

Anne-Sophie Sergent (IDF), Jean-Marie Righi (CRPF limousin)

Forêt de douglas en Limousin

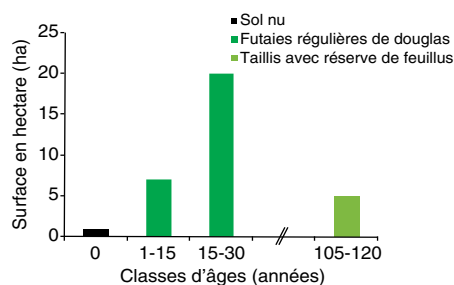
Le cas étudié se situe en forêt privée dans le département de la Creuse. Le cas d'étude couvre une surface de 30,5 hectares principalement recouverte de futaie régulière de douglas.

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

■ Caractéristiques de l'unité de gestion forestière

Cette forêt privée est principalement constituée de deux types de peuplements : des futaies régulières de douglas et des taillis de chêne et de hêtre avec réserve. Les peuplements de douglas sont majoritaires et relativement jeunes (moins de 30 ans). Ils sont issus de plantations débutées en 1985. La distribution en classe d'âge des peuplements de douglas est donc relativement déséquilibrée (cf. Figure 1). Les deux modalités de la distribution des classes d'âge sont, d'une part, les peuplements de douglas jeunes et d'autre part, des taillis de chêne et de hêtre avec réserve âgée.

Figure 1 : Répartition des surfaces par classes d'âge



Source : Société forestière .

Futaie régulière de douglas

Indicateurs	Valeurs	Remarques
Surface	24 ha	80 % de la surface totale, dont deux hectares sont en mélange avec du chêne, en lien avec à la reprise d'accrus après la plantation
Origine des peuplements	Plantation	
Age des peuplements	De 5 à 27 ans	Première vague de boisements entre 1985 et 1990 puis une deuxième vague de 2003 à 2007 pour reconstituer des peuplements affectés par la tempête de 1999
Historique de gestion	Plantation à 1100 tiges/hectare, dégagements, élagage à 2 m, dépressage vers 13 ans et/ou première éclaircie entre 16 et 20 ans	

Indicateurs	Valeurs	Remarques
Itinéraire sylvicole envisagé jusqu'à l'exploitation	Première éclaircie et un élagage à 6 m à 16-20 ans puis, vers 25 ans une deuxième éclaircie. Exploitation par coupe rase à partir de 35 ans pour un volume sur pied par arbre de 1,6 m ³ et une hauteur de 25 à 30 m. Objectif de production : bois d'œuvre et bois d'industrie	

Taillis de chêne et de hêtre avec réserve

Indicateurs	Valeurs	Remarques
Surface	5 ha	15 % de la surface totale
Origine des peuplements	Régénération naturelle	
Age des peuplements	110 ans	Age approximatif
Historique de gestion	NR	
Itinéraire sylvicole envisagé jusqu'à l'exploitation	Objectif de production : bois d'œuvre, bois d'industrie et bois de chauffage. IRLA conversion en futaie de douglas n'est pas envisagée de par la valeur patrimoniale de ces taillis (habitat Natura 2000)	

Cette forêt est également composée de landes humides (0,5 ha) et d'un terrain nu boisable (1 ha).

Atouts	Peuplements bien desservis, facilité d'exploitation
Contraintes	Homogénéité des peuplements de douglas

Source des tableaux : Plan simple de gestion.

■ Productions et résultats économiques

Indicateurs	Valeurs	Remarques
Productivité	16 m ³ /ha et /an	
Prix de vente du bois lors de la récolte finale	40 à 80 €/m ³	
Dépense actualisée	80 à 90 €/ha et /an	Variable en fonction de la durée de révolution (45 à 60 ans)
Recette actualisée	280 à 340 €/ha et /an	
Bénéfice actualisé	200 à 250 €/ha et /an	
Taux interne de rentabilité	4,6 % à 5,3 %	
Atouts	Le douglas est un bois de qualité. Pas de problème de débouchés	
Faiblesses	Rentabilité qui repose sur une seule essence. N'est valable qu'en l'absence de crise sanitaire ou climatique	

Source : CRPF Limousin - IDF, 2009.

La filière bois dans cette région est très active et les propriétaires forestiers relativement dynamiques, même si la part des peuplements résineux non gérés reste élevée (30 à 40 % des peuplements en 1990). Dans la région, la gestion est majoritairement tournée vers les résineux, notamment suite aux reboisements en douglas effectués après les tempêtes de 1982 et de 1999. Les peuplements feuillus n'ont, pour la plupart, pas été gérés depuis des décennies, principalement à cause de potentialités limitées et plus hétérogènes par rapport aux résineux. La dynamique de la filière bois dans cette région est très importante et le Limousin présente le taux d'emploi dans le secteur forêt-bois le plus important de France : 11 000 salariés directs et indirects pour plus de 2 000 établissements soit 3,6 % de l'emploi dans la région ¹.

1. Source : APIB.

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

■ Contexte local

Contexte paysager et forestier

Située dans la partie nord-ouest du Massif-central, la région des plateaux limousins est relativement homogène en termes de paysage (paysage sylvo-pastoral sur hauts plateaux de moyenne montagne). Les reliefs ont pour caractéristique commune de ne pas être abrupts. La forêt domine sous forme principalement de futaies pures de résineux. Le cas étudié se situe dans une sylvoécocorégion (plateaux limousins) fortement boisée (59,4%)². Les forêts appartiennent surtout à des propriétaires privés (81,6%). Les forêts de production sont majoritaires et représentent 96,6% des surfaces boisées. Le douglas est la principale essence présente dans cette région (20 180 ha) suivi de l'épicéa (17 480 ha) et des chênes pédonculé et rouvre (16 960 ha)³.

■ Caractéristiques stationnelles, pédologiques et climatiques

Éléments environnementaux

Une partie des taillis de feuillus sont situés en zone Natura 2000. Cette situation nécessite la mise en place d'une gestion en adéquation avec les recommandations de gestion établies dans les documents objectifs, c'est-à-dire : le maintien de landes forestières, la conservation des arbres sénescents disséminés ou en îlots, et le maintien ou la création de clairières/trouées et de linéaires au sein de peuplements⁴. Ces actions peuvent faire l'objet de contrats Natura 2000. Une partie des peuplements résineux étant située en amont de cette zone, une attention particulière doit être portée lors de leur exploitation et de leur remplacement, afin de limiter les surfaces de coupe rase.

Caractéristiques stationnelles

Les peuplements sont situés à une altitude comprise entre 400 et 550 mètres. La géologie est caractérisée par une roche mère de type granitique. Les peuplements sont situés sur des versants orientés soit au nord soit à l'ouest.

Deux grands types de sols peuvent être distingués⁵ :

- les sols moyennement profonds (de 30 cm à 50 cm d'épaisseur), de type brunisol oligosaturé ou podzsol ocrique, sont caractérisés par une acidité forte, une réserve utile faible et une prospection racinaire limitée. La potentialité de ces sols est faible ;
- les sols profonds (supérieurs à 50 cm d'épaisseur), de type brunisol oligosaturé, sont caractérisés par une faible richesse chimique et une réserve utile correcte. La potentialité de ces sols est moyenne.

Caractéristiques climatiques⁶

Le climat est de type tempéré océanique à légère influence montagnarde. Il est caractérisé par des températures moyennes annuelles assez faibles et un nombre de jours de gel important, avec des possibilités de gels précoces à l'automne et de gels tardifs au printemps. Les précipitations sont relativement élevées et bien réparties dans l'année avec

un nombre de jours de précipitations par an qui peut atteindre 150, soit près d'un jour sur deux. Une partie des précipitations tombe sous forme de neige. Des violents orages de grêle peuvent avoir lieu au printemps et en été.

Climat moyen période 1971-2000 – Station de Maisonisses dans la Creuse

Indicateurs	Valeurs	Remarques
Pluviométrie annuelle	1173 mm	Pluviométrie importante et bonne répartition annuelle
Pluviométrie estivale	231 mm	Pas de déficit pluviométrique estival
Température moyenne annuelle	9,1°C	Température moyenne annuelle assez basse
Nombre de jours de gel	100 jours	Nombre de jours de gel important
Bilan Hydrique	+423 mm	Bilan hydrique climatique positif

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 par Météo-France pour cet exercice. Elles concernent trois périodes : une période de référence centrée sur 1985 allant de 1971 à 2000 (passé récent), une deuxième période future centrée sur 2035 allant de 2021 à 2050 (futur proche) et une troisième période future centrée sur 2085 allant de 2071 à 2100 (futur lointain). Elles présentent l'évolution future du climat moyen et des événements climatiques extrêmes (canicule, gels intenses).

Évolution du climat moyen pour la station de Maisonisses dans la Creuse

Indicateurs	Valeurs (en évolution)		Remarques
	De 1985 à 2035	De 1985 à 2085	
Température	+ 1,5°C	+ 3,4°C	Augmentation importante de la température moyenne
Nombre de jours de gel	- 16 jours	- 28 jours	Réduction importante du nombre de jours de gel
Précipitations (cumul annuel)	- 109 mm	- 297 mm	Réduction de 9% en 2035 et de 37% en 2085
Précipitations (estivales)	- 44 mm	- 107 mm	Réduction de 19% en 2035 et de 46% en 2085
Bilan Hydrique	- 209 mm	- 594 mm	Bilan hydrique climatique fortement réduit dès 2035 et qui devient négatif à l'horizon 2085

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, cette augmentation est plus marquée en période estivale ;
- une diminution du nombre de jours de gel et de la fréquence des gels intenses ;
- une augmentation très importante du nombre de jours où les températures maximales dépassent 35°C et un étalement de la période d'occurrence de ce phénomène ;

2. Source : IFN.

3. Source : IFN.

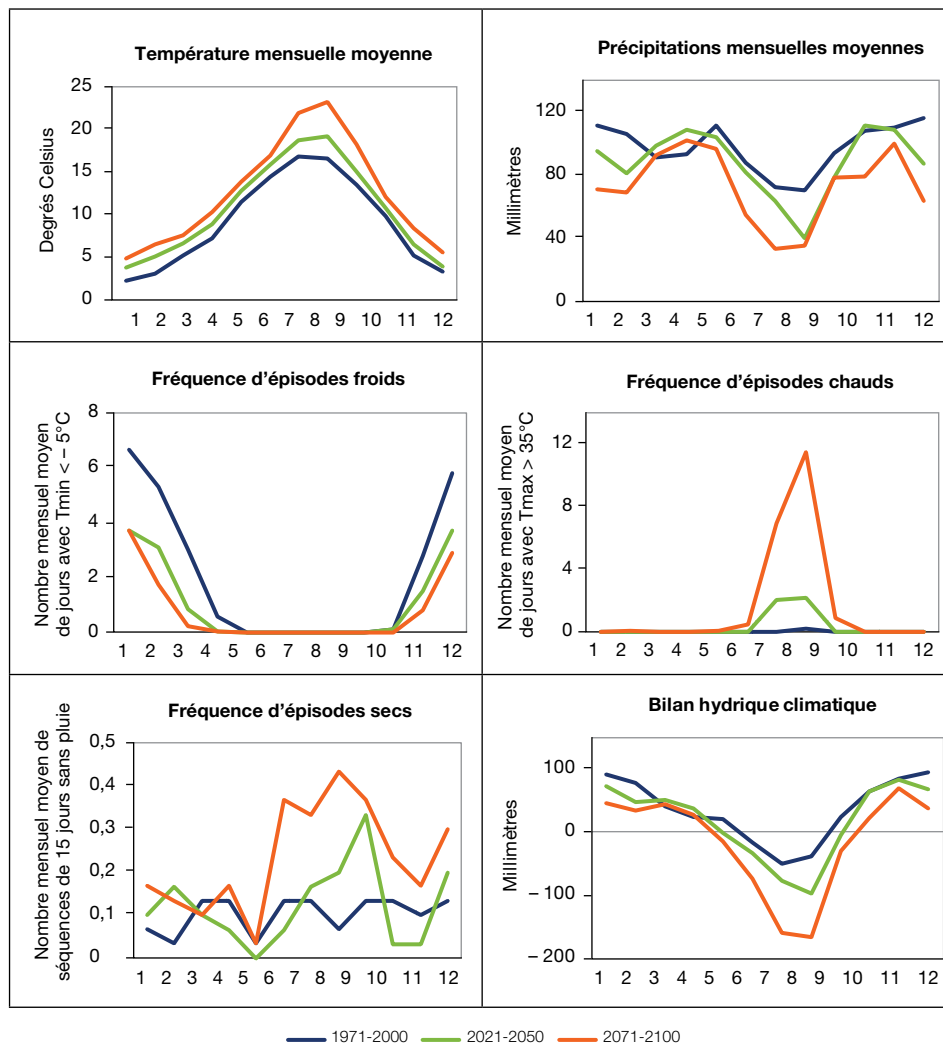
4. Source : MNHN.

5. Source : Guide simplifié des stations forestières du plateau de Millevaches (CRPF Limousin, 2001).

6. Source : Guide simplifié des stations forestières du plateau de Millevaches (CRPF Limousin, 2001).

- une réduction importante des précipitations dans le futur lointain, avec des écarts par rapport à la période de référence plus marqués au cours des périodes estivales et hivernales ;
- pour le futur lointain, une dégradation du bilan hydrique, particulièrement marquée de juin à août.

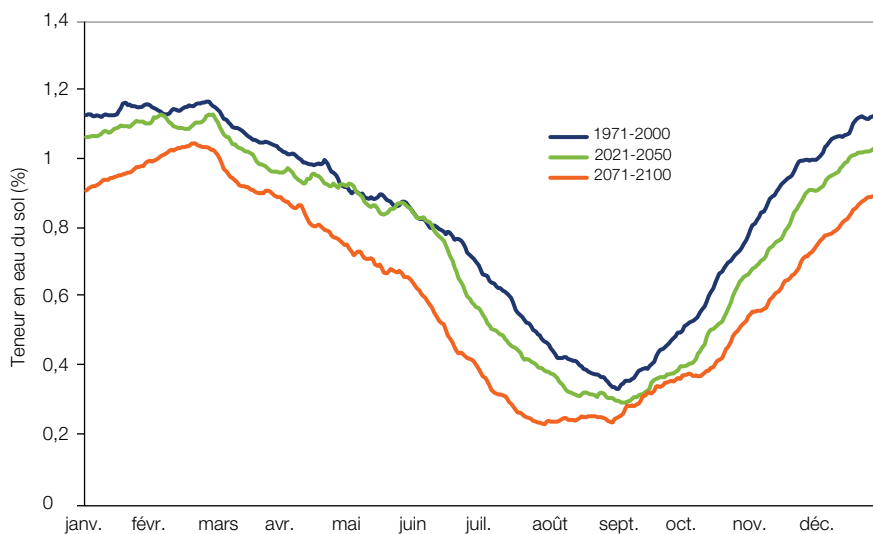
Figure 2 : Évolution mensuelle des principaux indicateurs météorologiques pour les périodes passé récent (1971-2000), futur proche (2021-2050) et futur lointain (2071-2100)



Source : Météo-France, Station Maisonisses.

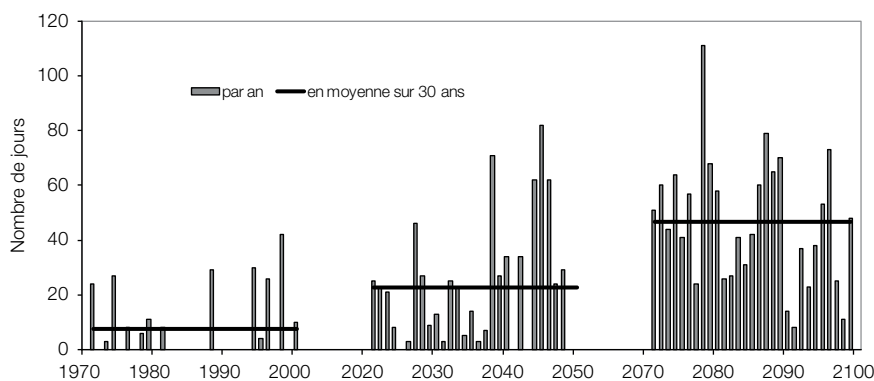
Évolution de la teneur en eau du sol et de l'intensité des sécheresses édaphiques

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.

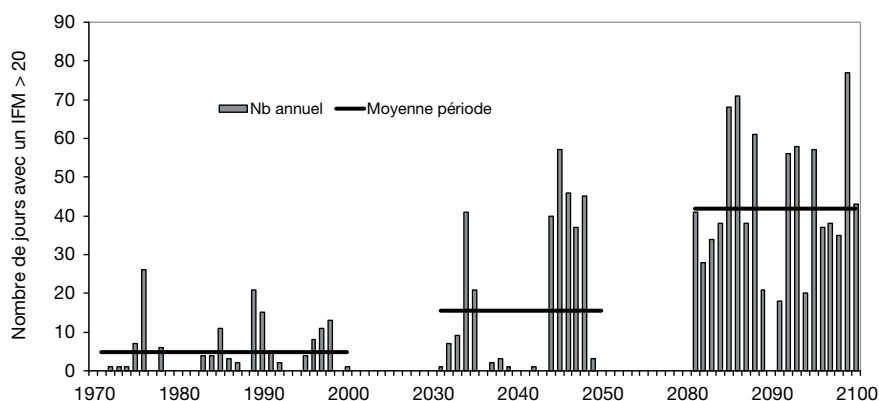
La comparaison entre les périodes 1971-2000, 2021-2050 et 2071-2100 montre :

- une augmentation importante de la durée annuelle moyenne de sécheresse, qui passe de deux mois pour la période 1971-2000, à 3 mois pour la période 2021-2050 et à 4 mois et demi pour la période 2071-2100 ;
- la période de sécheresse estivale à l'horizon 2085 débutera en moyenne un mois et demi plus tôt dans la saison (fin juillet pour 1971-2000 et mi-juin pour 2071-2100) ;

- les sécheresses intenses seront plus fréquentes et plus longues. Pour la période 1971-2000 des épisodes de sécheresse intense n'ont lieu qu'une année sur dix avec une durée moyenne relativement courte (sept jours en moyenne). Dès la période 2021-2050, ces épisodes auront lieu neuf années sur dix avec une durée moyenne de trois semaines. Dans la période 2071-2099, ces épisodes auront lieu tous les ans avec une durée moyenne d'un mois et demi.

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)



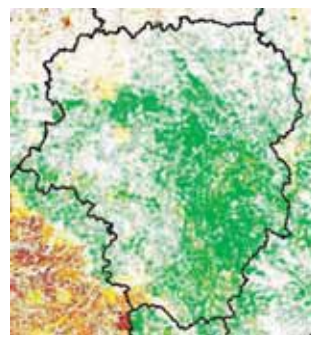
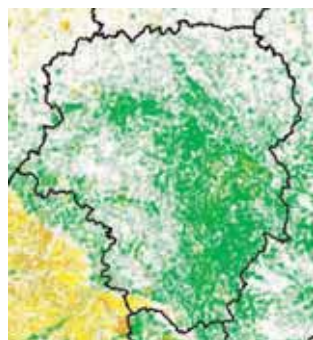
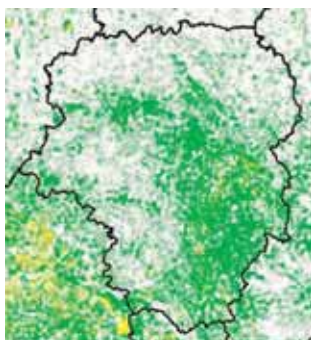
Source : Météo-France, maille SAFRAN à proximité du cas étudié.

Figure 6 : Évolution du risque incendie en fonction de la sensibilité des forêts aux feux estivaux et du danger météorologique en Limousin

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

Source : Météo-France ; IFN et OFN, d'après Chatry *et al.* (2010).

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

- une multiplication par 3,2 du nombre de jours où l'IFM dépasse 20 dans le futur proche et une multiplication par 8,6 dans le futur lointain ;
- une augmentation de la fréquence des jours où l'IFM excède 40, qui passe d'une année sur trente dans le passé proche à deux années sur dix dans le futur proche et à neuf années sur dix dans le futur lointain, avec une valeur moyenne de cinq jours par an durant cette période ;
- une augmentation de la fréquence du danger météorologique se traduisant par une très faible augmentation du risque d'incendie à l'horizon 2090, compte tenu des essences en place qui sont peu inflammables.

Effets attendus du changement climatique sur le douglas 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	La croissance du douglas est particulièrement sensible à la sécheresse (Sergent <i>et al.</i> , 2012). Les réductions de croissance attendues sont proportionnelles à l'intensité des sécheresses. De plus, des sécheresses intenses et récurrentes peuvent entraîner des dépérissements et des mortalités. Avec le changement climatique, la productivité du douglas sera réduite et des dépérissements pourraient avoir lieu après 2040, d'autant que dans la région Limousin, les sols sont généralement à faible réserve utile, ce qui rend les peuplements plus vulnérables en cas d'aléa sécheresse.

Modifications dues au CC sur ↓	Description des modifications attendues et de leurs effets potentiels sur la productivité, la mortalité et la régénération
Interactions avec les ravageurs et les pathogènes	Le douglas est affecté par peu d'aléas biotiques car il a été introduit sans les principaux ravageurs et pathogènes de son aire naturelle (Nageleisen <i>et al.</i> , 2010).
	La rouille suisse est un champignon foliaire qui entraîne des pertes foliaires parfois importantes. Elles peuvent affecter la croissance si elles se répètent sur plusieurs années successives. Avec le changement climatique, l'augmentation des températures hivernales pourrait accroître son impact (Stone <i>et al.</i> , 2010).
	Le fomes est un pathogène qui entraîne une dégradation importante du système racinaire. Bien que son rôle dans le dépérissement du douglas n'ait jamais été mis en évidence et bien qu'il soit actuellement peu présent en Limousin, le changement climatique pourrait favoriser sa présence et accroître la sensibilité des arbres à la sécheresse en réduisant l'efficacité de leur système racinaire.
	Les scolytes sont des parasites de faiblesse dont les impacts risquent de se multiplier en cas de stress hydriques à répétition (Nageleisen <i>et al.</i> , 2010).
	Le rougissement physiologique est un problème lié à un déséquilibre hydrique hivernal entre parties aériennes en activité (transpiration par temps ensoleillé) et système racinaire au repos. Ce phénomène peut être sensible au changement climatique dans des proportions difficiles à estimer.
Fréquence des incendies	Les cartes des zones potentiellement sensibles aux incendies de forêt prévoient une faible sensibilité de cette forêt aux incendies estivaux. Cette faible sensibilité est principalement liée à la faible inflammabilité des essences actuellement présentes. Cependant, avec le changement climatique, le nombre de jours favorables au départ de feu va augmenter de manière importante (Chatry <i>et al.</i> , 2010). Ces prévisions devront être prises en compte si des substitutions d'essences sont envisagées.

Modifications dues au CC sur ↓	Description des modifications attendues et de leurs effets potentiels sur la productivité, la mortalité et la régénération
Durée de la saison de végétation et risque de gels tardifs	À l'horizon 2035 le débourrement devrait avancer de 20 jours en moyenne par rapport à la période récente. Cette avancée importante n'entraînera pas d'augmentation du risque de gels tardifs car la fréquence d'occurrence de jours où la température minimale est inférieure à -2°C après le débourrement reste stable entre le passé récent et le futur proche (1 année sur 30). À l'horizon 2085, le débourrement devrait avancer de 33 jours en moyenne. Le risque de gelées tardives augmentera légèrement et passera à une année sur dix*.
	L'augmentation des températures hivernales pourrait permettre un accroissement 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.
Augmentation de la disponibilité du CO ₂	L'augmentation des températures hivernales pourrait permettre une augmentation de la photosynthèse pendant cette période.
	L'augmentation de la concentration atmosphérique en CO ₂ pourrait entraîner chez le douglas une augmentation de la photosynthèse. Elle ne se traduira pas forcément par une augmentation de productivité. De plus cette augmentation ne peut avoir lieu qu'en l'absence d'autres facteurs limitants et ne compensera pas les effets de l'augmentation des sécheresses (Olszyk <i>et al.</i> , 1998 ; Olszyk <i>et al.</i> , 2003).

* Simulation réalisée dans le cadre de la prospective, à partir des données de Météo-France et du modèle de débournement établi par Aussenac (1973).

■ Synthèse : effet du changement climatique sur le système étudié

L'augmentation des sécheresses affectera la productivité du douglas et pourrait entraîner des épisodes de dépérissements et de mortalités à l'horizon 2040. Les aléas biotiques pourraient augmenter cependant leur incidence sur la productivité et le risque de dépérissement reste difficile à évaluer. Le risque incendie ne devrait pas augmenter pour l'essence en place mais devra être pris en compte en cas de substitution d'essence. Le risque de gelées tardives n'augmentera pas dans un futur proche. En présence de facteurs limitants (fertilité minérale notamment), l'augmentation de la disponibilité en CO₂ ne devrait pas entraîner une augmentation de la productivité.

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

■ Option D1 : Maintien du système actuel et adaptation *a minima*

Le propriétaire estime qu'au moins dans un futur proche, les effets du changement climatique sur cette forêt seront limités et que des mesures adaptatives simples pourraient suffire pour éviter le dépérissement du douglas. Le douglas reste donc l'essence objectif.

L'itinéraire sylvicole repose sur des éclaircies régulières tous les 7 ans à partir de 15 ans, qui permettent de maintenir un facteur d'espacement supérieur à 23% tout au long de la vie du peuplement. À partir de 45 ans, le propriétaire peut décider soit d'effectuer la récolte définitive soit de maintenir le peuplement en faisant une ou deux éclaircies supplémentaires. Dans les zones les plus exposées à l'aléa tempête et sur les sols les moins profonds, les peuplements ne seront pas maintenus au-delà de 45 ans afin de limiter les risques. Au contraire, les peuplements les moins exposés aux aléas sécheresses et tempêtes seront maintenus au-delà de 45 ans. Ce maintien de certains peuplements permettra de diversifier progressivement les classes d'âges et d'étaler les coûts de renouvellement. L'élagage n'est réalisé que dans les peuplements les plus productifs et les moins vulnérables aux aléas. Une attention particulière sera portée à la préservation des sols lors des exploitations et des renouvellements des peuplements. Pour maintenir la fertilité, les rotations courtes seront évitées sur les sols les plus pauvres où les exportations seront compensées par des apports lors du remplacement des peuplements.

Les taillis de feuillus sont maintenus pour la production de bois (bois d'œuvre et bois de feu) et pour leurs valeurs écologique et patrimoniale.

La gestion sera flexible, avec pour objectif de palier les problèmes sanitaires ou climatiques qui pourraient survenir.

■ Option D2 : Diversification génétique et gestion adaptative

Conscient des effets à prévoir du changement climatique, le propriétaire souhaite agir pour limiter les risques. Il est prêt à modifier ses pratiques sylvicoles et à diversifier les origines génétiques de ses peuplements de douglas. Malgré les risques de dépérissements annoncés sur le Douglas, il choisi de le maintenir comme essence objectif tout en réduisant ses investissements.

Les sécheresses intenses et récurrentes devraient entraîner à moyen terme des dépérissements importants dans les peuplements situés sur les sols les moins profonds. Les arbres dépérissants sont récoltés de manière régulière et la durée de la révolution est réduite dans les peuplements dépérissant. Les peuplements sont reconstitués par régénération naturelle à partir des arbres sains restant, afin de bénéficier de la sélection naturelle et/ou en utilisant des provenances plus résistantes à la sécheresse (sous réserve qu'elles soient identifiées et disponibles dans les années à venir). L'utilisation couplée de la régénération naturelle et de la plantation permet d'assurer un brassage génétique à terme. Elle permet également d'éviter la coupe rase, la mise à nu des sols, la mise en lumière complète des jeunes plants et de maîtriser les coûts d'entretien. La régénération naturelle ne pourra cependant être envisagée que si le peuplement est maintenu au moins jusqu'à 45 ans. Les itinéraires sylvicoles sont modifiés : diminution des densités et de la durée de rotation pour réduire l'intensité et l'exposition au déficit hydrique. La diminution des densités, du diamètre d'exploitation et l'absence d'élague entraînent une diminution de la qualité du bois et donc des prix de vente des arbres de ces peuplements.

Les peuplements non affectés sont maintenus et remplacés de façon progressive. Ces peuplements sont gérés selon l'itinéraire décrit dans l'option 1.

Le propriétaire peut également choisir de convertir ces peuplements non affectés en futaie irrégulière. Cette conversion pourrait lui permettre d'augmenter la résilience de ces peuplements, d'augmenter ses revenus et leur régularité en axant les récoltes sur le bois de qualité (Bruciamacchie, 2008). Cela permettrait également de supprimer les coûts de plantation. Les rotations de coupe seraient alors pratiquées tous les 4 à 5 ans en faveur des arbres de qualité.

Les taillis de feuillus sont maintenus pour la production de bois (bois d'œuvre et bois de feu) et pour leur valeur écologique et patrimoniale.

■ Option D3 : Remplacement d'une partie des peuplements de douglas

Suite aux dépérissements observés dans l'ensemble des peuplements à la suite de sécheresses intenses et récurrentes, le propriétaire souhaite changer partiellement d'essence objectif et diversifier ses productions en couplant production de bois d'œuvre et production de bois énergie. Il espère ainsi réduire les risques et maintenir la rentabilité de sa forêt. En dehors des effets du changement climatique cette option pourrait également être favorisée par une demande accrue de petits sciages et de bois énergie.

Les peuplements dépérissants situés sur les sols les moins profonds sont ainsi remplacés par des peuplements de pin sylvestre, pin laricio ou de bouleau pour la production de bois d'œuvre (transposition du modèle suédois pour le bouleau) voire de sapins méditerranéens ou de cèdres. Le recours aux feuillus comme les chênes sessiles ou pubescents adopté pour la production de bois d'œuvre et le châtaignier est envisagé pour la production de biomasse (sous réserve qu'ils soient indemnes de maladies et adaptés aux conditions stationnelles).

Dans un premier temps, de petites surfaces de ces essences sont plantées (notamment pour le cèdre et les sapins méditerranéens dont les introductions sont permises par l'augmentation des températures hivernales). Des plantations de plus large ampleur ne seront envisagées qu'en fonction des résultats de cette première introduction.

Les peuplements situés sur les sols les plus profonds sont gérés en réduisant la durée de rotation et en diminuant de façon importante les densités (cf. option 2).

Les taillis de feuillus sont gérés avec des rotations courtes dans un objectif de production de bois-énergie.