

SYNTHESE

Influence de la température de l'air et des précipitations sur les tableaux de chasse des tétraoninés*

par
K. EIBERLE**

SUMMARY. Effects of air temperature and precipitation on the annual bag of grouse (*Tetraoninae*).

The present paper deals with the effects of the weather on the annual bag of capercaillie, black grouse, hazel hen and ptarmigan in the canton of Grison (Switzerland). The investigation covers the period 1919-1979, comprising 41, 44 or 59 annual bags, depending on the game species concerned. An assessment was made of air temperature and total precipitation, both being included in the analysis as average values of periods ranging from one to twelve years.

The results showed that under the given general climate the grouse bag was influenced by climatic factors to a remarkably high degree. The effects of the weather during early rearing and the long-term living conditions in winter, in particular, proved to be important key factors in shaping the pattern of abundance dynamics in this central alpine region. The bird species involved showed different sensitivity with respect to the individual climatic factors.

* Reçu le 1.09.1986

** Institut für Wald- und Holzforschung der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich. Fachbereich Waldbau. ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich.

INTRODUCTION

Au cours des dernières décennies, les populations de tétraoninés ont fortement diminué dans de nombreux endroits d'Europe occidentale; pareillement, leur aire de répartition a considérablement rétréci (GLUTZ von BLOTZHEIM, 1973a). Cette évolution s'est manifestée dans tous les pays alpins, si bien qu'en Suisse également, on s'interroge sur les facteurs qui en sont responsables (KOCH & EIBERLE, 1978; HESS, 1980; PAULI, 1980; ZBINDEN, 1980).

A côté des modifications de l'habitat imputables à des facteurs d'ordre économique (EIBERLE & KOCH, 1975; EIBERLE, 1976, 1984; SCHERZINGER, 1976a, 1976b) et des graves perturbations provoquées par l'homme (MÜLLER, 1977; MEILE, 1982), les facteurs météorologiques concourent de façon déterminante à ce recul de population. Les publications en ont souvent fait état; mais force est de constater que si les données relatives aux pays scandinaves ne manquent pas, nous ne disposons pour l'Europe centrale et la région alpine que de rares informations (GLUTZ von BLOTZHEIM, 1973b; EIBERLE, 1974; SCHRÖDER, 1974; BERGMANN, KLAUS, MÜLLER & WIESNER, 1978; KORSCH, 1982).

Nous devons partir de l'hypothèse selon laquelle l'influence des facteurs météorologiques diffère selon le domaine climatique considéré, et selon laquelle la réponse des tétraoninés à ces influences est spécifique. Nous avons donc étudié l'incidence de la température de l'air et des précipitations sur les tableaux de chasse des tétraoninés pour un secteur des Alpes centrales. Il s'agit du grand tétras (*Tetrao urogallus*), du tétras lyre (*Tetrao (Lyrurus) tetrrix*) dont seuls les coqs peuvent être tirés, de la gélinotte des bois (*Bonasa bonasia*) et du lagopède alpin (*Lagopus mutus*).

Les résultats de ces recherches ont déjà fait l'objet de publications séparées pour chaque espèce (EIBERLE & MATTER, 1983a, 1984a, 1984b, 1985). Le présent travail représente une synthèse de nos résultats et devrait permettre d'établir une comparaison entre les différentes espèces de tétraoninés.

PRESENTATION DU PROBLEME

Les relevés des tableaux de chasse sont souvent les seules données dont nous disposons pour évaluer l'influence des facteurs météorologiques. Certes, ces statistiques ne reflètent qu'approximativement l'évolution des populations animales. Elles présentent toutefois le grand avantage de permettre l'étude des influences de ces facteurs à long terme. Comme nous avons pu le constater pour le lièvre brun (*Lepus europaeus*) et la perdrix bartavelle (*Alectoris graeca*), les populations ne réagissent que lentement aux variations de certains facteurs climatiques (EIBERLE & MATTER, 1982, 1983b, 1983c). C'est pourquoi il est absolument indispensable de fonder l'analyse de ces éléments non seulement sur des mesures annuelles, mais également sur les moyennes de plusieurs années.

Par rapport à la toundra ou à la taïga, les principales aires de répartition des tétraoninés, ces espèces rencontrent dans les Alpes des conditions climatiques nettement moins favorables. Dans cette région, il convient essentiellement de prendre en considération les facteurs suivants, susceptibles de mettre en péril la survie des différentes espèces :

- La couche de neige est beaucoup plus épaisse dans les Alpes que dans la zone boréale.
- La saison chaude peut être considérablement raccourcie par un hiver précoce et un dégel tardif.
- Pendant la période d'élevage des poussins néonates, surviennent parfois encore des températures extrêmement basses dues à des retours du froid et au rayonnement nocturne.
- Même dans des conditions climatiques continentales, les périodes sans pluie sont relativement brèves dans les régions alpines.
- Le vent, de même qu'un rayonnement solaire intense, peuvent entraîner sur de vastes étendues la formation rapide d'une croute neigeuse.
- Des gelées printanières et automnales répétées peuvent endommager des plantes nourricières indispensables.

Au vu de ces facteurs présumés très néfastes, nous avons tenté de déterminer certains des éléments météorologiques les plus critiques pour chaque espèce de tétraoniné. Nous avons jugé opportun de poser au préalable le problème dans les termes suivants :

- Quelle est l'incidence de la température de l'air et des précipitations sur le patron de fluctuation des populations, si on fait abstraction de leurs perturbations réciproques ?
- Certains mois de l'année se caractérisent-ils par une influence particulière des facteurs météorologiques comme c'est le cas pendant la période de reproduction et la saison hivernale ?
- Dans quelle mesure la mise en évidence de certaines influences des facteurs météorologiques sur la dynamique des populations dépend-elle du nombre d'années prises en considération ?
- Jusqu'à quel point l'influence conjointe des facteurs météorologiques déterminants peut-elle expliquer les variations des tableaux de chasse des tétraoninés ?
- Les résultats de notre étude concordent-ils avec les conclusions tirées de recherches antérieures ?

EVOLUTION CLIMATIQUE DANS NOTRE ZONE D'ETUDE

Cette étude concerne uniquement le canton des Grisons qui couvre au total 7.106 km². En général, les précipitations sont moins abondantes que dans les Alpes septentrionales, parce que les vents d'Ouest porteurs d'humidité se sont déjà déchargés en grande partie sur les chaînes de montagne situées plus à l'Ouest. La plus grande partie du canton jouit d'un climat typiquement continental, caractérisé par d'importants écarts thermiques journaliers et saisonniers et par un intense rayonnement. Par conséquent, les conditions climatiques y sont généralement plus favorables que dans le Nord et le Sud des Alpes.

L'évolution à long terme de la température de l'air (**fig. 1**) et des précipitations (**fig. 2**) révèle une différence marquante du point de vue météorologique entre la période qui s'étend de 1942 à 1953 et les périodes antérieure et postérieure. Cet intervalle de douze ans s'est caractérisé par un climat nettement continental, puisqu'on y a enregistré des températures hivernales basses et des étés beaucoup plus secs, de même que des températures moyennes extrêmement élevées à l'époque de la reproduction. En revanche, avant cette période sèche, on a connu assez souvent des hivers froids à précipitations abondantes, tandis qu'après 1953 ont dominé des étés frais et des hivers doux.

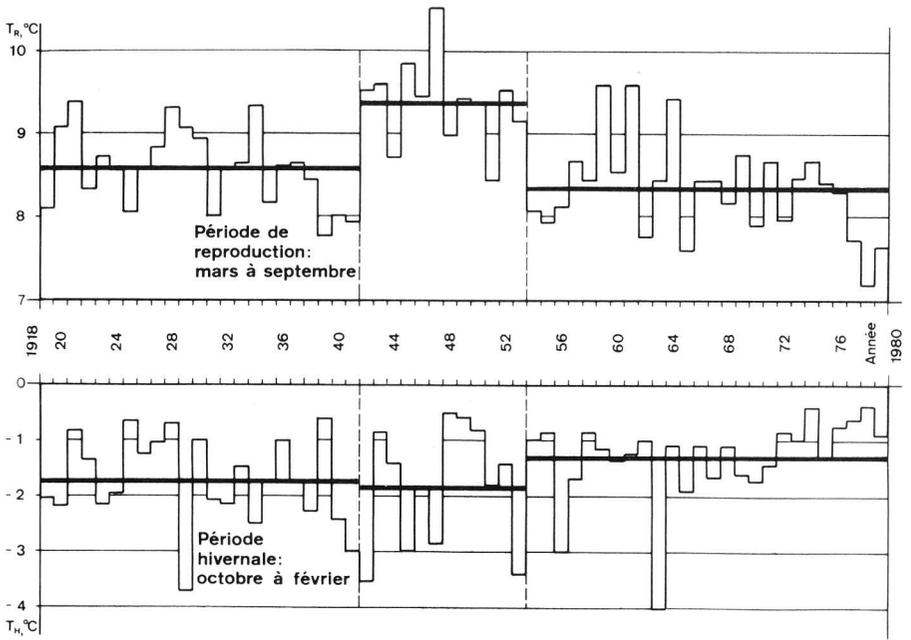


Fig. 1. Moyennes des températures mensuelles de l'air, T_R et T_H . Moyennes des stations Bever, Platta-Medels, Davos-Platz, Schuls et Vicosoprano.

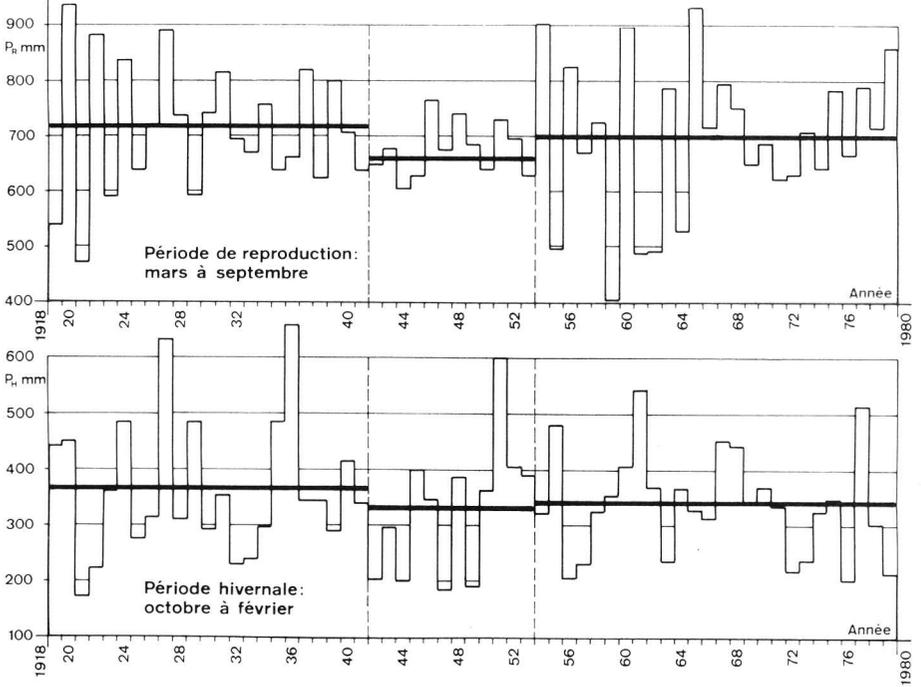


Fig. 2. Sommes des précipitations, P_R et P_H . Moyennes des stations Bever, Platta-Medels, Davos-Platz, Schuls et Vicosoprano.

En raison de l'étendue de notre période d'investigation, la température de l'air et le volume des précipitations présentent des variations considérables. Nous avons donc l'assurance que notre analyse tient suffisamment compte des fluctuations des facteurs météorologiques susceptibles d'intervenir dans les conditions climatiques données.

EVOLUTION DES TABLEAUX DE CHASSE

Les données statistiques recueillies dans le canton des Grisons portent sur une période inhabituellement longue pour la Suisse; les conditions sont donc propices à une étude des relevés. Nous disposons de données chiffrées à partir de l'année 1919, soit 41, 44, voire 59 relevés selon les espèces. Entre 1925 et 1939, la chasse a été interdite dans tout le canton et la chasse au grand tétras a été suspendue de 1947 à 1951. La gélinotte, en 1962, et le grand tétras, en 1970, ont été définitivement portés sur la liste des oiseaux protégés.

Entre 1942 et 1953, les tableaux de chasse de toutes les espèces considérées (**fig. 3 et 4**) présentent un maximum synchrone qui ne peut s'expliquer que par les conditions favorables à la reproduction qui ont prévalu au cours de cette période de sécheresse prolongée. Toutefois, cette similitude mise à part, on observe entre les relevés des différentes espèces des divergences fondamentales. On remarque particulièrement les valeurs élevées obtenues pour le grand tétras de 1919 à 1942, de même que le recul relativement modeste des tirs de tétras lyres et de lagopèdes après 1953. Ce sont ces écarts dans l'évolution des tableaux de chasse qui nous donnent à penser que la température de l'air et les précipitations n'agissent pas de la même manière sur les différentes espèces.

Les fluctuations importantes mais irrégulières que présentent ces tableaux de chasse sont attribuables aux facteurs météorologiques, mais également aux imprécisions qui se glissent inévitablement dans les relevés, aux hasards de la chasse, à des modifications de biotopes et aux variations de la pression exercée par la chasse. En particulier, cette dernière s'est continuellement intensifiée au fur et à mesure que le nombre de chasseurs augmentait. Toutefois, comme il s'est avéré que le nombre de permis de chasse délivrés n'influence pratiquement pas les tableaux de chasse pour le lièvre (NIZON, 1980), il ne faut pas non plus accorder trop d'importance à ce biais pour les tétraoninés.

METHODE D'INVESTIGATION

L'influence des différents facteurs météorologiques sur les tableaux de chasse a été étudiée systématiquement au moyen des méthodes de régression et de corrélation. Nous avons choisi pour variables indépendantes la température de l'air et le total des précipitations, que nous faisons intervenir comme suit pour notre analyse :

- Le cycle annuel commence en octobre et se termine en septembre de l'année suivante.
- Nous avons tenu compte aussi bien des valeurs annuelles, hivernales (d'octobre à février) et des mesures obtenues pour la période de reproduction (de mars à septembre), que des valeurs mensuelles.

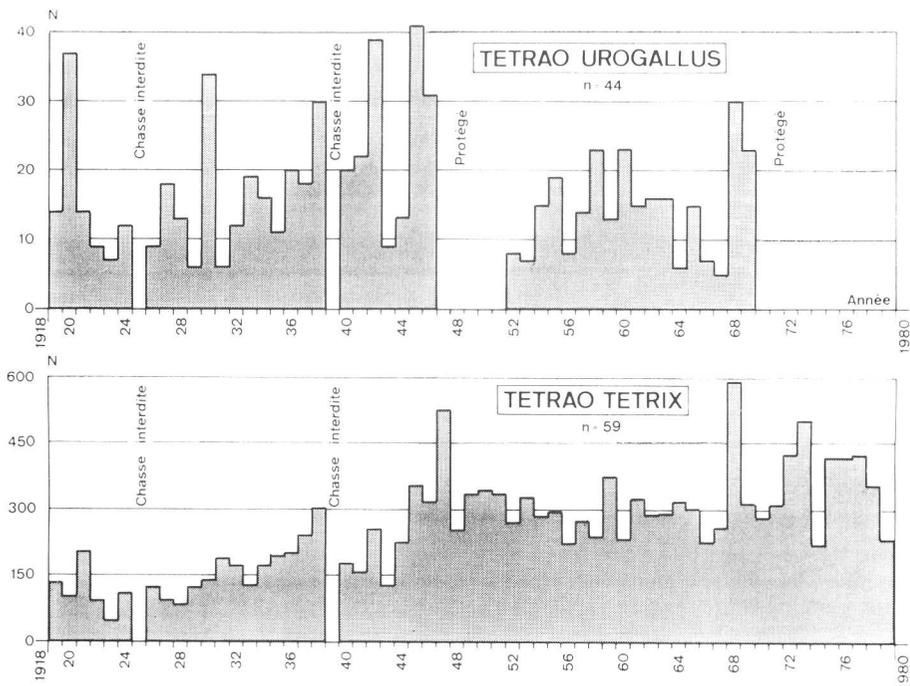


Fig. 3. Nombre d'animaux tirés, N. Grand tétras et tétras lyre.

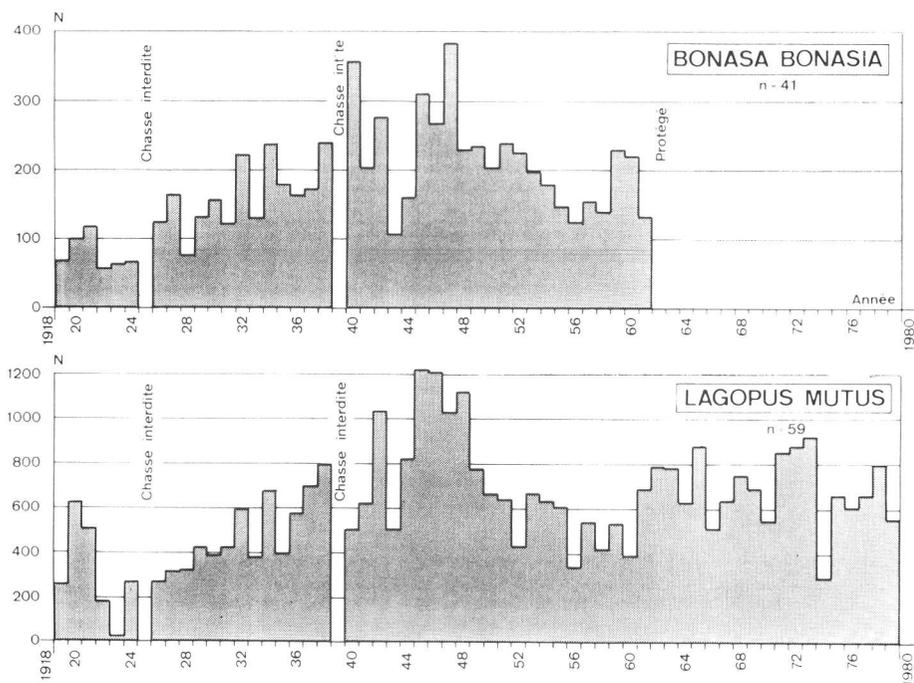


Fig. 4. Nombre d'animaux tirés, N. Gélinotte des bois et lagopède des Alpes.

- La "période de reproduction" couvre l'intervalle compris entre le début de la parade nuptiale et la formation des bandes hivernales (GLUTZ von BLOTZHEIM, 1962).
- Nous avons fixé la durée de prise en considération des facteurs météorologiques à 1, 2, 4, 6, 8, 10 et 12 ans selon les cas. Il s'agit du nombre d'années ayant servi au calcul des moyennes. Les années concernées figurent en début des tableaux de chasse.

Nous avons ainsi été amenés à considérer 210 valeurs qui ont toutes été introduites dans notre analyse. Les abréviations représentent le facteur météorologique, le mois ou la saison, ainsi que la durée d'évaluation (tableau 1).

Tableau 1. Abréviations désignant les données météorologiques (exemples)

Symbole	Définition
T ₁ (1)	Température moyenne de l'air, janvier Moyenne de 1 an
P ₉ (12)	Total des précipitations, septembre Moyenne de 12 ans
T _H (4)	Température mensuelle moyenne Saison hivernale, octobre à février Moyenne de 4 ans
P _R (2)	Total des précipitations Période de reproduction, mars à septembre Moyenne de 2 ans
T (8)	Température mensuelle moyenne Ensemble de l'année, octobre à septembre Moyenne de 8 ans
P (6)	Total des précipitations Ensemble de l'année, octobre à septembre Moyenne de 6 ans

Toutes les données ont été recueillies aux stations de Bever (1712 m), Platta-Medels (1378 m), Davos-Platz (1561 m), Schuls (1253 m) et Vicosoprano (1065 m), régulièrement réparties dans l'ensemble du canton (SCHÜEPP, 1961; UTTINGER, 1965; SCHWEIG. METEOROLOG. ZENTRALANST., 1961-1979). Pour nos calculs, nous avons uniquement utilisé les moyennes des données de ces cinq stations.

On ne peut se faire une idée correcte de l'incidence de la température et des précipitations sur les tableaux de chasse (N) qu'à condition d'éliminer l'influence réciproque de ces deux variables indépendantes. Cette condition est remplie si on utilise les coefficients de corrélation partielle, obtenus grâce à la formule suivante :

$$N = a + bT + cP \quad \text{où} \quad \begin{array}{l} N = \text{nombre d'animaux tirés} \\ T = \text{température en } ^\circ\text{C} \\ P = \text{précipitations, en mm.} \end{array}$$

Dans un premier temps, nous avons calculé séparément les coefficients de corrélation partielle pour la période de reproduction et la saison hivernale. Nous avons ainsi obtenu un premier résultat nous renseignant sur l'incidence des facteurs météorologiques. Pour déterminer l'influence conjointe des facteurs météorologiques dominants et établir dans quelle mesure les conditions atmosphériques des différents mois se repercutent sur les tableaux de chasse, nous avons ensuite utilisé la méthode de régression multiple pas à pas (ANONYME, 1979). Nous avons calculé pour chaque espèce deux modèles de régression. Le premier comprend les moyennes de chaque période dont on a pu démontrer qu'elles avaient une influence significative sur les tableaux de chasse. La seconde équation de régression reprend les valeurs moyennes mensuelles correspondantes.

ACTION DE LA TEMPERATURE ET DES PRECIPITATIONS

Les coefficients de corrélation (**tableau 2**) montrent que la saison joue un rôle déterminant dans la relation existant entre les tableaux de chasse et les facteurs météorologiques. C'est la raison pour laquelle les données météorologiques intégrées pour une année entière se prêtent mal à l'analyse de relevés de chasse. Les conditions hivernales, en particulier les précipitations, importent beaucoup plus qu'on ne l'imagine chez des oiseaux apparemment bien adaptés à l'hiver.

Il ressort également clairement de ces premiers résultats que les effectifs des tétraoninés ne réagissent de façon significative qu'à des variations météorologiques s'étendant sur plusieurs années. Afin de dégager les influences météorologiques déterminantes, nous sommes par conséquent amenés à tenir compte chez ces espèces de l'action à long terme des composantes météorologiques.

ACTION CONJUGUEE DES FACTEURS METEOROLOGIQUES

La méthode de régression multiple pas à pas permet d'exclure les perturbations réciproques entre les facteurs météorologiques de la saison hivernale et de la période de reproduction et entre celles de périodes d'inégale importance. Les résultats (**tableau 3**) nous permettent ainsi d'évaluer la structure et l'interaction des facteurs météorologiques déterminants.

Les relations obtenues diffèrent en plusieurs points importants de celles mises en évidence pour l'Europe septentrionale et présentent des différences remarquables entre les espèces.

Tetrao urogallus :

Les résultats obtenus pour le grand tétras doivent s'assortir d'un coefficient d'incertitude élevé. Le nombre d'animaux tirés figurant dans les relevés est généralement faible et ceux-ci dépendent donc dans une très large mesure des aléas de la chasse. Par ailleurs, nous ne disposons d'aucune donnée pour l'importante période allant de 1947 à 1951.

En raison de ces insuffisances, les moyennes mensuelles ne nous fournissent aucune corrélation significative. Les moyennes périodiques indiquent toutefois une diminution des tableaux de chasse à la suite de températures hivernales clémentes. On peut ici incriminer le broutage intensif des myrtilles par les cerfs, une augmentation du taux de parasitisme du tractus digestif, et les dégâts provoqués aux plantes nourricières par un gel prolongé en l'absence d'une couverture neigeuse suffisamment épaisse.

Etant donné que dans le cas qui nous occupe, la population de cervidés n'a été excessive que pendant une partie seulement de notre période d'investigation et qu'en raison de la faible densité des grands tétras il ne faut pas attribuer trop d'importance au parasitisme par les vers du tube digestif et par les coccidies, les dégâts infligés par le gel aux myrtilles sont probablement responsables au premier chef du recul des populations de cette espèce. Il serait souhaitable de poursuivre des observations sur ce point à des altitudes supérieures.

Tetrao tetrix :

Il existe une corrélation positive entre le tableau de chasse du tétras lyre et les températures moyennes du mois de février, calculées sur douze ans. En cas de températures basses au coeur de l'hiver, il faut s'attendre à une augmentation de la mortalité. Ce phénomène s'explique par une modification de la texture de la couche neigeuse qui ne permet plus au tétras de s'enfouir dans la neige pour se protéger contre le froid extrême (MEILE, 1982).

D'abondantes chutes de neige en novembre ont une influence positive sur les populations de tétras lyre, parce qu'il est vital pour cette espèce de pouvoir se protéger du froid en s'enfouissant dans la neige dès le début de l'hiver. De plus, si la couche de neige est trop mince, le gel risque d'endommager des plantes nourricières indispensables qui doivent également être efficacement protégées contre le froid (PAULI, 1974; ZETTEL, 1974; FREY, 1977).

D'abondantes chutes de neige en mars et en avril entraînent une diminution des tableaux de chasse du tétras lyre. En cas de dégel tardif, les poules abordent la période de ponte dans de moins bonnes conditions, ce qui diminue la taille de la ponte et la réussite des couvées (GLUTZ von BLOTZHEIM, 1973b). Ce facteur ne se répercute sur les populations de tétras lyre que si, au printemps, les possibilités réduites de nourrissage se maintiennent suffisamment longtemps.

Les tableaux de chasse du tétras lyre diminuent également quand on enregistre pendant plusieurs années successives d'abondantes précipitations au mois de septembre. On est donc en droit de penser que des pluies persistantes en automne auxquelles s'ajoutent des températures nocturnes relativement basses affaiblissent déjà les oiseaux avant le début de l'hiver proprement dit. Les juvéniles seraient particulièrement sensibles parce que à cette époque leur croissance n'est pas terminée et qu'ils n'ont par conséquent que de faibles réserves d'énergie.

Tableau 2

Incidence de la température de l'air et des précipitations sur le tableau de chasse N

r = coefficient de corrélation partielle; P = degré de signification

Espèce	Durée d'évaluation Années	r	Température de l'air - Précipitations				
			P	Période		(Mois)	
				X-II	III-IX	X-II	III-IX
<u>Tetrao</u> <u>urogallus</u>	1	r	-0.133	+0.209	+0.050	+0.158	
	2		-0.291	+0.037	+0.175	-0.100	
	4		-0.183	+0.032	+0.099	+0.109	
	6		-0.357	-0.098	+0.056	+0.047	
	8		-0.402	-0.267	+0.125	+0.040	
	10		-0.335	-0.176	+0.133	+0.084	
	12		-0.275	-0.134	+0.300	+0.117	
	1		P	-	-	-	-
	2	-		-	-	-	
	4	-		-	-	-	
	6	0.05		-	-	-	
	8	0.01		-	-	-	
	10	0.05		-	-	-	
	12	-		-	0.05	-	
<u>Tetrao</u> <u>tetrix</u>	1	r	+0.145	-0.048	-0.110	-0.177	
	2		+0.221	-0.039	-0.071	-0.160	
	4		+0.281	-0.071	-0.169	-0.253	
	6		+0.252	-0.020	-0.340	-0.286	
	8		+0.188	-0.093	-0.367	-0.434	
	10		+0.193	-0.011	-0.387	-0.388	
	12		+0.278	+0.059	-0.314	-0.320	
	1		P	-	-	-	-
	2	-		-	-	-	
	4	0.05		-	-	-	
	6	-		-	0.01	0.05	
	8	-		-	0.01	0.001	
	10	-		-	0.01	0.01	
	12	0.05		-	0.05	0.05	

Tableau 2 (suite)

Incidence de la température de l'air et des précipitations sur le tableau de chasse N

r = coefficient de corrélation partielle; P = degré de signification

Espèce	Durée d'évaluation Années	r p	Température de l'air - Précipitations			
			Période (Mois)			
			X-II	III-IX	X-II	III-IX
<u>Bonasa</u> <u>bonasia</u>	1	r	-0.291	+0.336	-0.067	-0.002
	2		-0.189	+0.254	-0.065	-0.036
	4		-0.109	+0.273	-0.181	-0.051
	6		-0.060	+0.278	-0.258	-0.144
	8		-0.208	+0.307	-0.335	-0.072
	10		-0.221	+0.336	-0.395	+0.057
	12		-0.251	+0.383	-0.254	+0.109
	1	P	-	0.05	-	-
	2		-	-	-	-
	4		-	-	-	-
	6		-	-	-	-
	8		-	-	0.05	-
	10		-	0.05	0.05	-
	12		-	0.05	-	-
<u>Lagopus</u> <u>mutus</u>	1	r	-0.118	+0.173	-0.156	-0.028
	2		-0.137	+0.179	-0.086	-0.134
	4		-0.171	+0.147	-0.121	-0.189
	6		-0.175	+0.135	-0.278	-0.213
	8		-0.226	+0.027	-0.387	-0.266
	10		-0.256	+0.039	-0.404	-0.197
	12		-0.166	+0.071	-0.194	-0.125
	1	P	-	-	-	-
	2		-	-	-	-
	4		-	-	-	-
	6		-	-	0.05	-
	8		-	-	0.01	0.05
	10		0.05	-	0.01	-
	12		-	-	-	-

Tableau 3

Résultats de la régression multiple pas à pas. Niveau de signification $P = 0.05$

Espèce	Variables indépendantes	Equation des droites de régression $y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + \dots$	$B = r^2$ %
<u>Tetrao</u> <u>urogallus</u>	$T_H(6)$; $T_H(8)$ $P_H(12)$	$N = - 11.4914 - 16.6195 T_H(8)$	14.9
	$T_{10}(6)$ bis $T_2(6)$ $T_{10}(8)$ bis $T_2(8)$ $P_{10}(12)$ bis $P_2(12)$	Aucun facteur n'atteint le niveau de signification $P = 0,05$	-
<u>Tetrao</u> <u>tetrix</u>	$T_H(12)$ $P_H(8)$; $P_H(10)$ $P_R(8)$; $P_R(10)$	$N = + 2091.13 + 162.578 T_H(12) - 1.64133 P_R(8)$ $- 1.19832 P_H(10)$	35.6
	$T_{10}(12)$ bis $T_2(12)$ $P_{10}(8)$ bis $P_2(8)$ $P_{10}(10)$ bis $P_2(10)$ $P_3(8)$ bis $P_9(8)$ $P_3(10)$ bis $P_9(10)$	$N = + 1390.69 + 131.295 T_2(12) + 1.66991 P_{11}(8)$ $- 2.45903 P_3(8) - 5.08105 P_4(8) - 2.35369 P_9(8)$	67.4

Tableau 3 (suite)

Résultats de la régression multiple pas à pas. Niveau de signification P = 0.05

Espèce	Variables indépendantes	Equation des droites de régression $y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + \dots$	B = r ² %
<u>Bonasa</u> <u>bonasia</u>	T _R (10) ; T _R (12) P _H (8) ; P _H (10)	N = + 701.892 - 1.46560 P _H (10)	22.6
	T ₃ (10) bis T ₉ (10) T ₃ (12) bis T ₉ (12) P ₁₀ (8) bis P ₂ (8) P ₁₀ (10) bis P ₂ (10)	N = - 1849.23 + 168.958 T ₆ (12)	48.2
<u>Lagopus</u> <u>mutus</u>	P _H (8) ; P _H (10) P _R (6) ; P _R (8)	N = + 2012.51 - 3.95593 P _H (10)	14.3
	P ₁₀ (8) bis P ₂ (8) P ₁₀ (10) bis P ₂ (10) P ₃ (6) bis P ₉ (6) P ₃ (8) bis P ₉ (8)	N = + 1919.53 - 12.7436 P ₁ (10) - 9.44505 P ₄ (8) - 2.38800 P ₁₀ (8) + 3.15851 P ₉ (6)	56.8

***Bonasa bonasia* :**

Il existe une corrélation positive entre les tableaux de chasse annuels de la gélinotte des bois et la température moyenne à long terme du mois de juin. La gélinotte est la seule espèce pour laquelle nous sommes arrivés à démontrer qu'un temps frais succédant à l'éclosion entraîne une augmentation de la mortalité chez les poussins. Cette constatation confirme amplement les observations de chercheurs scandinaves selon lesquelles, durant les premières semaines de leur existence, les jeunes sont particulièrement sensibles à de mauvaises conditions météorologiques et à la pénurie d'insectes qui en découle (GLUTZ von BLOTZHEIM, 1973b).

Le risque d'une mortalité élevée est d'autant plus grand chez la gélinotte que les poussins sont particulièrement petits (BERGMANN, KLAUS, MÜLLER & WIESNER, 1978). Il n'est donc pas exclu que cette espèce réagisse plus rapidement que d'autres aux périodes de mauvais temps pendant l'élevage des jeunes et souffre davantage de la déforestation des étages les plus propices du point de vue climatique.

Outre les températures de juin, d'importantes précipitations hivernales répétées au cours de plusieurs années successives ont été néfastes aux populations des gélinottes. L'abondance des précipitations hivernales peut retarder la fonte des neiges de façon critique pour cet oiseau. Cet effet négatif est encore accentué par le fait que la gélinotte vit dans des habitats où prévalent des conditions climatiques à la limite du supportable. En effet, du fait de ses préférences quant à la structure de son habitat forestier, cet oiseau a dû en maints endroits gagner l'étage montagnard supérieur (EIBERLE & KOCH, 1975; SCHERZINGER, 1976b).

***Lagopus mutus* :**

Dans les Grisons, les moyennes des précipitations des mois d'octobre, de janvier et d'avril, calculées sur des périodes de huit à dix ans, se sont avérées être les facteurs clés façonnant le patron de fluctuation des populations chez le lagopède des Alpes. Les résultats montrent clairement que d'abondantes chutes de neige se répétant sur plusieurs années sont capables de réduire les populations de lagopèdes, non seulement en raison du volume des précipitations survenant au plus fort de l'hiver, mais également en raison des offensives hivernales précoces et du dégel tardif. Cette constatation s'applique à une espèce qui, même pendant l'hiver, se nourrit exclusivement au sol.

A la fin de l'été, bon nombre de lagopèdes gagnent les étages supérieurs (GLUTZ von BLOTZHEIM, 1962). Ce phénomène est seul à pouvoir expliquer la corrélation positive existant entre les tableaux de chasse et les précipitations de septembre. Les intempéries forcent les lagopèdes à descendre vers les étages inférieurs, où ils trouvent des possibilités de nourrissage plus propices qu'à l'étage nival. Cependant, ils y sont davantage exposés aux chasseurs de petit gibier.

SIMULATION DE TABLEAUX DE CHASSE THEORIQUES

A l'exception du grand tétaras, les équations de régression ont donné de meilleurs résultats avec les moyennes mensuelles qu'avec les moyennes saisonnières (**tableau 3**). Les coefficients de détermination multiple (r^2) ont atteint des valeurs remarquablement élevées de 48,2 et 67,4 %. Il a ainsi été possible de calculer avec précision l'importance des tableaux de chasse prévue par les différents modèles (**tableau 4**).

On peut en conclure qu'avant 1942 déjà, les conditions météorologiques ont été globalement aussi défavorables aux tétraoninés que celles qui ont prévalu entre 1954 et 1979. On peut néanmoins attribuer aux populations restantes un important pouvoir de régénération, bien qu'une augmentation sensible des populations ne soit possible qu'en présence des conditions météorologiques favorables à long terme. Malheureusement, une période climatique à caractère fortement continental susceptible de se maintenir pendant plusieurs années, telle qu'elle a été enregistrée de 1942 à 1953, doit être considérée comme un événement exceptionnel.

Tableau 4. Comparaison entre les tableaux de chasse réels et les tableaux de chasse calculés

Espèce	Intervalle de temps	Tableau de chasse annuel moyen, en pièces			
		selon les relevés	selon les calculs	Différence	Ecart en %
		1	2	1 - 2 = 3	3 en pourcent de 1
<u>Tetrao urogallus</u>	1919-1941	16.5	17.3	- 0.8	- 4.9
	1942-1953	21.1	20.2	+ 0.9	+ 4.3
	1954-1969	15.5	14.9	+ 0.6	+ 3.9
<u>Tetrao tetrix</u>	1919-1941	151.2	153.1	- 1.9	- 1.3
	1942-1953	305.0	310.0	- 5.0	- 1.6
	1954-1979	322.9	319.3	+ 3.6	+ 1.1
<u>Bonasa bonasia</u>	1919-1941	149.8	154.9	- 5.1	- 3.4
	1942-1953	236.2	213.3	+ 22.9	+ 9.7
	1954-1961	169.3	190.3	- 21.0	- 12.4
<u>Lagopus mutus</u>	1919-1941	437.8	449.8	- 12.0	- 2.7
	1942-1953	841.9	763.7	+ 78.2	+ 9.3
	1954-1979	640.6	667.1	- 26.5	- 4.1

CONCLUSIONS

Les résultats de la présente étude donnent lieu aux considérations suivantes :

Sur le plan méthodologique, il convient de souligner que les moyennes des données météorologiques calculées sur des périodes d'inégale importance permettent d'établir des corrélations qui passeraient inaperçues dans une étude ne reprenant que des mesures annuelles. Afin de pouvoir tirer un maximum de renseignements d'une analyse des tableaux de chasse, il convient de ne jamais perdre de vue que l'influence des facteurs météorologiques sur le patron de fluctuation des populations est souvent liée à des laps de temps variables. Par ailleurs, l'analyse, structurée par mois, doit couvrir un cycle annuel complet et porter sur l'action conjointe des facteurs météorologiques.

Etant donné le climat général, la température et le volume des précipitations enregistrés au début de l'élevage des poussins ne jouent pas le rôle prépondérant qu'on leur attribue ailleurs (GLUTZ von BLOTZHEIM, 1973b). La gélinotte est la seule espèce pour laquelle nous avons pu démontrer sans ambiguïté que les conditions critiques de juin sont effectivement responsables d'une augmentation de la mortalité juvénile. Dans les Grisons, les tétraoninés sont manifestement avantagés au cours de la saison chaude par les chaînes de montagnes qui les protègent des précipitations et par les températures continentales enregistrées en de nombreux endroits. Ces deux facteurs réduisent considérablement l'importance des conditions météorologiques de la période d'élevage par rapport aux Alpes du Nord et du Sud.

En revanche, l'incidence sur l'évolution des populations de tétraoninés des conditions hivernales prévalant au cours de plusieurs années successives s'est révélée être beaucoup plus importante qu'on ne l'imaginait. Cette constatation s'applique surtout à l'influence des précipitations hivernales sur le tétras lyre, la gélinotte et le lagopède qui, dans les Alpes, vivent à des altitudes extrêmement élevées recevant d'abondantes chutes de neige. Un hiver précoce et un dégel tardif limitent les ressources alimentaires et par conséquent affaiblissent considérablement les oiseaux. De fortes chutes de neige compromettent grandement la survie du lagopède des Alpes au cours de l'hiver, cette espèce se nourrissant exclusivement au sol.

Notre étude révèle par ailleurs, et c'est là un aspect qui mérite notre attention, que les conditions météorologiques ne jouent pas seulement un rôle sur l'état général des oiseaux, la mortalité des poussins et la mortalité hivernale. Indirectement et à plus long terme, elles peuvent également entraîner un recul des populations de tétraoninés en cas de dégâts provoqués par le gel aux plantes nourricières indispensables. Jusqu'à présent, cet aspect du problème a à peine été pris en considération, bien que ce soit précisément là qu'existe une différence fondamentale par rapport aux habitats des régions boréales.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier le Dr. P. VAN CANEGHEM de Tilff, pour la traduction de cet article en langue française. Nous remercions aussi particulièrement Monsieur J.F. MATTER de l'ETH Zürich qui a effectué une partie considérable des calculs nécessaires à ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

ANONYME, 1979

The IMSL Library. Vol. 3 : RLSEP.

International Mathematical and Statistical Libraries. Inc., Houston.

BERGMANN, H.H.; S. KLAUS; F. MÜLLER & J. WIESNER, 1978

Das Haselhuhn. Die Neue Brehm Bücherei. 196 p.

A. Ziemsen Verlag, Lutherstadt Wittenberg.

EIBERLE, K., 1974

Waldkundliche Aspekte der Forschung an Rauhfusshühnern.

Schweiz. Z. Forstwes., 125 (3) : 147-170.

EIBERLE, K. & N. KOCH, 1975

Die Bedeutung der Waldstruktur für die Erhaltung des Haselhuhns (*Tetrastes bonasia* L.).

Schweiz. Z. Forstwes., 126 (12) : 876-888.

EIBERLE, K., 1976

Zur Analyse eines Auerwildbiotops im Schweizerischen Mittelland.

Forstwiss. Cbl., 95 (2) : 108-124.

EIBERLE, K. & J.-F. MATTER, 1982

Ergebnisse einer Streckenanalyse beim Feldhasen.

Z. Jagdwiss., 28 (3) : 178-193.

EIBERLE, K. & J.-F. MATTER, 1983a

Zur Empfindlichkeit des Alpenschneehuhns (*Lagopus mutus*) gegenüber Witterungseinflüssen.

Feld Wald Wasser/Schweiz. Jagdztg., 11 (11) : 31-34.

EIBERLE, K. & J.-F. MATTER, 1983b

Witterungsbedingte Einflüsse auf den Feldhasenbestand.

Bündnerwald, 36 (6) : 272-283.

EIBERLE, K. & J.-F. MATTER, 1983c

Zur Bedeutung der Klimafaktoren für das Steinhuhn (*Alectoris graeca*) im Kanton Graubünden (Schweiz).

Z. Jagdwiss., 29 (1) : 14-25.

EIBERLE, K., 1984

Waldbauliche Voraussetzungen für die Existenz des Auerhuhns.

Feld Wald Wasser/Schweiz. Jagdztg., 11 (2) : 28-32.

EIBERLE, K. & J.-F. MATTER, 1984a

Untersuchung über kritische Wetterfaktoren beim Haselhuhn (*Bonasa bonasia*).

Forstarchiv., 55 (5) : 195-198.

- EIBERLE, K. & J.-F. MATTER, 1984b
Witterungsverlauf und Auerhuhnbestand.
Schweizerjäger, 69 (16) : 776-782.
- EIBERLE, K. & J.-F. MATTER, 1985
Zur Bedeutung einiger Witterungselemente für das Birkhuhn (*Tetrao tetrix*) im Alpenraum.
Allg. Forst- und Jagdztg., 156 (6/7) : 101-105.
- FREY, W., 1977
Wechselseitige Beziehungen zwischen Schnee und Pflanze. Eine Zusammenstellung anhand von Literatur. 223 p.
Mitt. Eidg. Inst. Schnee- und Lawinenforschung, 34.
- GLUTZ von BLOTZHEIM, U.N., 1962
Die Brutvögel der Schweiz. 648 p.
Verlag Aargauer Tagblatt AG, Aarau.
- GLUTZ von BLOTZHEIM, U.N., 1973a
Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 5. *Galliformes* und *Gruiformes*. 699 p.
Akad. Verlagsgesellschaft, Frankfurt am Main.
- GLUTZ von BLOTZHEIM, U.N., 1973b
Ansprüche einiger Waldhühner an ihren Lebensraum.
Beih. Z. Schweiz. Forstverein, 52 : 202-212.
- HESS, R., 1980
Tetrao urogallus - Auerhuhn. In : Verbreitungsatlas der Brutvögel der Schweiz. 116-117 pp.
Verlag Schweiz. Vogelwarte, Sempach.
- KOCH, N. & K. EIBERLE, 1978
Umfrage beim Forstpersonal der Schweiz zum Vorkommen des Haselhuhns.
Schweiz. Z. Forstwes., 129 (1) : 71-80.
- KORSCH, J., 1982
Ueber den Einfluss zweier Klimafaktoren auf die Bestandesentwicklung des Auerwildes in drei Schwarzwaldbiotopen.
Allg. Forst- und Jagdztg., 153 (9/10) : 171-179.
- MEILE, P., 1982
Wintersportanlagen in alpinen Lebensräumen des Birkhuhns.
Alpinbiologische Studien, XVII. 101 p.
Universität Innsbruck.
- MÜLLER, F., 1977
Wieviel Störung ertragen unsere Raufusshühner ?
Nationalpark, 13 : 9-13.
- NIZON, V., 1980
Untersuchung über den Einfluss der Witterung auf die Bestandesentwicklung der Hasen im Kanton Graubünden.
Diplomarbeit, unveröffentlicht. 44 p.
Abt. für Forstwirtschaft, ETH Zürich.

PAULI, H.R., 1974

Zur Winterökologie des Birkhuhns *Tetrao tetrix* in den Schweizer Alpen.
Orn. Beob., 71 (4) : 247-278.

PAULI, H.R., 1980

Tetrao tetrix - Birkhuhn. In : Verbreitungsatlas der Brutvögel der Schweiz. 114-115 pp.
Verlag Schweiz. Vogelwarte, Sempach.

SCHERZINGER, W., 1976a

Auerhuhn (*Tetrao urogallus*).
Nationalpark Bayer. Wald, 2 : 41-66.

SCHERZINGER, W., 1976b

Haselhuhn (*Bonasa bonasia*).
Nationalpark Bayer. Wald, 2 : 21-39.

SCHRÖDER, W., 1974

Ueber den Einfluss der Forstwirtschaft auf das Auerhuhn in den Bayerischen Alpen.
Allg. Forstz., 29 (39) : 825-828.

SCHÜEPP, M., 1961

Klimatologie der Schweiz. C, 2. Teil. Langjährige Temperaturreihen. 62 p.
Beih. Ann. Schweiz. Meteorolog. Zentralanst., Zürich.

SCHWEIZ. METEOROLG. ZENTRALANST., 1961-1979

Annalen, Jahrgänge 98-116.

UTTINGER, H., 1965

Klimatologie der Schweiz. E., 1.-3. Teil. Niederschlag. 124 p.
Beih. Ann. Schweiz. Meteorolog. Zentralanst., Zürich.

ZBINDEN, N., 1980

Bonasa bonasia - Haselhuhn. In : Verbreitungsatlas der Brutvögel der Schweiz. 110-111 pp.
Verlag Schweiz. Vogelwarte, Sempach.

ZETTEL, J., 1974

Nahrungsökologische Untersuchungen am Birkhuhn *Tetrao tetrix* in den Schweizer Alpen.
Orn. Beob., 71 (4) : 186-246.

VOOUS, K.H., 1962

Die Vogelwelt Europas. Ein Atlas. 284 p.
Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.

ZUSAMMENFASSUNG

Auswirkung von Lufttemperatur und Niederschlag auf die Strecken der Rauhfußhühner (*Tetraoninae*)

Die vorliegende Studie befasst sich mit den Auswirkungen des Witterungsverlaufs auf die Jahresstrecken an Auerhähnen, Birkhähnen, Haselhühnern und Schneehühnern im Kanton Graubünden (Schweiz). Die Untersuchung erstreckt sich über den Zeitraum 1919 bis 1979 und umfasst je nach Wildart 41, 44 oder 59 Jahresstrecken. Ueberprüft wurden die Lufttemperatur und die Niederschlagssumme, die beide als ein- bis zwölfjährige Durchschnittswerte in die Analyse einbezogen worden sind.

Es zeigte sich, dass unter dem gegebenen Allgemeinklima der Streckenverlauf der Rauhfußhühner in bemerkenswert hohem Mass von Wetterfaktoren abhängig ist. Nicht nur die Wettereinflüsse während der frühen Aufzuchtperiode, sondern vor allem die langfristigen winterlichen Lebensbedingungen erwiesen sich in diesem zentralalpinen Lebensraum als bedeutsame abundanzdynamische Schlüsselfaktoren. Zwischen den verschiedenen Vogelarten liessen sich spezifische Unterschiede in der Empfindlichkeit gegenüber den einzelnen Wetterfaktoren feststellen.

RESUME

La présente étude a pour objet l'influence des conditions météorologiques sur les tableaux de chasse du grand tétras, du tétras lyre, de la gélinotte des bois et du lagopède des Alpes dans le canton des Grisons (Suisse). Elle couvre les années 1919 à 1979 et porte selon les espèces sur 41, 44 ou 59 relevés annuels. Ont été pris en considération la température de l'air et le total des précipitations, ces deux variables étant introduites dans l'analyse comme des valeurs moyennes calculées sur des périodes de un à douze ans.

Il ressort de cette étude que dans les conditions climatiques existantes, les tableaux de chasse dépendent dans une très large mesure des facteurs météorologiques. Non seulement les conditions climatiques régnant au cours de la première phase de l'élevage des poussins, mais également et surtout les conditions hivernales à long terme se sont avérées être des facteurs clés façonnant le patron de fluctuation des populations dans cette région des Alpes centrales. Les différentes espèces d'oiseaux répondent différemment aux deux facteurs climatiques considérés.

N.d.l.r.

La publication en langue française de la synthèse du Dr EIBERLE dans les Cahiers est due à l'initiative du Dr VAN CANEGHEM, qui en a fourni le manuscrit, et que la rédaction tient à remercier chaleureusement. La mise en forme définitive pour les Cahiers a été assurée gracieusement par Anne RUWET, licenciée en traduction de l'ISTI (Bruxelles).