

INCIDENCE DE LA METEOROLOGIE LOCALE SUR LES FLUCTUATIONS DE POPULATION DU TETRAS LYRE (*TETRAO TETRIX* L.)-

M. LONEUX*¹⁾ ET M. VANDIEPENBEECK[^]

V) Musée de Zoologie de l'Université, Quai Van Beneden 22, B-4020 Liège (Belgique), Michele.Loneux@ulg.ac.be

M Institut Royal Météorologique, Avenue Circulaire 3, B-1180 Bruxelles Uccle (Belgique),

Marc.Vandiepenbeek@oma.be

Résumé

Adapté à des climats rudes et des hivers froids et enneigés, le tétras lyre (*Petit coq de bruyère Tetrao tetrix*, Oiseau Galliforme) a une répartition géographique boréo-montagnarde. Les résultats d'une modélisation statistique originale ont montré que les T° minimales et les précipitations locales, enregistrées au cours de certaines périodes cruciales du cycle de vie de l'oiseau, interviennent comme variables explicatives pour reproduire les fluctuations des effectifs annuels recensés depuis 20 et 30 ans en Belgique, Allemagne, Grande-Bretagne et Pays-Bas. Des résultats communs hautement significatifs confirment le rôle négatif des hivers doux et des précipitations pendant la période de reproduction (couvaison et premières semaines des poussins), et le rôle positif des températures chaudes pendant la période d'éclosion des jeunes. La qualité des résultats obtenus, la nature des variables météorologiques impliquées et le contexte de réchauffement climatique global nous ont fait chercher d'éventuelles tendances parmi les variables utilisées. Elles se sont révélées significatives en comparant l'évolution des moyennes standard de températures minimales et de précipitations mensuelles. Les différences dans les précipitations ont d'importantes répercussions biologiques car elles peuvent effectivement nuire à la reproduction et l'hivernage de l'espèce étudiée. Le réchauffement semble donc bien intervenir dans le déclin des populations à long terme, même si le tétras souffre du changement climatique en plus des atteintes anthropiques à son environnement et à sa tranquillité. Pour pallier aux défauts du climat, le gestionnaire prendra des décisions qui améliorent à tous points de vue la qualité, la capacité d'accueil et la tranquillité de l'habitat préféré de cet oiseau afin de favoriser sa conservation à court terme.

Abstract

The Black Grouse (*Tetrao tetrix*, Aves Galliforma) is a species with northern-mountain distribution, adapted to rough climate and cold and snowy winters. The results of an original modelling have stressed the importance of minimum Temperature and rainfall during some crucial periods times of the species' life cycle to explain the yearly fluctuation of Black grouse numbers for 20 or 30 years in Belgium, the Netherlands, Germany and the North of Pennines (UK). Common high significant results confirm the negative effect of mild and rainy winters and rainy breeding time, as well as the positive effect of warm temperature during hatching time, on the Black Grouse survival. The results quality, the nature of the meteorological variables involved and the global climate change background have led us to look for trends among the local variables used in the modelling. They appeared significant by comparing the evolution of the yearly values and standard means of monthly minimum temperature mean and rainfalls. The monthly rainfalls differences act a lot on the Black Grouse's reproductive success and wintering survival. The global warming seems well to act on long term population decline, even if the species suffers from the climate change in addition to the attacks on its environment and tranquillity. To help the short-term Black grouse conservation under bad climatic condition, the manager should take decisions, which improve the quality, quietness and carrying capacity of the black Grouse's preferred habitat.

Mots-clés : modélisation, précipitations, températures, changement climatique global, dynamique de population, *Tetrao tetrix*

Keywords: modelling, rainfall, temperature, global climate change, population dynamics, *Tetrao tetrix*

Introduction.

Les populations fluctuantes de Tétrasyres *Tetrao tetrix* montrent une tendance au déclin de leurs effectifs, documentée depuis plus de trente ans : l'espèce est menacée de disparition là où elle subsiste sous forme de petites populations de plus en plus insularisées, en marge de l'aire de distribution nordique continue (Klaus et al. 1990, Storch 2001). Les causes de déclin sont attribuées aux modifications de l'habitat, au dérangement, à la prédation, aux maladies parasitaires, aux fluctuations du succès reproducteur, de la nourriture disponible ou des conditions climatiques, ou à la taille de la population, ces différents facteurs se combinant le plus souvent les uns aux autres (synthèse Loneux & Ruwet 1998). Le climat n'est jamais repris comme facteur de déclin à long terme (Bernard-Laurent 1994), alors même que ses effets directs ou indirects sur le succès reproducteur ou la mortalité, et donc sur les fluctuations de population, ont été démontrés chez de nombreux oiseaux, dont le tétras lyre (Elkins 1983, Wingfield 1984, Glutz et alii 1985, Eiberle 1987, Angelstam 1988). Vu le réchauffement climatique actuel (IPPC, 1996) et le caractère boréo-montagnard de cette espèce, il s'avérerait original de tester l'influence du climat en modélisant statistiquement sur une longue période les fluctuations d'effectif et des variables explicatives uniquement climatiques (Régression multiple pas à pas appliquée à un modèle de Poisson, logiciels Glim ou "R", Loneux et al. 1998). L'étonnante et inhabituelle qualité statistique (Lindsey 1999) des résultats obtenus ainsi sur trente ans avec la population recensée en Belgique (Hautes-Fagnes) a fait appliquer la même méthode d'analyse à d'autres populations, pour comparer les résultats et éprouver la méthode (Loneux, 2000, thèse de doctorat). Quatre populations étudiées présentent des résultats communs mettant en évidence le rôle négatif des hivers doux et pluvieux et des précipitations pendant la période de reproduction (couvaison et premières semaines des poussins), et le rôle positif des températures chaudes pendant la période d'éclosion des jeunes (Loneux 2001). Les dates des semaines critiques retenues dans les modèles concernent des périodes qui s'échelonnent entre fin mai et début juillet, un peu différentes, en fonction du climat moyen local de chaque région. La couvaison et les éclosions se concentrent dans les périodes moyennes retenues. A priori étonnante, puisqu'un hiver doux devrait faciliter la régulation thermique d'un organisme homéotherme, la première relation confirme les adaptations du tétras lyre aux conditions de vie boréales (de Greling 1971, Pauli 1974, Pulliainen 1982). L'hiver constitue une épreuve éliminatoire pour les jeunes tétras, moins gros et gras que les adultes, et reste par la suite la période la plus cruciale du cycle de vie des oiseaux (Marti 1986, Marti 1988). La deuxième relation atteste que l'espèce, qui niche au sol, n'aime pas la pluie. Les modélisations montrent ainsi que les conditions météorologiques hivernales et estivales agissent de façon prédominante sur la survie des tétras lyres, directement sur les individus, ou indirectement via la qualité et la disponibilité de leurs ressources en nourriture.

Dans cet article, nous analysons l'évolution des paramètres de précipitations et de températures minima impliqués dans les modélisations, afin d'y détecter une éventuelle influence du réchauffement climatique. En effet, en ce qui concerne les précipitations, les modèles climatiques globaux sont trop imprécis au niveau régional et ne permettent pas de discerner une tendance à l'échelle spatiale qu'ils utilisent (Berger 1992). Les publications sur l'influence du réchauffement sur les précipitations au niveau régional dans le nord de l'Europe sont récentes et rares (Gellens & Roulin 1998, Hantel et alii 2000, Osborn et alii 2000, Pfister et alii 2000, Tooming & Kadaja 2000, Murphy & Washington 2001). Certaines décèlent des tendances, y compris sur la qualité de l'enneigement, mais peu concernent la zone géographique qui nous intéresse. Une analyse statistique de l'évolution des fluctuations de différents paramètres climatologiques dans les séries climatiques de Bruxelles-Uccle, enregistrées depuis 1833, a mis en évidence des années charnières, à partir desquelles les moyennes de certaines séries temporelles sont significativement différentes (Vandiepenbeeck 1996a & 1996b): pour la température, la moyenne des températures moyennes

est plus élevée en hiver et au printemps dans les séries après 1987, et plus élevée également en

Publication de l'Association Internationale de Climatologie, Vol. 15, 2003

97

été et en automne dans les séries après 1981, et ces changements s'inscrivent dans le réchauffement global; pour les précipitations par contre, il n'y aurait pas de changement significatif dans les années récentes : les sauts détectés, vers une augmentation, se situent après 1909 en hiver, et après 1964 au printemps, les autres saisons ne présentant pas de différence significative entre séries. Les précipitations saisonnières seraient donc peu ou pas affectées par le réchauffement global (Vandiepenbeeck op. cit.).

1. Matériel et méthode

Les régions géographiques comparées sont : le Parc de Sallandse Heuvelrug (NL), le Parc des Hautes-Fagnes (B), le Parc naturel de la Lande de Lunebourg (D), la Réserve de Biosphère de la Rhôn (D), les Monts Métallifères (D, frontière tchèque). Plusieurs de ces régions ont des caractéristiques climatiques particulières qui apparaissent lorsqu'on examine les cartes approximatives des isothermes de janvier, de juillet et la carte des isophènes de précipitations (Anonyme 1996).

Les variables climatiques utilisées sont des valeurs de T° minimum et de précipitations, moyennes ou cumuls calculés pour certaines périodes de temps à partir des valeurs enregistrées quotidiennement à des stations du réseau des Instituts météorologiques nationaux des pays concernés, les stations étant localisées le plus près possible des sites de recensements, et en fonctionnement pendant les vingt ou trente années de suivi. Les données météorologiques utilisées sont pour partie fournies par les correspondants locaux (Allemagne), pour partie extraites des publications officielles, présentes à la bibliothèque de l'IRM belge à Uccle, des Instituts météorologiques nationaux respectifs (Pays-Bas K N M I, Allemagne D W D, Belgique I R M) , pour partie fournies directement par l'Institut du pays concerné (Allemagne, Belgique), et pour partie enfin collectées personnellement dans les archives des stations (Belgique).

La définition des cinq périodes de temps utilisées pour la modélisation statistique implique presque tous les mois de l'année: la période hivernale (du 1er novembre au 31 mars), la période avant la ponte des œufs (quelques jours à partir du 1er avril), la période d'incubation (4 semaines en mai-juin), la période de premières semaines de vie des poussins (trois semaines en juin-juillet) et la période d'engraissement pré-hivernal (septembre) (détails in LONEUX et alii 1998, et LONEUX 2001).

Nous avons comparé graphiquement plusieurs moyennes trentennales de précipitations et de T°min mensuelles, ainsi que l'évolution de l'enneigement quotidien pendant les périodes hivernales

. Nous avons utilisé les données publiées pour les stations Hamburg-Fuhlsbliittel (D), De Bilt (NL) et Uccle (B) et commencé la comparaison avec les moyennes standards 1931-1961. Pour les stations plus locales, la comparaison porte seulement sur les trente ou quarante dernières années. Les localisations des stations principales et leurs profils caractéristiques sont représentés sur la figure 1.

Les données d'enneigement ne sont disponibles que depuis 1979 pour les stations demandées en Allemagne : Zinnwald 877m, Soltau 77m, Wilsede 11 6m, Buchholz 77m, Wasserkuppe 921m (Mr KOELSCHTZKY corn., Deutscher Wetterdienst DWD). En Belgique, nous avons pu disposer des données archivées à la station Aérodrome de SPA depuis sa création en 1951, ce qui nous donne une longue série de cinquante ans sur le plateau fagnard, à 483 m d'altitude et relativement

Les résultats graphiques ne peuvent être tous illustrés ici. Les résultats des modélisations intègrent les paramètres climatiques associés au réchauffement thermique, comme les près des principaux sites de recensements. Nous n'avons pas de données d'enneigement pour les Pays-Bas.

2. Résultats et discussion

Les résultats graphiques ne peuvent être tous illustrés ici. Les résultats des modélisations intègrent les paramètres climatiques associés au réchauffement thermique, comme les précipitations

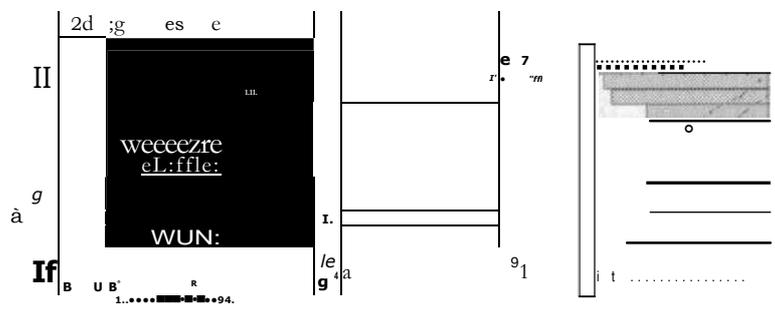
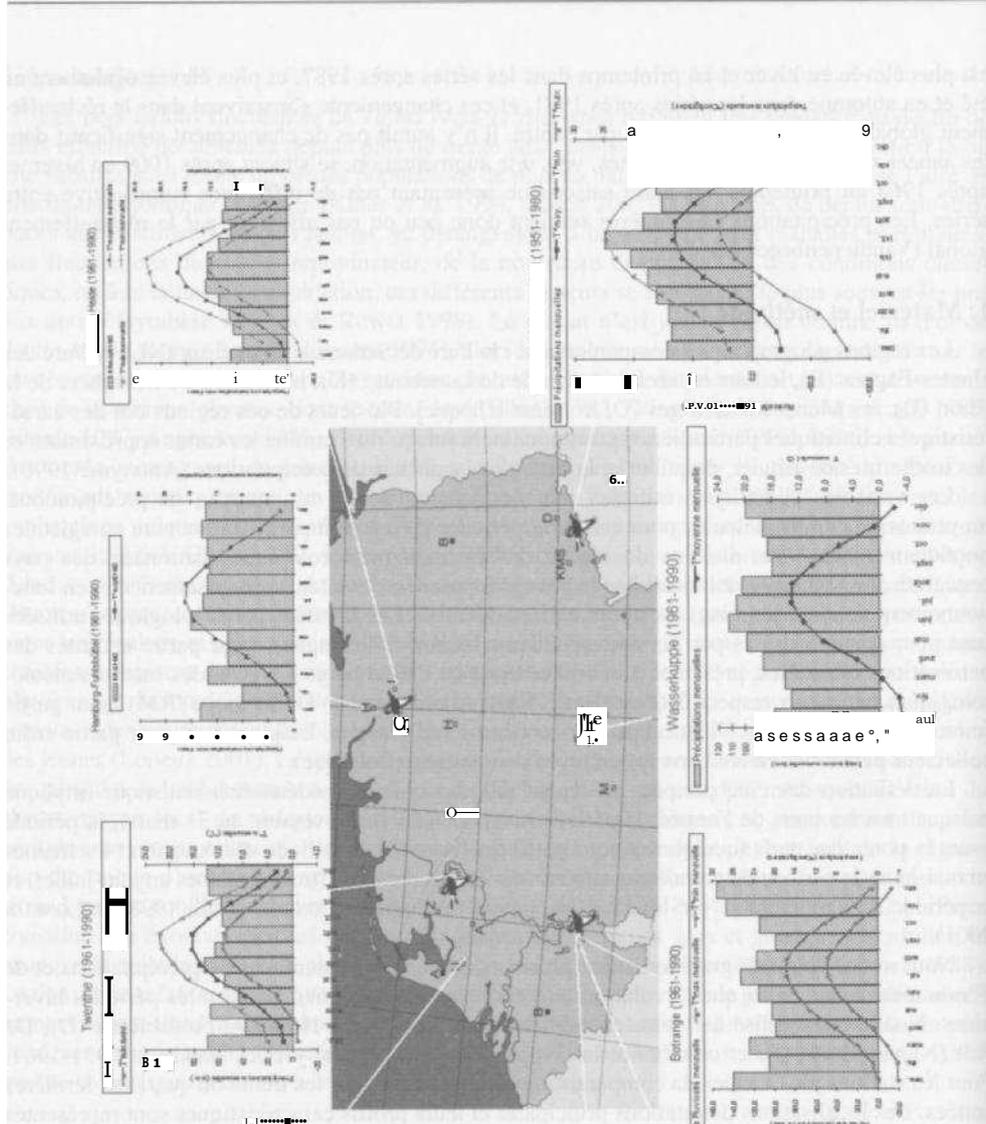


Figure I Localisation géographique des populations de tétras lyres étudiées et profil climatique des principales stations météorologiques avant fourni les données climatiques utilisées.

de pluie plutôt que de neige en hiver. Les populations de plaine (lande de Sallandse Heuvelrug, lande de Lunebourg) sont adaptées à des conditions hivernales moins rigoureuses que les populations plus en altitude (Hautes-Fagnes et Montagnes de la Rhön). Qu'elles soient toutes les quatre affectées par la variable thermique hivernale indique que toutes sont dans des conditions sub-optimales pour ce facteur (Loneux 2001). Les températures minimales moyennes des mois d'hiver sont faiblement sous zéro (**figure 1**). La population montagnarde de l'Erzgebirge n'est pas affectée par le type d'hiver, mais les conditions hivernales y sont toujours rigoureuses, comme en témoigne le profil des températures mensuelles minimum (**figure 1**).

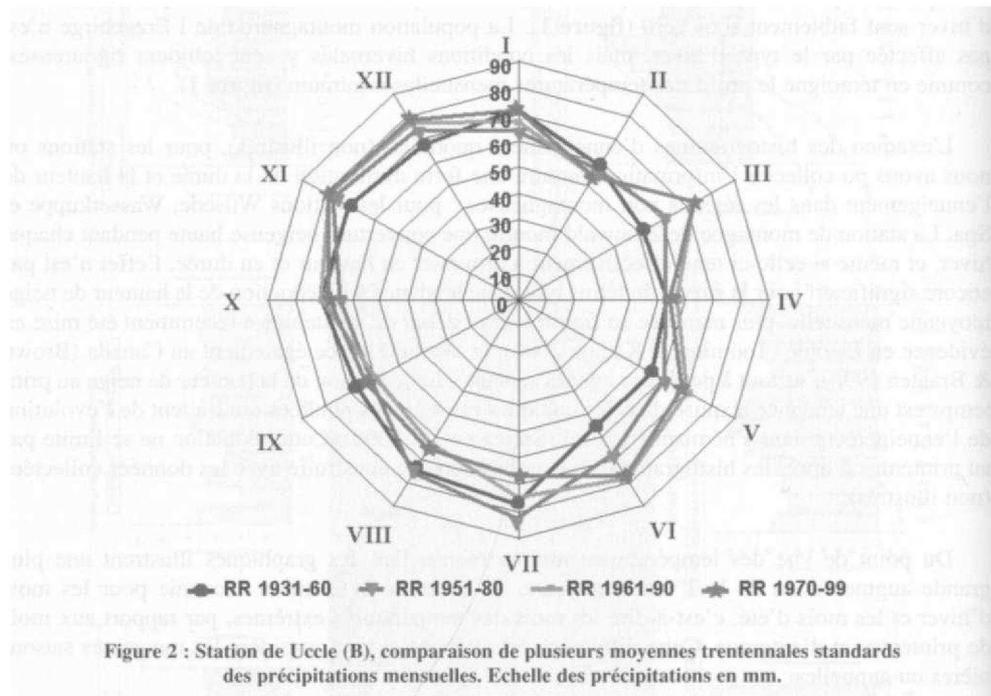
L'examen des histogrammes d'enneigement quotidien (non illustrés), pour les stations où nous avons pu collecter l'information, montre une forte diminution de la durée et la hauteur de l'enneigement dans les régions non montagneuses : pour les stations Wilsede, Wasserkuppe et Spa. La station de montagne de Zinnwald montre une couverture neigeuse haute pendant chaque hiver, et même si celle-ci tend effectivement à diminuer en hauteur et en durée, l'effet n'est pas encore significatif pour la survie du tétras lyre. Une tendance à la réduction de la hauteur de neige moyenne mensuelle, plus marquée en fin d'hiver et début du printemps a récemment été mise en évidence en Estonie (Tooming & Kadaja 2000), et avait été notée également au Canada (Brown & Braaten 1998), surtout à partir des années septante. La réduction de la hauteur de neige au printemps est une tendance acquise dans les quelques rares études publiées qui traitent de l'évolution de l'enneigement dans l'hémisphère nord (Serreze et al. 2000). Cette réduction ne se limite pas au printemps d'après les histogrammes que nous avons pu construire avec les données collectées (non illustrés).

Du point de vue des températures minima mensuelles, les graphiques illustrent une plus grande augmentation de la T° min moyenne au cours de la dernière décennie pour les mois d'hiver et les mois d'été, c'est-à-dire les mois des températures extrêmes, par rapport aux mois de printemps et d'automne. Cette différence est atténuée si l'on considère les moyennes saisonnières ou annuelles.

Enfin, la comparaison des valeurs de précipitations moyennes mensuelles présentées sous forme de radar pour plusieurs périodes trentennales superposées fait apparaître des différences que l'on ne peut mettre en évidence si l'on utilise les valeurs moyennes annuelles ou même saisonnières. Cette méthode graphique révèle un glissement du dessin obtenu vers des valeurs plus ou moins élevées suivant les mois et les stations (Exemple **figure 2**, Uccle).

Les mois de mars, juin, novembre et décembre montrent une augmentation et le mois d'août une diminution de la valeur moyenne des précipitations entre la période standard 1931-1960 et la période standard 1961-1990 aux 3 stations "de plaine" De Bilt, Hamburg, Uccle. Une augmentation de la valeur moyenne est également visible en mai, mais seulement à De Bilt et à Uccle. Les valeurs moyennes mensuelles de la période intermédiaire (1951-1980) se situent généralement bien entre celles des deux précédentes, plus proches de l'une ou de l'autre selon les mois. Pour les autres mois, les valeurs des moyennes mensuelles sont semblables. Les valeurs de la période la plus récente, non disponible à De Bilt, par rapport aux valeurs de la période 1961-1990, confirment ou amplifient la tendance de la période 1961-1960 pour les mois de mars, juin, novembre et décembre. La comparaison graphique des moyennes mensuelles de ces deux périodes dans les autres stations "de plaine" (par opposition au massif montagneux de l'Erzgebirge), montre une pointe de précipitations moyennes bien marquée en mars. Pour le mois d'août, la tendance vers une réduction des précipitations est amplifiée à Soltau, Wasserkuppe et Spa Aérodrome, mais est réduite à Hamburg, presque insignifiante à Uccle et nulle à Nordhorn.

De nouveaux écarts apparaissent, concernant des mois différents selon les stations : augmentation en septembre et octobre à Wasserkuppe, augmentation en septembre à Nordhorn, diminution en juillet à Uccle, Soltau et un peu à Hamburg et Spa Aérodrome, diminution en avril, mai et juin à Wasserkuppe, en avril à Nordhorn, augmentation en janvier à Hamburg.



Cette présentation graphique élégante et originale ne suffit toutefois pas pour certifier les tendances observées : d'une part, il faudrait multiplier les périodes de moyennes et remonter le plus loin possible dans le passé pour visualiser si les tendances se confirment ou sont des manifestations de fluctuations; d'autre part, il conviendrait de confirmer les tendances par des tests de signification des variations observées. Il faut à cette fin disposer de la série continue de valeurs mensuelles des stations concernées, idéalement depuis leur première année de fonctionnement. Ensuite, il faut savoir que le découpage en périodes arbitraires ne permet pas de déceler les années importantes, charnières, qui sont mises en évidence par les tests statistiques de Mann-Kendall-Sneyers et Pettitt préconisés par Vandiepenbeeck (1996a). D'autres tranches de périodes pourraient aussi être utilisées. Enfin, il faut s'assurer qu'il n'y a pas eu de changement majeur dans la méthode de mesure des précipitations, afin de ne pas introduire un biais dans l'analyse.

Une confrontation de nos résultats graphiques et des résultats du test de Mann-Kendall-Sneyers et Pettitt, pour la série d'enregistrements à Uccle, donne une valeur significative à l'augmentation des précipitations observée les mois de mars et de juin, et à la diminution des précipitations du mois d'août, alors que les tendances observées en mai, novembre et décembre ne seraient significatives que par la modification de la variabilité. De la même manière, pour la série de Spa Aérodrome, les écarts visibles entre les valeurs des moyennes mensuelles de la période 1951-1980 à la période 1969-1998 en mars et août sont significatifs également, mais pas en octobre et en juillet.

L'image graphique obtenue pour Zinnwald montre des écarts entre les valeurs des périodes, mais les tendances sont inverses des autres stations et concernent moins de mois : augmentation des précipitations en août, diminution en octobre et dans une moindre mesure aussi en mai. Les autres mois ne montrent aucune tendance. La situation géographique plus continentale et le relief montagneux peuvent expliquer ces tendances opposées.

3. Conclusion

D'après la comparaison des T°min moyennes et des histogrammes d'enneigement, nous pouvons affirmer que la hausse de T°, plus marquée pour les températures minima utilisées dans l'étude, tend à entraîner la disparition progressive des hivers rigoureux et enneigés sur les quelques sommets de relief occupés par le tétras lyre en dehors des zones nordique et alpine de son aire de distribution. Cette conséquence ne présage pas un bon avenir pour l'espèce, qui se retrouve dans des conditions de vie hivernale sub-optimales par rapport à ses adaptations physiologiques.

Nous avons détecté une tendance dans la variabilité des précipitations mensuelles moyennes, qui s'exprime par une augmentation des précipitations au cours des dernières décennies, pendant certains mois de l'année (novembre, décembre, mars, juin) plutôt que d'autres (août, septembre), et ces mois sont cruciaux pour la survie des tétras lyres à tous les âges de leur vie. Cette variation mensuelle de tendance est détectée ici pour la première fois, les analyses de séries de précipitations globalisées par saison ou par année n'ayant jusqu'à présent rien montré de significatif. Séduisante, la présentation graphique utilisée devrait toutefois être validée par des tests statistiques de contrôle.

Ces nouvelles tendances climatiques, si elles se confirment, peuvent effectivement nuire à la reproduction et l'hivernage de l'espèce étudiée. Le réchauffement climatique semble donc bien intervenir dans le déclin des populations à long terme, même si l'espèce en souffre en plus des atteintes à son environnement et à sa tranquillité. A court terme, la conservation du petit coq de bruyère dépend des améliorations de la structure de la végétation, de la capacité d'accueil et de la tranquillité de son habitat préféré. La qualité de la plasticité de l'espèce jouera sur le long terme.

Remerciements

M. Loneux remercie M M. R. Heringa (NL), M. Lutkepohl (D) et T. Kruger (D) pour les données météorologiques communiquées, ainsi que Mme Ch. de Swert, Chef de station Météorologie Belgocontrôle et Mr A. Luxhen, Chef de Poste Météorologie Aéroport de Spa pour les autorisations d'accès et la mise à disposition des carnets d'enregistrement de la station depuis 1951.

Sa participation à la conférence de l'AIC était supportée par un crédit déplacement du F.N.R.S.

Bibliographie

A N G E L S T A M P., 1988 : Population Dynamics in Tetraonids: the Role of Extrinsic Factors, *Proceedings of the XIX International Congress Ornithology*, p. 2458-2477.

A N O N Y M E, 1996 : *Atlas européen. L'atlas familial et scolaire pour tout voir et tout savoir*. Edition 1996/1997 CD-Rom Mac/PC Microfolie 's, Paris.

BERGER A., 1992 : *Le Climat de la Terre. Un passé pour quel avenir ?* De Boeck, 479 p.

BERNARD -LAU RENT A., 1994 : Statut, évolution et facteurs limitant les populations de Tétràs lyre (*Tetrao tetrix*) en France : synthèse bibliographique. *Gibier Faune Sauvage, Game Wildlife* **11** (Hors série Tome 1) p. 205-239.

BROWN R. et BRAATEN R.O., 1998 : Spatial and Temporal Variability of Canadian Monthly Snow Depths, 1946-1995, *Atmos.-Ocean*, **36**, p. 37-54.

DE GRELING C, 1971 : Biologie des tétras *Tetrao urogallus* L. et *Lyrurus tetrix* L. en Finlande. *Alauda* 39 (1) p. 7-28.

EIB ERLE K., 1987: Influence de la température de l'air et des précipitations sur les tableaux de chasse des tétraoninés, *Cahiers d'Ethologie Appliquée* **7** (2) p. 109-128.

ELKINS N., 1983 : *Weather and Bird Behaviour*, T & AD Poyser Ltd , 239 p.

GELLENS D. et ROULIN E., 1998 : Streamflow response of Belgian catchments to IPCC climate change scenarios, *Journal of Hydrology* 210, p. 242-258.

GLUTZ von BLOTZHEIM U. et coll., 1985 : *Les Tétræonidés*, Station Ornithologique Suisse de Sempach, rapport 32 p.

HANTEL M., EHRENDORFER M. & HASLINGER A.-M., 2000 : Climate sensitivity of snow cover duration in Austria, *International Journal of Climatology*. 20, p. 615-623.

IPCC, 1996. Watson R.T., Zinyowera M.C. and Moss R.H. (eds), *Climate Change 1995. Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change. Scientific-Technical Analyses. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the IPCC*, Cambridge University Press, Cambridge.

KLAUS S., BERGMANN H.H., MARTI C, MÜLLER F., VITOVIC O.A. and WIESNER J., 1990 : *Die Birkhühner Tetrao tetrix und Tetrao mlokosiewiczzi*, A. Ziemsen Verlag, Die Neue Brehm Bücherei n°397.

LINDSEY J.K., 1999 : On the use of corrections for overdispersion, *Appl. Statistics* 48, Part 4, p. 553-561.

L O N E U X M . , 2001 : Modélisation de l'influence du climat sur les fluctuations de population du tétras lyre *Tetrao tetrix* en Europe. Actes du Colloque Tétràs Lyre, Liège 26-29 Septembre 2000, *Cahiers d'Ethologie* 20 (2-3-4) p. 191-216.

LONEUX M., LINDSEY J.K. et RUWET J.C., 1997[1998] : Influence du climat sur l'évolution de la population de tétras-lyre *Tetrao tetrix* dans les Hautes-Fagnes de Belgique de 1967 à 1996. *Cahiers d'Ethologie*, 17 (2-3-4) p. 345-386.

L O N E U X M. et R U W E T J. C., 1997[1998] : Evolution des populations de tétras lyres *Tetrao tetrix* L. en Europe : un essai de synthèse bibliographique, *Cahiers d'Ethologie* 17(2-3-4), p. 287-343.

MARTI Ch., 1986 : Situation énergétique du Tétràs-lyre en période d'hivernage, *Bulletin Mensuel de l'Office National de la Chasse* n° 99, p. 12-15.

MARTI Ch., 1988 : Das Birkhuhn in den Alpen : ein ökologischer Vergleich mit fennoskandischen und norddeutschen Populationen. Möglichkeiten, Probleme und Aussichten der Auswilderung von Birkwild; Schutz und Status der Raufusshühner in Niedersachsen, *Morddeutsche Naturschutzakademie Berichte* 1 (2), p. 117-120.

M U R P H Y S. J. and WASHINGTON R., 2001 : United Kingdom and Ireland precipitation variability and the North Atlantic Sea level pressure field, *International Journal of Climatology* 21, p. 939-959

OSBORN T.J., HULME M., JONES P.D., BASNETT TA., 2000 : Observed Trends in the Daily Intensity of United Kingdom Precipitation, *International Journal of Climatology* 20, p. 347-364.

PAULI H.R., 1974 : Zur Winterökologie des Birkhuhns *Tetrao tetrix* in den Schweizer Alpen, *Der Ornithologische Beobachter* 71 (4), p. 247-278.

PFISTER L., HUMBERT J. and HOFFMANN L., 2000 : Recent Trends in rainfall-runoff characteristics in the Alzette River Basin, Luxembourg., *Climate Change*, 45., 323-337.

PULLIAINEN E., 1982: Breeding, foraging and wintering strategies of the Black Grouse, *Lyrurus tetrix* L., in the Finnish taiga - a review, *Aquila Ser. Zool.* 21 p. 68-75.

SERREZE M. C, WALSH J. E., CHAPIN III F. S., OSTERKAMP T, DYURGEROV M., ROMANOVSKY V, OECHELI W. C, MORISON J., ZHANG T. and BARRY R. G., 2000 : Observational evidence of recent change in the northern high-latitude environment. *Climate Change*. 46, p. 159-207.

STORCH I., 2001 : An Overview to Population Status and Conservation of Black Grouse Worldwide. Actes du Colloque Tétrasyre, Liège, 26-29 septembre 2000, *Cahiers d'Ethologie*, 20 (2-3-4), p. 153-164.

T O O M I N G H. et K A D A J A J., 2000 : Snow cover and surface albedo, *Estonia. Meteorological Zeitschrift* 9 (2), p. 97-102.

VANDIEPENBEECK M., 1996a : Détection pratique de changement de climat dans le cas d'une alternative au caractère aléatoire. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 8 p. 116-124.

VANDIEPENBEECK M. , 1996b : Fluctuations récentes dans les séries climatiques de Bruxelles - Uccle (Belgique). *Publications de l'Association Internationale de Climatologie* 9, p. 528-535.

WINGFIELD J.C., 1984 : Influence of weather on reproduction, *Journal of Experimental Zoology* 232, p. 589-594.