

MISSION D'APPUI A LA REGENERATION DE LA FORÊT DE SOIGNES CANTON DU TERREST

ANALYSE DES RISQUES POUR LA SECURITE

1. Introduction

Cette étude s'inscrit dans la continuité d'une étude précédente intitulée "*Mission d'appui à la régénération de la forêt de Soignes – Canton du terrestre*" (Timal, 2009). Elle vise à approfondir l'analyse de l'état des vieux peuplements au niveau du **risque pour la sécurité** à l'intérieur du canton et le long des axes routiers qui ceinturent celui-ci et permettre d'argumenter les propositions faites en 2009 visant à rajeunir le massif.

Les tempêtes sont sans doute les phénomènes naturels les plus à craindre en matière de risques encourus par la forêt. En Belgique, le bilan des plus graves tempêtes subies depuis 25 ans en témoignent : 1,200.000 m³ de chablis en 1984, 8.000.000 m³ en 1990 et plus récemment en 2007, 500.000 m³. Chez nos voisins européens, les tempêtes de 1999 auront également causé des dégâts sans précédents : 140.000.000 m³ de chablis tombés en 2 jours seulement en France, 25.000.000 m³ en Allemagne et 10.000.000 m³ en Suisse. Aujourd'hui, de nombreuses études nous permettent de mieux comprendre le fonctionnement de l'écosystème forestier vis-à-vis de ces événements extrêmes mais assez fréquents et d'en tirer des enseignements en matière de gestion forestière.

Ainsi, au sein d'un massif forestier, le risque pour la sécurité dépend clairement de la **stabilité des peuplements** face aux vents forts du sud ouest issu des dépressions hivernales. Cette stabilité peut être caractérisée par le biais de différents facteurs :

- **facteurs de risque liés à l'état général des peuplements** : état et répartition des lisières, nombre et taille des trouées, consistance (surfaces terrières) et état de santé (états sanitaires) ;
- **facteurs de risque décisifs** : vitesse du vent, essence, nature du sol et hauteur dominante.

Dans le cas du canton du Terrest, les facteurs liés à l'état général des peuplements avaient été caractérisés au travers de l'étude évoquée précédemment; ils seront mis en perspective ici dans le contexte de l'analyse de risque. Les facteurs de risque décisifs seront analysés à la lumière des études réalisées en France en Lorraine depuis 1999.

En définitive, l'analyse des risques encourus en matière de sécurité permettra de répondre aux questions suivantes :

- **Q1** : *Est il indispensable de procéder à la régénération de la hêtraie du canton du Terrest dans les 5 ans à venir ?*

Dans l'affirmative de la question 1,

- **Q2** : *Pourrait t'on envisager une régénération partielle du massif ou alors adopter des mesures de sécurisation permettant de limiter les interventions ?*
- **Q3** : *Quelles sont les mesures de sécurisation à prendre prioritairement dans les 5 années à venir pour assurer la sécurité de la circulation dans le massif et sur le Ring Ouest ?*

2. Analyse des facteurs de risque liés à l'état général des peuplements

Pour rappel, l'étude réalisée précédemment par le CDAF sur le canton du Terrest (Timal, 2009) avait permis un examen approfondi des peuplements du canton et notamment de la hêtraie cathédrale sous différents angles : état général des contours des peuplements, zones à risques pour la voirie, relevés de la surface terrière des peuplements, cotation de l'état sanitaire des hêtres et évolution des états sanitaires entre 2005 et 2009. Comment ces facteurs agissent-ils vis-à-vis de la stabilité des peuplements ?

- **Lisières et trouées**

Le précédent rapport avait mis en exergue la réduction importante de la superficie de la hêtraie 1850 à 31 % de son étendue originelle, celle-ci ayant été provoquée principalement par la tempête de 1990 au cours de laquelle la station météorologique de Zaventem enregistra des pointes de vents de 140 km/h. Les dégâts occasionnés par cet événement extrême causèrent non seulement la destruction d'une part importante des peuplements situés à l'Est et aujourd'hui reboisés, mais ils **entamèrent également la stabilité des peuplements restants** au travers de la création de multiples trouées et de chablis isolés. Les trouées les plus grandes évoluent continuellement et génèrent à chaque nouvelle tempête de nouveaux chablis.

Sur le terrain, la multitude des zones de dégradation relevées par l'étude d'octobre 2009 atteste d'un état de dégradation général de la hêtraie cathédrale du Terrest non réversible. Certains couloirs à vents sont très clairement définis au cœur de la futaie et certaines trouées atteignent des tailles significatives jusqu'à 150 m de diamètre. En particulier, **la partie Sud du Terrest, la plus exposée aux vents dominants, est également la plus endommagée.**

Par ailleurs, l'observation d'une **zone tampon** équivalente à 40 m autour des chemins et axes routiers périphériques (soit la hauteur des hêtres, cf. rapport 2009) permet de figurer les parties de la **vieille hêtraie théoriquement à risque pour les usagers en cas de chute d'arbre** : en partie Sud du Terrest, il apparaît que la grande majorité des arbres sont susceptibles de les atteindre.

- **Surface terrière**

Les conséquences de la dégradation du couvert forestier peuvent également être traduites en terme de **surface terrière**. A ce titre, les investigations menées en 2009 avaient permis de caractériser des niveaux globalement inférieurs aux valeurs d'équilibre dictées par la norme hêtraie cathédrale (-17 à -32 %). Les valeurs mesurées traduisent bien sur le terrain la dégradation de la futaie qui a localement totalement perdue son aspect de futaie cathédrale originelle.

Sur le plan de la stabilité, la diminution de la surface terrière des peuplements est associée à l'isolement progressif des arbres qui n'ont jamais connu d'autre environnement que celui de la futaie équienne dense depuis plus de 150 ans dans le cas du Terrest. Or, les conditions de stabilité de ces peuplements élancés dépendent de **l'effet bloc** procuré mutuellement par les arbres voisins. La diminution de la surface terrière et la création de trouées multiples augmentent la rugosité du "toit" de la canopée, laissent entrer le vent et induisent des turbulences : **les arbres perdent alors leur cohésion peuplement ce qui les expose aux risques de chablis**. Alors que l'acclimatation des arbres mis à distance peut s'envisager dans le cas d'individus jeunes et vigoureux en plein croissance, elle devient extrêmement précaire pour des arbres de cet âge (croissance racinaire et aérienne très faible).

- **Etats sanitaires**

Le diagnostic des états sanitaires est un autre indicateur de l'état général des peuplements. Il traduit, au travers de l'analyse des pertes foliaires et de la simplification de l'architecture du houppier, une baisse de vigueur générale dommageable quant à sa capacité à résister à des accidents climatiques tels que des sécheresses ou des coups de vents.

Les investigations réalisées au Terrest s'inscrivent dans le cadre du dépérissement général observé en forêt de Soignes où la défoliation moyenne atteint 30 % pour les chênes et 37 % pour les hêtres, soit **plus du double des observations réalisées en Wallonie ou en Flandre** (Braem, 2009). Les observations réalisées au Terrest sur un échantillon de 94 placettes avaient révélées que seuls 6 % des arbres étaient en bonne santé, 56 % étaient à un niveau de dépérissement faible et 38 % à un niveau de dépérissement prononcé.

D'autre part, l'analyse d'un sous échantillon de hêtres sur une période de 4 ans avait démontré que près d'1/4 des hêtres étaient descendus d'une classe de dépérissement, et 1/10 de deux classes.

En définitive, l'**état sanitaire** de la hêtraie cathédrale du canton du Terrest peut être qualifié de **médiocre et à évolution rapide défavorable**. Il constitue un **facteur de risque direct** de part le risque de chute de branches mortes ou d'arbres plus ou moins affaiblis.

3. Analyse des facteurs de risque décisifs

A l'issu des tempêtes en France de 1999, l'ONF (Office National des Forêts), l'IDF (Institut pour le Développement Forestier) et l'INRA (Institut National pour la Recherche Agronomique) ont réalisés des études sur les hêtraies du quart Nord Est français en s'appuyant sur un réseau de placettes expérimentales dont les caractéristiques étaient précisément connues avant tempête. Ils ont pu mettre en relation les caractéristiques stationnelles et sylvicoles avec le taux de dégâts (Bock *et al.*, 2004).

En futaie régulière, on observe que la **vitesse du vent et la hauteur dominante des peuplements** sont les deux facteurs les plus décisifs vis-à-vis du risque de chablis.

La vitesse du vent est sans conteste le facteur le plus déterminant sur le niveau des dégâts subis. Différents intervalles de vitesses de vents ont été discriminés d'après leurs effets :

- **100 à 120 km/h** : dégâts très faibles, chablis isolés ;
- **120 à 140 km/h** : dégâts plus importants, apparition de multiples trouées ;
- **au-delà de 140 km/h** : dégâts fréquents et de grande ampleur.

Par ailleurs, la **hauteur dominante** des peuplements joue également un rôle essentiel vis-à-vis du risque de chablis. On observe en effet que les peuplements de **hauteur dominante inférieure à 23-24 m** n'ont quasiment pas subi de dégâts. A l'inverse, au delà de ce seuil de hauteur et pour des vents de plus de 120 km/h, les **dégâts augmentent proportionnellement à la hauteur** (Figure 1). En outre, la **nature du sol** est un facteur aggravant important puisque les dégâts sont plus importants sur sol superficiel que sur sol profond.

Les sols de la forêt de Soignes, caractérisés par un fragipan limoneux à moins de 50 cm de profondeur, se situent nécessairement à l'intermédiaire entre les sols profonds (les plus favorables) et les sols à dalle rocheuse (les plus défavorables) évoqués dans cette étude. Le fragipan, obstacle physique à l'enracinement, est en effet moins défavorable qu'une dalle rocheuse uniforme en raison de la fissuration grossière qu'il présente, laquelle offre des possibilités d'ancrage plus profond aux hêtres. Par ailleurs, les hauteurs dominantes des hêtres observés au Terrest oscillent entre 40 et 45 m d'après les données de l'inventaire typologique réalisé entre 2003 et 2005 (Timal, 2009).

L'application prudente des hauteurs dominantes observées en forêts de Soignes – canton du Terrest – aux modèles prévisionnistes développés en Lorraine conduit à des niveaux de dégâts estimés de l'ordre de **30 à 80 % pour des vents de 120 à 140 km/h** et de **55 à 95 % pour des vents de plus de 140 km/h**, en fonction de la contrainte du sol. Toutefois, selon les auteurs de ces études, les conditions météorologiques particulières qui ont précédé ces tempêtes (pluies intenses et sols engorgés) ont conduit à une surestimation des dégâts par rapports à des conditions de sol ressuyé, la cohésion entre les racines et le sol étant tout à fait diminuée dans ces circonstances. Les valeurs basses des fourchettes pourraient être plus réalistes en l'occurrence dans le cadre de la forêt de Soignes (30 % pour 120-140 km/h, 55% pour plus de 140 km/h).

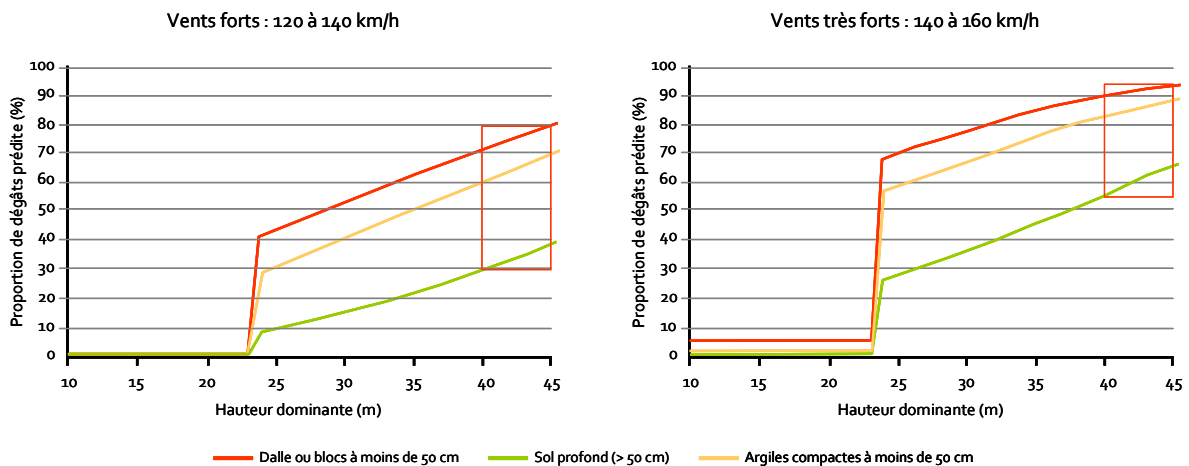


Figure 1. Simulations du taux de dégâts en futaie régulière de hêtre en fonction de la hauteur dominante des peuplements et de la nature du sol (d'après Bock et al., 2004). En encadré, hauteurs dominantes du canton du Terrest en forêt de Soignes.

4. Statistiques des tempêtes en forêt de Soignes

Selon l'historique des événements météorologiques extrêmes répertoriés par l'IRM entre 1903 et 2000, la région bruxelloise a subi à 8 reprises des coups de vents forts de plus de 120 km/h et à 5 reprises des vents très forts de plus de 140 km/h. La dernière tempête majeure remonte d'ailleurs à 1990 : des pointes à 140 km/h avaient provoqué partout en forêt de Soignes des chablis importants avec des destructions massives de plusieurs dizaines d'hectares dans la hêtraie, en particulier dans les triages de Saint Hubert et de Trois Fontaines au niveau canton du Terrest. La vente extraordinaire de bois réalisée en mars 1990 avait permis l'écoulement en lots de chablis de plus de 8.500 m³ de bois (dont 8.200 m³ de hêtre), auxquels il convient d'ajouter les volumes des bois tombés au sein des coupes attribuées en vente ordinaire de l'automne 1989 et comptabilisés séparément par le biais de PV de reprise (chiffres non communiqués : cf. archives cantonnement).

En ce qui concerne le Terrest, on ne dénombre alors pas moins de 11 lots de chablis sur les 52 réalisés dans toute la forêt de Soignes en région bruxelloise, pour un total de plus de 1.800 m³. Toutefois, dans le coin Nord Est du canton, la coupe TF 2, attribuée en vente ordinaire en 1989, a été presque totalement détruite. A partir des connaissances actuelles issues de la norme sylvicole de la hêtraie cathédrale (Timal, 2005), la futaie devait comporter à cet âge pas moins de 500 m³/ha de bois sur pied ce qui nous permet d'estimer à environ 11.000 m³ le volume de chablis sur les 22 ha de la coupe. Le Terrest aurait donc très vraisemblablement subi au total près de **13.000 m³** de perte.

Sur un plan statistique, la **périodicité de retour des pointes maximales de vents** peut être quantifiée en termes probabilistes à partir des mesures de vents réalisées en continu par les stations météorologiques. Des modèles statistiques simulent en effet un intervalle de temps de retour moyen en années d'après un niveau de probabilité fixé (ie. 95%).

Au niveau de la région bruxelloise, la station de Zaventem présente à cet égard des données de grande qualité en raison de sa situation excentrée vis-à-vis du tissu urbain, et du nombre d'années d'enregistrement (20 ans).

Selon un modèle prévisionniste développé par l'IRM à l'occasion d'une récente étude dont les résultats devraient prochainement paraître dans le journal "*Theoretical and Applied Climatology*" (Van de Vyver H. et Decloo A.), les retours moyens des pointes maximales de vents ont été calculés pour les 3 vitesses particulières évoquées plus haut (100, 120 et 140 km/h) (Tableau 1). Il apparaît que la période moyenne de retour des vents de 100 km/h est de moins de 1 ans, contre 5 ans pour des vents de 120 km/h et 47 ans pour des vents de 140 km/h. Ces valeurs moyennes doivent toutefois être nuancées à la lumière des probabilités d'occurrence, une tempête étant un phénomène aléatoire caractérisé par une certaine variance.

Les intervalles de confiance constituent des fourchettes des temps de retour dans lesquelles la probabilité d'occurrence d'une pointe de vent donnée a la même probabilité de se produire. Différentes probabilités ont été choisies pour simuler différents intervalles de confiance des périodes de retour pour chaque pointe maximale de vent (Tableau 2) : 95% (certitude au sens statistique), 90%, 80%, 70%, 60% et 50% (une chance sur deux).

Pour les vents de **100 km/h**, qui correspondent à des chablis diffus, on observe que la période de retour certaine (95%) se situe dans une fourchette de **8 à 15 mois**, ce qui signifie en d'autres termes que la probabilité qu'une tempête de 100 km/h se produise est de 95% dans l'intervalle de temps [date dernière tempête + 8 mois; date dernière tempête + 15 mois]. Pour la même probabilité, il n'est pas possible de connaître l'intervalle de confiance de retour moyen pour des vents de **120 km/h**. Toutefois, pour une probabilité ramenée à 90%, la fourchette de retour se situe entre **4 et 19 ans** et il existe une chance sur deux que cet événement se produise dans un laps de temps compris entre 5 et 9 ans environ. Enfin, pour les vents très forts de 140 km/h qui sont à l'origine des dégâts les plus importants, les intervalles de confiance montrent des fourchettes prédictives extrêmement importantes ; pour une probabilité de 95%, cet événement extrême peut se produire n'importe quand dans une période de 29 ans après la dernière occurrence (1990). Même à une probabilité de 50%, le retour moyen se situe dans une fourchette allant de 56 à 207 ans ! Ces chiffres illustrent à quel point les vents très forts sont des phénomènes chaotiques que les modèles ne permettent pas de prévoir avec certitude à court ou moyen terme.

En définitive, nous pouvons effectuer des prévisions fiables dans les 2 prochaines décennies concernant les tempêtes de 100 et 120 km/h. Des coups de vents à 100 km/h se produisent pratiquement chaque année. Quant aux tempêtes de 120 km/h, il est probable à **90 %** que la prochaine de cette envergure se produise entre **2011 et 2020**.

Tableau 1. Période de retour moyenne des principales vitesses de vents

Vitesse (km/h)	Période de retour moyenne (années)
100	0,78
120	5
140	47

Tableau 2. Intervalles de confiance (années) des retours moyens des pointes maximales de vents – station de Zaventem. Période de référence 1985 – 2004.

Vitesse (km/h)	Intervalle de confiance (années)					
	95 %	90 %	80 %	70 %	60 %	50 %
100	0,67 à 1,26	0,69 à 1,16	0,73 à 1,06	0,75 à 1,03	0,77 à 0,99	0,79 à 0,97
120	3,85 à -	4,10 à 19,43	4,50 à 13,42	4,81 à 11,06	5,08 – 9,76	5,34 à 8,94
140	28,66 à -	32,39 à 6.916,96	39,05 à 953,53	44,65 à 414,25	50,18 à 272,37	55,97 à 207,15

- : non défini

5. Conclusions

A l'issu de l'analyse des facteurs de risque liés à l'état général de la hêtraie, il apparaît que la **structure des peuplements**, notamment le nombre et la taille des trouées, **constitue une faiblesse grandissante** en matière de stabilité de la hêtraie cathédrale. En particulier, le niveau de dégradation structurel de la partie sud exposée aux vents dominants pose problème : en vertu des règles de coupe de régénération à l'encontre des vents dominants sur un seul front, ce secteur ne serait en effet régénéré qu'en dernier lieu, quelque soit le rythme et la méthode adoptés par le programme des coupes.

Par ailleurs, la **surface terrière** demeure en moyenne inférieure à des niveaux permettant de garantir une bonne **cohésion** du peuplement, notamment aux abords des trouées et à proximité des lisières, hormis pour certaines zones particulières (cf. rapport 2009). Ces dernières peuvent alors constituer des points d'appui permettant de positionner le sens de déplacement des coupes de régénération dans le massif en raison de la protection qu'elles offrent vis-à-vis des peuplements situés à leur Nord-Est.

En outre, l'**état sanitaire** globalement **déficitaire** et la **rapidité avec laquelle il évolue défavorablement** ne permettent pas d'envisager un maintien prolongé de la hêtraie dans ce secteur de manière satisfaisante pour la sécurité des usagers en raison du risque de chutes de branches mortes ou d'arbres sénescents.

L'analyse des facteurs de risques décisifs fait clairement apparaître que les **hauteurs dominantes** de la vieille hêtraie cathédrale du canton sont tout à fait supérieures au seuil de valeur de sécurité de

23-24 m admis dans la littérature. Au-delà de 120 km/h de vent et en fonction de l'état d'humidité du sol, **le taux de destruction pourrait vraisemblablement atteindre 30 % de la surface au minimum** entre 2011 et 2020 avec une probabilité de 90% selon les modèles prévisionnistes de l'IRM. Pour des vents de 140 km/h, auxquels sont associés des destructions massives, toute prédiction fiable de la période de retour est imprécise. En effet, selon une probabilité de 50%, ils pourraient se produire entre 2046 et 2197.

En conséquence, l'analyse de l'ensemble de ces facteurs nous permet d'affirmer que la **hêtraie cathédrale du Terrest se situe globalement à un niveau de vulnérabilité élevé vis-à-vis des tempêtes et donc de la sécurité des usagers. La périodicité de retour des coups de vents de 100 km/h et de 120 km/h se situe en effet dans une fourchette temporelle chevauchant la période de validité du plan de gestion.**

En définitive, et pour répondre aux questions posées en introduction :

Question 1 : Est il indispensable de procéder à la régénération de la hêtraie du canton du Terrest dans les 5 ans à venir ?

*La régénération de la hêtraie cathédrale du canton du Terrest est **indispensable** dans la partie qui va de l'extrémité Sud jusqu'à la drève des loups et la partie Est, de part est d'autre de la drève du Comte de Flandre. Cependant, la régénération de ces zones prioritaires doit passer inévitablement par une **stratégie de régénération globale**, notamment une règle de progression Nord Est – Sud Ouest, **qui ne peut exclure les autres parties** au risque de les fragiliser suite à l'isolement brutal dont elles serait l'objet le cas échéant. Toutefois, il peut être admis que **certains îlots de bonne structure et en bon état sanitaire soient préservés**, à l'instar du fond de vallon parallèle au ring, pour autant qu'une bande de 50 m soit prévue par rapport à la voirie.*

*Le report ou la non application d'un programme de rajeunissement pour le canton implique de devoir **accepter le risque** de voir dans les 4 à 19 prochaines années une tempête de 120 km/h associée à des chablis d'autant plus importants que la hêtraie cathédrale est en mauvais état. La périodicité de retour des vents de 140 km/h demeure préoccupante en dépit du manque de précision quant à sa prédiction sur un plan statistique.*

Question 2 : Pourrait t'on envisager une régénération partielle du massif ou alors adopter des mesures de sécurisation permettant de limiter les interventions ?

*Le fait que la **partie la plus vulnérable** du canton (de part sa situation et son état) soit l'extrémité Sud du massif, et donc que cette partie ne puisse être régénérer qu'en dernier lieu, justifie un programme de **rajeunissement global** du massif avec l'aménagement d'îlots de vieillissement.*

*Il n'existe en effet pas de **mesures alternatives** globales permettant de renforcer la stabilité intrinsèque de la hêtraie cathédrale dans le canton. En effet :*

- les **éclaircies** appliquées sur les vieux peuplements ne permettraient plus, vu leur âge, de les renforcer en raison de leur potentiel d'accroissement trop faible (phase de sénescence) ;
- le prélèvement ponctuel des arbres **dépérissants** accentuerait le mitage des peuplements déjà fortement affectés, ce qui ne ferait qu'accentuer la rugosité de ceux-ci et les rendrait encore plus sensibles aux chablis ;
- la **sécurisation** des abords du ring au travers de l'abattage d'une bande de 50 m produirait une déstabilisation totale des peuplements adjacents qui viendraient alors à basculer dès la

première tempête, provoquant d'important dégâts dans la hêtraie cathédrale qui ne cesseraient de progresser à chaque coup de vent. Citons l'exemple de la création de l'échangeur Derscheld sur le ring en Région Wallonne pour lequel la lisière de la hêtraie avait été supprimée et qui eu pour conséquence le basculement de nombreux hêtres situés directement sous le vent.

Sur un plan opérationnel, deux alternatives s'offrent donc aux gestionnaires du massif :

Première alternative : respecter le plan de gestion mais exposer longuement au risque tempête

*Le maintien des règles du plan de gestion en matière de régénération n'offre qu'une possibilité de rajeunissement de **2 ha/an** maximum par trouée. Compte tenu de la surface de la hêtraie concernée (39,7 ha), il faudrait donc **près de 20 ans** pour la rajeunir dans son ensemble, tout en sachant que la partie Sud, déjà fort affaiblie, ne serait traitée qu'en dernier lieu. Vis-à-vis du risque tempête, cela impliquerait de devoir supporter le risque de voir arriver durant cette période entre **15 et 30 tempêtes de 100 km/h** (probabilité de 95%) et entre **1 et 5 tempêtes de 120 km/h** (probabilité de 90%).*

Deuxième alternative : modifier les seuils de surface unitaire des trouées admissibles au niveau du plan de gestion et limiter le risque tempête

*L'abrogation temporaire du seuil de surface unitaire des coupes à blanc au titre d'une nécessité impérieuse vis-à-vis de l'état nettement dégradé de la hêtraie pourrait conduire à régénérer les 40 ha restant dans le respect de la limite de l'effort de régénération total (14 ha/an). Etalées sur une période de **7 ans**, le plan de régénération serait **2,8 fois plus court** que pour la première alternative, réduisant considérablement le risque tempête : entre **5 et 10 tempêtes de 100 km/h** (probabilité de 95%) et entre **0 et 2 tempêtes de 120 km/h** (probabilité de 90%).*

Question 3 : *Quelles sont les mesures de sécurisation à prendre prioritairement dans les 5 années à venir pour assurer la sécurité de la circulation dans le massif et sur le Ring Ouest ?*

*La meilleure mesure de sécurisation demeure l'application d'un plan de régénération **dynamique** pour limiter la durée d'exposition aux tempêtes. Les coupes de régénération doivent être appliquées sur 2 fronts simultanément :*

- le front Nord vise à rajeunir prioritairement la partie Est du massif (comte de Flandre) dont l'état est préoccupant ;*
- le front Sud vise à limiter l'exposition de la partie Sud du massif, à partir de la drève des loups, afin de limiter les risques pour la sécurité des usagers.*

Dans tous les cas, la seule sécurisation de la lisière du ring n'est pas souhaitable pour les raisons invoquées en question 2.

Le rythme des coupes serait de 8 ha/an lors des 3 premières années puis de 4 ha/an pour les 4 années suivantes. Si ces dispositions doivent être débattues vis-à-vis du non respect du seuil maximal de 2 ha/an par trouée, elles respectent toujours l'effort total de régénération de la forêt de Soignes.

6. Références bibliographiques

Baar F. – **2000** – *La sylviculture face au vent : qui veut la paix prépare la guerre*. Forêt Wallonne n° 45, mars – avril 2000, pp. 11-17

Baar F. et Bailly M. – **2000** – *Quand le vent souffle la forêt*. Forêt Wallonne n° 45, mars – avril 2000, pp. 2-10

Balleux P. et Timal G. – **2005** – *Etude des critères dendrométriques qui doivent permettre d'assurer le suivi des peuplements de hêtre vers l'objectif de maintien de la hêtraie cathédrale*. 3 rapports d'études CDAF, 63 p., 53 p. et 81 p.

Bock J., Vinkler I., Duplat P. et Renaud J.-P. – **2004** – *Stabilité au vent des hêtraies : les enseignements de la tempête de 1999*. Dossier Facteurs de stabilité des peuplements, Forêt Entreprise n° 156, avril 2004, pp. 34 - 38.

Braem S. – **2009** – *Suivi de l'état sanitaire en Forêt de Soignes bruxelloise. Rapport complet*. Rapport d'étude UCL, IBGE, 54 p.

Collin F. – **2005** – *Sylviculture, aménagements et gestion du risque tempête en forêt*. Diapositives et compte-rendu de colloque GIP-ECOFOR "Forêt, vent et risque" du 16 et 17 mars 2005, www.gip-ecofor.org.

Lebourgeois F., Jabiol B., Archevêque G., Bruciamacchie M, Drexhage M. et Collin F. – **2004** – *Ancrage et stabilité du chêne et du hêtre en Lorraine*. Dossier Facteurs de stabilité des peuplements, Forêt Entreprise n° 156, avril 2004, pp. 28 – 33.

Peyrond J.-L., Blanchard G. et Danguy des Déserts D. – **1999** – *Les tempêtes, une fatalité ?* Revue Forestière Française, LI n° 6, pp. 729 – 732.

Terlinden M. – **2007** – *Kyrill, tempête sur la forêt européenne*. Société Royale Forestière de Belgique, document libre, 4 p.

Timal G. – **2009** – *Mission d'appui à la régénération de la forêt de Soignes – Canton du Terrest*. Rapport d'étude, BE IBGE, 11 p. + annexes

Timal G. – **2006** – *Projet de soutien au plan de régénération de l'IBGE : programme des coupes de 2006*. Rapport d'étude, BE IBGE, 8 p. + annexes.