cèdre qui sont réalisées dans les zones où il est déjà présent. Afin d'assurer la réussite de ces plantations qui représentent un investissement important, le propriétaire cherche à réduire la pression du gibier et sollicite une révision du plan de chasse dans le massif. Les peuplements sont traités en futaie régulière dont l'âge d'exploitabilité sera fixé en fonction de la vitesse de croissance et de la demande du marché.

Dans les zones de trop fortes contraintes climatiques (versant sud, crêtes) ou d'exploitation (forte pentes), la gestion productive de la forêt est abandonnée. Ces zones forment des îlots de sénescence favorables à la biodiversité.