

L'adaptation au changement climatique en région wallonne : Fiche thématique	
Thème	Biodiversité
Fiches en lien	Forêt – Eau – Aménagement du territoire
Rédacteur	Frisson Gwenn, Monty Arnaud & Mahy Grégory (Unité Biodiversité et Paysage – ULg-GxABT)

1 Messages clés

- Les changements attendus sont importants mais difficiles à quantifier. Seules des tendances peuvent être dégagées.
- La fragmentation des habitats naturels est particulièrement poussée en Wallonie. Elle constitue une lourde menace sur la biodiversité et une entrave aux changements d'aires de distribution attendus.
- Développer le réseau écologique et diminuer les menaces qui pèsent actuellement sur la biodiversité est primordial pour donner une chance à la biodiversité de s'adapter au changement climatique.
- Les impacts de la perte de biodiversité ne doivent pas seulement se mesurer en termes de valeur intrinsèque mais également en termes de services écosystémiques.

2 Bibliographie wallonne

Principaux travaux existants sur le thème et son lien au changement climatique pour la Wallonie et/ou la Belgique ou des territoires proches et similaires :

- Natuurverkenning 2030 (Flandre)
- Programme de recherche de l'INBO sur les impacts des changements climatiques sur les écosystèmes
- CcBio : Connaissance de l'impact du changement climatique sur la biodiversité en France
- INRA et ONF : "Forêts et milieux naturels face aux changements climatiques"
- « Conserver la diversité biologique européenne dans le contexte du changement climatique » : document édité par le Conseil de l'Europe

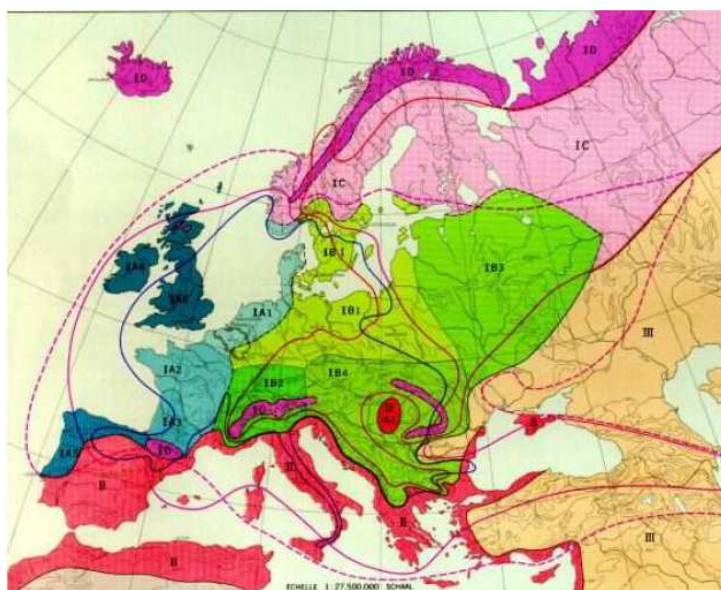
Lacunes :

- Capacité d'adaptation des espèces aux nouvelles conditions environnementales
- Capacité de migration des espèces par rapport à la vitesse du changement climatique
- Interactions entre espèces, entre facteurs environnementaux
- Impact sur la biodiversité des stratégies d'adaptation liées aux autres thématiques
- Pertinence d'une évolution des périmètres et des localisations des espaces protégés
- Efficacité des réseaux écologiques

3 Les principales caractéristiques régionales

La Wallonie occupe une **position privilégiée** en Europe. Au niveau *phytogéographique*, elle est située à la limite des domaines atlantico-européen et médio-européen. Elle est également exposée localement aux **influences boréales et subméditerranéennes**. De plus, la Wallonie possède un gradient topographique, climatique et géologique relativement marqué. La variété de ces conditions est à l'origine d'une **grande diversité de milieux naturels et d'espèces** sur un territoire restreint (Branquart *et al.* 2003) et très densément peuplé (moyenne de 204 habitants/km²). La limite entre les deux influences principales se situe au niveau du sillon Sambre et Meuse : la Région limoneuse subit une **influence atlantique** tandis que les régions Condroz-Famenne, Ardenne et Lorraine subissent une **influence continentale**. Des espèces boréales peuvent se trouver sur les sommets les plus froids et les plus humides d'Ardenne tandis que des espèces subméditerranéennes se trouvent sur les versants sud, chauds et secs (Dufrêne 2003).

Carte 1 : Territoires phytogéographiques d'Europe (Tanghe 1975)



- I = Région eurosibérienne
 - IA = domaine atlantico-européen
 - IA1 = secteur boréo-atlantique
 - IA2 = secteur franco-atlantique
 - IA3 = secteur aquitainien
 - IA5 = secteur ibero-atlantique
 - IA6 = secteur britannique
 - IB = domaine médio-européen
 - IB1 = secteur baltico-rhénan
 - IB2 = secteur alpin
 - IB3 = secteur médio-russien
 - IB4 = secteur ouest-pontique
 - IC = domaine boréal
- ID = domaine arctique et des hautes montagnes
- II = Région méditerranéenne
- III = Région aralo-caspienne

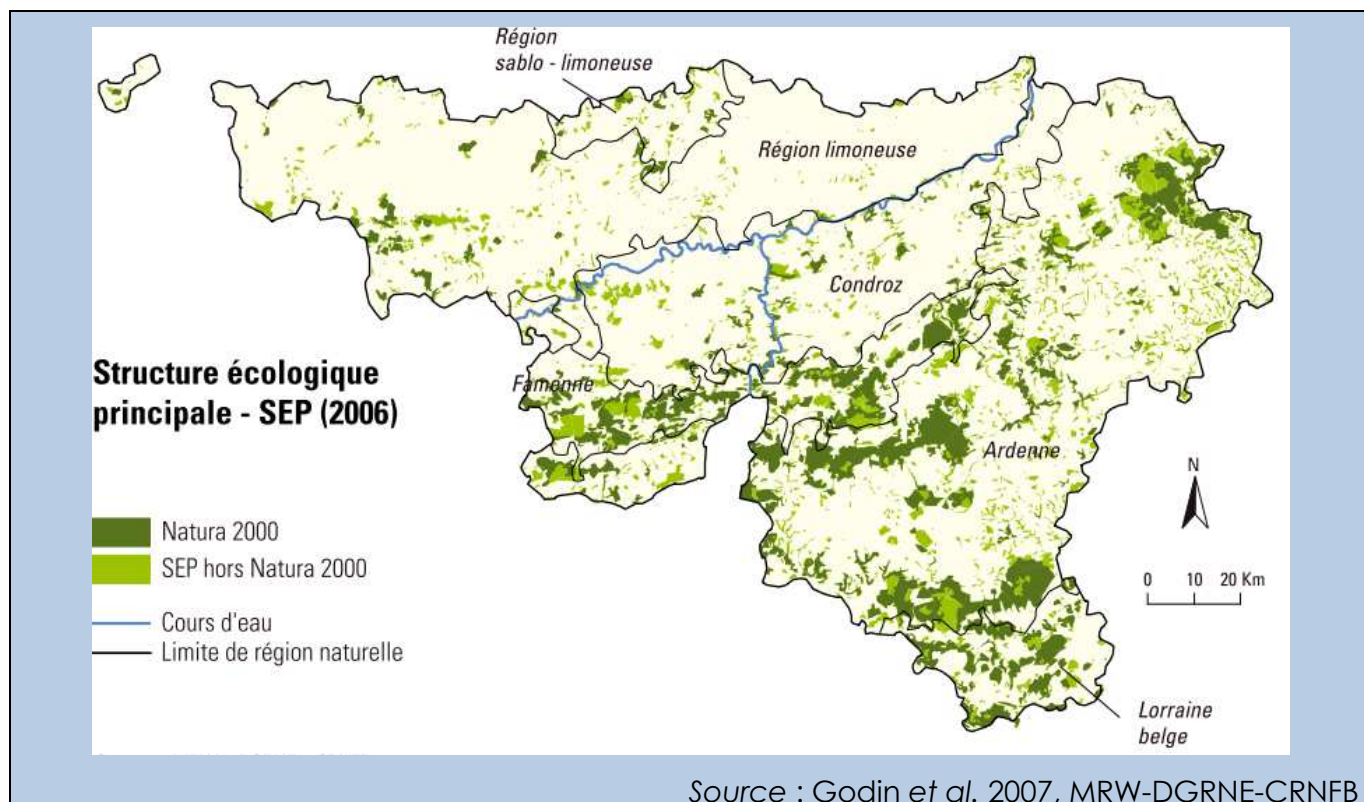
Les **anciennes pratiques agro-sylvo-pastorales**, telles que le pâturage extensif, la fauche ou le brulis, ont également favorisé le développement de la diversité biologique en Wallonie. Elles **ont favorisé les milieux ouverts et ont permis la formation d'habitats spécifiques** très intéressants aux niveaux faunistique et floristique : landes, milieux tourbeux, pelouses calcaires, etc.

Structure écologique principale

Les divers milieux naturels et semi-naturels (tourbières, pelouses sèches, hêtraies, chênaies, forêts alluviales, landes humides, etc.) qu'on trouve en Wallonie abritent une grande diversité biologique. Cette variété peut s'apprécier par le nombre d'espèces et d'habitats concernés par la mise en œuvre du réseau Natura 2000 :

- 101 espèces concernées par la directive « Oiseaux » (79/409/CEE),
- 31 espèces concernées par la directive « Habitats » (92/43/CEE),
- 44 habitats concernés par la directive « Habitats » (92/43/CEE).

A tout cela s'ajoutent encore une multitude d'autres espèces, non couvertes par une directive européenne mais protégées par une législation wallonne.



Globalement, le **niveau de connaissance du patrimoine naturel de la Wallonie s'améliore**, malgré la présence de certaines lacunes qui persistent. L'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique fait état en 2006 que seulement 4% des espèces présentes sur le territoire belge ont fait l'objet d'une étude approfondie et qu'il reste 20 à 25% d'espèces de certains groupes taxonomiques à répertorier sur notre territoire (Peeters et al. 2006). En Région wallonne, **il n'existe pas encore d'inventaire exhaustif des habitats naturels et semi-naturels** (Guillitte 2006).

Les **suivis réguliers d'espèces se concentrent sur 6 groupes d'espèces** : libellules, papillons, amphibiens, reptiles, oiseaux et chauves-souris. Des suivis sont effectués périodiquement afin de **détecter les éventuelles régressions et expansions d'aire**. Les données sont récoltées par des groupes de travail constitués de bénévoles (naturalistes, agents forestiers, etc.) et sont ensuite validées par des scientifiques des universités wallonnes ou du Département d'Etude des Milieux Naturels et Agricoles (DEMNA). Ces données se présentent généralement sous forme de données de présence/absence dans un maillage sur la Wallonie et sont rassemblées dans une base de données (voir www.biodiversité.wallonie.be) (Branquart et al. 2003, Hallet 2006).

Des **informations supplémentaires sont fournies par d'autres travaux**, comme l'étude sur la qualité biologique des cours d'eau, l'Inventaire Permanent des Ressources Forestières de Wallonie (IPRFW¹) et l'inventaire des Sites de Grand Intérêt Biologique (SGIB²) (Branquart et al. 2003, Hallet 2006).

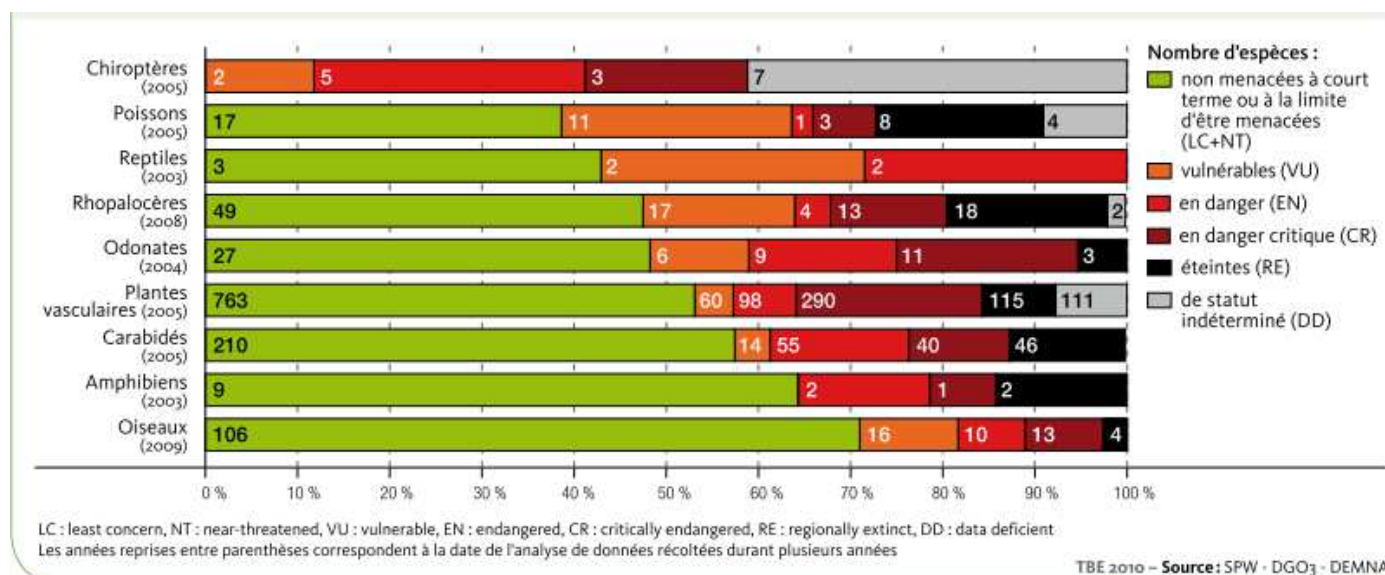
La biodiversité wallonne est cependant menacée. Selon les statuts de conservation des espèces établis par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), **31% des espèces étudiées sont menacées de disparition à l'échelle de la Région wallonne**. A cela s'ajoutent près de **9% qui ont déjà disparu de notre territoire**. Pour certains groupes, plus de **la moitié des espèces sont en situation défavorable** : chauves-souris, poissons, reptiles, papillons de jour et libellules et demoiselles (TBE³ 2010).

¹ <http://environnement.wallonie.be/dnf/inventaire/>

² <http://biodiversite.wallonie.be/sites/home.html>

³ Tableau de Bord de l'Environnement wallon

Figure 1 : Statut UICN⁴ de conservation des espèces en Région wallonne



La région limoneuse est à la fois la région la moins diversifiée, son sol fertile étant principalement exploité par l'agriculture, et la région où l'état de la biodiversité est le plus catastrophique, avec la plus grande fréquence de cas de diminution de populations (Branquart et al. 2003, Guillitte 2006).

En conclusion, la Wallonie a un réel potentiel de biodiversité dû à ses diverses influences phytogéographiques et à ses anciennes pratiques de gestion traditionnelles. Même si elles sont menacées par diverses pressions, des communautés animales et végétales intéressantes sont encore présentes sur son territoire et incluent de nombreuses espèces et habitats concernés par les directives européennes « Oiseaux » et « Habitats » (Branquart et al. 2003). Soulignons également que dans le cadre du statut de conservation des espèces, il est important de prendre en compte les grandes régions voisines, particulièrement pour la Wallonie étant donné l'exiguïté de son territoire.

Exemple de prise en compte de l'aspect transfrontalier : le parc naturel transfrontalier du Hainaut



Le parc naturel transfrontalier du Hainaut est un parc qui regroupe deux parcs naturels, situés de part et d'autre de la frontière franco-belge : le Parc naturel des Plaines de l'Escaut, en Belgique, et le parc naturel régional Scarpe-Escaut, situé en France. Ce projet transfrontalier a pour but la gestion conjointe du territoire couvert par les deux parcs naturels contigus : gestion et protection du patrimoine naturel, aménagement du territoire, éducation au territoire et à l'environnement et mobilisation des acteurs aux enjeux.

⁴ Union Internationale pour la Conservation de la Nature

4 Les vulnérabilités actuelles et les paramètres climatiques

4.1 Les vulnérabilités actuelles

Six menaces principales pesant sur la biodiversité en Wallonie ont été identifiées :

- la **fragmentation des habitats**,
- les **modifications des conditions physico-chimiques de l'environnement**,
- les **invasions**,
- la **surpopulation de gibier**,
- la **surexploitation d'espèces**,
- les **pullulations**.

Ces menaces sont explicitées dans les paragraphes ci-dessous.

La modification des conditions physico-chimiques de l'environnement, et plus précisément l'eutrophisation, ainsi que la fragmentation des paysages, sont certainement deux causes majeures du déclin de la biodiversité sur l'ensemble du territoire wallon. Les invasions peuvent être considérées comme la troisième menace principale sur la biodiversité wallonne (Branquart *et al.* 2003, Guillitte 2006, Rasmont 2006)

4.1.1 La fragmentation des habitats

La **fragmentation des habitats est considérée comme la première cause de perte de biodiversité en Wallonie** (Branquart *et al.* 2003). La perte, l'altération d'habitat et le développement de barrières écologiques sont notamment dus à la densité d'occupation du territoire, très forte en Wallonie et à l'urbanisation intense qui en découle (227 000 ha soit 13% du territoire). Le déclin des espèces est ainsi intensément lié au taux de progression de l'urbanisation ces 20 dernières années, **particulièrement important au nord du sillon Sambre et Meuse** (Godin *et al.* 2007). La perte et la fragmentation d'habitats sont également induites par des pratiques agricoles et sylvicoles non adaptées (TBE 2010). Citons par exemple le milieu agricole, où l'agrandissement des parcelles et le remembrement ont conduit à une importante diminution des éléments du maillage écologique tels que haies et talus (Ansay *et al.* 2007).

Globalement, **tous les habitats sont touchés par la fragmentation** mais les milieux ouverts sont les plus affectés. Ces habitats, qui abritent une part importante de la biodiversité wallonne, étaient très représentés en Wallonie durant les siècles précédents. Suite à l'abandon des pratiques de gestion traditionnelles qui étaient à leur origine, ces habitats ont commencé à régresser fortement depuis la moitié du 19^{ème} siècle (Cristofoli *et al.* 2010, Piqueray *et al. subm.*).

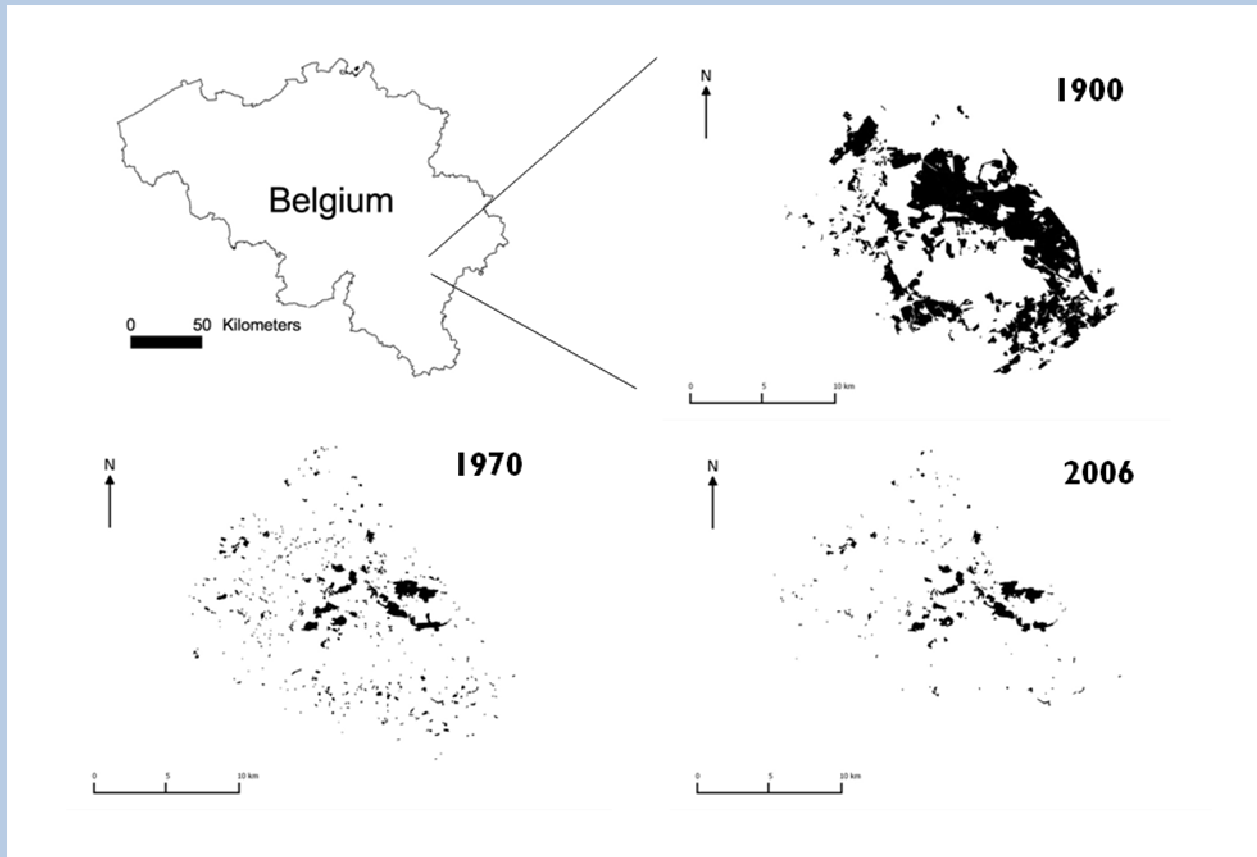
Fragmentation des milieux tourbeux

Les milieux tourbeux sont source d'habitat et de nourriture pour de nombreuses espèces tant animales que végétales. Ce sont des zones de passage et d'hivernage de l'avifaune (busards, grues, etc.) lors des migrations et des zones de nidification pour plusieurs espèces d'oiseaux concernées par Natura 2000 (pie-grièche écorcheur, alouette lulu, etc.). En ce qui concerne les invertébrés, plusieurs espèces de Lépidoptères (cuivré de la bistorte, nacré de la canneberge, etc.) et de libellules reprises sur la liste rouge des espèces menacées sont inféodées à ces milieux. Point de vue floristique, la bien connue drosera à feuilles rondes mérite d'être citée.

Sur le Plateau de Saint-Hubert, la surface des milieux tourbeux a diminué de 93,8% entre 1770 et 2006 (Cristofoli *et al.* 2010). Les causes principales sont l'abandon des pratiques

agropastorales traditionnelles (fauche, pâturage extensif, etc.), le *drainage* et la plantation de résineux. Au niveau wallon, les landes humides en bon état de conservation sont très rares et menacées, les bas-marais ont également fortement régressé et les tourbières hautes actives n'existent plus que sous forme de reliques (Keulen 2007).

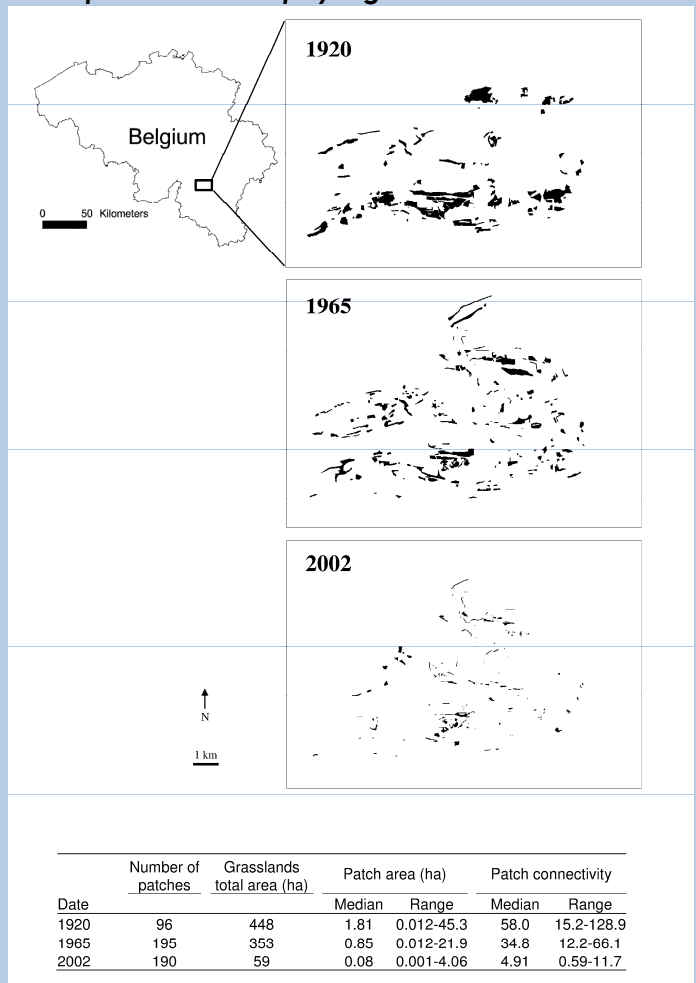
Evolution du réseau de landes humides entre 1900 et 2006 (Cristofoli 2009)



Fragmentation : exemple des pelouses calcaires dans la région de la Calestienne

La région de la Calestienne est située dans la vallée de la Lesse. Il s'agit d'une ceinture de collines et de plateaux calcaires. Des pelouses calcaires s'y sont développées grâce aux pratiques agro-pastorales traditionnelles, dont principalement le pâturage extensif. Suite à l'abandon de ces pratiques au 19^{ème} siècle, et à la reforestation, ces milieux ont dramatiquement décliné. Il s'agit d'un cas typique de fragmentation : la surface totale de l'habitat a diminué de 87% en 80 ans tandis que la surface moyenne des tâches d'habitat a elle diminuée de 93%. Enfin, la *connectivité* moyenne entre les tâches d'habitat est passée de 62,1 à 5,4.

Evolution du réseau de pelouses calcaires et des paramètres du paysage entre 1920 et 2002



Source : Piqueray et al. (subm.)

4.1.2 Les modifications des conditions physico-chimiques de l'environnement

L'eutrophisation est certainement la modification des conditions physico-chimiques de l'environnement la plus importante à l'heure actuelle (voir paragraphe ci-dessous).

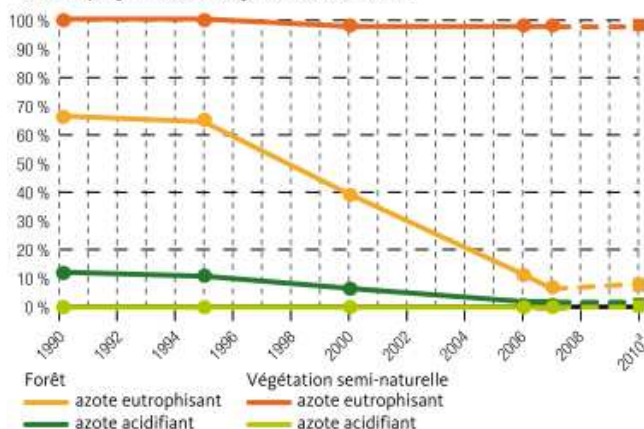
Les **composés acidifiants**, dont on parlait beaucoup il y a quelques années, ont par contre **de moins en moins d'impacts sur la végétation**. En 1990, de nombreux dépassements de la charge critique en acidité étaient observés. En 2004, la quasi-totalité de la Wallonie recevait des apports acides inférieurs à la charge critique. Cette amélioration s'explique principalement par une **diminution des dépôts en composés acidifiants**, dont particulièrement les composés soufrés (Blin et al. 2007).

La **perturbation du cycle de l'azote constitue une des causes majeures de l'érosion de la biodiversité** (Rasmont 2005). En effet, l'enrichissement en azote eutrophisant des écosystèmes naturels et semi-naturels est une des causes majeures de leur dégradation. Un dépassement des charges critiques peut induire une augmentation des quantités de nitrate lixivié vers les eaux, des **déséquilibres nutritionnels pour la végétation** et une perte de biodiversité liée à la régression des espèces des milieux pauvres au profit des espèces nitrophiles (Rasmont 2006).

L'eutrophisation en azote est causée par les retombées d'azote atmosphérique et par une gestion non adaptée des fertilisants (Rasmont 2005). Les retombées d'azote atmosphérique dépendent des quantités de polluants azotés (NO_x et NH₃) rejetés dans l'atmosphère. Il s'agit d'une **problématique largement transfrontalière** puisqu'on estime que 50% des quantités d'azote déposées sur la Wallonie proviennent des rejets des régions et pays voisins (SITEREM)

Superficies affectées par des dépassements de charge critique en azote en Région wallonne*

% de superficies des écosystèmes concernés

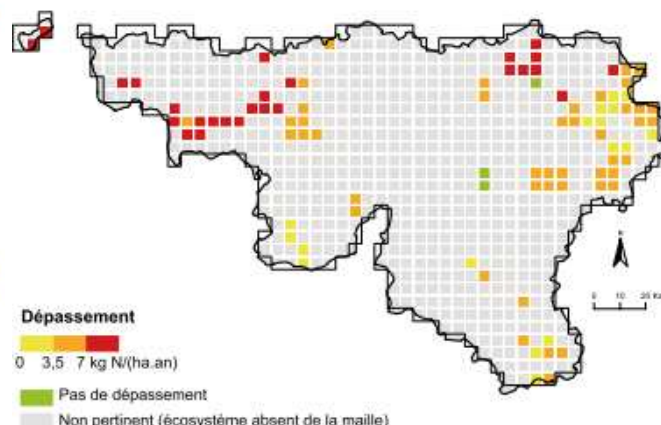


* Données produites à partir des modèles VSD et EMEP

^a Projections 2010 si respect des plafonds d'émission 2010 (directive 2001/81/CE)

TBE 2010 – Sources : ISSeP ; SITEREM ; SPW – AWAC

Dépassement des charges critiques en azote eutrophisant des écosystèmes semi-naturels non forestiers (2007)



TBE 2010 – Sources : ISSeP ; SITEREM ; SPW – AWAC (sur base du modèle EMEP)

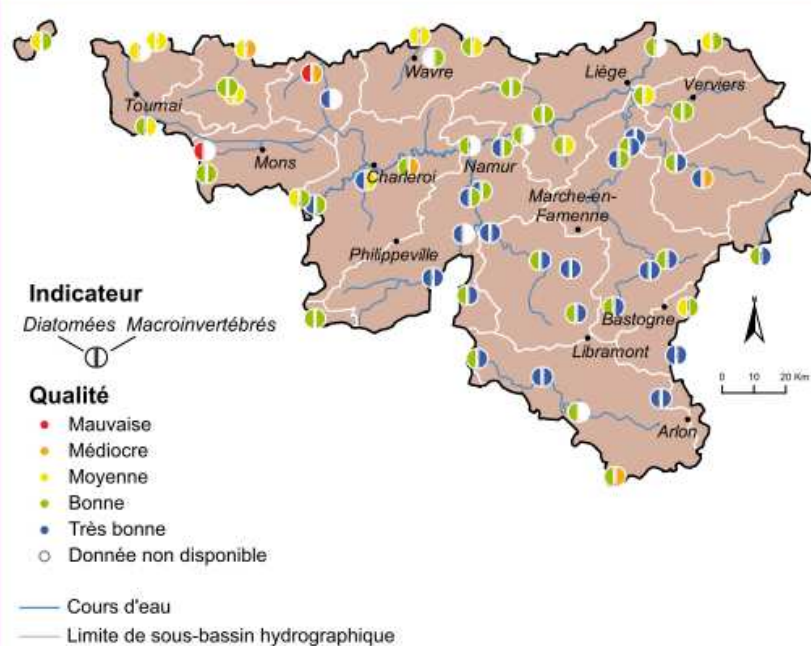
Au niveau des milieux terrestres, les résidus azotés de surface tendent à éliminer la flore oligotrophe et à banaliser les milieux marginaux (présence d'un petit nombre d'espèces nitrophiles, comme les orties). En 2007, la **quasi totalité des milieux ouverts** (landes, marais, tourbières, etc.) était **affectée par des dépôts azotés** dépassant la charge critique en azote eutrophisant. La **persistance de l'azote dans ces milieux est très longue** : une pelouse oligotrophe qui a été fertilisée en azote pendant une saison met jusqu'à 70 ans à retrouver son état initial (Rasmont 2006).

Les milieux aquatiques sont très sensibles à l'eutrophisation. En effet, les caractéristiques physico-chimiques des eaux jouent un rôle déterminant dans l'établissement des communautés animales et végétales : température, concentration en nitrates et phosphates, oxygénation, etc. **De rivières oligotrophes, la Wallonie est passée à des eaux eutrophes, voire per-eutrophes**. La **régression des espèces aquatiques** due à cela est **massive**. Le phosphore est l'élément nutritif majeur qui influence le développement de la biomasse algale dans les eaux douces (TBE 2010). Le **programme d'épuration des eaux a permis d'améliorer légèrement la qualité des eaux** en ce qui concerne les matières organiques oxydables et les matières phosphorées. Toutefois, le **niveau trophique** des cours d'eau reste dans beaucoup de cas **trop élevé** par rapport aux exigences de certaines espèces menacées. La déphosphatation reste difficile et coûteuse (Keulen 2007).

Réseau de surveillance

Depuis 2006, il existe un réseau de surveillance de la qualité biologique des cours d'eau, composé de plus de 400 sites de contrôle. Quatre grands groupes biologiques sont étudiés : le phytobenthos, les macrophytes, la faune benthique invertébrée et les poissons. En 2008, plus de 70% des sites du réseau de suivi présentaient une eau de bonne ou de très bonne qualité biologique. La qualité est généralement plutôt moyenne à mauvaise en Région limoneuse, en zones de forte urbanisation ainsi que là où il y a de nombreuses industries et cultures intensives (TBE 2010).

Qualité biologique des cours d'eau selon les indices "diatomées" (IPS) et "macroinvertébrés" (IBGN) (2008)



L'apport de pesticides a des effets directs (destruction par les produits) et **indirects** sur la faune et la flore. Ces derniers sont liés à la simplification de l'habitat et à la diminution des populations de proies. Les zones de grande culture situées en Région limoneuse sont les plus concernées par les apports en produits phytopharmaceutiques (Ansay *et al.* 2007).

Le **drainage est une modification des conditions physiques de l'environnement**. Il s'agit d'une pratique courante qui est défavorable à la biodiversité des milieux humides : prairies humides, mégaphorbiaies alluviales et tourbières (Branquart *et al.* 2003).

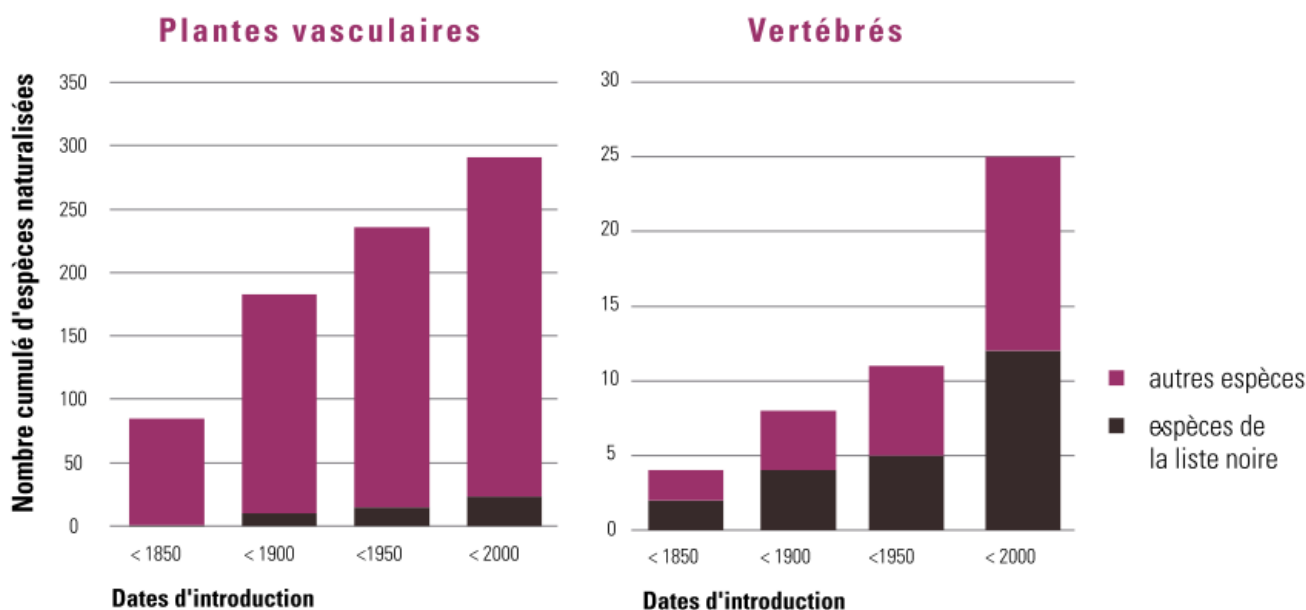
4.1.3 Les invasions

De plus en plus d'espèces, végétales ou animales, **sont introduites** en-dehors de leur aire de distribution naturelle suite à l'accroissement des échanges commerciaux et de la circulation des biens à travers le monde. La plupart d'entre elles persistent difficilement dans leur aire d'introduction mais quelques une peuvent adopter un comportement beaucoup plus dynamique et sont alors qualifiées d'*invasives* (Vanderhoeven & Branquart 2007).

L'introduction volontaire de ces espèces est généralement **justifiée par les services potentiels qu'elles peuvent rendre à l'homme** (valeur ornementale, alimentaire, etc.). Toutefois, quand elles deviennent invasives, elles peuvent présenter de nombreux inconvénients. **Les effets négatifs** de ces espèces peuvent être de trois types (Vanderhoeven & Branquart 2007) :

- **Impacts environnementaux** tels que perturbation des successions écologiques, compétition avec les espèces indigènes, altération physique de l'habitat, etc.
- **Impacts socio-économiques** : les espèces invasives peuvent engendrer des coûts liés à la restauration des milieux naturels, à la détérioration des infrastructures, etc.
- **Problèmes de santé publique** : des espèces comme la berce du Caucase (*Heracleum mantegazzianum*), abondamment présente en Wallonie, ou l'ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*), pas encore naturalisée chez nous, peuvent provoquer des problèmes de santé publique (brulures, allergies).

Figure 2 : Progression du nombre d'espèces exotiques naturalisées en Région wallonne (Vanderhoeven & Branquart 2007) d'après Verloove 2006 et Forum belge sur les espèces envahissantes 2006, base de données Harmonia).



Problème de santé publique : exemple de la berce du Caucase



La sève de la berce du Caucase (*Heracleum mantegazzianum*) contient des substances chimiques dites « photosensibilisantes ». Celles-ci sensibilisent la peau aux rayons ultraviolets. Ainsi, un simple contact de la plante avec la peau suivi d'une exposition à la lumière solaire peut provoquer d'importantes brûlures. Le contact immédiat avec la plante est indolore : les symptômes de brûlure peuvent apparaître quelques heures ou plus après le contact.

Source : Pieret & Delbart ; Branquart 2010

Actuellement, près de **300 espèces de plantes** ornementales et **30 espèces de vertébrés** d'origine exotique sont naturalisées en Wallonie, dont respectivement 26 et 10 espèces figurent sur la liste noire⁵ des espèces exotiques invasives (TBE 2010).

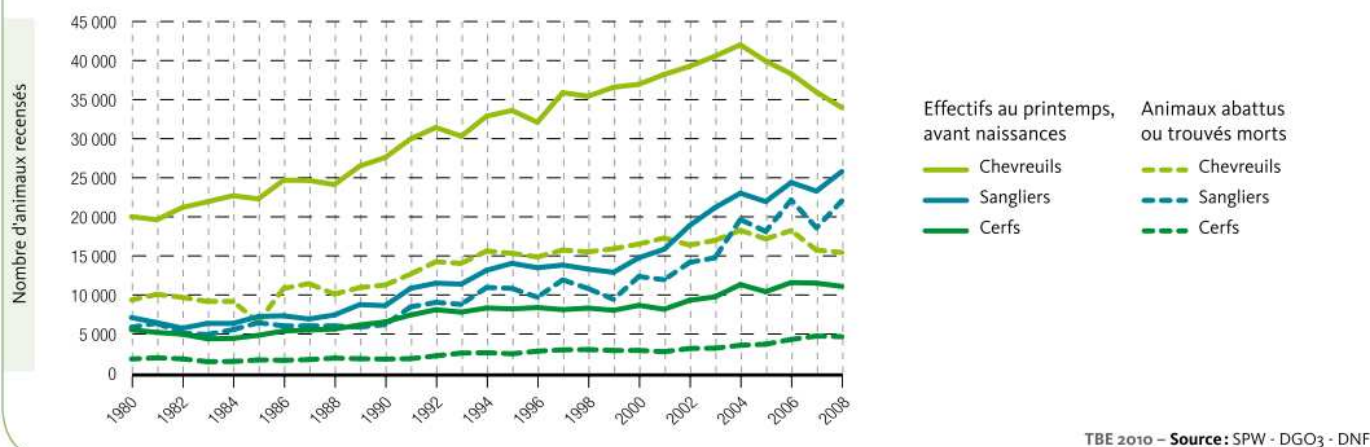
Un **nombre important d'organismes** qui ne sont pas encore naturalisés en Wallonie sont par contre **déjà installés dans les régions limitrophes et s'installeront très probablement en Wallonie** dans les années à venir (Vanderhoeven & Branquart 2007).

4.1.4 La surpopulation de gibier

Les populations de grands ongulés ont fortement augmenté au cours des dernières décennies, aboutissant à des **surdensités de grand gibier en Wallonie** : l'effectif de sangliers a triplé tandis que ceux des chevreuils et cerfs ont doublé depuis 1980 (Laurent & Lecomte 2007). Ces importantes populations de gibier sont principalement dues à la gestion cynégétique, qui tend à maintenir les surdensités en faveur de la chasse.

⁵ voir jas.biodiversity.be

Estimations des populations d'ongulés sauvages en Région wallonne



Les impacts des densités importantes de grands ongulés peuvent être importants sur la biodiversité. Ils rendent difficile l'introduction de feuillus et la diversification des espèces en peuplements forestiers. Une surdensité peut amener une diminution de la diversité du tapis herbacé, au profit de quelques espèces qui résistent au pâturage (canche flexueuse, laïches, fougère aigle, etc.) (Godin & Libois 2007).

4.1.5 La surexploitation d'espèces

Les pêcheurs sont encore nombreux en Wallonie : **63 145 permis de pêche** ont été délivrés en 2005 pour la **pêche en rivières et plans d'eau**. Le DNF estime à plus ou moins **50 000 le nombre de pêcheurs en étangs de pêche privés** (Godin *et al.* 2007). Les informations disponibles ne suffisent toutefois pas à évaluer l'impact actuel de la pêche sur les populations de poissons, par rapport à d'autres menaces comme la pollution ou les obstacles à la circulation (Philippart 2007). Par rapport à ces derniers, **la pêche n'est certainement pas le facteur le plus important**. Elle peut toutefois contribuer à **rajouter une pression sur des populations déjà mises à mal**. Les espèces les plus intensément pêchées sont la truite, le gardon, le brochet, la perche et la carpe (Godin *et al.* 2007).

Actuellement, la chasse n'est pas une menace pour le grand gibier en Wallonie. Au contraire, elle est **nécessaire pour réguler les surdensités des populations en forêt** (voir fiche forêt), en l'absence de grands prédateurs. Le rôle de la chasse est peut-être plus ambigu en ce qui concerne le petit gibier. Par exemple, la perdrix grise (*Perdix perdix*), que l'on retrouve dans les milieux agricoles, est une espèce qui est déclarée comme « à la limite d'être menacée » (voir biodiversite.wallonie.be). Le déclin des populations résulte vraisemblablement de l'agriculture intensive, qui entraîne la fragmentation des habitats de l'espèce (Hallet 2007). La chasse n'est donc pas la cause principale du déclin de cette espèce mais pourrait jouer un rôle aggravant.

4.1.6 Les pullulations

La menace nommée « pullulations » concerne les parasites et les maladies. Par opposition aux invasions, il s'agit ici d'organismes indigènes ou présents chez nous par une expansion naturelle de leur aire de distribution. Actuellement, les **pullulations ne semblent pas constituer une réelle menace pour la biodiversité**. Toutefois, elles **pourraient le devenir dans le futur**, suite au changement climatique qui va certainement donner lieu à des modifications des conditions de régulation de ces maladies et parasites (mortalité hivernale moindre, possibilité de plusieurs générations par an, etc.) et affecter les milieux naturels.

4.2 Tableau récapitulatif

La vulnérabilité aux différentes menaces énoncées ci-dessus varie fortement selon l'habitat. Les types d'habitat considérés suivent la typologie WALEUNIS (Dufrêne 2006) et sont les suivants :

- eaux de surface intérieures ou d'eaux douces
- tourbières et marais
- pelouses et prairies
- landes et fourrés
- forêts, bois et autres formations boisées
- habitats sans ou avec peu de végétation
- habitats régulièrement ou récemment cultivés
- habitats construits et industriels et autres habitats artificiels

La vulnérabilité actuelle de chaque habitat par rapport à chaque menace a été synthétisée en un tableau. Le niveau de vulnérabilité est évalué sous forme d'une cotation allant de 0 à +++:

- 0 : pas vulnérable
- + : légèrement vulnérable
- ++ : vulnérable
- +++ : très vulnérable

Milieux	Menaces sur la biodiversité					
	modifications des conditions physico-chimiques de l'environnement	destruction et fragmentation	invasions	surdensités de grand gibier	pullulations (maladies et parasites)	surexploitation d'espèces
eaux de surface intérieures ou d'eaux douces	+++	+	+++	0	?	+
tourbières et marais	++	+++	0	+	?	0
pelouses et prairies	+++	+++	+	0	?	0
landes et fourrés	++	+++	+	+	?	0
forêts, bois et autres formations boisées	+	+	++	++	?	+
habitats sans ou avec peu de végétation	+	+	++	0	?	0
habitats récemment ou régulièrement cultivés	++	0	0	+	?	0
habitats construits et industriels et autres habitats artificiels	0	0	+++	0	?	0

5 Les vulnérabilités futures

5.1 Modification des aires de distribution

Une **translation globale des aires de distribution des espèces vers le nord et en altitude est prévue** (Usher 2005, Guns & Perrin 2007, Commission Nationale Climat 2008). Concrètement, cela devrait résulter pour la Wallonie en une hausse du nombre d'espèces méridionales et en une baisse du nombre d'espèces des climats froids.

Les modifications de la répartition des espèces végétales au cours de la période de réchauffement qui a suivi la dernière glaciation laissent à penser que les limites de répartition de certaines espèces pourraient être déplacées de plusieurs centaines de kilomètres si un réchauffement de quelques degrés (°C) se produisait (Marbaix & Van Ypersele 2004). Une étude du *BirdLife International* (Huntley *et al.* 2007) parle d'un glissement des aires de répartition des espèces d'oiseaux européennes de 550 km vers le nord-est d'ici 2100 si la température moyenne mondiale augmente de 3°C. La Wallonie se situerait en limite d'aire pour 60 espèces dont 44 seraient en diminution et 16 en augmentation. Les nouvelles espèces et celles qui disparaîtraient seraient au nombre de 19 dans chaque cas (TBE 2010).

En général, de tels essais de prévision de la distribution future des communautés définissent les niches climatiques actuelles et cherchent ensuite à déterminer les niches climatiques futures en fonction des scénarios et modèles climatiques. **En réalité, la modification des aires de distribution sera probablement beaucoup plus complexe qu'une simple translation vers le nord** (Usher 2005). De larges incertitudes pèsent sur la capacité des espèces à modifier leur aire de distribution. Ces incertitudes proviennent de différentes lacunes dans la connaissance de facteurs qui interviennent dans ces modifications de distribution (INRA 2007) :

- la capacité des espèces à s'adapter⁶ aux nouvelles conditions
- la capacité des espèces à migrer,
- les interactions avec les nouveaux cortèges de symbiotes, pathogènes et parasites,
- le rôle de la variabilité génétique,
- la capacité des espèces à coloniser de nouvelles niches climatiques.

Le changement climatique étant très rapide, beaucoup d'organismes ne seront pas capables de modifier leur aire de distribution assez rapidement, à cause de capacité de dispersion plus faibles, de la fragmentation et du manque d'habitats-relais adaptés permettant une migration vers le nord aisée (Franklin *et al.* 2003, Morin *et al.* 2007) ou d'obstacles naturels tels que mers et montagnes. **La rapidité du changement est également à mettre en lien avec l'adaptation. Celle-ci ne sera possible que si la vitesse d'adaptation est au moins égale à celle du changement.** La rapidité du changement sera particulièrement marquée dans le cas de la projection « sèche », qui affiche déjà une augmentation de 2°C en 2030.

Enfin, chaque espèce, chaque communauté peut réagir de manière distincte (Usher 2005). De nombreux types de nouvelles communautés pourraient apparaître, en fonction des caractéristiques de réaction au changement propres à chaque espèce. Ainsi, les conséquences sont difficiles à prévoir et peuvent être de divers types : la disparition et l'arrivée d'espèces peut conduire à une modification des relations interspécifiques (rupture de certaines chaînes alimentaires, nouvelles relations de compétition, etc.), ce qui peut amener à des modifications du fonctionnement des écosystèmes (Guns & Perrin 2007, Commission Nationale Climat 2008).

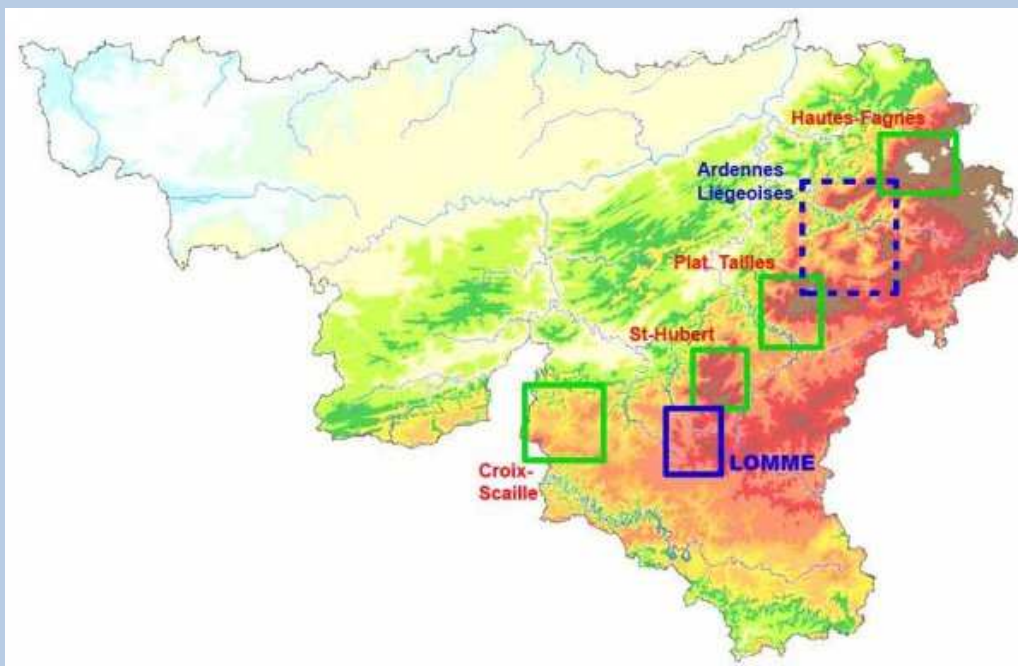
Les espèces présentes en Wallonie peuvent être classées en trois types (Marbaix et Van Ypersele 2004):

⁶ L'adaptation est une modification génétique irréversible.

- **Les espèces des zones tempérées, qui ont une distribution relativement centrée sur le pays et qui sont capables de supporter quelques degrés de plus.**
- **Les espèces des zones froides**, qui sont localisées sur les plateaux ardennais (espèces boréales, subboréales, arctiques, subarctiques, montagnardes, submontagnardes, etc.). Ce sont souvent des populations reliques des conditions glaciaires qui subsistent dans des micro-habitats. En Belgique, pour les poissons d'eau douce et les Bryophytes, il y a une large proportion d'espèces des zones froides (ablette, gardon, tanche, sphaignes). **Les conditions climatiques actuelles qui permettent le maintien de ces espèces en Belgique risquent de disparaître (Dockerty et al. 2003), entraînant la disparition de ces espèces d'autant plus rapidement que ces populations sont fragmentées et peu denses.**
- **Les espèces des zones chaudes** qui se trouvent en Lorraine et sur les terrains calcaires bien exposés dans la vallée de la Meuse et de ses affluents. **Le changement climatique pourrait favoriser l'expansion** des espèces subméditerranéennes voire méditerranéennes et des espèces steppiques, xérophiles et thermophiles. Néanmoins, d'autres facteurs limitants peuvent empêcher cette expansion (fragmentation, manque de sites disponibles, etc.)

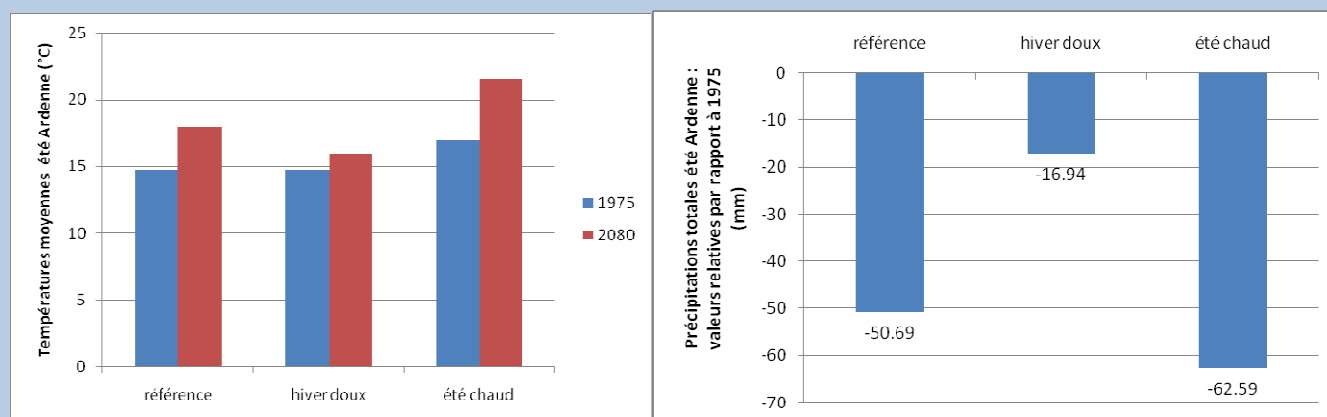
En conclusion, ce mouvement des aires de distribution, nécessaire à la mise en place d'un nouvel équilibre entre la faune, la flore et le climat, peut ne pas se faire suffisamment rapidement par rapport au changement climatique. On peut s'attendre à ce que les espèces favorisées par le changement soient moins nombreuses que celles pour lesquelles il aurait un impact négatif. De plus, les espèces envahissantes et invasives, qui posent déjà problème et que l'on tente déjà de contrôler actuellement seront probablement favorisées. Globalement, on s'attend donc à une perte de diversité et une homogénéisation de la flore et de la faune.

Menace supplémentaire sur les milieux tourbeux



Les milieux tourbeux wallons principaux sont situés en Ardenne (voir carte ci-dessus ; source : LIFE-Lomme 2010). Nos 3 projections climatiques prévoient une augmentation des températures estivales et une diminution des précipitations dans cette région (voir Figure 3), la projection « sèche » présentant les changements les plus marqués (+4,59°C et -63 mm).

Figure 3. Evolution des températures moyennes (à gauche) et des précipitations totales (à droite) en été en Ardenne selon les 3 projections



L'augmentation des températures et la diminution des précipitations en été ainsi que l'allongement de la période de végétation peuvent mener à une augmentation de la demande évaporatoire, non compensée par des précipitations supplémentaires, ce qui contribuera à l'assèchement des tourbières (Marbaix & van Ypersele 2004, Usher 2005). Ces changements pourraient contribuer à une régression progressive des sphaignes et autres bryophytes, qui seraient peu à peu remplacés par des espèces capables de s'enraciner plus profondément et plus tolérantes au changement. A terme, les milieux tourbeux seraient envahis par des graminées et des arbustes (Schumacker *et al.* 1996). Ceci entraînerait une perte de biodiversité notoire pour la Wallonie, car de nombreuses espèces sont inféodées aux milieux tourbeux.

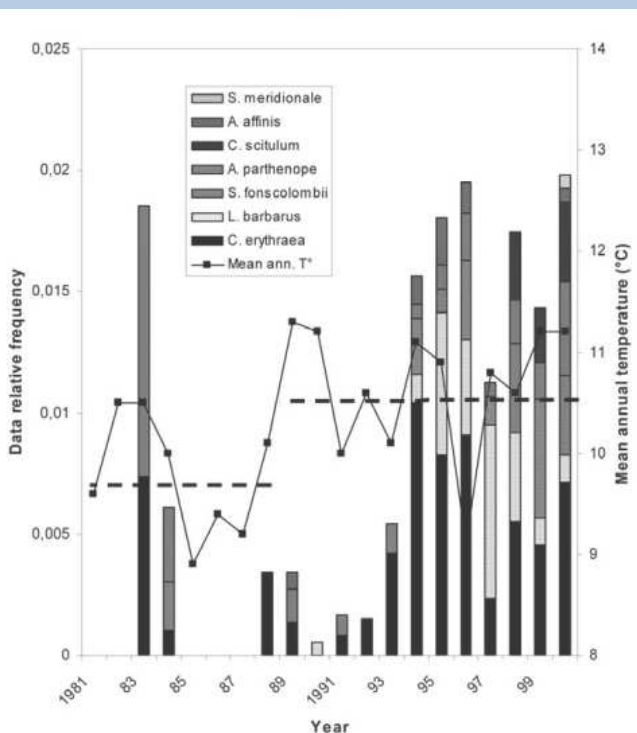
Les milieux tourbeux sont déjà fortement affaiblis et réduits suite aux dégradations passées (plantations d'épicéa, drainage, abandon des pratiques agropastorales, etc.). Le changement climatique s'ajoutant à ces diverses pressions pourrait mener à une disparition de ces milieux d'ici 20 à 50 ans. Actuellement, plusieurs projets ont pour but la restauration de ces milieux (projets LIFE-Lomme, LIFE-Tourbières, etc.) et contribuent à améliorer leur état.

global et à diminuer leur vulnérabilité. Malgré cela, à long terme, les milieux tourbeux ne pourront probablement pas résister indéfiniment au seul changement climatique.

La fréquence plus importante des épisodes de sécheresse pourrait également mener à une augmentation du risque d'incendie dans ces milieux.

Augmentation des observations de libellules méridionales

Figure 4. Fréquences relatives d'observation de 7 espèces méridionales de libellules en Wallonie (1981-2000) (Goffart 2010)



Des modifications des aires de distribution peuvent déjà s'illustrer par des observations actuelles. Par exemple, une étude menée par Goffart (2010) a montré qu'au cours des dix dernières années, 9 espèces de libellules méridionales ont été recensées de plus en plus souvent sur le territoire wallon (Figure 4). Jusqu'au début des années 90, ces espèces

n'étaient observées qu'occasionnellement dans notre région. Des pics d'observations avaient déjà eu lieu lors de certaines années exceptionnellement chaudes, comme 1983. A partir de la fin des années quatre-vingt, les observations semblent toutefois expliquées par une succession rapprochée d'étés chauds et secs, qui favorisent les vagues de colonisation et une implantation plus durable dans nos régions.

Selon Parmesan & Yohe (2003), en moyenne, 40% de l'ensemble des espèces animales et végétales étudiées au cours du 20^{ème} siècle se sont déplacées vers le nord à une vitesse moyenne de 6,1 km par décennie.

5.2 Modification de la phénologie

Globalement, au niveau de la phénologie, on devrait assister à **une plus grande précocité des événements printaniers et à une plus grande tardivité des événements automnaux** (Root et al. 2003).

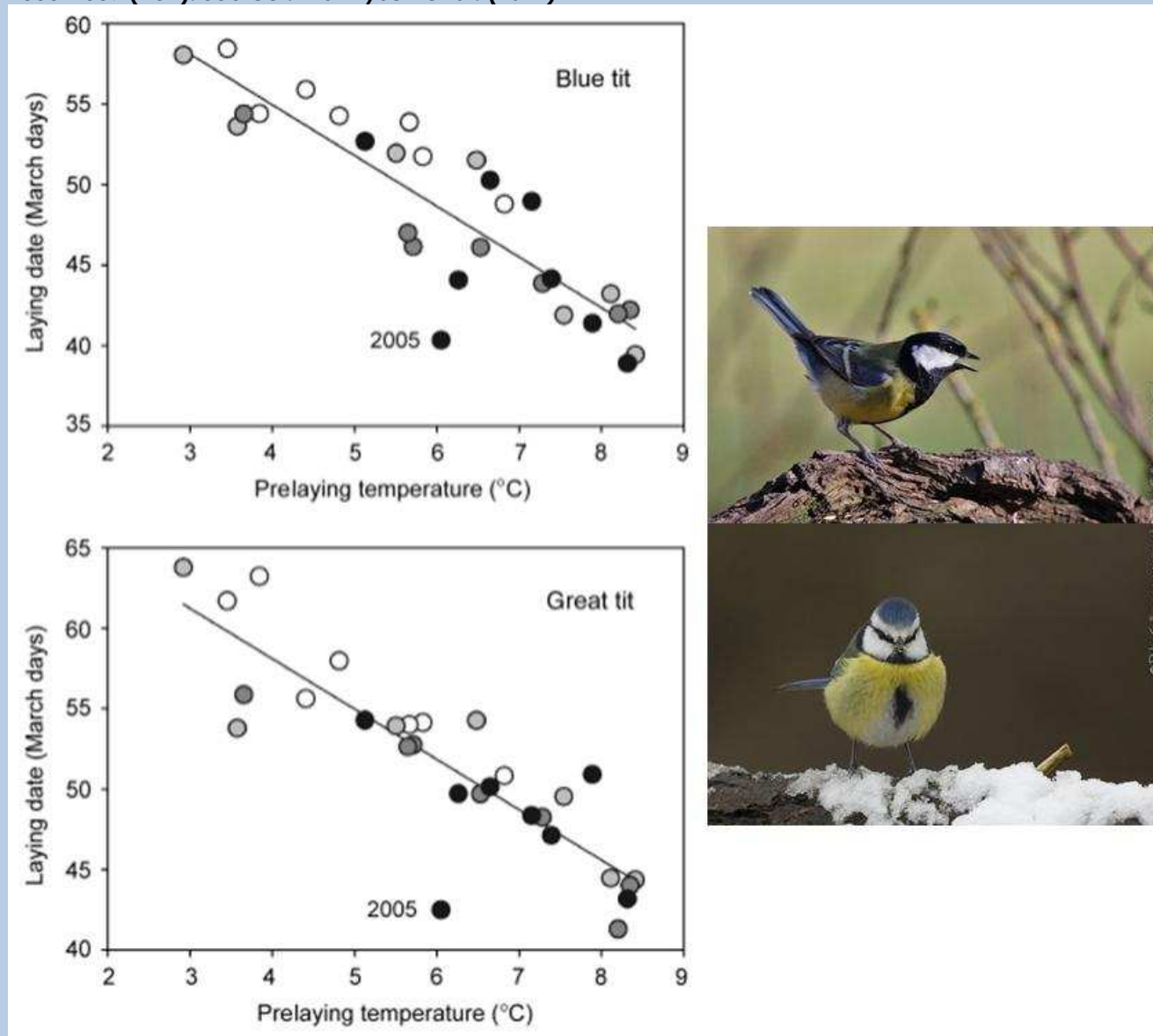
En Belgique, nous ne disposons pas de longues séries d'observations phénologiques. Au niveau de l'Europe par contre, des observations réalisées sur une période de 30 ans ont montré que les événements printaniers, comme l'éclosion des bourgeons, se produisent 6 jours plus tôt et que les événements automnaux, comme le jaunissement des feuilles, se produisent 4,8 jours plus tard (Menzel et al. 2006).

En Flandre, l'analyse des données disponibles depuis 1985 montre que les oiseaux migrateurs arrivent généralement plus tôt (Leysen & Herremans 2004).

Avancée de la phénologie chez deux espèces de mésange

Le cycle de vie de deux espèces de mésanges a été étudié en Flandre (Matthysen *et al.* 2011). Les résultats ont montré que, pour les deux espèces, la date moyenne de première ponte a été avancée de 11 à 12 jours ces trois dernières décennies (Figure 5). Ces observations sont liées à l'augmentation des températures printanières.

Figure 5. Dates de première ponte en relation avec les températures du 14 février au 9 avril. La couleur indique les sous-périodes d'étude : 1979-1985 (blanc), 1986-1992 (gris clair), 1993-1999 (gris foncé), 2000-2007 (noir). Source : Matthysen *et al.* (2011)



Pour le tétras-lyre et la gélinotte des bois, deux espèces boréo ou arctico-alpines, des changements de phénologie sont également déjà observés dans les dates de migration et de nidification (Crick 2004). Visser *et al.* (2004) montrent une avancée du cycle de reproduction au printemps.

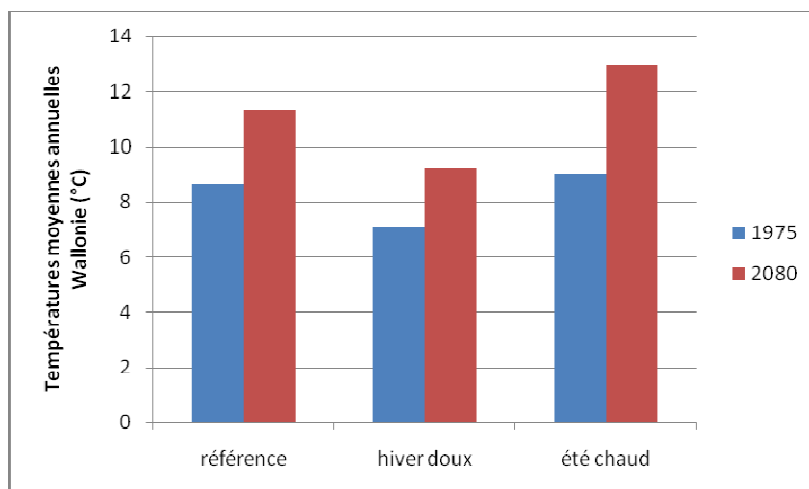
Des décalages entre certains processus biologiques pourraient apparaître (Marbaix & van Ypersele 2004, National Climate Commission 2010, Usher 2005). Par exemple certaines populations de chenilles pourraient éclore plus tôt, ne pas trouver assez à manger car les feuilles des arbres ne sont pas encore sorties, être décimées suite au manque de nourriture, ce qui pourrait ensuite nuire aux mésanges qui se nourrissent de ces chenilles, etc. La période de floraison d'une plante et l'émergence de son pollinisateur spécifique pourraient également être décalés dans le temps, ce qui mettrait en danger à la fois la plante et l'insecte (Marbaix & van Ypersele 2004, National Climate Commission 2010, Usher 2005).

Beaucoup **d'espèces migratrices peuvent être plus vulnérables au changement climatique que les espèces non migrantes** (Price & Root 2005). Lors de la migration, les animaux passent de zones de reproduction à des zones d'hibernation en passant par des zones étapes. Or, ces trois types de zones sont susceptibles de changer. Une déconnection entre les migrateurs et leurs ressources de nourriture est possible, si la phénologie de chacun varie à des taux différents (Inouye *et al.* 2000, Root *et al.* 2003, Visser *et al.* 2004).

5.3 Amplification des invasions

Des températures plus élevées, prévues par les 3 projections (Figure 6), et donc plus clémentes pour certaines espèces exotiques, **peuvent mener à une aggravation du problème des invasions biologiques**.

Figure 6. Evolution des températures moyennes annuelles en Wallonie selon les 3 projections



Différents processus peuvent mener à une amplification de ce problème. Des espèces qui sont déjà présentes en Belgique mais uniquement dans des zones plus chaudes, comme les bâtiments et/ou les villes pourront se disperser dans l'environnement naturel et pourront rentrer en compétition avec les espèces indigènes (National Climate Commission 2010). Quatre espèces exotiques de fourmis se trouvent actuellement en Belgique, uniquement dans des endroits chauds comme les bâtiments et/ou les villes (Dumortier *et al.* 2005), ce qui pourrait évoluer dans le futur. Le ragondin est présent dans le pays depuis 1900 mais ses populations ont été jusqu'ici limitées par les hivers froids. Récemment, ses populations ont augmenté. Des observations similaires ont été réalisées pour la tortue californienne (National Climate Commission 2010).

L'abondance d'espèces déjà déclarées comme invasives dans notre région pourrait augmenter, comme par exemple pour le myriophylle du Brésil (*Myriophyllum aquaticum*).

Enfin, des espèces invasives pourraient voir leur aire de distribution s'étendre et s'installer chez nous, comme l'ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*) depuis la France par exemple.

Figure 7. *Myriophyllum aquaticum* (gauche) et *Ambrosia artemisiifolia* (droite)



5.4 Risque d'incendie

Une apparition du risque d'incendie en été, actuellement peu présent, voire absent en Wallonie, **n'est pas à exclure**. Certains habitats (pelouses thermophiles, landes, etc.) pourraient y être particulièrement sensibles, d'autant plus que les espèces présentes en Wallonie ne sont pas aussi bien adaptées au passage du feu que les espèces des régions où il s'agit d'un phénomène naturel et régulier, comme dans la région méditerranéenne par exemple.

5.5 Par rapport aux menaces actuelles

Le changement climatique aura également un effet sur les menaces actuelles. Ces effets sont discutés ci-dessous et récapitulés dans le tableau page 22.

Le changement climatique mènera probablement à la mise en place de **nouveaux équilibres physico-chimiques**, difficiles à prédire. Pour les milieux aquatiques en particulier, l'augmentation de température devrait mener à une diminution du taux de saturation en oxygène qui pourrait nuire à la survie des poissons et autres organismes aquatiques (National Climate Commission 2010). Lors de l'été 2003 par exemple, en Suisse, les couches profondes des lacs ont subi un manque prolongé d'oxygène au cours de la vague de chaleur (Jankowski *et al.* 2006).

L'effet du changement climatique sur **la fragmentation d'habitat peut aller dans les deux sens** : certains habitats peuvent potentiellement voir leur surface augmenter, sous réserve qu'il y ait des sites disponibles où ces habitats peuvent s'installer (milieux xériques et/ou milieux subméditerranéens par exemple), tandis que d'autres verront leur surface diminuer (milieux tourbeux par exemple). Rappelons que la cause principale de la fragmentation n'est pas le changement climatique. La fragmentation peut par contre exacerber les impacts du changement climatique (Holman *et al.* 2005, Del Barrio *et al.* 2006, Harrison *et al.* 2006, Rounsevell *et al.* 2006) en constituant un sérieux frein au déplacement d'aire des espèces (pas de connectivité des habitats donc peu de déplacements efficaces).

Les populations de gibier pourraient voir leur mortalité hivernale diminuer. Toutefois, rappelons que le facteur principal dans le problème des surdensités de grand gibier est la gestion cynégétique et non les conditions climatiques (voir fiche forêt).

Les pullulations ne sont actuellement pas une menace pour la biodiversité : elle reflètent des équilibres sur le long terme entre espèces, notamment entre hôtes et parasites. **La modification des conditions de régulation des populations en hiver pourrait par contre mener à l'apparition de déséquilibres importants, constituant ainsi une menace.**

Enfin, **le changement climatique vient exercer une pression supplémentaire sur une biodiversité déjà largement menacée.** Les capacités d'adaptation, de résistance et de résilience des populations affaiblies par ces menaces actuelles sont dès lors déjà diminuées. Par conséquent, pour de nombreuses espèces déjà vulnérables, les risques d'extinction pourraient augmenter (GIEC 2002, Marbaix & van Ypersele 2004).

Plusieurs catégories d'espèces sont particulièrement sensibles au changement climatique (Usher 2005) :

- les espèces dont l'aire géographique est réduite,
- les espèces qui ont des possibilités de dispersion insuffisantes, du fait de leurs capacités de dispersion, de la fragmentation, d'obstacles, etc.,
- les espèces sensibles aux températures extrêmes, à la sécheresse, etc.,
- les espèces extrêmement spécialisées par rapport à un habitat ou une niche,
- les espèces qui se sont développées en relation étroite ou en synchronisation avec une autre espèce,
- les espèces qui présentent des réactions physiologiques rigides aux variations climatiques.
- les espèces qui ont un cycle reproductif très long

	Menaces sur la biodiversité					
	modifications des conditions physico-chimiques de l'environnement	destruction et fragmentation	invasions	surdensités de grand gibier	pullulations (maladies et parasites)	surexploitation d'espèces
modifications suite aux changements climatiques	déplacement vers de nouveaux équilibres?	↗ de perte de surface de certains habitats	nouvelles espèces et ↗ de l'abondance des espèces présentes	↘ de la mortalité hivernale	modifications des conditions de régulation des populations	/
cause de vulnérabilité aux changements climatiques	affaiblissement des populations (↘ des capacités d'adaptation, de résistance et résilience des populations)					
	/	frein au déplacement d'aire	/	homogénéisation de la forêt	/	/

6 Pistes pour l'adaptation

L'application de stratégies d'adaptation précises est rendue difficile par les incertitudes qui pèsent sur l'ampleur du changement et son horizon temporel ainsi que par les réponses décalées des écosystèmes (Fischlin et Midgley 2007). Des approches qui soient pertinentes à la fois à l'heure actuelle et dans le futur sont à favoriser (stratégies « sans regret »), ainsi que des stratégies flexibles et robustes vis-à-vis des incertitudes qui pèsent sur l'ampleur, la direction et la vitesse du changement climatique (Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2009).

L'adaptation naturelle des espèces et des écosystèmes est à privilégier (Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2009). La résilience et les capacités d'adaptation de la biodiversité au changement peuvent être améliorées en **réduisant les menaces des facteurs non climatiques**, en combinaison avec des actions de conservation et de gestion qui maintiennent et restaurent la biodiversité (Fischlin et Midgley 2007, Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2009).

L'adaptation doit prendre en compte l'intégralité des composantes de la biodiversité (communautés, espèces et gènes). **La diversité génétique joue un rôle important** car elle est nécessaire au fonctionnement de la sélection naturelle (Usher 2005). Les interactions écologiques desquelles dépendent le fonctionnement des écosystèmes et des espèces sont également à intégrer dans les stratégies d'adaptation (exemple : développer des adaptations à la perte de prédateurs naturels, de pollinisateurs, etc.) (Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2009).

Enfin, il est important de considérer **les trois interactions principales entre la biodiversité et les stratégies d'adaptation** en général (Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2009):

- La mise en place de stratégies d'adaptation pour maintenir la biodiversité elle-même.
- Les impacts potentiels sur la biodiversité des mesures d'adaptation en général.
- L'intégration de la biodiversité et des fonctions remplies par les écosystèmes dans une stratégie globale d'adaptation.

En effet, les stratégies d'adaptation ne doivent pas être pensées uniquement dans une optique de conservation de la biodiversité, mais également dans **une optique de maintien des services écosystémiques**. Les processus de prise de décision devraient toujours considérer la valeur des services rendus par les écosystèmes (Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2009). Il pourrait être nécessaire dans le futur d'améliorer ou de remplacer les services écosystémiques qui auraient diminué ou disparu (pollinisateurs pour les cultures, etc.). Remplacer des services comme la contribution aux cycles biogéochimiques et au régime des eaux peut se révéler bien difficile. La perte ou la capacité réduite des écosystèmes à rendre des services pourrait être un des impacts majeurs du changement climatique (Fischlin & Midgley 2007).

Les écosystèmes et les services qu'ils rendent peuvent constituer dans certains cas une option d'adaptation par rapport à des effets du changement climatique sur d'autres domaines. Cette option devrait être privilégiée par rapport aux solutions technologiques.

6.1 Développer le réseau écologique

Améliorer la connectivité des habitats naturels et augmenter leur surface permet de donner plus d'opportunités aux espèces d'effectuer un déplacement d'aire et augmente la probabilité de maintenir des populations viables d'espèces, connectées et génétiquement variées (Inkley *et al.* 2004, Robinson *et al.* 2005, Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2009). Une attention particulière devrait être portée aux écosystèmes fragmentés.

L'établissement de corridors et de zones écologiques est très important, surtout pour les espèces qui ont des capacités réduites de migration (De Groot & Ketner 1991). Le dessin du

réseau écologique actuel devrait être reconsidéré pour mieux prendre en compte les pressions imposées par le changement climatique, afin de permettre aux plantes et aux animaux de suivre les conditions qui leur sont favorables. La sélection de sites devrait se concentrer sur les zones qui ont le plus grand potentiel à fournir des habitats qui présenteront dans le futur les conditions climatiques qui conviennent aux écosystèmes et aux espèces, et à traiter ces zones comme priorités potentielles de conservation (Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2009). En Europe, cela correspond généralement au nord de la distribution actuelle (De Groot & Ketner 1991).

Au-delà des zones de conservation en elles-mêmes, la gestion de la biodiversité devrait être intégrée sur l'ensemble du territoire, dans tous les domaines, par l'ensemble des acteurs (domaines de l'énergie, du tourisme, des transports, etc.) (Usher 2005). Des outils normatifs et réglementaires qui imposent une prise en compte de la gestion de la biodiversité sur l'ensemble du territoire devraient être mis en place, accompagnés d'un système de contrôle du respect des législations. Par exemple, ces outils pourraient imposer de consacrer une partie de la surface des zonings industriels à la biodiversité, de prendre des mesures en zone urbaine pour qu'une certaine proportion de la surface soit consacrée aux espaces verts, d'utiliser l'architecture verte pour les nouveaux bâtiments, de développer la biodiversité sur les accotements routiers, les talus de chemin de fer, etc.

En Wallonie, il y a déjà toute une série de mesures, qui ne se veulent pas à la base comme une adaptation au changement climatique, mais qui visent à améliorer le réseau écologique : subventions pour mesures agro-environnementales, Natura 2000, etc. Ces mesures pourraient contribuer à améliorer la résilience des systèmes naturels contre le changement climatique.

Il est important de garder à l'esprit que le changement de distribution dépassera les limites nationales. Des actions sont donc nécessaires au niveau international, afin de favoriser l'aspect transfrontalier des réseaux écologiques (Van Ierland *et al.* 2001).

L'agriculture, les infrastructures, habitations, etc. peuvent affecter ou réduire l'espace disponible pour l'implantation d'un réseau écologique. Les options de mitigation risquent également de rentrer en compétition pour l'espace disponible, par exemple pour la production de biomasse.

6.2 Suivre la biodiversité et faire le lien avec le changement climatique

L'Observatoire de la Faune, de la Flore et des Habitats organise et coordonne la récolte et l'analyse de données biologiques et produit des informations sur l'état de la biodiversité (Commission Nationale Climat 2008). Il est nécessaire de poursuivre les suivis existants, en parallèle à un suivi du changement environnemental, ce qui permettrait d'ajuster les stratégies de gestion au fur et à mesure (Fischlin & Midgley 2007) et d'évaluer quelles espèces et habitats sont une priorité nationale ou internationale (Usher 2005).

Il faut toutefois être prudent dans la manière d'interpréter les changements constatés (Visser & Both 2005). Si les plantes et animaux changent leur comportement en réponse au climat, il n'est pas toujours facile de déterminer s'il s'agit d'un signe positif de l'adaptation ou d'un signe des impacts négatifs du changement. Par exemple, si une espèce avance sa date de reproduction, ça ne veut pas nécessairement dire que l'espèce s'adapte. En réalité la reproduction peut ne pas être en phase avec la disponibilité en nourriture.

Un suivi des mesures d'adaptation, associé à une approche de gestion adaptative est également à conseiller (Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2009).

6.3 Combler les lacunes de connaissance

La mise en place de programmes de recherche pour combler les lacunes de connaissance semble indispensable. Des méconnaissances des écosystèmes, des interactions et des exigences des espèces sont fortement présentes (Fischlin & Midgley 2007). La capacité de migration des espèces constitue également une grande inconnue, ainsi que leur capacité

d'adaptation. Une évaluation des impacts sur la biodiversité des mesures d'adaptation en général pourrait également rentrer dans ce cadre.

Il est important, dans un souci d'efficacité et d'optimisation des moyens, d'intégrer au maximum ces programmes de recherche au niveau européen.

6.4 Adapter les stratégies de gestion de la biodiversité

La plupart des stratégies de gestion de la biodiversité existantes n'ont pas été mises en place, à l'origine, comme solution au changement climatique. Elles ont été mises en place pour prévenir ou limiter la dégradation de l'environnement et restaurer les écosystèmes.

Une grande limitation des moyens et législation actuellement en place par rapport à l'adaptation, est que ces outils considèrent le plus souvent les écosystèmes comme des entités statiques, ce qu'ils ne sont pas (Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2009). Les dispositifs actuels se focalisent sur la préservation d'un territoire, d'un écosystème ou d'une espèce de manière figée. La notion de « bon état de conservation » devra évoluer (Legay et al. 2007). Il y a tout intérêt à prendre en compte le changement dès maintenant dans les mesures et de ne pas essayer de l'empêcher et de figer les successions écologiques (Usher 2005). Par exemple, la désignation des zones protégées s'est faite sur l'hypothèse d'une stabilité climatique et biogéographique. Plutôt que d'être fixes, ces limites devraient pouvoir être modifiées en fonction de l'évolution de la distribution de la flore et/ou de la faune protégée. Les systèmes de désignation devraient être assouplis afin de permettre d'ajouter des zones qui deviendront importantes pour la biodiversité dans le futur (Usher 2005). Le concept de « communauté représentative » qui est au cœur du réseau Natura 2000, devra être adapté étant donné la forte probabilité que de nouveaux assemblages d'espèces se mettent en place (Usher 2005).

Les pratiques de restauration sont également à adapter. Une stratégie pourrait être de viser la restauration de la fonction plutôt que de la composition spécifique de l'écosystème (Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2009). Concernant la réintroduction d'espèces, l'utilisation d'un mélange de provenances génétiques collectées dans une large gamme de sites et de climats pourrait être conseillée afin d'augmenter le succès de la restauration. Actuellement, les écotypes locaux sont privilégiés car considérés comme les mieux adaptés. La prudence est néanmoins recommandée dans l'introduction de nouvelles espèces ou individus, de façon à éviter les impacts négatifs sur la biodiversité indigène (Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2009).

La prévision d'aléas climatiques plus fréquents, impliquant une gestion particulière, devrait également être incluse dès maintenant dans les systèmes de gestion. Pour les incendies par exemple, imposer des coupe-feux de taille suffisante et gérés adéquatement dans les milieux sensibles pourrait se révéler précieux pour le futur.

Il n'est pas réellement nécessaire de mettre en place de nouvelles législations. Celles qui existent actuellement en Wallonie sont déjà souvent bien complètes. Il suffirait donc de les modifier afin d'inclure les considérations en vue du changement climatique. Par contre, il serait utile de mettre en place un système de contrôle du respect des législations et des mécanismes financiers durables.

6.5 Suivre et gérer les espèces exotiques invasives

Maintes actions de suivi, de gestion et de sensibilisation concernant les espèces exotiques invasives sont déjà présentes en Wallonie. Il est important de poursuivre ces actions et de les améliorer en vue de limiter l'arrivée de nouvelles espèces invasives.

Il est bien plus facile de contrôler, voire d'éradiquer, les espèces allogènes quand elles sont peu nombreuses, qu'elles occupent une aire limitée et/ou qu'elles sont encore à un stade précoce de l'invasion (Usher 2005). Un système de suivi des espèces exotiques, relié à un système de gestion précoce, pourrait dès lors se révéler très efficace.

Enfin, la meilleure stratégie est bien évidemment de limiter fortement, voire interdire, l'importation d'espèces à risque.

6.6 Conserver les espèces en danger

Des mesures de conservation ex-situ (graines, jardins botaniques, etc.) des espèces qui ne seront pas capables de survivre sous les nouvelles conditions seront probablement nécessaires afin de conserver le potentiel de la biodiversité (Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2009). Un programme de surveillance des espèces menacées est un prérequis à cette mesure.

6.7 Relocaliser les espèces en danger

Il se pourrait que les réseaux écologiques aient des effets limités sur la migration des espèces. Celle-ci pourrait ne pas être assez rapide par rapport au changement climatique. Dans ce cas, la translocation artificielle pourrait être un moyen de préserver les espèces. Les coûts de cette mesure seraient très élevés et devraient couvrir de la recherche, de la reproduction en captivité, l'implémentation effective, etc. (Fischlin & Midgley 2007).

En plus des coûts élevés, il y a des limitations, des risques et des incertitudes associés à la relocalisation. Les espèces relocalisées deviennent des espèces introduites dans leur nouvel habitat et peuvent potentiellement causer des impacts négatifs sur les espèces indigènes. Ces impacts doivent être évalués avant toute action de relocalisation. Au vu des expériences de réintroduction, la relocalisation devrait coûter très cher, ne devrait être faisable qu'à relativement petite échelle et aurait souvent peu de chances de succès (Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2009). Cette mesure n'est recommandable qu'en toute dernière extrémité.

7 Glossaire

Charge critique en acidité : Quantité maximale de dépôts acides que l'environnement naturel peut tolérer sans que l'on puisse y déceler des effets indésirables à long terme, sur base des connaissances actuelles (Blin *et al.* 2007)

Connectivité : Outre les conditions environnementales, la configuration spatiale joue également un rôle sur la composition des communautés (Verberk *et al.*, 2006). Un site peut présenter les conditions environnementales adéquates et avoir une proportion limitée ou nulle en espèces caractéristiques du milieu. La colonisation par les espèces manquantes n'est possible que par l'arrivée d'individus des populations voisines (Bakker *et al.*, 1996). Des sites isolés ont donc de plus grandes chances d'être inoccupés, même s'ils présentent une grande qualité d'habitat (Sawchik *et al.*, 2003). La connectivité entre écosystèmes est donc une garantie à long terme de la persistance de métapopulations à l'échelle du paysage (Hanski & Simberloff, 1997 ; Thomas *et al.*, 2001). L'indice de connectivité utilisé dans l'exemple de la fragmentation des pelouses calcaires est l'indice IFM dérivé de Hanski (1994). Il prend en compte les distances à toutes les sources possibles de populations dans le paysage et la surface de celle-ci (Moilanen & Nieminen 2002)

Drainage : opération qui consiste à évacuer le surplus d'eau d'un milieu par le placement de drains

Espèce invasive : est définie comme présentant l'ensemble des caractéristiques suivantes (Vanderhoeven & Branquart 2007):

- introduite par l'homme de manière volontaire ou accidentelle en-dehors de son aire de distribution naturelle ;
- introduite après 1500, date marquant le début de l'intensification des échanges intercontinentaux ;
- capable de se naturaliser, c'est-à-dire de se reproduire dans la nature et de former des populations pérennes ;
- qui présente des capacités de dispersion menant à une expansion géographique de ses populations.

Espèces naturalisées : sont des espèces qui ont été introduites par l'homme et qui sont naturalisées mais qui ne présentent pas encore une expansion géographique dans leur aire d'introduction.

Eutrophes : un milieu eutrophe, est un milieu riche en éléments nutritifs (carbone organique, azote et phosphore)

Eutrophisation : phénomène naturel, relativement lent, qui correspond à l'augmentation progressive de la fertilité des eaux suite à un apport continu d'éléments nutritifs (carbone organique, azote et phosphore). Les eaux de surface passent alors progressivement d'un état oligotrophe (pauvre) à un état eutrophe (riche). L'homme accélère ce processus par les apports d'effluents riches en matière organique, en phosphates et en nitrates, issus des pratiques agricoles et des rejets industriels et domestiques (Brahya 2007).

Fragmentation : elle se définit selon Sih *et al.* (2000) et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (UNEP 2007) comme « la réduction d'un habitat continu de grande taille en fragments d'habitats plus petits et isolés les uns des autres ». La fragmentation se compose donc de trois facteurs principaux : la perte de surface globale de l'habitat naturel, la réduction de la taille des taches d'habitat et l'augmentation de l'isolement de ces taches (Andren 1994). Elle résulte en des populations plus petites et plus isolées, avec des possibilités réduites de dispersion et de recolonisation (Baillie *et al.* 2004).

La fragmentation a en effet les conséquences suivantes sur les populations d'espèces (Guillitte 2006; Godin *et al.* 2007):

- rendre impossible ou fort dangereux de quitter les fragments isolés, surtout pour les espèces les moins mobiles ;
- faire que chaque fragment d'habitat ne représente plus un espace vital suffisant pour les conditions de survie de la population ou que les populations n'aient plus une taille critique suffisante que pour survivre ;
- limiter voire rendre impossible les échanges génétiques avec d'autres populations.

Ces impacts rendent les populations plus fragiles aux autres menaces.

Niveau trophique : sert à classer les lacs et les cours d'eau selon leur degré de productivité biologique, leur état pouvant varier d'ultra-oligotrophe à hyper-eutrophe (Brahya 2007)

Oligotrophes : un milieu oligotrophe, est le contraire d'un milieu eutrophe. C'est un milieu particulièrement pauvre en éléments nutritifs.

Per-eutrophes : un milieu per-eutrophe, est un milieu hyper riche en éléments nutritifs (carbone organique, azote et phosphore). Il s'agit d'un stade encore plus avancé de l'eutrophisation que le stade eutrophe.

Parc naturel : c'est un territoire d'un haut intérêt biologique et géographique, qui est soumis à des mesures visant à protéger le milieu, en harmonie avec les aspirations de la population et le développement économique et social (Loi de 1985 sur les parcs naturels).

Phytogéographie : définit des zones homogènes au niveau floristique (Dufrêne 2003).

Surexploitation d'espèces : se définit quand le taux de prélèvement d'une espèce est supérieur à sa capacité de régénération naturelle.

8 Les sources bibliographiques

- ANDREN H. (1994). Effects of Habitat Fragmentation on Birds and Mammals in Landscapes with Different Proportions of Suitable Habitat - a Review. *Oikos* **71**(3): 355-366.
- ANSAY F., DELESCAILLE L.-M., GOOR F. & GODIN M.-C. (2007). Les milieux agricoles. *In: Rapport analytique sur l'état de l'environnement wallon 2006-2007*. Namur, MRW - DGRNE: 530-537.
- BAILLIE J., HILTON-TAYLOR C. & STUART S. (2004). *A global species assessment*. UK. 191 p.
- BLIN C. & BRAHY V. (2007). Les polluants acidifiants dans l'air. *In: Rapport analytique sur l'état de l'environnement wallon 2006-2007*. Namur, MRW - DGRNE: 322-331.
- BRANQUART E. (2010). Les espèces invasives en Wallonie. La berce du Caucase.
- BRANQUART E., DEBRUYNE C., DELESCAILLE L.-M. & GOFFART P. (2003). Biodiversity in Wallonia. *In: Biodiversity in Belgium*. Peeters Marc, Franklin Anne and V. G. J. L. Brussels, Royal Belgian Institute of Natural Sciences: 330-349.
- CELLULE ETAT DE L'ENVIRONNEMENT WALLON. (2010). *Tableau de bord de l'environnement wallon 2010*, SPW-DGARNE-DEMNA-DEE. 230 p.
- COMMISSION NATIONALE CLIMAT. (2008). *Plan National Climat de la Belgique 2009-2012. Inventaire des mesures et état des lieux au 31/12/2008*. 143p.
- CRICK H. (2004). The impact of climate change on birds. *Ibis* **146**: 48-56.
- CRISTOFOLI S. (2009). *Réponse des espèces à la fragmentation et la restauration des landes humides et habitats associés en haute Ardenne (Belgique) : une approche multi-taxonomique*. Gembloux, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux. 176 p.
- CRISTOFOLI S., MONTY A. & MAHY G. (2010). Historical landscape structure affects plant species richness in wet heathlands with complex landscape dynamics. *Landscape and Urban Planning* **98**(2): 92-98.
- DE GROOT R. & KETNER P. (1991). *Sensitivity of NW European species and ecosystems for climate change and some implications for nature conservation and management. Contribution to the Symposium 'Impacts of Climate Change on Ecosystems and Species' organized by IUCN, RIVM, US-EPA and WWF-International in Amersfoort, The Netherlands, 3-6 December 1991*.
- DEL BARRIO G., HARRISON P. A., BERRY P. M., BUTT N., SANJUAN M. E., PEARSON R. G. & DAWSON T. (2006). Integrating multiple modelling approaches to predict the potential impacts of climate change on species' distributions in contrasting regions: comparison and implications for policy. *Environmental Science & Policy* **9**(2): 129-147.
- DOCKERTY T., LOVETT A. & WATKINSON A. (2003). Climate change and nature reserves: examining the potential impacts, with examples from Great Britain. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* **13**(2): 125-135.
- DUFRÊNE M. (2003). *Méthodes d'analyse des données écologiques et biogéographiques - L'approche traditionnelle de la phytogéographie*. Accédé le:<http://biodiversite.wallonie.be/outils/methodo/phytogeographie.htm>
- DUFRÊNE M. (2006). *WALEUNIS : Typologie EUNIS des formations végétales de Wallonie*. Accédé le:<http://biodiversite.wallonie.be/habitats/waleunis/home.html>
- DUMORTIER M., DE BRUYN L., HENS M., PEYMEN J., SCHNEIDERS A., VAN DAELE T., VAN REETH W., WEYEMBERGH G. & KUIJKEN E. (2005). *Natuurrapport 2005 : toestand van de natuur in vlaanderen : cijfers voor het beleid*. Instituut voor Natuurbehoud. Brussel 496p.
- FISCHLIN A., MIGDLEY G. F., PRICE J. T., LEEMANS R., GOPAL B., TURLEY C., ROUNSEVELL M. D. A., DUBE O. P., TARAZONA J. & VELICHKO A. A. (2007). Ecosystems, their properties, goods, and services. *In: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of*

- Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden and C. E. Hanson. Cambridge University Press: 211-272.
- FRANKLIN A., PEETERS M. & LEENTJES V. (2003). A country profile. *In: Biodiversity in Belgium*. Peeters Marc, Franklin Anne and V. G. J. L. Brussels, Royal Belgian Institute of Natural Sciences: 21-48.
- GIEC (2002). *Les changements climatiques et la biodiversité. Document technique V du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat*. Genève. 75 p.
- GODIN M.-C., FAUTSCH M., CORDONNIER A. & GUILLITE O. (2007). La conservation de la nature. *In: Rapport analytique sur l'état de l'environnement wallon 2006-2007*. Namur, MRW - DGRNE: 566-579.
- GODIN M.-C. & LIBOIS R. (2007). Prélèvements, repeuplements et réintroductions. *In: Rapport analytique sur l'état de l'environnement wallon 2006-2007*. Namur, MRW - DGRNE: 602-605.
- GOFFART P. (2010). Southern dragonflies expanding in Wallonia (south Belgium): a consequence of global warming? *BioRisk* 5(0): 109-126.
- GUILLITE O. (2006). La fragmentation, une des causes principales de perte de biodiversité en Wallonie. *In: Biodiversité. Etat, enjeux, et perspectives. Comptes-rendus du Cycle de Conférences et du Forum*. P. Lebrun. Bruxelles, De Boeck Université: 101-108.
- GUNS A. & PERRIN D. (2007). Les changements climatiques. *In: Rapport analytique sur l'état de l'environnement wallon 2006-2007*. Namur, MRW - DGRNE: 299-315.
- HALLET C. (2006). Le suivi de l'état de la biodiversité en Région wallonne : les acquis. *In: Biodiversité. Etat, enjeux, et perspectives. Comptes-rendus du Cycle de Conférences et du Forum*. P. Lebrun. Bruxelles, De Boeck Université: 159-166.
- HALLET C. (2007). Bilan : les espèces en régression et en augmentation. *In: Rapport analytique sur l'état de l'environnement wallon 2006-2007*. Namur, MRW - DGRNE: 530-537.
- HARRISON P. A., BERRY P. M., BUTT N. & NEW M. (2006). Modelling climate change impacts on species' distributions at the European scale: implications for conservation policy. *Environmental Science & Policy* 9(2): 116-128.
- HOLMAN I., ROUNSEVELL M., SHACKLEY S., HARRISON P., NICHOLLS R., BERRY P. & AUDSLEY E. (2005). A Regional, Multi-Sectoral And Integrated Assessment Of The Impacts Of Climate And Socio-Economic Change In The Uk. *Climatic Change* 71(1): 9-41.
- HUNTLEY B., GREEN R. E., COLLINGHAM Y. C. & WILLIS S. G. (2007). *A climatic atlas of european breeding birds*, Lynx. 522 p.
- INKLEY D. B., ANDERSON M. G., BLAUSTEIN A. R., BURKETT V. R., FELZER B., GRIFFITH B., PRICE J. & ROOT T. L. (2004). *Global Climate Change and Wildlife in North America*. Bethesda, Maryland, The Wildlife Society. 34 p.
- INOUE D. W., BARR B., ARMITAGE K. B. & INOUE B. D. (2000). Climate change is affecting altitudinal migrants and hibernating species. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 97(4): 1630-1633.
- INRA (2007). *Forêt et changement climatique. Conférence de presse • 27 février 2007. L'INRA au Salon International de l'Agriculture 2007* p.
- JANKOWSKI T., LIVINGSTONE D. M., BÜHRER H., FORSTER R. & NIEDERHASER P. (2006). Consequences of the 2003 European heat wave for lake temperature profiles, thermal stability and hypolimnetic oxygen depletion: implications for a warmer world. *Limnology and Oceanography* 51: 815-819.
- KEULEN C. (2007). Les milieux humides et aquatiques. *In: Rapport analytique sur l'état de l'environnement wallon 2006-2007*. Namur, MRW - DGRNE: 546-555.

- LAURENT C. & LECOMTE H. (2007). La santé des forêts. In: *Rapport analytique sur l'état de l'environnement wallon 2006-2007*. Namur, MRW - DGRNE: 202-209.
- LEGAY M., MORTIER F., MENGIN-LECREULX P. & CORDONNIER T. La gestion forestière face aux changements climatiques : tirons les premiers enseignements. *Rendez-vous techniques de l'ONF, hors-série 3*: 95-102.
- LEYSSEN K. & HERREMANS M. (2004). Fenologie : resultaten en bespreking zomervogels 2003 en analyse trends sinds 1985. *Natuur. Oriolus 70*: 33-42.
- LIFE LOMME. (2010). In : <http://biodiversite.wallonie.be/fr/life-tourbieres-lomme-2010-2015.html?IDC=3142>
- MARBAIX P. & VAN YPERSELE J.-P. (2004). *Impacts des changements climatiques en Belgique*. Bruxelles, Greenpeace. 44p.
- MATTHYSEN E., ADRIAENSEN F. & DHONDT A. A. (2011). Multiple responses to increasing spring temperatures in the breeding cycle of blue and great tits (*Cyanistes caeruleus*, *Parus major*). *Global Change Biology 17*(1): 1-16.
- MENZEL A., SPARKS T. H., ESTRELLA N., KOCH E., AASA A., AHAS R., ALM-KÜBLER K., BISSOLLI P., BRASLAVSKÁ O. G., BRIEDE A., CHMIELEWSKI F. M., CREPINSEK Z., CURNEL Y., DAHL Å., DEFILA C., DONNELLY A., FILELLA Y., JATCZAK K., MÅGE F., MESTRE A., NORDLI Ø., PEÑUELAS J., PIRINEN P., REMIŠOVÁ V., SCHEIFINGER H., STRIZ M., SUSNIK A., VAN VLIET A. J. H., WIELGOLASKI F.-E., ZACH S. & ZUST A. N. A. (2006). European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology 12*(10): 1969-1976.
- MORIN X., AUGSPURGER C. & CHUINE I. (2007). Process-based modeling of species' distributions: what limits temperate tree species' range boundaries? . *Ecology 88*(9): 2280-2291.
- NATIONAL CLIMATE COMMISSION (2010). *Belgian national climate change adaptation strategy*. 39p .
- PARMESAN C. & YOHE G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature 421*(6918): 37-42.
- PEETERS M., SCHLESSER M., RÉVEILLON A., FRANKLIN A., COLLIN C. & VAN GOETHEM J. (2006). *La biodiversité en Belgique: un aperçu*. Bruxelles, Institut royal des Sciences naturelles de Belgique.
- PHILIPPART J.-C. (2007). Les poissons. In: *Rapport analytique sur l'état de l'environnement wallon 2006-2007*. Namur, MRW - DGRNE: 588-589.
- PIERET N. & DELBART E. *Fiches descriptives des principales espèces de plantes invasives en zones humides. La Berce du Caucase*.
- PIQUERAY J., BISTEAU E., CRISTOFOLI S., PALM R., POSCHLOD P. & MAHY G. (subm.). Plant species extinction debt in a temperate biodiversity hotspot : community, species and functional traits approaches.
- PRICE J. T. & ROOT T. L. (2005). Potential Impacts of climate change on Neotropical migrants: management implications. In: *Bird Conservation Implementation and Integration in the Americas*. C. J. Ralph and T. D. Rich. Arcata, California, USDA Forest Service: 1123-1128.
- RASMONT P. (2005). Causes de la perte de biodiversité en Wallonie. L'eutrophisation globale des paysages. In: *Biodiversité. Etat, enjeux et perspectives. Chaire Tractebel-Environnement 2004. Comptes-rendu du Cycle de Conférences et du Forum*. L. Ph. Louvain, Université Catholique de Louvain: 95-100.
- RASMONT P. (2006). Causes de la pertie de la biodiversité en Wallonie. L'eutrophisation globale des paysages. In: *Biodiversité. Etat, enjeux, et perspectives. Comptes-rendus du Cycle de Conférences et du Forum*. P. Lebrun. Bruxelles, De Boeck Université: 95-99.
- ROBINSON R. A., LEARMONTH J. A., HUTSON A. M., MACLEOD C. D., SPARKS T. H., LEECH D. I.,

- PIERCE G. J., REHFISCH M. M. & CRICK H. Q. P. (2005). *Climate change and migratory species. BTO Research Report*. London, Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra). 414 p.
- ROOT T. L., PRICE J. T., HALL K. R., SCHNEIDER S. H., ROSENZWEIG C. & POUNDS J. A. (2003). Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* **421**(6918): 57-60.
- ROUNSEVELL M. D. A., BERRY P. M. & HARRISON P. A. (2006). Future environmental change impacts on rural land use and biodiversity: a synthesis of the ACCELERATES project. *Environmental Science & Policy* **9**(2): 93-100.
- SCHUMACKER R., WASTIAUX C. & HINDRYCKX M.-N. (1996). L'avenir des tourbières hautes à sphaignes en Europe tempérée, à l'exemple des Hautes-Fagnes belges. *Colloques phytosociologiques* **XXIV**: 273-284.
- SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY (2009).. *Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change*. Montreal. 126 p.
- SIH A., JONSSON B. G. & LUIKART G. (2000). Habitat loss: ecological, evolutionary and genetic consequences. *Trends in Ecology & Evolution* **15**(4): 132-134.
- TANGHE M. (1975). *Phytogéographie. Commentaire des planches 19A et 19B (Phytogéographie I et II) de l'Atlas de Belgique*. Gand. 75 p.
- UNEP (2007). *Global environmental outlook - GEO 4*. Nairobi, Kenya.
- USHER M. (2005). *Conserver la diversité biologique européenne dans le contexte du changement climatique*. Conseil de l'Europe. Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe. Strasbourg. 33p.
- VAN IERLAND E. C., DE GROOT R. S., KUIKMAN P. J., MARTENS P., AMELUNG B., DAAN N., HUIJNEN M., KRAMER K., SZÖNYI J., VERAART J. A., VERHAGEN A., VAN VLIET A., VAN WALSUM P. E. V. & WESTEIN E. (2001). *Integrated assessment of vulnerability to climate change and adaptation options in the Netherlands*, NRP-CC.
- VANDERHOEVEN S. & BRANQUART E. (2007). Les espèces exotiques envahissantes. *In: Rapport analytique sur l'état de l'environnement wallon 2006-2007*. Namur, MRW - DGRNE: 606-611.
- VISSER M. E., BOTH C. & LAMBRECTHS M. M. (2004). Global climate change leads to mistimed avian reproduction. *Advances in Ecological Research* **35**: 89-110.
- VISSER M. E. & BOTH C. (2005). Shifts in phenology due to global climate change: the need for a yardstick. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* **272**(1581): 2561-2569.