



**CAHIER DE
L'ENVIRONNEMENT
N° 376**

Nature et paysage

**Influences
de l'aviation
sur l'avifaune**

**Rapport final
et recommandations**



**Station
ornithologique
suisse**



**Office fédéral
de l'aviation civile
OFAC**



**Office fédéral de
l'environnement,
des forêts et
du paysage
OFEFP**

**CAHIER DE
L'ENVIRONNEMENT
N° 376**

Nature et paysage

**Influences
de l'aviation
sur l'avifaune**

**Rapport final
et recommandations**

Con riassunto in italiano
With summary in English

**Publié par l'Office fédéral de
l'environnement, des forêts et
du paysage (OFEFP) et de l'Office
fédéral de l'aviation civile (OFAC)
Berne, 2005**

Éditeur

Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP)

Office fédéral de l'aviation civile (OFAC)

L'OFEFP et l'OFAC sont des offices du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC)

Auteurs

Prof. Dr. Bruno Bruderer, Susanna Komenda-Zehnder

Référence

BRUDERER B., KOMENDA-ZEHNDER S. 2005 :
Influence de l'aviation sur l'avifaune – Rapport final et recommandations. Cahier de l'environnement n° 376. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne. 102 p.

Accompagnement OFEFP

Marguerite Trocmé (responsable), Rolf Anderegg

Accompagnement OFAC

Catherine Marthe (responsable), Ulrich Schneiter, Werner Bula

Graphisme, mise en page

Ursula Nöthiger-Koch, 4813 Uerkheim

Photo couverture

Susanna Komenda-Zehnder

Commande

OFEFP

Documentation

CH-3003 Berne

Fax +41 (0) 31 324 02 16

docu@buwal.admin.ch

www.buwalshop.ch

Numéro de commande et prix :

SRU-376-F / CHF 15.– (TVA comprise)

Cette publication est également disponible en allemand (SRU-376-D).

Table des matières

Abstracts	5	4.4	Observations lors du passage de dirigeables	42
Avant-propos	7	4.4.1	Dirigeable au-dessus du lac de Neuchâtel	42
Résumé	9	4.4.2	Dirigeable au-dessus du lac de Constance et du lac inférieur de Constance	43
Riassunto	10	4.4.3	Conclusions en ce qui concerne le passage de dirigeables	43
Summary	11	4.5	Observations lors du passage de ballons à air chaud	44
1 Introduction	13	4.5.1	Vols en ballon à air chaud au-dessus de l'Ägelsee (TG)	44
2 Étude bibliographique	17	4.5.2	Vol en ballon à air chaud au-dessus du Flachsee (AG)	44
3 Expériences destinées à tester les réactions des oiseaux d'eau face aux aéronefs	21	4.5.3	Conclusions en ce qui concerne les survols par des ballons à air chaud	45
3.1 Sites d'observation et méthode	22	4.6	Commentaires et conclusions	45
3.2 Résultats	23			
3.2.1 Influence du type d'avion et de la hauteur de survol	25	5	Recommandations de la Station ornithologique suisse pour réduire les perturbations	47
3.2.2 Influence du niveau sonore	27	5.1	Données de base sur l'effet perturbateur des aéronefs sur les oiseaux	47
3.2.3 Comparaison entre les groupes d'oiseaux	27	5.2	Bases pour la protection des espèces, des habitats et des réserves	48
3.2.4 Comparaison entre les sites d'observation	28	5.2.1	Espèces d'oiseaux nécessitant une protection particulière	49
3.3 Commentaires et conclusions	29	5.2.2	Zones de taille et de qualité variables	49
4 Observations des réactions des oiseaux face aux aéronefs	31	5.3	Zones à considérer	51
4.1 Observations au cours d'une manifestation aérienne	31	5.3.1	Inventaires fédéraux	52
4.1.1 Manifestation aérienne dans la baie du lac de Lugano	31	5.3.2	Réserves naturelles cantonales et privées	56
4.1.2 Conclusions à propos des manifestations aériennes	33	5.3.3	Inventaires scientifiques	57
4.2 Observations aux abords des aéroports	33	5.4	Mesures envisageables	58
4.2.1 Nuoler Ried / Terrain d'aviation de Wangen-Lachen (SZ)	33	5.5	Bases légales	59
4.2.2 Bolle di Magadino / Terrain d'aviation de Locarno (TI)	35	5.6	Information et collaboration	59
4.2.3 Conclusions concernant les différents aéroports	36	5.7	Conclusions et recommandations	60
4.3 Observations lors du passage d'hélicoptères	37			
4.3.1 Vols d'hélicoptères aux Grangettes	37	Remerciements		61
4.3.2 Vols d'hélicoptères aux Ponts-de-Martel	39			
4.3.3 Exercices d'hélicoptères sur les marais de Brot	40			
4.3.4 Observations isolées lors du passage d'hélicoptères	41			
4.3.5 Conclusions en ce qui concerne les passages d'hélicoptères	41			

Annexes	63
A1	Liste des espèces 63
A2	Aperçu des données bibliographiques sur le thème « Gestion de l'énergie et du temps en dehors de la période de reproduction » 65
A3	Aperçu des données bibliographiques sur le thème « Aires de répartition et utilisation du territoire en dehors de la période de nidification » 68
A4	Aperçu des données bibliographiques sur le thème « Reproduction » 70
A5	Observations durant une manifestation aérienne 75
A6	Événements perturbateurs dans les Bolle di Magadino 77
A7	Observations comportementales lors du passage d'hélicoptères aux Grangettes 78
A8	Observations de vanneaux huppés dans le haut-marais des Ponts-de-Martel 81
A9	Dérangements causés par des hélicoptères 82
A10	Dérangements causés par des dirigeables 83
A11	Dérangements causés par des ballons à air chaud 84
A12	Bases légales relatives à l'aviation et à la protection de la faune 85
Index	89
1	Glossaire / vocabulaire 89
2	Liste des abréviations 90
3	Bibliographie 91

Abstracts

E

Keywords :
Birds,
disturbance,
reactions to aircraft
over-flights,
sensitive areas,
height restrictions

The results of an already published literature review are combined with an experimental study on the reactions of waterbirds to aircraft over-flights, and with a collection of observations on the reactions of various bird species to aircraft. In general, it seems that birds can get accustomed to regular air traffic, while unusual flying objects or events may cause considerable reactions, particularly when flight altitudes are below 450 m a.g.l. The combined results lead to the conclusion that to protect sensitive areas against potential disturbance from aircraft an adjustment of over-flights heights including buffer zones is necessary.

D

Stichwörter :
Vögel,
Störung,
Reaktion auf Flugzeug-
Überflüge,
sensible Gebiete,
Beschränkung der
Überflughöhe

Die Ergebnisse einer bereits publizierten Literaturübersicht werden kombiniert mit einer experimentellen Studie zur Reaktion von Wasservögeln auf Überflüge von Flugzeugen sowie mit einer Sammlung von Einzelbeobachtungen der Reaktionen verschiedener Vogelarten auf Flugkörper. Insgesamt scheinen sich Vögel an regelmäßigen Flugverkehr zu gewöhnen, während ungewohnte Flugobjekte oder Ereignisse erhebliche Störungen auslösen können, insbesondere bei Flughöhen unter 450 m ü.B. Die kombinierten Ergebnisse führen zum Schluss, dass ein wirkungsvoller Schutz sensibler Gebiete vor Überflügen von Flugzeugen eine Anpassung der Überflughöhen und die Schaffung von Pufferzonen erfordert.

F

Mots-clés :
oiseaux,
perturbations,
influence du trafic
aérien,
zones sensibles,
limitation des altitudes
de vol

Les résultats d'une étude bibliographique complètent une étude expérimentale traitant de l'influence du survol des avions sur les oiseaux d'eau ainsi qu'un ensemble d'observations ponctuelles concernant l'influence des aéronefs sur différentes espèces d'oiseaux. Généralement, les oiseaux semblent s'adapter au trafic aérien régulier mais peuvent être profondément perturbés par les aéronefs ou les événements imprévus, en particulier lorsque les hauteurs de vol sont inférieures à 450 m. En conclusion, les résultats globaux montrent que, pour protéger les zones sensibles contre les dérangements par les aéronefs, il est nécessaire d'adapter les hauteurs de survol et de mettre en place des zones-tampon.

I

Parole chiave :
uccelli,
disturbo,
impatto del traffico
aereo,
zone sensibili,
limitazione della quota
di sorvolo

La pubblicazione integra i risultati di un esame della bibliografia esistente sull'argomento con uno studio sperimentale relativo all'impatto prodotto dal sorvolo aereo sugli uccelli acquatici e con una serie di osservazioni puntuali sulle reazioni di varie specie di uccelli provocate dal traffico aereo. Se gli uccelli sembrano in genere adeguarsi al traffico aereo regolare, risultano tuttavia notevolmente disturbati dai mezzi aerei e dagli eventi inconsueti, in particolare quando la quota di sorvolo è inferiore a 450 m slm. In conclusione, i risultati complessivi lasciano dedurre che per proteggere le zone sensibili dai disturbi degli aeromobili è necessario adeguare la quota di sorvolo e di creare delle zone tampone.

Avant-propos

Notre but commun est d'offrir des solutions acceptables aux problèmes existant entre l'aviation, la population et la nature. Pour ce faire, il est nécessaire de disposer de connaissances scientifiques fondées. La présente étude, réalisée à l'instigation de l'OFAC et de l'OFEFP, fournit des bases et des critères d'évaluation sur le thème des effets perturbateurs de l'aviation sur l'avifaune.

Dans une première phase, une étude bibliographique a permis de rassembler les connaissances publiées. Ces informations de base ont été publiées en 2002 sous le titre « Einfluss des Flugverkehrs auf die Avifauna. Literaturstudie » dans la série des Cahiers de l'environnement de l'OFEFP. Dans une seconde phase, des informations ont été recueillies sur les perturbations observées en Suisse ainsi que sur les prescriptions existant à l'étranger pour éviter ces perturbations. Des études de cas ont montré comment les oiseaux réagissent à différents types d'aéronefs dans des conditions spécifiques. Une étude expérimentale a examiné le potentiel de dérangement des avions et des hélicoptères volant à basse altitude sur les oiseaux d'eau au repos.

Bien que les réactions des oiseaux dépendent fortement de la situation, de l'espèce, de la hauteur de survol et du type d'aéronef, ces données permettent des déductions générales. Dans ce rapport, les auteurs résument les résultats de leurs recherches et en tirent des recommandations à l'intention du trafic aérien, du point de vue de la Station ornithologique suisse de Sempach.

Nous sommes heureux de pouvoir combler une lacune avec ces résultats et espérons que ces conclusions permettront de faire avancer l'application de la conception « Paysage suisse », qui prévoit dans son objectif sectoriel 6A que « pour protéger la nature, des restrictions de décollage, d'atterrissage ou de survol pour certaines catégories d'appareils sont à édicter dans certaines régions, dans le cadre de l'ordonnance sur l'infrastructure aéronautique ».

Office fédéral de l'aviation civile

Werner Bula
Ancien chef de la section
Environnement

Office fédéral de l'environnement,
des forêts et du paysage

Enrico Bürgi
Chef de la division
Nature et paysage

Résumé

Les données rassemblées dans une analyse bibliographique montrent que les oiseaux réagissent différemment aux perturbations du trafic aérien selon leur espèce, leur milieu, la saison, l'heure, l'âge, le degré d'accoutumance et l'environnement. Le potentiel de dérangement des avions augmente en général, dans l'ordre, avec les grands avions de transport, les avions militaires, les petits avions et les hélicoptères. La probabilité de changement de comportement augmente à mesure que l'écart vertical et horizontal entre l'oiseau et l'aéronef diminue. Bien que nous disposions seulement de peu d'indications concernant la petite aviation, son potentiel de dérangement semble élevé. De nombreux aéronefs de cette catégorie se caractérisent par des apparitions irrégulières, de faibles altitudes de vol, un vol incurvé ainsi qu'un effet de surprise. Des interdictions de survol dans les zones sensibles, des directives concernant des hauteurs de survol minimales ou des restrictions temporaires de l'activité aérienne constituent des mesures appropriées pour réduire les influences perturbatrices.

Des vols effectués dans le cadre d'une expérience au-dessus des lacs du Plateau suisse, qui hébergent de nombreux oiseaux d'eau hivernant, confirment que, pour une hauteur de survol identique, les hélicoptères ont un effet perturbateur plus élevé que les avions de dimension comparable. Les réactions visibles chez ces oiseaux relativement habitués au trafic aérien sont négligeables à partir d'une hauteur de survol de 450 m au-dessus du sol pour les hélicoptères et de 300 m au-dessus du sol pour les petits avions.

Des observations pendant des manifestations aériennes, dans les aéroports, pendant des vols spéciaux d'hélicoptères au-dessus de zones protégées ainsi que lors de passages de dirigeables, ballons à air chaud et parapentes font état d'une large palette d'événements perturbateurs. On constate ici aussi que l'effet perturbateur dépend du type d'aéronef, de la distance, de la durée de l'événement, du facteur d'accoutumance, des espèces d'oiseaux concernées ainsi que de la saison. Les manifestations aériennes ayant lieu dans des régions déjà fortement influencées par l'homme ont peu de répercussions, pour autant qu'il n'y ait pas de zone sensible à proximité. Malgré un trafic aérien intense, on a pu observer dans une zone protégée près de l'aéroport de Locarno des réactions de fuite chez les oiseaux d'eau, en raison d'avions inhabituellement bruyants ou volant à basse altitude.

Le présent rapport contient également des indications concernant les zones méritant d'être protégées et les bases légales. Il en découle des recommandations pour la réduction des perturbations. Une grande partie des perturbations pourrait être évitée si des zones sensibles entourées de zones-tampon larges de 500 m étaient délimitées et si les survols inférieurs à 450 m de hauteur étaient interdits. Cela permettrait également de prendre en compte les parapentes et les modèles réduits. Une différenciation selon le type d'aéronef ne serait nécessaire que si une hauteur de survol minimale de 450 m n'était appliquée qu'aux hélicoptères et qu'on se contentait de 300 m pour les autres aéronefs (en tenant compte des prescriptions suisses déjà en vigueur). Des mesures concernant l'information du public et la collaboration entre le sport aéronautique et la protection de la nature sont proposées.

Riassunto

I dati raccolti nel quadro di un'analisi bibliografica mostrano che le reazioni degli uccelli ai disturbi causati dal traffico aereo variano a seconda della specie, del luogo di sosta, della stagione, delle ore della giornata, delle fasi della vita, del grado di abitudine e dell'ambiente circostante. In genere, il potenziale di disturbo rappresentato dai velivoli aumenta man mano che si va dai grandi aerei di trasporto ai piccoli aerei ed agli elicotteri, passando per i jet militari. La probabilità di variazioni comportamentali negli uccelli aumenta con il diminuire della distanza verticale ed orizzontale dei velivoli. Sebbene sull'aviazione leggera siano disponibili pochi dati, il suo potenziale di disturbo sembra elevato. Alcuni velivoli appartenenti a questa categoria si contraddistinguono per i loro voli irregolari ed a bassa quota, per le virate in volo e per il fattore sorpresa. Il divieto di sorvolo sulle zone sensibili, l'adozione di prescrizioni relative alle quote minime di volo o la limitazione temporale dei voli sono tutte possibili misure per la riduzione dei disturbi all'avifauna.

I sorvoli sperimentali effettuati su alcuni laghi svizzeri dell'Altipiano in cui svernano gruppi di uccelli acquatici hanno confermato che, a parità di quota e di dimensioni, gli elicotteri arrecano un disturbo maggiore all'avifauna rispetto ai velivoli ad ala. Le reazioni visibili di tali uccelli, piuttosto abituati al traffico aereo, sono risultate trascurabili in caso di volo di elicotteri ad una quota superiore ai 450 m e di piccoli aerei 300 m.

Le osservazioni registrate durante manifestazioni aeronautiche, su aerodromi, nel corso di voli speciali in elicottero in zone protette nonché durante sorvoli in dirigibile, aerostato, deltaplano e parapendio hanno rilevato un'ampia gamma di eventi perturbatori. Anche in questo caso è stata confermata la dipendenza dell'entità del disturbo dal tipo di velivolo, dalle distanze, dalla durata degli stessi eventi perturbatori, dal fattore abitudine nonché dalle specie di uccelli interessate e dalla stagione. È stato inoltre dimostrato che le manifestazioni aeronautiche effettuate in zone comunque molto compromesse dalle attività umane non hanno ripercussioni rilevanti, a meno che non siano presenti zone sensibili nelle vicinanze. Nonostante la frequenza dei voli, in una zona protetta vicino all'aerodromo di Locarno alcuni aerei particolarmente rumorosi o che volavano a quote molto basse hanno scatenato negli uccelli acquatici delle reazioni di fuga.

Le informazioni raccolte nel rapporto sono accompagnate da dati relativi alle zone degne di protezione ed alle basi giuridiche in materia. Ne risultano specifiche raccomandazioni per la riduzione dei disturbi. Gran parte dei disturbi potenziali potrebbe ad esempio essere evitata delimitando delle zone sensibili circondate da zone cuscinetto larghe 500 m ed introducendo una limitazione generale dei sorvoli a quote superiori ai 450 m. In tal modo potrebbero essere rilevati anche i deltaplani, i parapendii e gli aeromodelli. Una differenziazione a seconda dei tipi di velivolo sarebbe necessaria solo se (nel rispetto delle prescrizioni già esistenti in Svizzera) la quota minima di sorvolo venisse fissata a 450 m esclusivamente per gli elicotteri e a 300 m per tutti gli altri velivoli. Nel rapporto vengono infine proposte delle misure per garantire l'informazione ed assicurare la collaborazione fra il settore degli sport aerei e quello della protezione della natura.

Summary

A literature review revealed that birds reacted to disturbance by aircraft very differently according to species, habitat, season, time of day, life cycle, habituation, and environment. The disturbance potential increases from large transport aircraft via military jets to small aeroplanes and helicopters. The probability of changes in behaviour of birds increases with decreasing vertical and horizontal distance to the source of disturbance. Although information on disturbing effects of general aviation is rare, its disturbance potential seems to be high. Many aircraft of this category are prominent by their irregular appearance, low flight levels, curved flight paths, and surprise effects. Ban on flights over sensitive areas, definition of minimum flight altitudes or temporal restrictions of flight activities are measures to reduce disturbance.

Flight experiments over lakes in the Swiss lowlands to test the sensitivity of wintering waterbird aggregations confirmed that helicopters have a stronger disturbing effect than aeroplanes of similar dimensions. The disturbance became negligible for these traffic-accustomed birds when helicopters flew higher than 450 m a.g.l. and small airplanes higher than 300 m.

Observations during air shows, in the neighbourhood of airfields, of particular helicopter flights in nature reserves as well as flights of airships, hot-air balloons, and hang gliders cover a wide range of disturbance events. The disturbance effect depends on aircraft type, horizontal and vertical distance, duration of the incidents, habituation as well as on the bird species involved and their seasonal situation. Air shows in areas with a high general disturbance level have no serious effects as long as no sensitive areas are in the vicinity. Birds living in a nature reserve next to the airfield of Locarno showed some reactions in spite of frequent air traffic : unusually low flying and loud aircraft induced flight reactions of some waterbirds.

The information compiled in this report is combined with information on available regulations and protected areas. This results in recommendations for the reduction of disturbances caused by aircraft. Defining sensitive areas including buffer zones of 500 m around these areas and restricting over-flights to heights above 450 m a.g.l. would prevent a great proportion of potential disturbance. Such measures would cover paragliders and model aircraft. Differentiation according to aircraft type would only be necessary if an over-flight limit of 450 m would be applied to helicopters only and a 300 m limit to all other aircraft (accordingly to existing swiss prescriptions). Appropriate means of information and cooperation between sport flying and nature protection are suggested.

1 Introduction

Notre paysage est soumis à de multiples contraintes auxquelles il doit répondre. Les habitats de nombreux animaux sauvages sont de plus en plus restreints. Environ 3 m² de paysage sont modifiés chaque seconde (OFEFP/OFAT 1998). L'extension croissante des zones d'habitation, la construction d'infrastructures pour le trafic, la production d'énergie, les loisirs ainsi que le développement intensif de l'agriculture et de la sylviculture ont conduit à une perte durable d'habitats et à des modifications de leur qualité. C'est pour cette raison que les zones semi-naturelles se sont raréfiées sur le Plateau suisse. En outre, depuis quelques décennies, l'homme a de plus en plus besoin de parcourir la nature. Le conflit entre la société de loisirs et les besoins des animaux et des plantes s'est amplifié. La pression est particulièrement forte sur le Plateau suisse. Des promeneurs parcourent les espaces naturels avec ou sans chien, des cavaliers et des cyclistes les traversent également et la pratique des sports motorisés passe plus inaperçue dans la nature qu'à proximité des zones d'habitation. Ces dernières décennies, les milieux aquatiques ont également connu des mutations considérables générées par le développement des loisirs: promenades sur les berges, pique-niques et camping jusque dans les roselières, baignade et pratique de différents sports nautiques comme la planche à voile, la voile, le bateau à moteur et l'aviron. Les espaces éloignés des zones d'habitation et présentant peu d'obstacles, comme les zones marécageuses, les rivages et les plans d'eau ouverts, offrent aussi des conditions favorables pour différentes activités aéronautiques. Toutes ces activités portent préjudice, à des degrés divers, à la qualité de ces zones naturelles.

La disparition rapide de surfaces semi-naturelles dans la première moitié du siècle passé a conduit à la mise sous protection de nombreuses zones naturelles privées ou publiques. Les ordonnances de protection existantes comportent des conditions de portée variable en ce qui concerne les modifications des habitats et les perturbations au sol. Il s'agit souvent de restrictions de l'exploitation agricole ou de la chasse, parfois aussi d'interdictions de passage. Cependant, de nombreuses réserves sont petites et insuffisamment protégées contre les perturbations provenant des environs. On a essayé, en mettant en place des restrictions d'utilisation dans des zones attenantes (nommées zones-tampon), d'écarter les influences négatives des régions limitrophes des réserves. Les perturbations provenant du ciel ne sont en règle générale pas mentionnées explicitement. Le présent rapport traite spécialement de cet aspect et indique des possibilités de réduire les perturbations provoquées par le trafic aérien.

Les préoccupations croissantes concernant l'effet négatif des perturbations ont provoqué, ces dernières décennies, une abondance d'études à ce sujet. KELLER (1995) n'a trouvé que 25 publications importantes sur les effets des perturbations des oiseaux par l'homme pour la période de 1965 à 1979 tandis que, pour les 15 années suivantes, environ 190 travaux ont pu être examinés. Dans plus de 13% des publications, les avions étaient également mentionnés comme cause des perturbations.

La part de perturbations causées par des aéronefs au volume global des événements perturbateurs anthropiques diffère selon les régions. L'étude bibliographique de KOMENDA-ZEHNDER & BRUDERER (2002) montre que dans les régions touristiques, comme p. ex. le lac de Constance, 3% seulement des perturbations ont été provoquées par des aéronefs (BAUER et al. 1992). En Camargue, la proportion est de 3,4% (CAMPREDON 1993). Par contre, des études réalisées dans d'autres régions (en particulier des zones côtières et des zones isolées) mentionnent une part beaucoup plus importante des aéronefs aux perturbations observées : p. ex. 15% en Irlande, 26 à 40% dans la mer des Wadden en Allemagne (STOCK 1990, 1993, STOCK & HOFEDITZ 1994), 39% dans l'Essex en Angleterre (OWENS 1977) et 49% dans une zone lacustre d'Alaska (WARD et al. 1994).

La législation suisse en matière de protection de l'environnement comporte des dispositions claires afin de limiter les effets perturbateurs du trafic aérien sur l'homme, tandis que la législation concernant la protection de la nature n'aborde pas spécialement les perturbations liées au trafic aérien. Par contre, la conception « Paysage suisse » (OFEFP/OFAT 1998) fixe, au chapitre 6.01, des objectifs de protection spécifiques contre les nuisances causées par la navigation aérienne : « Conformément à l'ordonnance sur l'infrastructure aéronautique (OSIA, art. 53), il s'agit, pour protéger la nature, de délimiter des zones où les effets indésirables de la navigation aérienne peuvent être minimisés par des mesures appropriées. Des données de base et des critères d'appréciation sont des préalables à la désignation des régions propices et des mesures appropriées. »

En dehors du cadre esquissé par la conception « Paysage suisse », l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC) ainsi que l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) sont souvent confrontés à des questions relatives aux effets perturbateurs des aéronefs sur les animaux. En cas d'agrandissement d'aéroports ou de modifications du trafic aérien, il est nécessaire de disposer de valeurs indicatives concernant le respect de l'environnement. Le manque d'informations ou de critères rend souvent difficile une pesée d'intérêts valable entre l'aviation et la protection de la nature.

C'est pourquoi l'OFAC et l'OFEFP ont décidé de confier la réalisation d'une étude à la Station ornithologique suisse, dans le but de répondre aux questions les plus fréquentes dans ce domaine. Pour cette étude, le choix s'est porté sur l'observation des oiseaux car, sur le Plateau suisse, plusieurs aéroports sont situés à proximité de zones humides ou de plans d'eau sur lesquels ils se regroupent. De plus, les études précédentes s'intéressaient surtout aux perturbations causées par des aéronefs aux mammifères dans les régions alpines (INGOLD et al. 1996, WEBER & SCHNIDRIG 1997). Par ailleurs, les oiseaux sont de relativement bons indicateurs de la sensibilité d'une zone et certains groupes d'oiseaux diurnes se rassemblent en grands groupes sur les plans d'eau et sont ainsi faciles à observer.

L'objectif général de cette étude est de livrer des données de base en vue de l'établissement d'aides à la décision et de critères servant à la protection de

l'avifaune contre les perturbations dues à l'aviation, comme le prévoit la conception « Paysage suisse ». Il s'agit de décrire ou de quantifier les dérangements subis pas les oiseaux à l'aide d'une synthèse des données existantes, ainsi que d'observations propres et d'expérimentations réalisées spécialement dans un cadre restreint. Il s'agit ensuite de développer les critères qui permettront de définir les mesures de réduction des nuisances causées par l'aviation ainsi que les espèces et régions devant être protégées. L'OFAC et l'OFEFP pourront ainsi élaborer sur ces bases des mesures de mise en œuvre.

L'étude est divisée en quatre modules :

- A) *Étude bibliographique* : En complément à la publication d'ensemble de KELLER (1995), qui n'est pas spécialement consacrée au trafic aérien, une recherche bibliographique la plus complète possible sur le thème « trafic aérien et avifaune » est présentée (KOMENDA-ZEHNDER & BRUDERER 2002). Des enquêtes auprès d'ornithologues en Suisse, de bureaux d'écologie ainsi que de groupes engagés dans l'International Bird Strike Committee (IBSC) ont permis d'obtenir des informations complémentaires.
- B) *Expériences concernant les réactions d'oiseaux d'eau face aux aéronefs* :
 - a) évaluation de l'effet de différents aéronefs volant à diverses hauteurs et distances, et estimation des différences en fonction du niveau de leurs émissions sonores ;
 - b) estimation des effets des survols sur les oiseaux d'eau ;
 - c) différences entre divers milieux et espèces, effets d'accoutumance. L'étude limitée à un hiver et quatre régions du Plateau, réalisée dans le cadre d'un travail de diplôme (CEVALLOS 2002), a apporté de bons résultats en ce qui concerne les hauteurs de survol critiques. Cependant, elle ne permet que des déductions très modestes en ce qui concerne l'influence du bruit, l'accoutumance et les effets à long terme des perturbations.
- C) *Observation des réactions des oiseaux face aux aéronefs* :
 - a) observations effectuées dans des endroits spécifiques (p. ex. manifestation aérienne, évacuation par hélicoptère du produit de fauche dans une réserve naturelle, observations ponctuelles près d'aérodromes existants) ;
 - b) observations fortuites rassemblées par enquête. Pour ces observations, il s'agit d'informations uniques, limitées dans le temps et peu probantes.
- D) *Le présent rapport final* comprend des résumés des parties A et B, existant sous forme imprimée ou manuscrite, des rapports originaux de la partie C ainsi que les recommandations tirées des trois parties pour la réduction des perturbations, comme le prévoit la conception « Paysage suisse ».

2 Étude bibliographique

L'étude de KOMENDA-ZEHNDER & BRUDERER (2002) résume environ 190 publications sur l'effet perturbateur d'aéronefs civils et militaires (y compris les ballons à air chaud, les parapentes et les modèles réduits) sur les oiseaux. Après une explication préliminaire des termes et des définitions, le travail traite la question de savoir comment et sous quelles conditions les oiseaux sont perturbés par les divers types d'aéronefs. Puis il aborde les connaissances sur les réactions visibles et invisibles (physiologiques) de différentes espèces d'oiseaux et d'oiseaux à différents stades de leur vie. Suit le thème de l'accoutumance. L'étude traite ensuite des conséquences possibles pour les oiseaux du point de vue de la gestion de l'énergie et du temps, de l'utilisation du territoire, de la nidification ainsi que de la survie. Pour conclure, l'étude présente les recommandations mentionnées dans la littérature spécialisée aux fins de la réduction des perturbations ainsi que les directives existant dans différents pays sur les hauteurs minimales de vol au-dessus des réserves naturelles.

Les publications traitées sont regroupées en trois tableaux (gestion de l'énergie et du temps en dehors de la période de reproduction, aires de répartition et utilisation du territoire en dehors de la période de reproduction, comportement et succès de reproduction). Les tableaux résument les conclusions principales sous une forme très succincte. Ils figurent en annexe du présent rapport (annexes 2 à 4). L'étude bibliographique elle-même est disponible auprès de l'OFEFP (n° de commande : SRU-344-D).

Ces travaux permettent les constatations suivantes :

Les oiseaux en période de reproduction présentent moins de réactions visibles que les rassemblements d'oiseaux plus mobiles en dehors de ces périodes (sous réserve d'un stress non apparent). Toutefois, des réactions physiologiques non apparentes pendant la période critique de la reproduction peuvent avoir sur les populations d'oiseaux des incidences plus graves que des déplacements perceptibles en dehors de cette période .

En ce qui concerne *les espèces et les saisons étudiées*, les oiseaux d'eau et les limicoles en dehors de la période de nidification constituent des espèces faciles à étudier, car ils apparaissent en grands groupes dans des régions ouvertes et bien visibles et qu'ils présentent des réactions bien définissables. Les oies et certains limicoles se sont avérés particulièrement sensibles. En général, les grands groupes d'oiseaux sur des terrains ouverts semblent réagir plus fortement aux aéronefs que les oiseaux isolés ou les espèces qui vivent cachées dans la végétation. Toutefois, ces dernières sont difficiles à observer.

Dans différents cas, les *perturbations ont porté préjudice* à la gestion de l'énergie et du temps. Les plus grandes pertes d'énergie ont lieu quand les oiseaux prennent leur envol et que la reprise de l'activité précédente est considérablement retardée. Les pertes de temps occasionnent parfois une diminution des phases de repos. Les pertes d'énergie peuvent avoir des incidences négatives à des stades ultérieurs, par exemple compromettre les chances de succès de la reproduction.

L'abandon des nids peut provoquer un échec de reproduction immédiat ou indirect par prédation, en particulier s'il s'agit d'une réaction rapide causée par des perturbations. La *fuite provoquée par des perturbations* peut également accroître le risque d'accident ou de prédation.

Une perte d'habitat a lieu lorsque l'utilisation de certaines zones est provisoirement réduite ou impossible.

Le *potentiel d'accoutumance des oiseaux* aux aéronefs est généralement élevé. Il paraît diminuer dans l'ordre suivant : grands avions de transport, avions militaires, petits avions, hélicoptères ; cette diminution est probablement en corrélation avec une baisse de la fréquence des survols.

Le *potentiel perturbateur des aéronefs* augmente dans l'ordre suivant : grands avions de transport, avions militaires, petits avions, hélicoptères. Là aussi, les perturbations pourraient augmenter avec l'irrégularité des survols.

Il n'existe que des indications sporadiques quant au *potentiel perturbateur* des ballons à air chaud, des appareils ultralégers motorisés, des planeurs et des parapentes. Il semble toutefois qu'ils causent des perturbations considérables, vraisemblablement en raison de leurs apparitions particulièrement irrégulières. Ces perturbations sont accentuées quand les aéronefs apparaissent à l'improviste à basse altitude. Des expériences dans les réserves naturelles suisses indiquent que les modèles réduits motorisés ont un très grand potentiel de dérangement sur de courtes distances. Les effets les plus graves sont observables quand les perturbations sont concentrées dans le temps à proximité des réserves naturelles, comme c'est le cas des terrains pour modèles réduits ayant une activité intense pendant certaines fins de semaine. Les perturbations causées par les modèles réduits de planeurs non motorisés sont beaucoup plus faibles ; de plus, les sites adéquats se trouvent souvent à l'écart des réserves naturelles. Toutefois, des études comparatives systématiques font défaut. Dans leur étude, KOMENDA-ZEHNDER & BRUDERER (2002) ont résumé les informations les plus importantes concernant les modèles réduits (motorisés) : les modèles réduits méritent une attention particulière car, de par leur taille et leur maniabilité, ils s'apparentent le plus à la silhouette des rapaces, prédateur naturel des oiseaux (KEIL 1988). Les manœuvres de vol imprévisibles des modèles réduits (horizontalement et verticalement), associées à de grandes vitesses angulaires, suscitent des réactions particulièrement fortes (ROSSBACH 1982). Celles-ci sont particulièrement prononcées pour les modèles motorisés qui, de plus, provoquent certaines nuisances sonores. Les distances de fuite des différentes espèces d'oiseaux face à des modèles motorisés se situent entre 200 et 400 m, au maximum 600 m. Sur les terrains pour modèles réduits, l'activité se concentre le plus souvent sur les fins de semaine ou sur quelques heures en fin d'après-midi. Ainsi, des périodes de calme alternent avec des phases de perturbations particulièrement intenses et persistantes ; la possibilité d'accoutumance est donc très réduite (RIEDERER 1976, ROSSBACH 1982). La faible accoutumance a été – à titre expérimental – utilisée pour chasser les oiseaux des aérodromes (BIVINGS 1991). Le début de la saison de vol

coïncide souvent avec le début de la période de reproduction des oiseaux. Une réduction du succès de nidification ou la diminution du nombre de couples nicheurs, comme c'est le cas pour le courlis cendré au sud de l'Allemagne, peuvent préfigurer la disparition ultérieure d'une espèce (OPITZ 1975, BOSCHERT 1993, BOSCHERT & RUPP 1993). On peut admettre que d'autres oiseaux nicheurs des prairies sont également concernés (RIEDERER 1976). Les limicoles des prairies (courlis cendré, barge à queue noire) sont moins gênés par les petits avions que par les modèles réduits ou les avions ultralégers (DIETRICH et al. 1989).

Un vol sinueux dérange plus qu'un vol rectiligne. De même, les aéronefs qui manœuvrent, tels que les hélicoptères, les modèles réduits ou les avions ultralégers, sont les plus dérangeants.

La *probabilité d'un changement de comportement* augmente généralement avec la diminution de l'écart vertical et horizontal entre les oiseaux et l'objet perturbateur.

Comparés à d'autres perturbations anthropiques, les aéronefs peuvent représenter, dans certains milieux, une part considérable du volume perturbateur.

Ces constatations se heurtent aux problèmes et limites suivants :

Les observations de diverses études divergent souvent fortement ; il y a parfois des contradictions. Cette inconsistance des résultats repose sur le fait que les réactions varient suivant l'espèce d'oiseau et le type d'avion. De plus, des différences de réactions (perceptibles) peuvent se produire au sein d'une espèce suivant le milieu, la saison, le moment de la journée, l'âge et l'environnement.

Pour des raisons méthodologiques, on ne relève souvent que les réactions visibles des oiseaux, tandis que les réactions physiologiques (p. ex. la sécrétion d'hormones de stress ou l'augmentation du rythme cardiaque) ainsi que les conséquences au niveau des populations sont rarement quantifiées.

Lors des relevés effectués depuis des avions, il est intéressant de souligner notamment l'absence de réactions, tandis que les observations fortuites ne sont souvent rapportées que si une réaction a été observée. Les observations qui ne portent pas systématiquement sur l'identification des perturbations peuvent fournir, d'une manière générale, des données déformées.

De nombreuses publications sont ciblées sur des espèces ou des circonstances particulières qui ne permettent pas de faire sans autres des généralisations. On peut par exemple signaler qu'il n'existe que peu d'indications sur les rapaces ou les tétraonidés, que les observations en montagne manquent largement et que les données portant sur la période de nidification sont plutôt rares.

Cet aperçu de la littérature spécialisée permet de déduire les recommandations suivantes :

Les interdictions de survol des milieux sensibles (y compris des zones-tampon) sont considérées par les spécialistes de la protection de la nature comme la mesure la plus efficace pour éviter les perturbations des oiseaux par les aéronefs.

Les prescriptions sur les hauteurs minimales de survol ont moins d'impact et sont moins bien contrôlables mais elles sont probablement mieux réalisables dans bien des cas. Toutefois, les prescriptions en vigueur varient fortement d'un pays à l'autre. La plupart des spécialistes plaident pour des limites à 500 m au-dessus du sol. Dans les cas où des hauteurs de survol plus basses sont souhaitées, il faudrait analyser leur impact au moyen d'études spécifiques.

Les restrictions temporaires de l'activité aérienne sont judicieuses dans les zones dans lesquelles des espèces sensibles aux perturbations ne séjournent en grand nombre qu'à certaines périodes.

Il faut particulièrement tenir compte des problèmes liés à une activité aérienne irrégulière dans le temps et dans l'espace, comme c'est notamment le cas pour la petite aviation à l'écart des aérodromes, ainsi que pour les hélicoptères et les modèles réduits. Des interdictions de survol et des limitations des hauteurs de survol sont particulièrement importantes dans ce cas.

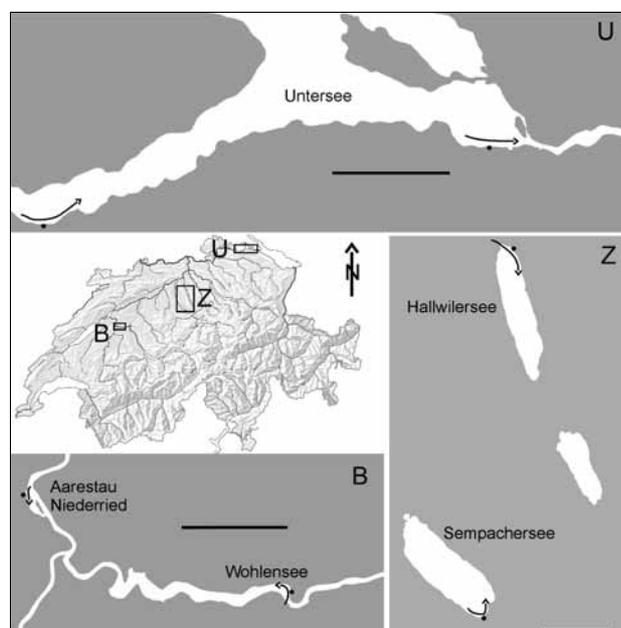
3 Expériences destinées à tester les réactions des oiseaux d'eau face aux aéronefs

Des survols réalisés à des fins expérimentales par des avions et des hélicoptères sur les lacs du Plateau suisse ont permis d'observer les réactions des oiseaux d'eau. Ces expériences ont eu lieu dans le cadre du travail de diplôme de Myriam Cevallos à l'Université de Bâle (CEVALLOS 2002, voir aussi KOMENDA-ZEHNDER et al. 2003).

Pour des raisons méthodologiques, l'étude était circonscrite aux oiseaux d'eau hivernant et vivant en grandes formations sur les plans d'eau. Les avions et les hélicoptères bénéficient de conditions d'approche et de survol optimales. De plus, des sites choisis judicieusement permettent de bien observer le comportement des oiseaux d'eau depuis le rivage (contrairement aux oiseaux vivant dans la végétation). En règle générale, les oiseaux sont plus mobiles pendant la période de migration et dans leur quartier d'hiver que pendant la période de couvain. L'observateur peut donc mieux identifier leurs réactions. En outre, un grand nombre d'individus permet d'estimer la proportion d'oiseaux qui réagissent ou restent impassibles. Ces observations sont donc plus pertinentes que celles faites sur des oiseaux isolés.

La Suisse possède un grand nombre de lacs qui accueillent des oiseaux d'eau hivernant. Il n'a donc pas été difficile de trouver des sites d'observation où les perturbations temporaires étaient acceptables et qui étaient faciles d'accès pour les avions et les observateurs. De plus, on a pu choisir des lacs présentant des conditions différentes en ce qui concerne les concentrations d'oiseaux d'une part et les perturbations déjà existantes d'autre part.

Figure 1 : Régions dans lesquelles les survols ont été effectués. Les rectangles sur la carte de la Suisse indiquent la localisation des agrandissements (U lac inférieur de Constance, B Berne, Z Plateau central). Les surfaces blanches représentent les plans d'eau. Les sites d'observation sont signalés par des points et les itinéraires de vol par des flèches. Les traits noirs représentent une distance de 4 km.



Les vols effectués pour les besoins de l'expérience devaient permettre d'étudier les perturbations des oiseaux en fonction de la hauteur de survol, du type d'aéronef, du site ainsi que de l'espèce. Plus spécifiquement, on a cherché à déterminer la hauteur de survol minimale à partir de laquelle les oiseaux d'eau ne manifestent aucune réaction apparente.

3.1 Sites d'observation et méthode

On a choisi trois régions différentes, dans lesquelles on pouvait s'attendre à des concentrations variables d'oiseaux d'eau (Fig. 1). On s'attendait à trouver de grands rassemblements sur le lac inférieur de Constance, des rassemblements moyens dans la région de Berne (Wohlensee et barrage de Niederried), de petits rassemblements sur le Plateau central (lac de Sempach et lac de Hallwil). Dans chaque région, deux sites d'observation ont été choisis de façon à ce que les oiseaux d'eau puissent être observés depuis le rivage et que l'accès pour les aéronefs soit aisé.

Les vols ont été effectués par de petits avions et des hélicoptères de l'OFAC (Tab. 1). Les pilotes ont toujours suivi les mêmes itinéraires au-dessus de l'eau, à 100 m du rivage. Les oiseaux d'eau observés ont donc été directement survolés à des hauteurs déterminées. Pour autant que les conditions météorologiques soient restées stables, les survols ont été répétés quatre à six fois au-dessus des mêmes oiseaux d'eau, à des intervalles de 15 minutes. Les hauteurs de vol ont été successivement réduites (série 1), maintenues constantes (série 2) ou abaissées ou augmentées (série 3, Tab. 2). L'aéronef se déplaçait entre les deux sites d'observation d'une région. Il y avait au moins une personne positionnée sur chaque site d'observation (plus rarement jusqu'à trois personnes) pour noter le comportement des oiseaux d'eau. On a effectué au maximum une série par demi-journée, afin d'accorder suffisamment de temps de repos aux oiseaux.

Tableau 1 : Aéronefs utilisés pour l'expérience.

Aéronef	Type	Longueur (m)	Envergure ou diamètre de rotor (m)
Petit avion	Bonanza	F33 A	8,12
		A 36	8,38
	Robin	DR 400/500	7,22
		DR 400-180 R	7,22
Hélicoptère	Écureuil	AS-350B2	10,93
	Alouette 3	SA-316B	10,20

Tableau 2 : Description des séries de survol. Une série correspond à quatre à six survols à des intervalles de 15 minutes au-dessus de la même zone.

Série	Caractéristique	Hauteur de survol (mètres au-dessus du sol) ¹	Remarque
1	Hauteur décroissante	600 – 450 – 300 – 150 – 80	Il n'a pas été possible de survoler le Wohlensee à 80 m.
2	Hauteur constante	150 ou 80	
3	Hauteur variée	450 – 300 – 150 – 80 Ordre variable	Les hauteurs de survol ont parfois été maintenues.

¹ Pour des raisons pratiques, les hauteurs de survol ont été choisies de la manière suivante : 600 m : pas de perturbation attendue d'après les données bibliographiques ; 450 m : hauteur intermédiaire située entre la hauteur de survol minimale de 300 m, autorisée au-dessus de zones à population dense, et la hauteur maximale choisie ; 150 m : hauteur de survol minimale en dehors des localités, 80 m : hauteur de survol minimale spécialement autorisée par l'OFAC.

Les oiseaux visibles sur le plan d'eau depuis un poste d'observation ont toujours été comptés avant le premier et après le dernier survol. Pour l'observation du comportement, un groupe d'oiseaux a été choisi en fonction du champ visuel des jumelles (agrandissement 8x). En moyenne, 51 oiseaux ont été pris en considération (médiane = 18 oiseaux, valeurs extrêmes = 1, 1500). L'observateur a noté le nombre d'oiseaux ayant un comportement « détendu » et un comportement « agité ». On entend par comportement « détendu » le repos, le lissage des plumes et le fait de se nourrir. Un comportement « agité » se définit par le fait d'être aux aguets, de nager, de plonger ou de s'envoler. Les observations débutaient toujours 5 minutes avant le premier survol et étaient répétées toutes les 5 minutes. Ainsi, la 2^e observation correspondait à un survol, tout comme une observation sur trois par la suite. La dernière observation était effectuée 5 minutes après le dernier survol. On a également mesuré la pression acoustique maximale en dB (instruments type 2225, Brüel & Kjaer) sur un site d'observation par région.

L'ampleur des perturbations anthropiques n'a pas été quantifiée. Toutefois, pendant les jours sans survols, des observations de contrôle ont été effectuées en guise de référence selon la même méthode.

3.2 Résultats

Les survols ont été réalisés sur 29 jours entre fin octobre 2001 et février 2002. Sur un total de 83 séries comptabilisant au total 326 vols, 42 séries (179 vols) ont été effectuées par de petits avions et 41 séries (147 vols) par des hélicoptères (Tab. 3). Les différences de tailles d'échantillonnage entre les petits avions et les hélicoptères ainsi qu'entre les régions résultent de la disponibilité des aéronefs ainsi que des conditions météorologiques.

Le recensement des oiseaux d'eau avant le début d'une série a donné de relativement grands groupes au lac inférieur de Constance (moyenne = 1081, médiane = 450, extrêmes = 170, 7260). Le nombre d'oiseaux était nettement moins élevé dans la région de Berne (moyenne = 193, médiane = 160, extrêmes = 35, 1080) mais, statistiquement parlant, il ne diffère pas de manière significative des sites d'observation du Plateau central, vu l'amplitude des variations (moyenne = 48, médiane = 39, extrêmes = 19, 203)

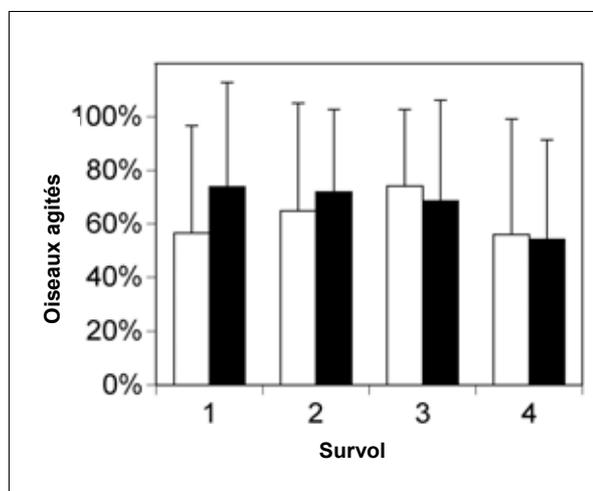
40% des oiseaux observés étaient des fuligules morillons, 31% des foulques macroules et 18% des fuligules milouins. Les observations restantes concernaient 29 espèces différentes représentant $\leq 2\%$ (canards, grèbes, cormorans, hérons et mouettes).

Tableau 3 : Nombre de séries de survol, groupées par type d'aéronef et par région.

Type de série		1	2	3
Type de série	Berne	10	6	2
	Plateau central	6	10	0
	Lac inférieur de Constance	4	3	1
Total		20	19	3
Hélicoptère	Berne	6	6	2
	Plateau central	2	3	0
	Lac inférieur de Constance	0	6	16
Total		8	15	18

Afin d'établir si le comportement apparent des oiseaux indiquait une accoutumance ou au contraire une sensibilisation aux survols, nous avons d'abord analysé les vols des séries 2 (hauteur de survol constante). La proportion d'oiseaux agités est restée constante aussi bien lors des survols par de petits avions que par des hélicoptères (Fig. 2). Pendant les brèves périodes de survol d'une série, le comportement des oiseaux n'a mis en évidence ni accoutumance ni sensibilisation.

Figure 2¹ :
 Pourcentage d'oiseaux d'eau agités pendant les séries de quatre survols par des petits avions à hauteur constante (en blanc : 80 m au-dessus du sol ; en noir : 150 m au-dessus du sol). Les traits en T indiquent l'écart standard.



¹ L'écart standard est une mesure de dispersion utilisée afin de montrer les variations des valeurs individuelles par rapport à la valeur moyenne indiquée. Dans les données présentées, les valeurs de mesure fluctuent fortement de manière naturelle. Il en découle des écarts standard relativement grands. Avec des échantillonnages suffisants, les écarts standard permettent de déterminer si les valeurs moyennes calculées diffèrent d'un point de vue statistique.

3.2.1 Influence du type d'avion et de la hauteur de survol

Le comportement des oiseaux d'eau immédiatement avant et après un survol a été étudié au moyen des données des séries 1 (Fig. 3) comportant toujours les mêmes facteurs de perturbation potentiels. Le pourcentage d'oiseaux agités était identique 5 minutes avant et après un survol, aussi bien pour des survols avec de petits avions qu'avec des hélicoptères. De plus, ces pourcentages ne divergeaient pas de ceux provenant d'observations de contrôle pendant des jours sans vols.

Manifestement, les oiseaux d'eau retrouvent relativement rapidement leur comportement normal. Par conséquent, toutes les observations pendant les survols peuvent être considérées comme des événements indépendants les uns des autres. Comme un effet d'accoutumance et de sensibilisation a également pu être exclu, on a pris en compte pour les autres analyses les survols de toutes les séries.

Le résultat d'une régression multiple a montré que le type d'aéronef (petit avion ou hélicoptère) ainsi que la hauteur de vol influençait de manière significative le pourcentage d'oiseaux d'eau agités. Aucune influence n'a pu être constatée en ce qui concerne la pression acoustique maximale ainsi que les types d'avions et d'hélicoptères. Le pourcentage des oiseaux agités augmente de manière constante à mesure que la hauteur de vol diminue (Fig. 4). De plus, il est toujours plus élevé en cas de survol par des hélicoptères qu'en cas de survol par des petits avions. Les oiseaux d'eau ont modifié leur comportement de manière significative lorsque l'hélicoptère évoluait à moins de 450 m du sol ; pour les petits avions, une modification tendancielle a été constatée lors de survols à 300 m au-dessus du sol et une modification significative lors de survols inférieurs à 300 m au-dessus du sol.

Figure 3 :
Réactions des oiseaux d'eau aux survols de la série 1
(diminution de la hauteur de vol ;
K : observations de contrôle les jours sans vols ;
N = nombre de vols)

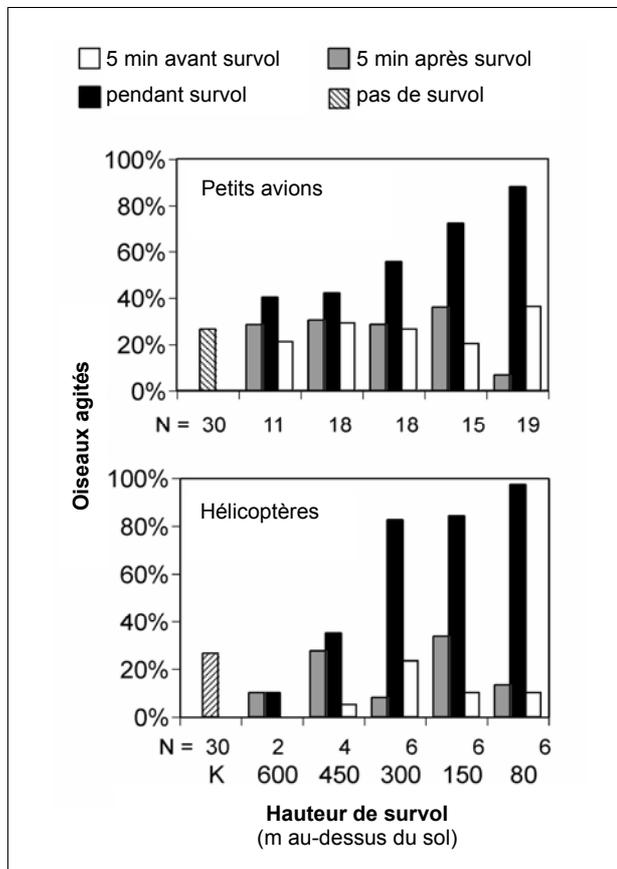
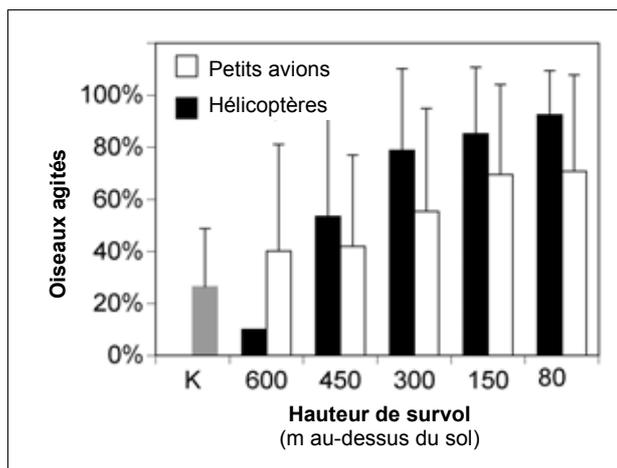


Figure 4 :
Comparaison des pourcentages
moyens d'oiseaux agités pendant
les survols et les observations de
contrôle (K, colonne grise).
Les traits en T indiquent l'écart
standard.



3.2.2 Influence du niveau sonore

Comme on pouvait s'y attendre, la pression acoustique maximale est significativement corrélée avec la hauteur de vol (Fig. 5). Les hélicoptères étaient tous plus bruyants que les petits avions. Pendant les vols, la pression acoustique n'a été mesurée que sur un des deux sites d'observation de chaque région. C'est pourquoi les données pour cette variable sont nettement moins nombreuses. Si la pression acoustique maximale n'est pas apparue comme un facteur plus significatif dans la régression multiple, c'est probablement à cause d'un échantillonnage trop faible. Nos données montrent que les oiseaux d'eau ne modifient pas visiblement leur comportement quand la pression acoustique des petits avions est inférieure à 64 dB et celle des hélicoptères inférieure à 70 dB. La corrélation élevée entre la hauteur de vol et la pression acoustique ne permet pas de conclure, sur la seule base des données existantes, si les oiseaux sont inquiétés par le stimulus optique ou acoustique. Toutefois, comme les ondes lumineuses se déplacent beaucoup plus rapidement que les ondes sonores, les stimuli optiques constituent une information plus fiable pour le comportement de fuite, en particulier s'il s'agit de l'approche d'« ennemis aériens ».

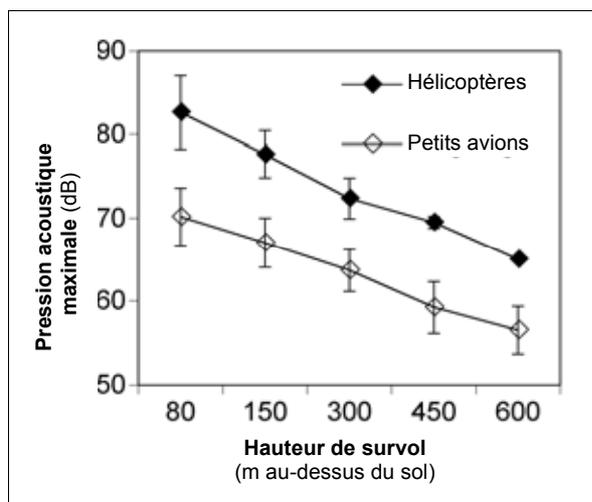


Figure 5 :
Pression acoustique maximale en relation avec la hauteur de vol. Les traits en T indiquent l'écart standard.

3.2.3 Comparaison entre les groupes d'oiseaux

Afin d'étudier si le comportement des oiseaux d'eau varie selon les espèces, nous les avons réparties en trois groupes : les canards de surface, les canards plongeurs et les autres oiseaux d'eau. Les canards de surface, p. ex. le canard colvert et la sarcelle d'hiver, ont la capacité de s'envoler presque verticalement depuis la surface de l'eau. Par contre, les canards plongeurs, p. ex. les fuligules milouins et les fuligules morillons, ne s'envolent qu'après une assez longue prise d'élan. Chez les autres oiseaux d'eau, ce sont les foulques macroules qui dominent et qui sont rarement observés en formations fermées. Nous avons divisé les données des survols en deux catégories : les survols hauts (600 m et 400 m au-dessus du sol) et les survols bas (300 m et 150 m au-dessus du sol). Nous n'avons pas pris en considération les vols

à 80 m au-dessus du sol, car il a été impossible de voler à si basse altitude au-dessus du Wohlensee.

Les trois groupes ne diffèrent pas les uns des autres dans leur comportement, ni lors des observations de contrôle, ni lors des survols hauts ou bas par des hélicoptères ou des petits avions. Ce n'est que lors de survols bas par de petits avions que des différences dans le pourcentage d'oiseaux agités ont été observées entre les canards plongeurs et les autres oiseaux d'eau, mais pas entre les canards de surface et les canards plongeurs.

Dans l'ensemble, la majeure partie des oiseaux aquatiques hivernant sur le Plateau présente un comportement homogène. Souvent, différents groupes d'espèces se trouvent en même temps au même endroit. Par conséquent, nous ne pouvons pas exclure que des différences de comportement aient pu s'estomper sous l'influence réciproque des groupes d'espèces. Quelques espèces plus sensibles ont pu être observées, comme par exemple les cygnes chanteurs au lac inférieur de Constance, mais l'échantillonnage est insuffisant aux fins des analyses statistiques. Les espèces très sensibles mentionnées dans la littérature spécialisée (limicoles, oies, etc.) ne vivent pas en grandes formations en Suisse et ne sont pas du tout représentées dans ces données.

3.2.4 Comparaison entre les sites d'observation

On a choisi des survols à 150 m au-dessus du sol afin de pouvoir comparer le comportement des oiseaux dans les conditions les plus similaires possible aux différents sites d'observation. Le pourcentage d'oiseaux agités pendant les survols par de petits avions était sensiblement plus bas sur les lacs du Plateau central (lac de Sempach, lac de Hallwil) que dans les deux autres régions. Nous n'avons pas trouvé de différences lors des survols par hélicoptère.

À la différence du Wohlensee et du barrage de Niederried, les lacs de Hallwil et de Sempach se trouvent dans un paysage relativement ouvert. Les avions peuvent donc être perçus à une grande distance et il n'y a pas d'effet de surprise. De plus, ces lacs accueillent des rassemblements d'oiseaux beaucoup moins nombreux qu'au lac inférieur de Constance. La probabilité de trouver un oiseau particulièrement sensible est plus élevée dans de grandes formations d'oiseaux. Si celui-ci s'envole, le comportement se transmet au reste du groupe. Le pourcentage de canards colverts et de foulques macroules « autochtones » est probablement plus élevé sur les deux lacs du Plateau central que p. ex. sur le lac inférieur de Constance. L'absence de différences en ce qui concerne les survols par hélicoptère tient probablement au fait que les échantillons du Plateau central sont beaucoup plus petits que ceux des autres régions.

3.3 Commentaires et conclusions

C'est la première fois que l'influence de vols sur le comportement d'oiseaux d'eau vivant en liberté est étudiée dans le cadre d'une expérience. Le dépouillement des données provenant des observations du comportement des oiseaux permet de tirer des conclusions concrètes sur l'influence du type d'avion et de la hauteur de survol sur les oiseaux d'eau.

Il s'est ainsi avéré que les hélicoptères provoquent en général plus de perturbations que les petits avions. Aucune modification substantielle du comportement des oiseaux n'a été constatée lors des survols par hélicoptère à plus de 450 m au-dessus du sol, ainsi que lors des survols par des petits avions à plus de 300 m au-dessus du sol.

La grande majorité des espèces observées étaient des espèces très fréquentes, vivant également à proximité de la civilisation. Le comportement des groupes d'espèces (canards de surface, canards plongeurs, autres oiseaux d'eau) ne différait pas entre eux de manière importante. Toutefois, il est probable que des espèces plus exigeantes ou des oiseaux faisant halte durant la période de migration (p. ex. les oies et les limicoles) puissent réagir de manière plus sensible aux aéronefs.

Le comportement des oiseaux varie très peu entre l'est et l'ouest du Plateau. Les différentes concentrations d'oiseaux ne jouent pas un grand rôle. Les réactions plus faibles des oiseaux des lacs du Plateau central peuvent s'expliquer aussi bien par l'accoutumance que par des formations moins importantes. Dans l'ensemble, nous pensons que nos résultats sont représentatifs pour les lacs du Plateau suisse.

4 Observations des réactions des oiseaux face aux aéronefs

Le comportement des oiseaux face à un aéronef dépend en grande partie de la distance et du type d'aéronef. Les vols réalisés à des fins expérimentales présentés au chapitre 3 démontrent clairement cette relation, mais ne prennent en compte que les réactions d'oiseaux d'eau hivernant face à des petits avions et à des hélicoptères. En réalité, les événements perturbateurs sont beaucoup plus variés. L'activité aérienne a lieu en toute saison, si bien que les oiseaux y sont également confrontés pendant les périodes de nidification ou de migration. De plus, d'autres types d'aéronefs apparaissent régulièrement. La complexité de ces rapports a été décrite dans l'étude bibliographique (voir chap. 2). Afin d'obtenir une vue plus large de la situation en Suisse, des observations provenant de différentes régions ont été rassemblées (Fig. 6). D'une part, on a procédé à des observations ciblées en tirant partie des installations existantes (terrains d'aviation) et des vols planifiés (manifestations aériennes, vols de transport). D'autre part, des observations fortuites ont été rassemblées au moyen d'une enquête auprès des bénévoles de la Station ornithologique suisse de Sempach.

Figure 6 :

Situation des lieux d'observation.

- 1 Lugano ; Manifestation aérienne
- 2 Nuoler Ried / Wangen-Lachen; terrain d'aviation
- 3 Bolle di Magadino / Locarno ; terrain d'aviation
- 4 Les Grangettes ; hélicoptères
- 5 Les Ponts-de-Martel ; hélicoptères
- 6 Fanel-Chablais de Cudrefin ; survols par dirigeables
- 7 Lac de Constance et lac inférieur de Constance ; survols par dirigeables
- 8 Ägelsee ; ballons à air chaud
- 9 Flachsee Unterlunkhofen ; ballons à air chaud



4.1 Observations au cours d'une manifestation aérienne

4.1.1 Manifestation aérienne dans la baie du lac de Lugano

Le 21 juillet 2001, une manifestation aérienne a été organisée dans la baie du lac de Lugano. Figuraient au programme des démonstrations d'avions à moteur, individuellement et en formation, volant parfois à moins de 150 m de hauteur. Des avions militaires, des hélicoptères et des hydravions amerrissant ont également été présentés.

La baie du lac de Lugano présente peu d'intérêt pour l'avifaune. Le rivage est complètement construit et le trafic routier cause un bruit constant. De plus, le rivage comme la surface du lac sont intensivement utilisés pour les loisirs et la détente. De

nombreux pédalos, des bateaux à moteur privés et de grands bateaux de ligne traversent continuellement la baie. À partir de la rive, la profondeur augmente rapidement et il n'y a presque pas de végétation riveraine ou aquatique ; il manque donc à la fois l'habitat et la nourriture nécessaires aux espèces d'oiseaux exigeantes. L'avifaune se limite à un petit nombre d'espèces, relativement peu sensibles, qui se sont habituées à la présence de l'homme et qui se comportent comme des oiseaux des parcs.



Figure 7 :
Survol de la Patrouille Suisse
(Photo : S. KOMENDA-ZEHNDER)

Le comportement des oiseaux d'eau sur le lac de Lugano a été observé par deux personnes depuis la rive nord et la rive ouest, avant, pendant et après la manifestation aérienne. Il y avait uniquement des canards colverts, des cygnes tuberculés et des mouettes rieuses, et ces espèces ont présenté un comportement analogue à celui d'oiseaux des parcs. Ils restaient à proximité des passants près du rivage, acceptant parfois la nourriture offerte. Le jour de la manifestation également, malgré un public nombreux et des annonces par haut-parleurs, leur comportement n'a pas changé. Ces observations sont présentées à l'annexe 5.

Les oiseaux ont réagi de la manière la plus notable lors de l'ouverture de la manifestation aérienne par la Patrouille Suisse (Fig. 7). C'est à ce moment-là que se sont produites les plus grandes pressions acoustiques (supérieures à 100 dB(A)). Ce bruit a été ressenti comme étant extrêmement désagréable voire douloureux par les spectateurs, ce qui a probablement aussi été le cas pour les oiseaux. Ensuite, malgré d'autres manœuvres en partie très bruyantes et imprévisibles, les canards colverts et les cygnes tuberculés sont restés très calmes pendant toute la durée de la manifestation. Certains oiseaux se sont réfugiés sous les pontons des bateaux. Les mouettes rieuses se trouvant à la surface de l'eau étaient beaucoup plus exposées et s'envolaient pratiquement à chaque vol à basse altitude. Un groupe d'oiseaux resté dans le champ de vision se reposait à chaque fois, moins d'une minute plus tard, sur l'eau, à proximité du lieu de son envol.

On peut admettre que la manifestation aérienne n'a pas causé une grande perte d'énergie chez les canards colverts et les cygnes tuberculés. En revanche, les mouettes rieuses ont probablement dépensé plus d'énergie pendant la manifestation aérienne. Aucune réaction apparente n'a été constatée chez d'autres espèces d'oiseaux. La manifestation, d'une durée de trois heures, n'a vraisemblablement pas eu d'influence négative durable sur les oiseaux de la baie du lac de Lugano.

4.1.2 Conclusions à propos des manifestations aériennes

Les observations dans la baie du lac de Lugano ne peuvent pas être généralisées à des manifestations aériennes ayant lieu à d'autres endroits ou à d'autres saisons. À Lugano, on ne trouve que des oiseaux qui se sont adaptés à la présence humaine. Les espèces d'oiseaux qui, habituellement, préfèrent des habitats plus proches de la nature réagissent de manière beaucoup plus sensible. KEMPF & HÜPPOP (1998) soulignent qu'il existe des oiseaux qui séjournent pendant l'hiver sur des plans d'eau situés à proximité des habitations et qui réagissent très fortement aux perturbations. WERNER & SCHUSTER (1985) décrivent la panique et la fuite d'oiseaux chanteurs dans une réserve naturelle pendant une manifestation aérienne.

4.2 Observations aux abords des aérodromes

4.2.1 Nuoler Ried / Terrain d'aviation de Wangen-Lachen (SZ)

Le Nuoler Ried se situe sur la rive gauche du lac supérieur de Zurich. Il constitue l'une des dernières grandes étendues marécageuses ouvertes de Suisse. Il figure à l'inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels d'importance nationale (IFP) et à l'inventaire des bas-marais d'importance nationale. Les migrateurs les plus divers séjournent dans cette réserve naturelle, notamment des limicoles et des oiseaux du paysage rural ouvert. Comme oiseaux nicheurs, on trouve divers oiseaux d'eau et des marais, entre autres des espèces de la liste rouge comme le bruant proyer, la rousserolle turdoïde et la sterne pierregarin.

L'ouest du Nuoler Ried accueille le terrain d'aviation de Wangen-Lachen (SZ). Quand les conditions sont favorables, le trafic aérien y est intense. Des avions de tourisme s'approchent à des hauteurs d'environ 350 m depuis le sud, perpendiculairement à la piste d'atterrissage, et font une boucle au-dessus du lac pour atterrir en direction de l'est ou de l'ouest. Lors des manœuvres de décollage et d'atterrissage, le marais est régulièrement survolé à basse altitude (Fig. 8). Comme des vols d'entraînement ont également lieu, les avions de tourisme redécollent souvent tout de suite après l'atterrissage. Le 27 septembre 2001, en fin d'après-midi, on a pu enregistrer en moyenne une manœuvre toutes les 4 minutes (décollage, atterrissage ou atterrissage avec remise de gaz immédiate).



Figure 8 :
Avion de tourisme survolant le
Nuoler Ried
(Photo : S. KOMENDA-ZEHNDER)

Les avions de tourisme sont bien visibles depuis le sol pendant toute la durée de la volte. Leur bruit ne se distingue pas spécialement du bruit de fond du trafic routier, des bateaux et des trains sur l'autre rive du lac.

En règle générale, il semble que les oiseaux présents ne se sentent pas inquiétés par les manœuvres régulières des avions de tourisme (observations S. KOMENDA-ZEHNDER ; comm. pers. L. FELIX, K. FELIX, E. GREThER). Le 7 septembre 2001, six tariers des prés au repos ont été observés de manière ciblée. Ils ont séjourné un bon moment à 400 m à l'est de la piste d'atterrissage dans une prairie humide d'environ 1 m de haut, richement structurée. À cet endroit, les avions de tourisme réduisent les gaz à environ 10 m du sol avant d'atterrir. Pendant la période d'observation de 14h30 à 17h30, les tariers des prés n'ont jamais modifié leur comportement en raison d'un survol. À une même distance de la piste d'atterrissage, au bord du lac, un bécasseau variable a été observé pendant environ 20 minutes le 27 septembre 2001. Aucune modification de comportement en raison du passage d'un avion n'a été observée.

Depuis des années, des vanneaux huppés nichent dans la prairie humide directement sous les avions de tourisme qui décollent et qui atterrissent ; ils ne sont manifestement pas perturbés par le trafic aérien. Le succès de leur reproduction n'a cependant pas été étudié. Les oiseaux faisant halte à proximité de la piste ou même sur celle-ci, comme les mouettes rieuses, les courlis cendrés, divers autres limicoles, les traquets motteux ou les bergeronnettes grises, évitent les avions mais, mis à part un dérangement de courte durée, il ne sont pas sérieusement perturbés (comm. pers. E. GREThER). Le 22 février 2001, environ 210 courlis cendrés séjournaient directement aux abords de la piste d'atterrissage. Lors de la reprise du trafic aérien, ils ont tous été effarouchés et se sont envolés en dehors du champ de vision de l'observateur (comm. pers. D. Marques).

Il arrive parfois que des hélicoptères survolent la zone. Les vols à basse altitude provoquent des réactions visibles des oiseaux au repos ou en quête de nourriture (comm. pers. L. Felix, K. Felix, E. Grether). L'apparition inopinée de l'escadrille de la Patrouille Suisse inquiète également les oiseaux. Les promeneurs dont les chiens ne sont pas tenus en laisse sont considérés comme la principale source de perturbation au Nuoler Ried. Les limicoles, mouettes ou petits oiseaux qui s'y reposent sont souvent effrayés (comm. pers. L. Felix, K. Felix, E. Grether).

Les observations indiquent que les oiseaux nichant et séjournant encore à l'heure actuelle au Nuoler Ried se sont habitués au va-et-vient régulier des avions de tourisme. Les observations des tariers des prés sont donc, dans une certaine mesure, en contradiction avec les observations fortuites sur le terrain d'aviation de Locarno/Magadino. Il n'est pas possible dans cette étude de savoir si des oiseaux ont quitté la zone ces dernières années. Les réactions des oiseaux dans le secteur de décollage ainsi que le maintien de la tranquillité des oiseaux durant les phases de décollage et d'atterrissage des avions sur des secteurs plus larges n'ont pas été étudiés. Les hélicoptères et les manœuvres de la Patrouille Suisse inquiètent visiblement les oiseaux.

4.2.2 Bolle di Magadino / Terrain d'aviation de Locarno (TI)

Les Bolle di Magadino correspondent à la zone du delta entre les rivières Tessin et Verzasca, à l'extrémité nord du lac Majeur. Les Bolle constituent une zone humide d'importance internationale. Elles sont reconnues comme site Ramsar et comme zone importante pour la conservation des oiseaux (HEATH et al. 2000). C'est une réserve d'oiseaux d'eau d'importance nationale et elles figurent à l'inventaire IFP ainsi qu'à l'inventaire fédéral des sites marécageux d'importance nationale. Les Bolle sont très proches du terrain d'aviation de Locarno, qui accueille un trafic aérien civil et militaire important (Fig. 9). Au décollage, les avions survolent régulièrement la réserve naturelle à basse altitude. Comme les oiseaux migrateurs sont bagués dans les Bolle, des ornithologues de terrain s'y trouvent en permanence en automne et au printemps. Ils ont observé différentes réactions des oiseaux au passage des avions (annexe 6).

Figure 9 :
Vue depuis le nord sur le terrain d'aviation de Locarno (à gauche) et sur la réserve naturelle des Bolle di Magadino (à droite). (Photo : S. KOMENDA-ZEHNDER)



L'annexe 6 rassemble de nombreuses observations établies de manière non systématique et consignées en partie à partir de souvenirs. Selon toute vraisemblance, les oiseaux au repos sont régulièrement effrayés par des avions les survolant à basse altitude au décollage et à l'atterrissage. Les indications concernant le nombre d'oiseaux capturés sont contradictoires. Le hasard a probablement joué un rôle du fait que les oiseaux s'envolent parfois en direction des filets et parfois dans une autre direction. Le large éventail d'espèces d'oiseaux décrites dans ces observations, en particulier des espèces ne séjournant que brièvement dans cette zone, donne l'impression, en comparaison avec d'autres aérodromes, d'une accoutumance plutôt faible au trafic aérien. Des réactions de peur ont été signalées lors de survol à très basse altitude ou par des avions particulièrement grands ou bruyants.

4.2.3 Conclusions concernant les différents aérodromes

Le potentiel d'accoutumance à proximité des aéroports est élevé et les oiseaux nichent parfois directement à côté de la piste d'atterrissage, avec comme conséquence un risque aviaire accru. Il semble que les oiseaux du Nuoler Ried, près du terrain d'aviation de Wangen-Lachen, se sont habitués aux avions. Dans les Bolle di Magadino, qui représentent une zone de repos beaucoup plus importante, le trafic aérien sur le terrain d'aviation de Locarno est plus irrégulier. En outre, un plus grand nombre d'oiseaux séjournent dans cette réserve naturelle qui, contrairement au Nuoler Ried, n'est que partiellement accessible comme espace de loisirs. Ce sont les avions volant exceptionnellement bas et très bruyants, en particulier les avions militaires, qui provoquent les perturbations les plus importantes.

En matière de perturbations dues au trafic aérien, on commente rarement le fait que seuls les oiseaux qui se sont habitués à ce trafic restent à proximité d'un aérodrome en activité. On ne peut donc pas juger de ce que serait la situation sans perturbations. Nous n'avons pas connaissance de véritables comparaisons entre la situation avant et après l'aménagement d'aérodromes. Il existe tout de même quelques indications selon lesquelles des oiseaux ont quitté les zones concernées à cause du trafic aérien ; on sait p. ex. que des espèces d'oiseaux nicheurs exigeantes quant à la qualité de leur milieu ont disparu en raison du trafic aérien de modèles réduits (RIEDERER 1976), que des rapaces ont abandonné leurs aires de nidification et leurs territoires de chasse dans une réserve naturelle en raison de survols par des hélicoptères et des petits avions (SERIOT & BLANCHON 1996) et que des oies se sont déplacées dans des zones plus tranquilles et n'utilisent plus certaines bonnes zones de gagnage (STOCK 1992a,b) ou de mue (MOSBECH & GLAHDER 1991). On trouve des indications semblables chez ANDERSEN et al. (1990), BRUNS et al. (1994), GILL et al. (1996) et LUGERT (1988). Des exemples d'autres facteurs perturbateurs, en particulier la chasse, indiquent que le nombre d'oiseaux d'eau augmente rapidement après l'abandon de l'activité (GÉROUDET 1967, KELLER & ANTONIAZZA 2001, MADSEN 1998). À l'Étournel, près de Genève, le nombre d'oiseaux d'eau est passé d'une douzaine à plus de 1500 suite à une interdiction de la chasse en France. Le site du barrage de Verbois (GE) semblait également être un plan d'eau insignifiant. Les relevés annuels entre 1967 et 1974 (avant l'arrêt de la chasse) n'indiquent jamais plus de 31 oiseaux d'eau. Depuis l'interdiction de la chasse dans tout le canton de Genève en 1975, le plan d'eau a acquis une importance internationale et accueille régulièrement 6000 à 10 000 canards (SCHIFFERLI 1984, 1989). Le potentiel de ces deux zones n'aurait jamais été découvert sans l'interdiction de la chasse. Les perturbations par des avions sont plus faibles que celles causées par la chasse ; toutefois, ces perturbations ont sans doute provoqué le départ des espèces les plus sensibles.

4.3 Observations lors du passage d'hélicoptères

4.3.1 Vols d'hélicoptères aux Grangettes

Le site des Grangettes, site Ramsar et réserve d'oiseaux d'eau d'importance internationale, se trouve à l'extrémité est du lac Léman, entre l'embouchure du Rhône et la petite ville de Villeneuve. Il comprend de vastes bas-marais d'importance nationale et figure à l'inventaire fédéral des sites marécageux d'importance nationale ainsi qu'à l'inventaire IFP. Dans la partie est, des blocs de pierres font office de brise-vagues et protègent la roselière de l'érosion (Fig. 10). En hiver, de nombreux oiseaux séjournent dans cette baie protégée, notamment des fuligules morillons, des fuligules milouins, des nettes rousses ainsi que des grèbes huppés, des foulques macroules, des cormorans et des mouettes.



Figure 10 :
Rassemblement d'oiseaux d'eau dans le site des Grangettes entre la roselière (à gauche) et les brise-vagues (à droite). (Photo : S. KOMENDA-ZEHNDER)

Les bois flottants ainsi que les débris constituent une menace pour les roseaux, si bien qu'une grande action de nettoyage de la roselière a lieu chaque année. Pendant au moins deux jours à la fin de l'hiver (en mars), une centaine de bénévoles rassemblent les morceaux de bois et les débris à différents points de la roselière. Le matériel ainsi réuni est emporté dans des filets de transport par un hélicoptère de petite taille vers un lieu de collecte. Les vols se répètent à des intervalles de quelques minutes et durent souvent toute la journée.

L'enlèvement des débris flottant dans la roselière des Grangettes est d'une importance capitale pour la préservation de cet habitat. L'emploi d'un hélicoptère est sans aucun doute la méthode la plus efficace pour l'évacuation du matériel. Les perturbations provisoires des oiseaux d'eau hivernant ou faisant halte dans ces lieux doivent être prises en compte. Une opportunité bienvenue s'offre donc pour observer le comportement des oiseaux d'eau lors de survols à basse altitude par un hélicoptère. Les détails de ces observations et les plans de situation sont présentés à l'annexe 7.

Le 2 mars 2002, plus de 2000 canards, surtout des fuligules milouins, des fuligules morillons et des nettes rousses, séjournèrent dans la baie des Grangettes. Lors des premiers survols à basse altitude, à une distance horizontale de plus de 500 m des canards, ceux-ci n'ont présenté aucune modification visible de comportement.

Apparemment, ils sont relativement tolérants au bruit, même s'il s'agissait ici d'un événement exceptionnel pour lequel l'accoutumance peut être exclue. Par contre, les survols à des distances latérales de moins de 500 m ont provoqué dans tous les cas de l'agitation, se manifestant par une attitude vigilante et une nage accélérée. À des distances de survol encore plus rapprochées, les oiseaux d'eau se sont envolés immédiatement, indépendamment de leur espèce. Tandis que les cormorans et les mouettes se sont immédiatement éloignés du site, les fuligules milouins, les fuligules morillons et les nettes rousses y sont retournés à plusieurs reprises après une phase de vol relativement longue. C'est seulement après s'être envolés quatre fois qu'ils se sont posés à une plus grande distance (Fig. 11). Cela démontre le lien très fort de ces espèces avec une zone de repos appropriée.

Figure 11 :
Vol stationnaire d'un hélicoptère auquel on accroche un filet de transport. Dans la baie, on ne voit plus que quelques oiseaux d'eau isolés. (Photo : S. KOMENDA-ZEHNDER)



Comme, vers la fin de l'hiver, les oiseaux d'eau hivernant sur les lacs suisses rejoignent progressivement leurs sites de reproduction, il y avait moins d'oiseaux dans la baie des Grangettes le 9 mars que le 2 mars. Les observations de cette journée ont pourtant confirmé les différences entre les espèces d'oiseaux en ce qui concerne leur tolérance aux événements perturbateurs. À nouveau, les cormorans et les mouettes ont abandonné immédiatement leurs aires de repos sur les brise-vagues à l'arrivée de l'hélicoptère, tandis que les autres espèces, par exemple les grèbes huppés ou les foulques macroules, nageaient pour s'éloigner davantage de l'hélicoptère. Les cygnes tuberculés et les canards colverts n'ont pas quitté le site. Des différences de comportement entre des individus de la même espèce ont également été observées. Certains fuligules milouins sont restés sur place, tandis qu'une grande partie de leurs congénères s'est envolée.

Dans le cadre d'une étude d'impact sur l'environnement pour un hélicoptère au sud de Villeneuve, Ecoscan SA a effectué à cheval entre 1997 et 1998 des vols en hélicoptère à des fins expérimentales, notamment au-dessus du site des Grangettes (MAUMARY & JUNKER 1998, expertise non publiée). Des hélicoptères de type Alouette II et Écureuil ont réalisé un total de 64 passages, à 150 m et à 450 m au-dessus du sol. En janvier, les hérons, les cormorans et les mouettes s'envolèrent lors des survols à 150 m et à 450 m au-dessus du sol, tandis que plusieurs espèces de canards ne montrèrent aucune réaction. Cela confirme nos propres observations en ce qui concerne les différences de tolérance entre les espèces. Ces différences ont égale-

ment été constatées au mois de juin. Les cormorans, les hérons et les mouettes ont levé les yeux lors de survols à 450 m au-dessus du sol et ils se sont envolés lors des survols à 150 m au-dessus du sol.

En résumé, on constate que les hélicoptères ne provoquent pas de modifications de comportement visibles en volant à des distances verticales et horizontales de plus de 500 m, même si leur bruit est bien perceptible. Les hérons, les mouettes et les cormorans réagissent à ces événements perturbateurs en abandonnant le site, tandis que les canards restent sur place tout en montrant des signes d'inquiétude ou reviennent après s'être envolés. Lorsque la distance horizontale ou verticale de l'hélicoptère en vol est inférieure à 500 m, les oiseaux d'eau montrent de toute évidence de fortes réactions. La distance horizontale a été confirmée à plusieurs reprises à l'aide de marques sur le terrain durant les vols de transport ; la distance verticale a été contrôlée de manière expérimentale dans l'étude de MAUMARY & JUNKER (1998).

4.3.2 Vols d'hélicoptères aux Ponts-de-Martel

Les tourbières des Ponts-de-Martel, couvrant 130 ha à 1000 m d'altitude, constituent le plus grand haut-marais de Suisse et un site marécageux d'importance nationale (BARKHAUSEN & GEISER 1997). Elles figurent à l'inventaire IFP et elles ont le statut de réserve naturelle cantonale. De plus, ce site a été désigné comme zone importante pour la conservation des oiseaux, c'est-à-dire comme site aviaire d'importance internationale, dans lequel des mesures de protection doivent être fixées de manière ciblée (HEATH et al. 2000).

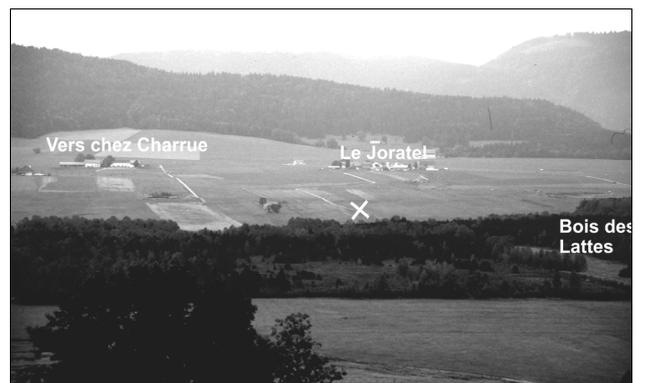


Figure 12 :
Vue depuis le nord sur la réserve naturelle des Ponts-de-Martel en direction de l'hélistation (croix).
(Photo : S. KOMENDA-ZEHNDER)

Cours de pilotage d'hélicoptère près de la réserve naturelle

En 1997, l'OFAC a accordé une autorisation pour des cours de pilotage dans une zone limitrophe de la réserve naturelle. Le terrain d'atterrissage se situe sur une surface agricole extensive, à environ 300 m du site protégé (Fig. 12). Depuis le début des vols d'entraînement, en particulier au printemps, de nombreux exercices à basse altitude et en vol stationnaire ont eu lieu dans toute la vallée. Toutefois, le site semble également intéressant pour d'autres hélicoptères. On a pu observer à plusieurs reprises des hélicoptères d'autres sociétés ainsi que ceux de l'armée suisse.

**Présence d'espèces
d'oiseaux particulières
aux Ponts-de-Martel**

Dans cette zone de haut-marais, on trouve d'importants effectifs nicheurs de tariers des prés, de pipits des arbres et de pipits farlouses. Des alouettes des champs nichent en densité relativement élevée dans la campagne environnante et on aperçoit régulièrement des cailles des blés (MAUMARY & GLARDON 1995). Ce sont des espèces dont la survie dépend de milieux exploités de manière extensive, ouverts et semi-ouverts. Le tarius des prés et le pipit farlouse figurent sur la liste rouge en tant qu'espèces potentiellement menacées, la caille des blés comme espèce menacée (KELLER et al. 2001).

L'ensemble de la vallée de la Sagne constitue l'un des plus importants sites de Suisse pour le râle des genêts, une espèce en danger dans le monde entier et menacée de disparition en Suisse (KELLER et al. 2001).

Jusqu'en 1996, des vanneaux huppés ont niché en petit nombre mais régulièrement dans les marais de Brot, l'un des plus hauts sites de nidification de Suisse (SCHMID et al. 1998). Depuis 1997, on a certes pu constater des arrivées, mais plus de nidification concluante (annexe 8). Le nombre de vanneaux huppés a reculé aux Ponts-de-Martel conformément à l'évolution constatée dans l'ensemble de la Suisse. De plus, l'altitude des Ponts-de-Martel correspond à la limite de répartition supérieure et la Suisse en général correspond à la limite de répartition sud du vanneau huppé. Bien que le recul observé localement coïncide avec l'établissement de l'école de pilotage d'hélicoptère et que, depuis 1997, des hélicoptères survolent régulièrement et parfois à basse altitude les sites de nidification potentiels des vanneaux huppés, un rapport de cause à effet ne peut pas être prouvé, mais une accélération de la disparition de l'espèce est plausible.

4.3.3 Exercices d'hélicoptères sur les marais de Brot

Du 18 au 30 mars 2000, en raison d'une météo relativement défavorable, on a pu observer une quantité exceptionnellement élevée d'oiseaux migrateurs dans les marais de Brot (p. ex. épervier d'Europe, bécassine des marais, pie-grièche grise, pipit farlouse, pipit spioncelle, pouillot véloce, merle à plastron, grive litorne, grive draine, grive musicienne, grive mauvis, pinson du nord, chardonneret élégant, bruant jaune et bruant des roseaux). Le 30 mars 2000 à 15h20, un hélicoptère de transport relativement grand, de type Bell (Fig. 13), est arrivé à proximité immédiate des Marais-Rouges (comm. pers. J.-D. BLANT). Cet hélicoptère a exécuté un exercice de procédure d'urgence jusqu'à une hauteur de 30 m au-dessus du sol, comme cela se fait pendant les cours de pilotage pour simuler une panne de turbines. Cela a provoqué un énorme vacarme. Cette manœuvre a été observée depuis les marais de Brot à une distance d'environ 1500 m. Elle a semé la panique parmi les oiseaux qui faisaient halte dans cet endroit. Grives, étourneaux et pinsons volaient à perte de vue dans tous les sens dans un rayon d'au moins 1500 m autour de la source de perturbation.

Figure 13 :
C'est un hélicoptère de ce type qui
a effrayé les oiseaux dans un
grand périmètre aux Marais-
Rouges. (photo : www.heliweb.ch)



4.3.4 Observations isolées lors du passage d'hélicoptères

L'annexe 9 présente une liste des événements perturbateurs causés par des hélicoptères, observés de manière fortuite par des ornithologues. Ces observations montrent que des vols en hélicoptère à une hauteur de moins de 300 m au-dessus du sol perturbent les oiseaux dans tous les cas rapportés. Les observateurs ont estimé la hauteur de survol en se référant à des éléments du terrain. À chaque fois, la réaction des oiseaux d'eau était particulièrement manifeste. Toutefois, comme l'indiquent les observations de rapaces et d'oiseaux chanteurs, un passage d'hélicoptère provoque également des modifications de comportement importantes chez d'autres espèces d'oiseaux. La recherche de nourriture s'interrompt et une partie des oiseaux, pris de panique, volent dans tous les sens. Les sites de nourrissage et de repos sont abandonnés au moins temporairement.

4.3.5 Conclusions en ce qui concerne les passages d'hélicoptères

La plupart des événements perturbateurs signalés concernaient des passages à basse altitude effectués par des hélicoptères. Les hauteurs de survol n'ont pu être estimées qu'en prenant pour repère des objets environnants mais elles étaient certainement inférieures à 300 m. Des oiseaux d'espèces les plus diverses, au repos ou en quête de nourriture, ont été effrayés en particulier par des hélicoptères volant au-dessus ou à proximité de réserves naturelles (Bolle di Magadino, Les Ponts-de-Martel, Kaltbrunner Riet, Fanel, Ägelsee, Les Grangettes). Il en résulte une dépense énergétique supplémentaire pour les migrateurs, mais aussi pour les oiseaux nicheurs et les oiseaux hivernant. Des événements perturbateurs répétitifs, comme c'est le cas pour la chasse (voir 4.2.3) et les cours de pilotage, peuvent conduire à un abandon progressif du site et indirectement à une perte d'habitat.

4.4 Observations lors du passage de dirigeables

4.4.1 Dirigeable au-dessus du lac de Neuchâtel

Pendant l'exposition nationale suisse Expo.02 (du 15 mai au 20 octobre 2002), des survols avec un dirigeable de la société Skycruise (Fig. 14) ont eu lieu dans la région du lac de Neuchâtel. En général, ce dirigeable de type « Skyship 600 » vole à une vitesse de 65 km/h à 300 m au-dessus du sol. Sa longueur est de 61 m et sa largeur de 19,2 m. Le niveau sonore lors du survol correspond environ à celui d'une conversation. Il est donc faible comparé à celui d'autres aéronefs.

À l'extrémité nord-est du lac de Neuchâtel, sur la rive sud-est, est située la réserve d'oiseaux d'eau d'importance internationale Pointe de Marin/Fanel/Chablais de Cudrefin (BE, NE, FR, VD). Cette zone est un site Ramsar et figure dans une série d'inventaires fédéraux (bas-marais, zones alluviales, IFP, etc.). Elle constitue un site de reproduction et de repos important pour les oiseaux d'eau et les limicoles, qui peuvent facilement être observés depuis le rivage. Pendant la durée d'Expo.02, des événements perturbateurs répétés causés par un dirigeable ont pu être observés (annexe 10.1).



Figure 14 :
Skyship 600.
(Photo : Skycruise Switzerland
Ltd.)

Le dirigeable exploité sur le lac de Neuchâtel pendant Expo.02 survolait les réserves naturelles de la rive sud-est à intervalles irréguliers et en suivant des itinéraires différents. Le dirigeable se présentait aux observateurs comme un large aéronef projetant une grande ombre sur le sol. Le niveau sonore était relativement faible. Apparemment, les oiseaux d'eau qui nichaient ou faisaient halte ont été effrayés à chaque survol plus ou moins direct de la réserve naturelle. Les oies étaient agitées plus longtemps que les mouettes. Il semble que le stimulus optique suffisait à provoquer ces réactions de peur. Il n'y a apparemment pas eu d'accoutumance, probablement en raison de l'irrégularité locale et temporelle de l'apparition du dirigeable, probablement aussi parce que les oiseaux présents n'étaient pas toujours les mêmes.

4.4.2 Dirigeable au-dessus du lac de Constance et du lac inférieur de Constance

Durant toute l'année, un dirigeable de type Zeppelin NT d'une longueur de 75 m et d'une largeur maximale de 19,5 m est exploité au départ de Friedrichshafen (Fig.15). Ce zeppelin atteint une vitesse maximale de 125 km/h. Ses itinéraires de vol sont plus ou moins constants. La boucle ouest passe par Meersburg, l'île de Mainau et Constance.

En janvier 2001, durant les vols effectués à des fins expérimentales au-dessus du lac inférieur de Constance (voir chap. 3), on a observé ce dirigeable au-dessus du Wollmatinger Ried. La hauteur de vol n'a pas été estimée. Malgré la présence de milliers de canards plongeurs hivernant dans ce secteur, aucune réaction n'a pu être observée. En septembre 2003, B. SCHÜRENBERG a observé un zeppelin qui volait clairement à moins de 300 m au-dessus du sol (la hauteur estimée correspondait tout au plus à 2,5 fois la longueur du Zeppelin). Les 2000 nettes rousses se sont envolées et ne sont revenues qu'après 15 à 20 minutes. Tous les courlis cendrés et une grande aigrette ont également été effrayés (comm. pers. B. Schürenberg). Des réactions semblables ont été observées à plusieurs reprises sur la rive nord-ouest du lac de Constance (annexe 10.2).



Figure 15 :
Zeppelin NT.
(Photo : www.skytravel24.de)

Tandis que les fuligules milouins et les fuligules morillons hivernant au Wollmatinger Ried n'ont pas réagi de manière visible au survol par un dirigeable, ce même dirigeable a provoqué en automne, près d'Immenstaad, des réactions de fuite répétées chez les oiseaux d'eau. Ces différences pourraient s'expliquer par des hauteurs de survol différentes, des distances latérales différentes entre les oiseaux et le dirigeable, une fréquence de survol différente entre 2001 et 2002/03 et donc des différences au niveau de l'accoutumance ainsi que dans la quantité de stimuli près d'Immenstaad, accentuant la sensibilité des oiseaux.

4.4.3 Conclusions en ce qui concerne le passage de dirigeables

Les dirigeables, appelés également zeppelins, sont utilisés pour des vols touristiques (encore rares en Suisse). Les vols n'ont lieu que lorsque la visibilité est bonne, le vent faible et la demande suffisante. Les passagers peuvent souvent choisir eux-mêmes leur itinéraire parmi plusieurs propositions. C'est pourquoi les vols de dirigeables constituent des événements plutôt sporadiques. Dans ces conditions, une

accoutumance des oiseaux est difficile. Bien que les dirigeables soient silencieux par comparaison avec d'autres aéronefs, le stimulus optique créé par leur taille inhabituelle suffit de toute évidence à provoquer une réaction de fuite chez les oiseaux d'eau. Cependant, on a pu constater dans un cas qu'un grand groupe de fuligules milouins et de fuligules morillons n'a pas réagi au dirigeable. En choisissant consciencieusement les itinéraires, en les respectant systématiquement et en observant une distance et/ou une hauteur de vol suffisantes, les perturbations pourraient probablement être largement évitées.

4.5 Observations lors du passage de ballons à air chaud

Les ballons à air chaud mesurent environ 25 m de haut et ont un diamètre d'environ 18 m. Afin de maintenir la hauteur de vol, le brûleur doit régulièrement être allumé pendant 15 à 35% de la durée de vol. Des mesures ont démontré qu'un ballon à air chaud volant à 150 m au-dessus du sol provoque un niveau sonore d'un peu moins de 50 dB(A). À 2 m du brûleur, on a pu mesurer environ 90 dB(A) (DAeC & BN 2003).

4.5.1 Vols en ballon à air chaud au-dessus de l'Ägelsee (TG)

L'Ägelsee est une réserve d'oiseaux d'eau d'importance régionale, qui, en tant que zone de repos, revêt une importance particulièrement élevée pour les limicoles (SCHMID et al. 1992). Les vols en ballon à air chaud y sont fréquents. H. Leuzinger a noté les réactions des oiseaux d'eau lors de trois passages (annexe 11.1). Pendant deux vols à 200 m au-dessus du sol ou moins (estimation au moyen d'éléments du paysage), certains canards au repos se sont envolés. Lors d'un vol à une plus grande hauteur (estimée supérieure à 300 m), il n'y a pas eu de réaction.

4.5.2 Vol en ballon à air chaud au-dessus du Flachsee (AG)

Le Flachsee près d'Unterlunkhofen (AG) est une retenue d'eau naturelle alimentée par la Reuss et constitue une réserve d'oiseaux d'eau ainsi qu'une zone alluviale d'importance nationale. Il figure aussi à l'inventaire IFP. Les surveillants de la réserve de la plaine de la Reuss ont constaté des événements perturbateurs répétés causés par des aéronefs. Deux exemples de vols en ballon à air chaud sont décrits à l'annexe 11.2 (Fig.16). L'information directe des pilotes au sujet de la problématique du survol des réserves naturelles a permis de désamorcer le conflit.



Figure 16 :
Ballon à air chaud au-dessus du
Flachsee (Photo : D. THIEL)

4.5.3 Conclusions en ce qui concerne les survols par des ballons à air chaud

Les observations résumées à l'annexe 11 montrent que les réactions de fuite des oiseaux d'eau sont courantes lors de vols en ballon à air chaud à basse altitude, à moins de 300 m au-dessus du sol. L'apparition irrégulière des ballons à air chaud ne permet pas l'accoutumance, même sur l'Ägelsee où les vols sont relativement fréquents. D'une part, l'apparition subite, à basse altitude, d'un ballon à air chaud au-dessus de la végétation déclenche un effet de surprise. D'autre part, l'allumage du brûleur peut provoquer des réactions de peur, même si le niveau sonore n'est pas très élevé pour les modèles les plus récents.

Des survols avec des ballons à air chaud ont eu lieu pour les besoins d'une expérience durant l'hiver 2001/2002 en Rhénanie-du-Nord-Westphalie (DAeC & BN 2003). Lors des neuf survols en ballon, des oies au repos (principalement des oies rieuses et des oies des moissons) ont été observées depuis le sol et depuis le ballon. À partir d'une hauteur de vol de 500 m au-dessus du sol, les oies ne se sont pas envolées. Ces expériences montrent qu'une augmentation de la hauteur de survol au-dessus des réserves d'oiseaux d'eau permet de diminuer nettement l'effet perturbateur des ballons à air chaud sur les oiseaux.

4.6 Commentaires et conclusions

Mis à part les observations lors de la manifestation aérienne à Lugano et lors des vols de transport par hélicoptère aux Grangettes, nous avons rassemblé au moyen d'une enquête des observations non systématiques d'événements perturbateurs. Les résultats de cette enquête livrent des observations fortuites de perturbation par des aéronefs. Des indications concernant des situations dans lesquelles les oiseaux n'ont pas réagi face aux aéronefs font défaut. Par rapport au grand nombre de personnes contactées – environ 1400 –, le taux de réponse est plutôt faible. Toutefois, il n'est pas aisé pour des observateurs non formés de reconnaître des réactions aux événements perturbateurs.

Les résultats de ces observations non systématiques confirment les résultats de l'étude bibliographique et des vols effectués à des fins expérimentales. Pour tous les types d'aéronefs, la hauteur de survol est décisive pour les réactions visibles. Des niveaux sonores élevés, comme ceux des jets et des hélicoptères, peuvent renforcer l'effet perturbateur. Des événements rares, comme par exemple un survol par un dirigeable, peuvent déclencher des réactions de fuite, par leur seul stimulus optique. L'accoutumance ne s'installe pas si les aéronefs apparaissent de manière irrégulière.

Les observations rassemblées couvrent un large éventail d'événements perturbateurs occasionnés par des aéronefs en Suisse ; toutefois, en tant qu'observations fortuites, elles ne peuvent pas être généralisées d'emblée. L'effet perturbateur dépend en premier lieu du type d'aéronef, des distances, de la durée de l'événement ainsi que des espèces d'oiseaux concernées et de la saison. C'est pourquoi les événements sont encore évalués séparément, ci-dessous, d'après le type d'aéronef et le lieu de l'activité.

- Manifestations aériennes** Les manifestations aériennes représentent une perturbation limitée à quelques heures, mais très intensive. La manifestation près de Lugano a montré que les oiseaux vivant à proximité de quartiers d'habitation gagnent temporairement des endroits protégés ou qu'ils prennent de la distance, mais qu'ils surmontent probablement cette situation de stress sans dommages. On peut supposer que les espèces d'oiseaux plus sensibles, ayant des exigences plus élevées quant à leur habitat, réagissent davantage. Les effets auxquels on peut s'attendre dans chaque cas particulier dépendent donc fortement du site.
- Terrains d'aviation** Les oiseaux qui vivent longtemps près d'un aérodrome et que le trafic aérien n'éloigne donc pas s'habituent à un trafic aérien régulier, avec toujours les mêmes types d'avions et des itinéraires de décollage et d'atterrissage constants. Toutefois, des irrégularités ou des événements exceptionnels comme des avions inhabituellement bruyants ou volant à basse altitude peuvent aussi provoquer des réactions de fuite. Il faut tenir compte du fait que les espèces plus sensibles ont probablement déjà quitté les zones proches des aérodromes. Dans le cas du présent rapport, cela signifie que les réactions de ces espèces ne sont généralement pas recensées.
- Hélicoptères** La plupart des événements perturbateurs ayant des conséquences très visibles qui nous ont été signalés ont été provoqués par des hélicoptères. Les hélicoptères suivent des itinéraires imprévisibles, ils volent souvent beaucoup plus bas et font davantage de bruit que les autres aéronefs motorisés. Les conséquences peuvent être dramatiques, en particulier dans les réserves naturelles, quand un site n'est plus à même de remplir sa fonction en tant que site de nidification et de halte pour les oiseaux, du moins temporairement.
- Dirigeables** Les dirigeables se caractérisent par leur grande taille et par de faibles émissions sonores. Dans plusieurs cas, le stimulus optique a suffi à provoquer des réactions de fuite chez les oiseaux d'eau. Il semble possible de réduire au minimum les perturbations, à certaines conditions (probablement une limitation de la hauteur de vol, associée au respect de certains itinéraires).
- Ballons à air chaud** Les ballons à air chaud causent surtout des perturbations quand le brûleur est allumé à une faible altitude. Apparemment, les événements perturbateurs observés sont en partie dus à des passages à basse altitude peu après le départ ou à des fins d'entraînement (évaluation de la hauteur, amerrissage).

5 Recommandations de la Station ornithologique suisse pour réduire les perturbations

5.1 Données de base sur l'effet perturbateur des aéronefs sur les oiseaux

Les recommandations qui suivent sont basées sur des expériences réalisées avec des hélicoptères et des petits avions survolant des oiseaux hivernant sur le Plateau suisse (chapitre 3), sur des observations plus ou moins fortuites des réactions de différentes espèces d'oiseaux face à divers aéronefs dans des régions fortement urbanisées de Suisse (chapitre 4), de même que sur une recherche dans la littérature spécialisée à l'échelle mondiale (chapitre 2) qui porte également sur les principaux types d'avions et en partie sur des régions faiblement influencées par l'homme. Ces recommandations s'accompagnent de conclusions pour la Suisse. Celles-ci ne peuvent toutefois pas s'appliquer d'emblée à des régions faiblement peuplées, dans lesquelles les oiseaux réagissent généralement davantage aux survols.

Malgré le fait que les modèles réduits d'aéronefs ne font pas partie de la problématique de l'aviation générale (au sens de la législation suisse), le présent rapport présente, dans un souci d'exhaustivité, des possibilités de mesures relatives à leur utilisation.

De manière générale, il apparaît que les effets perturbateurs décroissent à mesure que l'éloignement horizontal et la hauteur de vol des aéronefs augmentent. Différents experts estiment qu'une distance horizontale et verticale de 500 m est en principe suffisante pour éviter les dérangements. Les expériences menées sur les oiseaux d'eau en Suisse ont montré que les hélicoptères n'occasionnent plus de dérangements lorsqu'ils volent à plus de 450 m au-dessus du sol, tout comme les avions volant à plus de 300 m du sol. En ce qui concerne les modèles réduits à moteur, SCHEMEL & ERBGUTH (1992) recommandent une distance de 1000 m entre l'extrémité d'un terrain d'aviation et la limite d'une réserve naturelle.

De fortes émissions sonores, notamment celles des hélicoptères ou des avions à réaction, sont susceptibles d'augmenter les dérangements. Les dirigeables, bien que plus silencieux, peuvent aussi déclencher des réactions de fuite par le seul effet de l'ombre, inhabituelle pour un objet volant, qu'ils projettent. Ce constat s'applique aussi aux ballons à air chaud ainsi qu'aux ballons à gaz volant à basse altitude.

Plus l'apparition d'un aéronef est impromptue et irrégulière et sa trajectoire variable, plus son potentiel de dérangement est élevé. Les petits aéronefs maniables semblent provoquer des perturbations importantes. Les hélicoptères dérangent plus que les avions, en raison non seulement de leurs émissions sonores élevées mais aussi de leurs apparitions moins fréquentes ; de plus, les hélicoptères volent souvent assez bas et ne suivent pas des itinéraires fixes. Plus une zone est naturelle et préservée des dérangements, plus les perturbations sporadiques ou concentrées sont marquées. Les perturbations concentrées (dans l'espace ou dans le temps) se produisent lors d'événements tels que des activités d'aéromodélisme ou des rassemblements de ballons à air chaud organisés pendant le week-end à proximité d'une réserve naturelle.

Les oiseaux séjournant durablement à proximité d'aérodromes ayant une activité régulière ne sont guère dérangés, tandis que les oiseaux présents de manière ponctuelle sont plus sensibles ; par ailleurs, les activités aériennes exceptionnelles ont un potentiel de dérangement plus élevé. Les espèces sensibles sont souvent absentes des régions fortement perturbées par les activités humaines. Leur réaction aux dérangements n'est donc pas mesurable par l'observation directe dans de telles zones.

En résumé, on peut considérer qu'une limitation à 450 m (éventuellement à 300 m pour les avions) des hauteurs de survol au-dessus des zones sensibles et de leurs zones-tampon devrait assurer une protection suffisante dans la plupart des cas¹. Des zones-tampon d'une largeur de 500 m autour de la réserve sont nécessaires afin que la distance minimale soit également respectée latéralement. Cette zone-tampon de 500 m doit également être valable pour les modèles réduits d'aéronefs et les parapentes.

5.2 Bases pour la protection des espèces, des habitats et des réserves

La législation sur la protection de la nature prévoit différents instruments pour atteindre les objectifs de conservation de la diversité des espèces, des habitats, des biocénoses, des écosystèmes et des processus (BOLLMANN et al. 2002). On connaît à ce titre la *protection des espèces* (axée sur des espèces particulièrement menacées ou sensibles), la *protection des habitats ou des biotopes* (protection de la nature sur toute la surface, p. ex. avec des mesures de compensation écologique) et finalement la *protection de zones étendues* (zones protégées comme les parcs nationaux, les parcs naturels et paysagers, les réserves, etc.). La réduction des perturbations causées par les aéronefs doit se baser pour l'essentiel sur ce dernier type de protection. En effet, seules les surfaces de ce type peuvent être représentées sur des cartes et faire l'objet de restrictions appropriées. La présence d'espèces menacées peut contribuer à renforcer la légitimité de la protection de certaines zones.

Ce type de protection existe aussi à l'étranger, comme le prouve la Déclaration de Stade (Plan trilatéral pour la mer des Wadden, CWSS 1997). Au chapitre 9.1, elle fixe pour l'aviation civile dans la réserve de la mer des Wadden les restrictions concrètes suivantes :

- a) hauteur de survol minimale 450–600 m ;
- b) des autorisations exceptionnelles peuvent être accordées pour des raisons de sécurité ; elles sont toutefois limitées à des corridors aériens spécialement établis au-dessus de secteurs moins sensibles de la réserve ;

¹ Par « zones-tampon », on entend des surfaces qui préservent des espaces vitaux dignes de protection contre des menaces et atteintes pouvant venir des exploitations environnantes. Il s'agit souvent de bandes entourant les réserves naturelles et faisant l'objet de restrictions d'utilisation. Elles doivent non seulement empêcher les influences négatives d'exploitation agricole intensive, mais aussi tenir à l'écart des limites de la réserve d'autres facteurs de dérangement.

- c) les itinéraires et les altitudes de vol des hélicoptères sont déterminés de manière à minimiser les perturbations causées à la faune de la réserve.

5.2.1 Espèces d'oiseaux nécessitant une protection particulière

Au cours des dernières décennies, la diversité des espèces animales et végétales s'est considérablement amoindrie en Suisse (OFEFP 2002). Par comparaison avec d'autres pays, la Suisse présente une proportion élevée d'espèces menacées (OCDE 1999).

La nouvelle Liste rouge des oiseaux nicheurs menacés de Suisse (KELLER et al. 2001) a été établie d'après des directives et critères internationaux (UICN 2001). Sur 195 espèces d'oiseaux nichant régulièrement en Suisse, 44 sont vulnérables, 18 en danger, 9 au bord de l'extinction ; 6 espèces sont déjà considérées comme éteintes en Suisse. On trouve des espèces de la liste rouge dans tous les types de milieux. Toutefois, la part d'espèces menacées est sensiblement plus élevée dans les zones humides et les cultures qu'en forêt ou dans les milieux alpins. Cela s'explique par le fait que la plupart des zones humides ont disparu au cours du siècle dernier et que les habitats des terres agricoles ont considérablement changé. Les zones humides encore existantes de nos jours sont souvent des réserves naturelles. Leur protection contre les dérangements dus au trafic aérien doit être définie spécifiquement.

Si l'on considère la liste des espèces d'oiseaux pour la protection desquelles la Suisse assume une responsabilité particulière (KELLER & BOLLMANN 2001), il convient à nouveau de s'intéresser aux espèces pour lesquelles la protection de zones étendues est utile. Il s'agit en premier lieu d'oiseaux d'eau, qui hivernent en grandes concentrations en Suisse. La protection de populations d'oiseaux dispersées est plus difficile. Dans ce contexte, la protection de zones de reproduction, de parade ou de repos contre les perturbations dues aux hélicoptères et à d'autres sports aériens peut s'avérer nécessaire. Ce peut être le cas par exemple pour des aires d'aigles royaux ou des sites de nidification de faucons pèlerins.

5.2.2 Zones de taille et de qualité variables

En fonction du degré de protection souhaitable et de la sensibilité face aux activités sportives et aux loisirs, SCHEMEL & ERBGUTH (1992) différencient en Allemagne :

- a) des « espaces tabous » dans lesquels toutes les utilisations potentiellement perturbatrices doivent être exclues ;
- b) des « espaces naturels périurbains », dans lesquels les buts de protection peuvent être atteints même si une utilisation restreinte est possible pour certaines activités de loisirs ;
- c) des « zones de détente » attrayantes du point de vue du paysage et appropriées pour la détente, et d'une grande tolérance écologique.

Bien que cette classification soit appropriée pour les activités sportives et les loisirs, nous allons ci-après nous fonder plus spécifiquement sur les types de zones protégées de Suisse.

Au plan ornithologique, les nécessités de protéger un espace donné sont tributaires de son importance en tant que site de repos et de nidification, de la sensibilité des espèces qui y vivent ainsi que de la responsabilité que la Suisse assume dans la protection de ces espèces.

Les réserves d'oiseaux d'eau et de migrateurs définies par la Confédération l'ont été selon ces critères (OFEFP 1991). C'est ainsi qu'on a par exemple considéré la proportion des populations d'oiseaux hivernant sur un plan d'eau par rapport aux effectifs totaux de chaque espèce à l'échelle de l'Europe (MARTI & SCHIFFERLI 1986).

De nombreuses zones protégées à l'échelon cantonal ou fédéral ne visent pas en premier lieu la protection des oiseaux, mais p. ex. la protection d'un habitat. La définition générale de leur importance pour les oiseaux n'est guère possible. Toutefois, comme il s'agit en général de sites proches de l'état naturel, on y rencontre souvent diverses espèces menacées. Étant donné que ces habitats sont uniques et que les ordonnances correspondantes exigent qu'ils soient protégés contre les perturbations, il est judicieux de prévoir des restrictions – principalement en ce qui concerne certains types de loisirs aériens – sans qu'il soit nécessaire de désigner des espèces aviaires particulières.

La liste des zones importantes pour la conservation des oiseaux de Suisse (HEER et al. 2000) est établie sur la base des listes de l'organisation internationale BirdLife International désignant pour chaque pays les espèces pour lesquelles il a une responsabilité particulière à l'échelon international. Nombre de ces entités paysagères sont très vastes et l'exposition des oiseaux aux perturbations causées par des avions est trop peu connue pour pouvoir justifier des restrictions générales du trafic aérien. Il conviendrait toutefois de prendre en compte ces zones dans certains cas, comme lors de l'autorisation de places d'atterrissage ou de manifestations aériennes. La situation est identique pour les grandes surfaces inscrites à l'inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels d'importance nationale (IFP).

Dans le cas de petites réserves naturelles (p. ex. cantonales ou gérées par des organisations de protection de la nature), les buts de protection sont en général clairement définis et comportent des indications sur la protection contre les dérangements. S'il n'est guère possible de tenir compte de ces petites surfaces pour le trafic aérien commercial ou l'aviation militaire, il serait en revanche souhaitable de les protéger de certains types de sports aéronautiques (p. ex. l'aéromodélisme, le parapente) ainsi que des vols à basse altitude ou de l'atterrissage d'hélicoptères. Des dispositions correspondantes pourraient également être intégrées dans les ordonnances de protection. En ce qui concerne l'aéromodélisme, SCHEMEL & ERBGUTH (1992) recommandent de mettre un terme aux « vols sauvages » et de choisir les emplacements des terrains de manière à ce que les habitats d'animaux sensibles aux perturbations ne soient pas touchés. Il faudrait surtout éviter que des particuliers ou

des associations puissent obtenir la possibilité d'exploiter un terrain pour modèles réduits par simple convention avec un propriétaire foncier, par un bail ou par l'achat d'un terrain. Il faudrait que l'autorisation soit accordée exclusivement par les autorités communales, qui devraient être informées du problème.

Les zones présentant des besoins et des statuts de protection différents exigent une évaluation différenciée par rapport aux divers potentiels de dérangement liés au trafic aérien. Des mesures de protection doivent être prises aux endroits où elles sont justifiées par la présence d'espèces sensibles aux perturbations. C'est pourquoi il s'agit de définir les zones qui requièrent des mesures de protection à l'échelon fédéral. Pour la protection des petites zones, il serait bénéfique de disposer d'instructions pratiques permettant aux communes de fixer des conditions appropriées et aux associations de sports aéronautiques de transmettre à leurs membres des informations et des règles utiles à la protection de la nature.

5.3 Zones à considérer

En l'état actuel, seul le Parc national suisse figure sur la carte aéronautique au 1 : 500'000 (n° 2253-B Suisse) de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) comme réserve naturelle avec la restriction « survol uniquement à haute altitude ». Les cartes des obstacles à la navigation aérienne au 1 : 100'000 de l'Office fédéral de topographie signalent par ailleurs les réserves d'oiseaux d'eau et de migrateurs, les districts francs fédéraux ainsi que les sites marécageux et les zones alluviales, mais sans indiquer de restrictions concrètes.

Les catégories de zones faisant l'objet de différentes conditions quant à la protection de la faune contre les dérangements par le trafic aérien, qui sont décrites ci-après, reposent sur les zones inscrites dans les inventaires fédéraux et donc protégées par la législation fédérale. Les milieux non inventoriés et les inventaires scientifiques ont aussi été pris en compte. Les catégories de zones sont classées selon leur importance comme sites de nidification ou de repos pour les oiseaux. Elles s'accompagnent d'une brève description des buts de protection, des types d'habitats et des espèces d'oiseaux importantes. Les oiseaux peuvent également être considérés comme des indicateurs de la sensibilité d'un site pour les mammifères. Les sites dont l'importance pour les oiseaux ne peut pas spécifiquement être établie sont pris en compte selon leur importance générale en tant qu'espaces naturels ; les territoires étendus et difficilement délimitables sont inclus en dernier lieu. Suivant cet ordre, la liste ci-après présente les priorités de protection.

5.3.1 Inventaires fédéraux

La *liste des inventaires fédéraux* peut être obtenue à l'adresse www.environment-suisse.ch/buwal/ft/fachgebiete/fg_grundlagen/inventare/inventarliste. Nombre d'objets protégés à l'échelon national figurent dans plusieurs inventaires : la partie terrestre d'une réserve d'oiseaux d'eau peut être un bas-marais important et un site marécageux peut aussi être compris dans l'inventaire IFP. La plate-forme internet www.ecogis.admin.ch offre la possibilité de superposer les objets des différents inventaires.

Sites d'importance particulière pour l'avifaune

Inventaire fédéral des réserves d'oiseaux d'eau et de migrateurs

A) Inventaire fédéral des réserves d'oiseaux d'eau et de migrateurs d'importance internationale et nationale (OROEM), ordonnance du 21 janvier 1991, inventaire 1991, révision 2001. L'inventaire fédéral est basé sur différents inventaires scientifiques (MARTI 1987, MARTI & SCHIFFERLI 1987, SCHIFFERLI & KESTENHOLZ 1995, voir chapitre 5.3.3). Les sites des inventaires scientifiques n'ont cependant pas tous été repris dans l'inventaire fédéral et les limites ne sont pas toujours identiques. Il serait souhaitable de prendre en compte les surfaces des inventaires scientifiques, délimitées selon des données biologiques, au lieu des surfaces de l'OROEM, établies en partie selon des considérations politiques.

Les sites d'importance internationale ont été désignés, selon les critères de la convention de Ramsar, lorsqu'ils abritent de manière régulière au moins 1% de la population aviaire d'un bassin versant (Flyway population). L'importance nationale a été conférée aux sites abritant régulièrement au moins 2% de la population hivernale suisse d'une espèce d'oiseau d'eau.

Il est essentiel pour les populations hivernantes que les zones de repos et de nourrissage puissent être utilisées en toute tranquillité. Les limites de ces objets sont souvent établies de manière à protéger des biotopes terrestres voisins abritant d'autres oiseaux d'eau et limicoles. Les espèces les plus importantes au plan quantitatif sont les fuligules morillons, les fuligules milouins, les garrots à œil d'or, les nettes rousses et les canards chipeaux. Il s'agit non seulement de protéger les migrateurs, mais aussi les oiseaux vivant toute l'année sur le territoire considéré. La chasse y est interdite ; les oiseaux ne doivent par ailleurs pas être dérangés ou chassés des sites. Des restrictions concernant les sports nautiques ont été édictées à cet effet, surtout dans les réserves d'importance internationale.

Les survols expérimentaux par des hélicoptères et des petits avions réalisés dans le cadre de la présente étude ont servi directement à définir les hauteurs minimales de survol recommandées au-dessus de telles zones.

Les sites de l'OROEM doivent être classés comme étant sensibles aux dérangements causés par l'activité aéronautique. Il est recommandé d'y ajouter des zones supplémentaires recensées dans les inventaires scientifiques. Il convient d'intégrer des zones-tampon là où elles font défaut. Une adaptation des hauteurs de survol est nécessaire.

Convention de Ramsar

B) Convention de Ramsar, Convention relative aux zones humides d'importance internationale, particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau, arrêté fédéral du 2 février 1971, convention ratifiée en 1976. Les zones humides au sens de la convention ne sont pas représentées seulement par les prairies marécageuses, les marais et les zones marécageuses, mais aussi par les plans d'eau d'une profondeur de moins de 6 m. Sont considérés comme oiseaux d'eau les oiseaux qui dépendent du point de vue écologique de ces zones humides.

L'importance internationale est conférée aux zones humides qui, pendant l'une ou l'autre saison, abritent un nombre d'oiseaux d'eau et de limicoles élevé en comparaison internationale, offrent un habitat à de nombreux animaux ou plantes menacés ou constituent un type de milieu humide unique ou représentatif pour une région. À ce jour, la Suisse compte huit zones humides d'importance internationale inscrites sur la Liste Ramsar. Les problèmes évoqués par rapport à leur protection sont la disparition progressive de la dynamique et les modifications artificielles du milieu, mais aussi leur utilisation pour les activités de loisirs (KELLER 1996). La plupart de ces sites sont protégés par les ordonnances fédérales sur les réserves d'oiseaux d'eau et de migrateurs, sur les zones alluviales, sur les biotopes marécageux et sur les sites marécageux.

Les sites Ramsar doivent être considérées comme des zones sensibles aux dérangements causés par l'activité aéronautique. Une adaptation des hauteurs de survol est nécessaire.

Autres sites protégés à considérer potentiellement

Inventaire des districts francs fédéraux (ODF)

C) Inventaire des districts francs fédéraux (ODF), ordonnance du 30 septembre 1991. Il s'agit pour la plupart de régions alpines fortement boisées, très importantes en tant que zones de tranquillité pour le gibier et les oiseaux. Dans ces zones, les mammifères et les espèces d'oiseaux rares et menacées doivent être protégés, de même que leurs biotopes. Ces zones se trouvent dans des régions préalpines et alpines, raison pour laquelle il est spécialement fait mention des tétraonidés (grand tétras, tétras lyre et/ou lagopède selon l'altitude), ainsi que des rapaces, en particulier l'aigle royal et le faucon pèlerin. Les districts francs fédéraux constituent une bonne base pour la protection des milieux alpins et subalpins.

Dans l'optique de la sauvegarde des tétraonidés et des rapaces désignés comme vulnérables dans la liste rouge (KELLER et al. 2001), mais aussi dans l'optique générale de la conservation de zones de tranquillité dans les Alpes et le Jura, il convient de prendre en compte les districts francs dans la désignation des zones sensibles aux dérangements. Le décollage ou l'atterrissage de parapentes, de deltaplanes et d'hélicoptères doivent être exclus de ces régions. Une adaptation des hauteurs de survol est préconisée (aussi pour l'aéromodélisme).

Inventaire fédéral des sites marécageux

D) Inventaire fédéral des sites marécageux d'une beauté particulière et d'importance nationale (inventaire des sites marécageux), ordonnance du 1^{er} mai 1996. Selon l'article 23b de la LPN, les sites marécageux sont des paysages pro-

ches de l'état naturel, caractérisés par les marais. Leurs secteurs dépourvus de marais sont en relation étroite avec ceux-ci, aux plans écologique, paysager, culturel ou historique. Les marais sont des unités de végétation clairement délimitables, sur des sols détremés pratiquement en permanence. Ils n'abritent pas une grande diversité d'espèces, mais au contraire des biocénoses extrêmement spécialisées, et souvent des espèces en danger. Les marais ne subsistent aujourd'hui en Suisse pour l'essentiel que sur des surfaces restreintes. Associés aux milieux voisins (souvent des terrains agricoles exploités de manière relativement extensive), ils constituent des unités paysagères étendues, importantes pour plusieurs espèces d'oiseaux menacées. L'importance capitale des marais et des sites marécageux en Suisse est confirmée par le fait que leur protection est inscrite dans la Constitution fédérale (art. 78, al. 5).

Les objets inscrits dans l'ordonnance doivent être considérés comme des zones sensibles aux dérangements causés par l'activité aéronautique. Des dispositions particulières sont nécessaires pour les biotopes marécageux sensibles au piétinement, à l'intérieur des sites marécageux (paragraphes E et F).

**Inventaire fédéral
des bas-marais**

- E) Inventaire fédéral des bas-marais d'importance nationale (inventaire des bas-marais), ordonnance du 7 septembre 1994. Les bas-marais se forment par l'atterrissage de lacs, dans des dépressions détremées sur des sols imperméables, ou sur des versants alimentés par des sources. Si le sol n'est pas trop mouillé en surface, les bas-marais comprennent des forêts marécageuses. Le défrichement de ces forêts, en particulier près des lacs du Plateau, a entraîné l'apparition de prairies à litières riches en espèces. Selon le type de végétation, la bécassine des marais, le courlis cendré, le vanneau huppé, la bergeronnette printanière et la locustelle tachetée peuplent les derniers bas-marais du Plateau. Les fosses de tourbage inondées permettent au grèbe castagneux, au râle et à la sarcelle d'hiver, une espèce rare, de nidifier. Les bas-marais constituent des lieux de repos importants pour de nombreux limicoles.

Dans les bas-marais, qui sont sensibles au piétinement, il est nécessaire d'interdire l'atterrissage et le décollage de parapentes, de deltaplanes, de modèles réduits et d'hélicoptères. En outre, l'intégration de zones-tampon suffisantes est particulièrement importante. Une adaptation des hauteurs de survol est préconisée (en particulier pour l'aéromodélisme).

**Inventaire fédéral
des hauts-marais et des
marais de transition**

- F) Inventaire fédéral des hauts-marais et des marais de transition d'importance nationale (inventaire des hauts-marais), ordonnance du 21 janvier 1991. Les hauts-marais présentent généralement une forme bombée, comme un verre de montre. Cette forme caractéristique résulte de la croissance des sphaignes (mousses). Les hauts-marais ne se développent que dans des régions à fortes précipitations et à climat frais. Il s'agit des terrains marécageux les plus sensibles au piétinement. Ils servent d'habitat au grand tétras et au tétras lyre. Le pipit farlouse et le tarier des prés peuvent s'y installer.

Dans les hauts-marais et les marais de transition, qui sont sensibles au piétinement, il est nécessaire d'interdire l'atterrissage et le décollage de parapentes,

de deltaplanes, de modèles réduits et d'hélicoptères. En outre, l'intégration de zones-tampon suffisantes est particulièrement importante. Une adaptation des hauteurs de survol est préconisée (en particulier pour l'aéromodélisme).

**Inventaire fédéral
des zones alluviales**

- G) Inventaire fédéral des zones alluviales d'importance nationale (inventaire des zones alluviales), ordonnance du 28 octobre 1992. Par zones alluviales, on entend des surfaces périodiquement inondées en raison des variations des niveaux d'eau. Cela va des surfaces graveleuses des marges proglaciaires aux forêts alluviales, en passant par les bancs de gravier des rivières non corrigées. Les forêts alluviales à bois tendre (saules, peupliers, aulnes) sont généralement inondées chaque année, tandis que les forêts alluviales à bois dur (chênes, chênes pédonculés, charmes et ormes) ne sont inondées qu'en cas de crues majeures. Les forêts alluviales à bois tendre qui ont été défrichées se sont transformées en prairies alluviales. Parmi les buts de protection figurent la préservation et le développement de la faune et de la flore caractéristiques des zones alluviales ainsi que le maintien et, si possible, la restauration de la dynamique naturelle. Les bancs de gravier au bord des cours d'eau constituent l'habitat du chevalier guignette et du petit gravelot, des espèces respectivement menacée et vulnérable. Les milieux marécageux des zones alluviales abritent notamment le râle d'eau, la marouette ponctuée et le blongios nain ; les prairies alluviales sont l'habitat de la bécassine des marais, du courlis, du râle des genêts et du tarier des prés. Les forêts alluviales comptent parmi les milieux abritant le plus d'oiseaux et la plus grande diversité d'espèces. De nombreuses espèces vulnérables, voire menacées, nidifient dans les forêts alluviales (entre autres la tourterelle des bois, le pic épeichette, le loriot d'Europe, le pouillot fitis et la mésange des saules) ; ces derniers ne doivent cependant pas être particulièrement sensibles aux survols par des aéronefs.

Dans les zones alluviales (à l'exception des objets constitués exclusivement de forêts alluviales, l'interdiction de l'atterrissage et du décollage de parapentes, de deltaplanes, de modèles réduits et d'hélicoptères est à prévoir. En outre, l'intégration de zones-tampon suffisantes est particulièrement importante. Une adaptation des hauteurs de survol est préconisée (en particulier pour l'aéromodélisme).

**Inventaire fédéral
des paysages, sites
et monuments naturels**

- H) Inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels d'importance nationale (inventaire IFP), ordonnance du 10 août 1977. Cet inventaire recense principalement les paysages proches de l'état naturel ou faiblement altérés qui « méritent spécialement d'être conservés intacts ou en tout cas d'être ménagés le plus possible » (art. 6 LPN). Parmi les menaces figurent explicitement les activités aéronautiques sportives, touristiques et privées. Il convient d'éviter les nuisances sonores inutiles dans ces sites. Comme ces régions sont relativement étendues et comportent une large palette de milieux typiques ou uniques, elles ne permettent pas de caractérisation générale de l'avifaune ni la définition de restrictions globales de l'activité aérienne.

Il convient de vérifier quelles sont les zones sensibles aux activités aéronautiques qui ne sont pas comprises dans les inventaires précités et devraient donc être prises en compte séparément. Il s'agit par exemple du Parc national, qui ne figure dans aucun de ces inventaires, mais qui est protégé de manière intégrale et qui est la seule réserve naturelle à bénéficier d'une (vague) restriction de survol. Les restrictions sur ces zones devraient au moins correspondre à celles des districts francs fédéraux (c'est-à-dire une adaptation de la hauteur de survol).

Sites protégés à préserver principalement du piétinement

Inventaire des prairies et pâturages secs

- I) Inventaire des prairies et pâturages secs de Suisse, ordonnance en préparation. Les pelouses sèches sont des herbages fauchés ou pâturés de manière extensive, sur des sols séchards et superficiels, souvent dans des zones accidentées. Ils comportent souvent une mosaïque de haies, de bosquets ou de lisières. Les pelouses sèches présentent une diversité floristique élevée et constituent l'habitat d'une grande variété d'espèces animales thermophiles et héliophiles (p. ex. papillons et reptiles). Les surfaces ouvertes pâtissent d'un conflit certain entre le sport aéronautique et les dernières populations d'alouette lulu de Suisse. L'alouette lulu est inscrite comme vulnérable sur la liste rouge de Suisse et ses derniers sites de nidification doivent impérativement être protégés.

Sur ces surfaces, qui sont sensibles au piétinement, l'atterrissage et le décollage de parapentes, de deltaplanes, de modèles réduits et d'hélicoptères doivent être interdits. En outre, l'intégration de zones-tampon suffisantes est particulièrement importante. Une adaptation des hauteurs de survol est préconisée (en particulier pour l'aéromodélisme).

Inventaire fédéral des sites de reproduction de batraciens

- J) Inventaire fédéral des sites de reproduction de batraciens d'importance nationale (inventaire des sites de batraciens), ordonnance du 15 juin 2001. La plupart des sites de reproduction les plus étendus sont compris dans les inventaires de protection des marais évoqués précédemment. Les petits sites n'ont pas d'importance particulière pour l'avifaune. On peut toutefois relever que de nombreux sites de reproduction de batraciens se trouvent dans des gravières, qui abritent également des colonies d'hirondelles des rivages ou des nids de petits gravelots.

Il ne devrait pas y avoir de terrains d'aéromodélisme à proximité de tels sites.

5.3.2 Réserves naturelles cantonales et privées

Selon la loi fédérale sur la chasse et la protection des mammifères et oiseaux sauvages, les cantons peuvent délimiter d'autres districts francs et réserves d'oiseaux. Les réserves naturelles cantonales, qui s'appuient sur la législation sur la protection de la nature, visent aussi souvent à protéger les espèces d'oiseaux menacées. De nombreuses réserves naturelles sont entretenues par des organisations non gouvernementales.

Les restrictions nécessaires doivent être introduites dans les ordonnances de protection des réserves. En l'absence de prescriptions, il convient d'essayer de conclure des accords locaux entre responsables de la protection et représentants des activités aéronautiques.

5.3.3 Inventaires scientifiques

Il s'agit des bases scientifiques qui désignent des territoires dignes de protection et indiquent leur importance. Ils n'ont pas de portée juridiquement contraignante, mais caractérisent des entités sur la base de critères biologiques.

Zones d'importance internationale pour les oiseaux d'eau en Suisse

K) Zones d'importance internationale pour les oiseaux d'eau en Suisse, première révision 1986, MARTI C., SCHIFFERLI L. (1987), Ornithol. Beob. 84 : 11–47. Cet inventaire scientifique a servi de base pour l'inventaire OROEM (2.3.1 A), qui a repris la plupart des sites, en modifiant parfois leurs limites.

Il conviendrait encore d'intégrer en entier l'inventaire scientifique dans l'OROEM. Si cela ne devait pas déjà être réalisé, il s'agirait d'examiner dans quelle mesure les réserves OROEM pourraient être adaptées de manière appropriée à l'aide de cet inventaire, pour retrouver des unités continues.

Zones d'importance nationale pour les oiseaux d'eau en Suisse

L) Zones d'importance nationale pour les oiseaux d'eau en Suisse pour la nidification, le repos et l'hivernage, révision 1995, SCHIFFERLI L., KESTENHOLZ M. (1995), Ornithol. Beob. 92 : 413–433. Inventaire scientifique dont les données de base ont en partie été intégrées dans l'inventaire OROEM (2.3.1 A).

Il conviendrait encore d'intégrer en entier l'inventaire scientifique dans l'OROEM. Si cela ne devait pas déjà être réalisé, il s'agirait d'examiner dans quelle mesure les réserves OROEM pourraient être adaptées de manière appropriée à l'aide de cet inventaire, pour retrouver des unités continues.

Aires de repos des limicoles en Suisse

M) Aires de repos des limicoles en Suisse, SCHMID H., LEUENBERGER M., SCHIFFERLI L. & BIRRER S. (1992), Station ornithologique suisse, Sempach. Les limicoles recherchent leur nourriture principalement dans la zone de transition entre l'eau et la terre. Il s'agit du bord des lacs et des cours d'eau, des hauts-marais et des bas-marais, mais aussi des gravières et des terrains cultivés périodiquement inondés. Pour les quelques limicoles qui traversent les terres, les cours d'eau et zones humides de Suisse ont une importance manifeste (SCHMID et al. 1992).

Les plus grandes zones de repos sont déjà comprises dans les trois inventaires fédéraux des marais. Une attention particulière doit néanmoins être portée à diverses gravières et petites réserves naturelles dans lesquelles la pratique de l'aéromodélisme devrait être interdite.

Zones importantes pour la conservation des oiseaux en Suisse

N) Zones importantes pour la conservation des oiseaux en Suisse, HEER et al. (2000), Ornithol. Beob. 97 : 281–302. Inventaire technique servant de base aux efforts internationaux de protection. La délimitation des zones a été effectuée selon les directives de BirdLife International. Le rôle des genêts a été pris en compte en tant qu'espèce menacée à l'échelle mondiale, tout comme 16 espèces

ayant des statuts de protection inappropriés ou dont l'aire de répartition se concentre en Europe (entre autres un certain nombre de rapaces et de pics, de tétraonidés, ainsi que le harle bièvre, le merle à plastron, le monticole de roche, le rougequeue à front blanc et le venturon montagnard). De plus, de grands rassemblements d'oiseaux (à nouveau les réserves d'oiseaux d'eau) ont été pris en compte. À l'exception des réserves d'oiseaux d'eau, bien délimitées et déjà inscrites dans les inventaires cités plus haut, les ZICO ne sont pas délimitées avec précision dans le paysage.

Leur étendue et leur hétérogénéité quant aux types d'espèces considérés compliquent la formulation de restrictions générales concernant le trafic aérien. Il faudrait néanmoins en tenir compte, notamment pour l'autorisation ou le maintien de places de décollage ou d'atterrissage pour tout type d'appareil volant.

5.4 Mesures envisageables

1. **L'interdiction de survol** de zones sensibles est la mesure la plus sûre pour éviter les perturbations par des aéronefs, mais s'applique également à des altitudes auxquelles l'avifaune n'est plus dérangée. Aussi, en raison de l'espace réduit en Suisse, une mesure aussi extrême ne serait judicieuse que dans des cas particuliers et pour des types d'aéronefs précis (p. ex. les modèles réduits motorisés dans les petites réserves). En règle générale, il serait cependant plus judicieux d'ajouter aux zones à protéger une zone-tampon suffisamment large et de fixer une hauteur de survol minimale.
2. **Une hauteur de survol minimale** de 450 m pour les hélicoptères et de 300 m pour tous les autres aéronefs au-dessus des zones sensibles (y compris des zones-tampon d'une largeur de 500 m autour de ces zones) pourrait offrir une protection suffisante pour la plupart des zones mentionnées au chapitre 5.3. Les décollages et les atterrissages d'aéronefs et de modèles réduits en dehors des aérodromes seraient ainsi implicitement exclus dans ces zones.
3. **Des restrictions saisonnières du trafic aérien** ne sont pas appropriées dans la plupart des cas. Différentes réserves d'oiseaux d'eau et de migrateurs ont été explicitement délimitées de manière à ce que les oiseaux présents toute l'année soient également protégés. En ce qui concerne les petites zones, des accords pourraient être conclus entre les personnes pratiquant les sports aéronautiques et les responsables locaux de la protection de la nature.
4. **Des règles de vol volontaires.** Dans les cas où les ordonnances de protection ne prévoient pas d'éléments permettant de réduire les perturbations aériennes, en particulier dans les petites zones et les réserves naturelles privées, la mise en place de règles d'exploitation volontaires est très importante. Ces règles doivent être définies en collaboration étroite entre les autorités compétentes, les organisations de protection de la nature, les associations de sports aéronautiques et les exploitants locaux d'aéronefs.

5.5 Bases légales

L'annexe 12 résume les bases légales déterminantes concernant l'aviation et la protection de la nature. Il en ressort qu'au niveau de l'aviation, les bases légales permettent d'éventuelles restrictions de vol dans et au-dessus de sites naturels et de paysages dignes de protection. L'aéromodélisme doit être pris en compte séparément.

Les dispositions générales visant à protéger la faune contre les dérangements (loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage, loi sur la chasse) ainsi que le principe de précaution en matière d'immissions (loi sur la protection de l'environnement) offrent de bonnes bases pour prendre des mesures contre les dérangements, aussi bien au plan fédéral que dans les réserves naturelles cantonales et privées. La protection spécifique des zones protégées à l'échelon fédéral peut être réalisée sur la base des ordonnances correspondantes. L'ordonnance sur l'infrastructure aéronautique (OSIA, art. 53) prévoit de manière générale la désignation de zones dans lesquelles les effets non souhaitables de l'aviation peuvent être minimisés. Les cantons sont habilités à édicter des ordonnances de protection dans leurs domaines de compétences. Il convient de les inciter à prendre en compte l'aviation. Dans ce cadre, il faut accorder un intérêt particulier à l'aviation légère et aux engins aériens non habités. Des limitations générales des hauteurs de survol au-dessus des zones protégées et de leurs zones-tampon constituent une solution de protection appropriée pour tous les aéronefs et toutes les zones.

5.6 Information et collaboration

Des publications telles que « Luftsport & Naturschutz – Gemeinsam abheben » (DEUTSCHER AERO CLUB E.V. & BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 2003) et « Praxishilfe Hänggleiten – Wildtiere – Wald » (WEBER & SCHNIDRIG-PETRIG 1997) fournissent des propositions pratiques permettant d'établir des accords volontaires en vue d'un équilibre viable entre la protection de l'environnement et le sport aéronautique.

Des instructions simples informant les pilotes et les personnes pratiquant ces sports des exigences en matière de protection de la nature seraient utiles pour limiter les conflits. La formation d'un groupe de travail incluant les associations concernées pourrait contribuer à mieux détecter les conflits, à les désamorcer à l'avenir et à favoriser la communication entre les milieux concernés. Les aspects de la protection de l'environnement et de la nature doivent être intégrés dans la formation des pilotes.

Les zones sensibles devraient être répertoriées et cartographiées. Elles pourraient obtenir un statut plus officiel grâce aux Publications d'information aéronautique (AIP).

Les zones protégées devraient être saisies sur les cartes des obstacles à la navigation aérienne. Il faudrait examiner l'éventualité de les signaler sommairement sur la carte OACI, plus largement diffusée. La faisabilité d'une saisie plus étendue des zones sensibles sur les différentes cartes de navigation aérienne doit être évaluée sous l'angle de l'utilisation pratique.

5.7 Conclusions et recommandations

1. Les perturbations subies par les oiseaux à cause des avions varient selon la situation. En général, l'effet perturbateur diminue à mesure que la hauteur de survol et l'écart horizontal augmentent. Le potentiel de perturbation augmente lorsque les aéronefs apparaissent de manière irrégulière et fortuite et qu'ils suivent des itinéraires variables.
2. Plusieurs lois sur la protection de la nature et de l'environnement ainsi que des ordonnances visant à protéger certaines zones exigent que la faune soit protégée contre les dérangements.
3. Les bases légales pour l'édiction de dispositions restrictives pour la navigation aérienne existent.
4. La réduction des perturbations doit surtout être ciblée sur la protection des zones et des surfaces. La protection d'espèces menacées ou vulnérables doit en général passer par la protection des zones. Dans des cas spécifiques, il peut être nécessaire de protéger des espèces sensibles contre les perturbations dues aux hélicoptères ou à certains sports aéronautiques (aéromodélisme inclus).
5. Voici, en ordre décroissant, les types de zones (inventaires) classés selon leur sensibilité aux perturbations par l'aviation. Moins les zones sont sensibles, plus les mesures à prendre peuvent être définies localement et spécifiquement (y c. des mesures volontaires):

Sites d'importance particulière pour l'avifaune

- a) Parc national suisse, réserves d'oiseaux d'eau et de migrateurs ;
- b) sites Ramsar ;

Autres sites protégés à considérer potentiellement

- c) districts francs fédéraux ;
- d-f) sites et biotopes marécageux ;
- g) zones alluviales ;
- i) objets IFP ;

Sites protégés à préserver principalement du piétinement

- h) prairies et pâturages secs ;
- j) sites de reproduction de batraciens.

Des inventaires scientifiques nationaux complètent les inventaires fédéraux.

6. L'effet perturbateur peut être réduit en premier lieu par le respect de distances verticales et horizontales.
7. *Une hauteur de survol minimale de 450 m pour les hélicoptères et de 300 m pour tous les autres aéronefs au-dessus des zones sensibles (y compris des zones-tampon d'une largeur de 500 m autour de ces zones) constitue pour la plupart des zones la protection la plus efficace et la plus facile à réaliser.*
8. *Des accords basés sur les nécessités locales doivent être conclus lorsque les restrictions générales prévues au point 7 ne sont pas efficaces.*
9. Les pilotes et les adeptes des sports aéronautiques doivent être correctement informés des restrictions générales.
10. Des instructions pour l'élaboration d'accords locaux spécifiques sont nécessaires.

Remerciements

M. Cevallos (Université de Bâle) a organisé avec enthousiasme les vols nécessaires aux expériences décrites au chapitre 3 et a fourni dans son travail de diplôme les données de base sur l'influence perturbatrice des aéronefs en fonction de la hauteur de vol. Elle était assistée de M. Tobler et de B. Rölli pour les observations sur le terrain. Nous remercions les pilotes qui ont offert de leur temps libre pour les vols. Les hélicoptères et les avions de tourisme ont été mis à disposition par l'OFAC.

Nos remerciements vont aussi à la division Droit de l'OFEFP, qui a réuni les bases légales. J. Thurnheer (OFAC) a livré des informations sur la manifestation aérienne de Lugano. D. Pedrioli, de l'administration cantonale du Tessin, a fourni les résultats des mesures d'émissions sonores. M. Trocmé et R. Anderegg (OFEFP) ainsi que U. Schneiter, C. Marthe et W. Bula (OFAC) ont toujours été disponibles pour nous aider à obtenir les renseignements nécessaires.

Nous remercions O. Epars (Fondation des Grangettes) pour les informations sur la réserve naturelle des Grangettes. Nos remerciements vont aussi à C. Gonet (OFEFP) pour les indications sur les vols de transport par hélicoptères, à L. Maumary pour avoir mis à disposition une expertise non publiée et à M. Cevallos pour les observations du 9 mars 2002.

Nous remercions J.-D. Blant pour les informations sur les vols d'hélicoptère aux Ponts-de-Martel. Il a rassemblé toutes les observations concernant cette région.

Nous remercions tous les ornithologues qui nous ont communiqué leurs observations relatives aux réactions de l'avifaune face à des aéronefs : C. A. Balzari, J. Bauermeister, J.-D. Blant, D. Brüstle, D. Felix, L. Felix, E. Grether, D. Kronauer, R. Lardelli, H. Leuzinger, V. Martin, D. Marques, P. Rapin, B. Schürenberg, D. Thiel, M. Thoma, M. Trocmé, F. Turrian, G. Vonwil.

Enfin nos remerciements vont à R. Anderegg, S. Birrer, A. Boldt, V. Keller, C. Marthe, C. Marti, W. Müller et M. Trocmé pour leur lecture critique du manuscrit et leurs propositions d'améliorations.

Annexes

A1 Liste des espèces

Annexe 1 : Liste des espèces d'oiseaux mentionnées dans cette publication, par ordre alphabétique.

Nom français	Nom scientifique
Aigle royal	<i>Aquila chrysaetos</i>
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>
Alouette lulu	<i>Lullula arborea</i>
Autour des palombes	<i>Accipiter gentilis</i>
Bécasseau variable	<i>Calidris alpina</i>
Bécassine des marais	<i>Gallinago gallinago</i>
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>
Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i>
Blongios nain	<i>Ixobrychus minutus</i>
Bruant des roseaux	<i>Emberiza schoeniclus</i>
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>
Bruant proyer	<i>Miliaria calandra</i>
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>
Caille des blés	<i>Coturnix coturnix</i>
Canard chipeau	<i>Anas strepera</i>
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>
Chevalier culblanc	<i>Tringa ochropus</i>
Chocard à bec jaune	<i>Pyrrhocorax graculus</i>
Corneille noire	<i>Corvus corone</i>
Courlis cendré	<i>Numenius arquata</i>
Cygne tuberculé	<i>Cygnus olor</i>
Épervier d'Europe	<i>Accipiter nisus</i>
Étourneau sansonnet	<i>Stumus vulgaris</i>
Faucon pèlerin	<i>Falco peregrinus</i>
Fauvette grisette	<i>Sylvia communis</i>
Flamant rose	<i>Phoenicopterus ruber</i>
Foule macroule	<i>Fulica atra</i>
Fuligule milouin	<i>Aythya ferina</i>
Fuligule morillon	<i>Aythya fuligula</i>
Garrot à œil noir	<i>Bucephala clangula</i>
Goéland cendré	<i>Larus canus</i>
Goéland leucophée	<i>Larus cachinnans</i>
Grand corbeau	<i>Corvus corax</i>
Grand cormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>
Grand tétaras	<i>Tetrao urogallus</i>
Grande aigrette	<i>Egretta alba</i>
Grèbe castagneux	<i>Tachybaptus ruficollis</i>
Grèbe huppé	<i>Podiceps cristatus</i>
Grive draine	<i>Turdus viscivorus</i>
Grive litorne	<i>Turdus pilaris</i>
Grive mauvis	<i>Turdus iliacus</i>

Annexe 1 : Liste des espèces d'oiseaux mentionnées dans cette publication, par ordre alphabétique.

Nom français	Nom scientifique
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>
Harle bièvre	<i>Mergus merganser</i>
Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i>
Héron pourpré	<i>Ardea purpurea</i>
Hirondelle de fenêtre	<i>Delichon urbica</i>
Hirondelle de rivage	<i>Riparia riparia</i>
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>
Huppe fasciée	<i>Upupa epops</i>
Lagopède alpin	<i>Lagopus mutus</i>
Locustelle tachetée	<i>Locustella naevia</i>
Loriot d'Europe	<i>Oriolus oriolus</i>
Marouette ponctuée	<i>Porzana porzana</i>
Martinet noir	<i>Apus apus</i>
Merle à plastron	<i>Turdus torquatus</i>
Mésange boréale	<i>Parus montanus</i>
Milan noir	<i>Milvus migrans</i>
Moineau cisalpin	<i>Passer hispaniolensis</i>
Mouette rieuse	<i>Larus ridibundus</i>
Nette rousse	<i>Netta rufina</i>
Petit gravelot	<i>Charadrius dubius</i>
Pic épeichette	<i>Dendrocopos minor</i>
Pic vert	<i>Picus viridis</i>
Pie-grièche écorcheur	<i>Lanius collurio</i>
Pie-grièche grise	<i>Lanius excubitor</i>
Pigeon domestique	<i>Columba livia f. domestica</i>
Pinson du nord	<i>Fringilla montifringilla</i>
Pipit des arbres	<i>Anthus trivialis</i>
Pipit farlouse	<i>Anthus pratensis</i>
Pipit spioncelle	<i>Anthus spinoletta</i>
Pouillot fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>
Râle d'eau	<i>Rallus aquaticus</i>
Râle des genêts	<i>Crex crex</i>
Rousserole turdoïde	<i>Acrocephalus arundinaceus</i>
Sarcelle d'hiver	<i>Anas crecca</i>
Sterne pierregarin	<i>Sterna hirundo</i>
Tarier des prés	<i>Saxicola rubetra</i>
Tétras lyre	<i>Tetrao tetrix</i>
Torcol fourmilier	<i>Jynx torquilla</i>
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>
Traquet motteux	<i>Oenanthe oenanthe</i>
Vanneau huppé	<i>Vanellus vanellus</i>

A2 Aperçu des données bibliographiques sur le thème « Gestion de l'énergie et du temps en dehors de la période de reproduction »

Annexe 2 : Gestion de l'énergie et du temps en dehors de la période de reproduction.

Abréviations habitats : ZH : zone humide ; I : île ; C : côte ; M : mer ; O : terrain ouvert ; L : lac ; A : alentours terrain d'aviation ; F : forêt ; MW : mer des Wadden

Source	Genre Espèce	Type d'aéronef	Habitat	Quantification du phéno- mène de dérangement	Réactions, conséquences
BÉLANGER & BÉDARD 1990	Anseriformes <i>Chen caerulescens</i>	Petits avions Hélicoptères	ZH	Fréquence de dérangement 1,46/h, dont 45% par des survolts en avion	La durée de vol et d'interruption du nourris- sage après le passage de l'avion étaient plus longs comparés à d'autres phénomènes de dérangement. 5,3% de perte d'énergie supplémentaire/h. moins 1,6% d'acquisition d'énergie/h.
BLOCKPOEL & HATCH 1976	Anseriformes <i>Anser caerulescens</i>	Petit avion	O	Survol à 30–60 m de hauteur	Des milliers d'oies des neiges au repos ont été effrayées, 25–75 individus sont entrés en collision avec une ligne à haute tension.
BURGER 1981a, b	Charadriiformes <i>Larus argentatus</i>	Avions de ligne Avion de transport supersonique	C, M	Passages d'avions Aéroport	Aucune réaction lors du passage d'avions de ligne, envol au passage d'avions de transport supersoniques.
BURGER 1986	Charadriiformes	Non spécifié	C, M	Tous les dérangements, dont 12% par des avions	La proportion d'oiseaux qui s'envolent lors d'un dérangement augmente avec la fréquence du dérangement, la diminution de la distance et la durée.
BURGER & GALLI 1987	Charadriiformes <i>Larus sp.</i>	Non spécifié	C, M	Tous les dérangements, dont 14% par des avions	Plus les dérangements sont nombreux et plus la proportion des mouettes qui s'envolent est faible (effet d'accoutumance).
CAMPREDON 1981	Anseriformes <i>Anas penelope</i>	Non spécifié	ZH	Tous les dérangements, dont 3,4% par des avions	Le dérangement par un avion entraîne un vol d'une durée de 9,1 s pour 50% des canards présents.
CONOMY et al. 1998a	Anseriformes <i>Anas rubripes</i> <i>Anas americana</i> <i>Anas strepera</i> <i>Anas crecca</i>	Jets militaires AV-8B Harrier	I, M	Survolts à 152 m Niveau sonore ≥ 80 dB(A)	Des canards ont réagi au survol durant 1,4% du temps ; les réactions ont duré 10–40 s ; faible perte d'énergie supplémentaire.
CONOMY et al. 1998b	Anseriformes <i>Anas rubripes</i> <i>Aix sponsa</i>	Jets militaires Avions de ligne	Volière	Survolts : militaires à 150 m, avions de ligne à 1500 m Simulation avec bande sonore	Accoutumance des canards noirâtres : diminution des réactions lors des survols de 38% à 6% en 17 jours ; accoutumance aussi aux bruits simulés. Aucune accoutumance des aix carolin aux bruits simulés.
DAVIS 1967	Passeriformes <i>Corvus corone</i>	Jet militaire	O	Franchissement du mur du son (Observation unique)	Lors de la détonation, environ 70 corneilles se sont rassemblées dans un périmètre d'environ 2–3 miles en poussant des cris. Elles ne se sont calmées que peu à peu.
DELANEY et al. 1999	Strigiformes <i>Stix occidentalis</i>	Hélicoptères militaires Sikorsky, HH-60G, Pave Hawk, etc.	F	En moyenne un vol à 15–60 m de hauteur par jour	Pas de réaction à < 92 dB(A) ; mouvements de tête à 403 ± 148 m ; envol à 45 ± 28 m ; interruption du nourrissage 10–15 min.
DERKSEN et al. 1982	Anseriformes <i>Branta bernicla</i> <i>Anser albifrons</i> <i>Branta canadensis</i>	Avion Hélicoptère	L	Observation unique de vols à basse altitude	Les oies se regroupent puis se déplacent sur l'eau ; déplacement d'un groupe vers un site éloigné de 3 km ; une oie attrapée par un renard polaire lors de sa fuite devant un hélicoptère.
FLEISCHNER & WEISBERG 1986 in GLADWIN 1988b	Falconiformes <i>Haliaeetus</i> <i>leucocephalus</i>	Hélicoptères Avions à réaction Avions à hélice	A	Mouvements aériens à proximité d'un terrain d'aviation	Dans 12% des observations, les pygargues de Pallas ont réagi par des mouvements de tête ou par un envol, le plus fréquemment dans le cas des hélicoptères et de petits avions à réaction ; aucune autre réaction apparente.

Annexe 2 : Gestion de l'énergie et du temps en dehors de la période de reproduction.

Abréviations habitats : ZH : zone humide ; I : île ; C : côte ; M : mer ; O : terrain ouvert ; L : lac ; A : alentours terrain d'aviation ; F : forêt ; MW : mer des Wadden

Source	Genre Espèce	Type d'aéronef	Habitat	Quantification du phénomène de dérangement	Réactions, conséquences
GRANACHER 1985	Galliformes <i>Meleagris sp.</i>	Avion à réaction F4f Hélicoptères BO 105 Alouette II	Poulailler	Vols à basse altitude, dérangement acoustique uniquement	Aucune influence des survols sur le nourrissage, le gain de nourriture et la prise de poids. Un effet d'accoutumance a été constaté.
GUNN & LIVINGSTONE 1974 in GLADWIN et al. 1988b	Anseriformes <i>Melanitta perspicillata</i> <i>Clangula hyemalis</i> <i>Chen carulescens</i>	Hélicoptère	O (A)	Survol à 100–750 pieds AGL	Les canards en train de muer ont été chassés vers l'eau. Les macreuses à lunettes ont réagi plus fortement que les hareldes boréales ; des groupes d'oies des neiges se sont éparpillés lors de survols. Plus le vol était bas, plus les oies s'envolaient tôt.
HARMS et al. 1997	Anseriformes <i>Anas rubripes</i>	Jet militaire FB-111	Volière	Survols à 70 m simulés par bande sonore (48 dB)	Accoutumance très rapide (en l'absence d'excitation visuelle).
HILGERLOH 1990	Passeriformes	Aéronefs militaires	C, M	Manœuvre militaire inhabituelle	Désorientation d'oiseaux migrateurs.
HOLM 1997	Anseriformes <i>Branta bernicla</i>	Hélicoptères Super Puma MK1 Bell 212	C, O (MW)	Survols à 300–650 m AGL, itinéraires fixes et variables	Lors de 21% des survols, 62% des oies se sont envolées. Plus le survol était bas et plus les oies se sont envolées tôt. À plus de 500 m, l'itinéraire ne joue aucun rôle.
HÜPPOP & HAGEN 1990	Charadriiformes <i>Haematopus ostralegus</i>	Survols par avion	C, O (MW)	Tous les dérangements	Toutes les formes de dérangements anthropogènes entraînent une augmentation du rythme cardiaque, même dans le cas d'avions éloignés de plus de 2 km → augmentation de la dépense énergétique.
MILLER 1994 MILLER et al. 1994	Anseriformes <i>Branta bernicla</i>	Hélicoptères Bell 206 Bell 412	L	Survols selon différents itinéraires et hauteurs	Des oies en train de muer s'éloignent sur les plans d'eau : la réduction du nourrissage et l'augmentation de la dépense énergétique conduisent à un bilan énergétique négatif.
MOSBECH & BOERTMAN 1999	Anseriformes <i>Somateria spectabilis</i>	Petit avion Partenavia P68	M	Survols de 250 à 1800 m de hauteur	Des eiders à tête grise en train de muer ont plongé lors d'un survol à 250 m, dès que l'avion s'est approché à moins de 1000 m et, à une hauteur de survol de 400 m, les canards n'ont présenté que des signes d'agitation et des mouvements de déplacement.
MOSBECH & GLAHDER 1991	Anseriformes <i>Anser brachyrhynchus</i> <i>Branta leucopsis</i>	Hélicoptères Bell 212 Bell 206	O	Survols < 120 m	Un dérangement acoustique suffit la plupart du temps pour mettre en fuite des oies (Bell 206 : 5 km ; Bell 212 : 10 km). En raison des dérangements, les oies passent plus de temps sur l'eau et moins à paître.
MÜLLER 1996	Galliiformes <i>Perdix perdix</i>	Planeur à moteur (moteur arrêté)	F	Survol à 300 m de hauteur (Observation unique)	Recherche immédiate d'un refuge lors de l'apparition de l'aéronef et arrêt du nourrissage.
NIEMANN & SOSSINKA 1991, 1992	Anseriformes Charadriiformes	Hélicoptère	ZH	Distances horizontale et verticale, niveau sonore, type d'hélicoptère Influence saisonnière	Réaction croissante des oiseaux d'eau avec la diminution de la distance horizontale et verticale et l'augmentation de l'intensité sonore. Réaction la plus forte durant la mue.
OWENS 1977	Anseriformes <i>Branta bernicla</i>	Petits avions à hélice Hélicoptères	C, O	Fréquence de dérangement	0,74 signes d'agitation/h, dont 39% dus à des avions ; envol lors de vols à moins de 500 m de hauteur et/ou à moins de 1,5 km ; l'hélicoptère déclenche la panique ; temps pour le nourrissage réduit, dépense énergétique accrue.
PUTZER 1989	Ciconiiformes Charadriiformes Anseriformes Pelecaniformes	Modèles réduits	O, ZH	Distance de fuite	Fuite lors d'approche de 200 à 700 m ; aucune accoutumance ; les oiseaux à comportement d'oiseaux de basse-cour (cygne tuberculé, foulques macroules, etc.) paraissent s'habituer aux modèles réduits.

Annexe 2 : Gestion de l'énergie et du temps en dehors de la période de reproduction.

Abréviations habitats : ZH : zone humide ; I : île ; C : côte ; M : mer ; O : terrain ouvert ; L : lac ; A : alentours terrain d'aviation ; F : forêt ; MW : mer des Wadden

Source	Genre Espèce	Type d'aéronef	Habitat	Quantification du phénomène de dérangement	Réactions, conséquences
van RADEN & KÜSTERS 1990	Charadriiformes Anseriformes	Hélicoptères Bell UH-1D BO-105 / PAH Jets Tornado, Phantom, Alpha-Jet Avion à hélice OV-10B Bronco	C, O (MW)	Réaction au dérangement, distances horizontale et verticale par rapport à l'aéronef	Lors de survols d'hélicoptères à une distance verticale et horizontale de 300 m (1000 ft), il ne faut pas s'attendre à des atteintes écologiques ou individuelles ; les avions à hélice provoquent de fortes réactions jusqu'à une distance de 2 km ; une accoutumance peut toutefois apparaître ; les jets ne provoquent qu'une faible réaction d'envol au-delà de 3000 ft.
RIDDINGTON et al. 1996	Anseriformes <i>Branta bernicla</i>	Non spécifié	O	Fréquence de dérangement	0,91 signes d'agitation/h, dont 19,4% par des avions ; les avions provoquent la plus longue durée d'envol, et en même temps l'envol de la plus grande proportion d'oiseaux.
SCHILPEROORD & SCHILPEROORD-HUISMAN 1984	Anseriformes <i>Anser brachyrhynchus</i>	Avions Hélicoptères	O	Phénomènes de dérangement	Les hélicoptères et les avions représentent 3,3% des signes d'agitation et provoquent des envols d'une durée de 2-3 min.
SMIT & VISSER 1993	Charadriiformes	Hélicoptères Jets	C, O (MW)	Distances horizontales et verticales des survols	Les oiseaux réagissent plus rapidement et plus intensément aux hélicoptères qu'aux jets. Les petits avions plus lents génèrent les réactions les plus fortes.
SOSSINKA & NIEMANN 1994	Anseriformes <i>Anas platyrhynchos</i> <i>Aythya fuligula</i> <i>Aythya ferina</i> <i>Cygnus cygnus</i> <i>Cygnus olor</i>	Hélicoptères : CH53 Bell Alouette Bo105	ZH	Survol : directs (distance latérale <150 m) et indirects (distance latérale >150 m) Hauteurs 30-300 m	Réaction plus forte lors de survols directs qu'indirects, en fonction de l'espèce d'oiseau, plus forte durant la mue, plus faible avec une hauteur de vol croissante.
STALMASTER & KAISER 1997	Falconiformes <i>Haliaeetus leucocephalus</i>	Hélicoptères	F, O, L, ZH	Survol à 60-120 m de hauteur	La plupart des individus ont interrompu leur repas ; 50% se sont envolés, les subadultes plus fréquemment que les adultes (accoutumance ?).
STOCK 1990, 1992a, 1992b	Anseriformes <i>Branta bernicla</i>	Hélicoptères Jets Petits avions	C, O (MW)	Survol	La réaction au dérangement dépend du type d'aéronef : les hélicoptères et petits avions entraînent pour 80% des groupes un temps de vol de 80 s et une interruption du nourrissage de 40 s supplémentaires.
STOCK 1993	Anseriformes <i>Branta bernicla</i>	Hélicoptères Jets Petits avions	C, O (MW)	Survol	Les bernaches cravants ont montré des signes visibles d'agitation lors de 45-70% des survols ; 80-90% des individus se sont envolés ; vols de 70-90 s et 20-40 s de temps d'interruption du nourrissage.
STOCK & HOFEDITZ 1994	Anseriformes <i>Branta bernicla</i>	Avions de tourisme	C, O (MW)	Phénomènes de dérangement	37-48% de toutes les réactions ont été occasionnées par l'activité aérienne. En raison de l'agitation provoquée par le dérangement, on a observé une augmentation de 46% du temps de vol et de 30% du temps de nourrissage ; une diminution de 66% du temps de repos et de 23% du temps de nettoyage.
STOCK et al. 1995	Anseriformes <i>Branta bernicla</i>	Hélicoptères Trafic aérien militaire et touristique	C, O (MW)	Survol	Temps de vol et d'interruption du nourrissage plus long après un dérangement provoqué par des hélicoptères (116 s) que par d'autres facteurs de dérangement (85 s). Le nourrissage manqué a été compensé par un décalage de temps. En outre, il est possible que la charge biotique du site soit réduite.
WARD et al. 1994, 1999	Anseriformes <i>Branta bernicla</i> <i>Branta canadensis</i>	Avions : Arctic Tern, Piper 150, Cessna 206, Cessna 185, Piper Navajo, Grumman Gose, Twin Otter Hélicoptères : Bell 206-B, Hughes 500-D, Bell 205, Sikorsky HH-3F	O, L	Survol à différentes hauteurs (152-610 m) et à des distances variables	L'envol des oies dépend en premier lieu de la distance latérale. La hauteur critique dépend du type d'aéronef et de l'émission sonore. Les oies réagissent plus rapidement aux hélicoptères qu'aux avions.

A3 Aperçu des données bibliographiques sur le thème « Aires de répartition et utilisation du territoire en dehors de la période de nidification »

Annexe 3 : Aires de répartition et utilisation du territoire en dehors de la période de nidification.
Abréviations habitats : R : rochers ; ZH : zone humide ; I : île ; C : côte ; M : mer ; O : terrain ouvert ; L : lac ; A : alentours terrain d'aviation ; F : forêt ;
MW : mer des Wadden

Source	Genre <i>Espèce</i>	Types d'aéronefs	Habitat	Quantification du phénomène de dérangement	Réactions, conséquences
ANDERSEN et al. 1990	Falconiformes <i>Buteo jamaicensis</i> <i>Buteo swainsoni</i> <i>Buteo regalis</i> <i>Aquila chrysaetos</i>	Hélicoptères et jets	R O	Localisation des rapaces pendant des journées avec et sans vols d'exercice militaires (télémétrie)	Les rapaces déplacent le point central de leur territoire et élargissent le territoire utilisé (peu d'oiseaux quittent totalement la région). Conduit à un budget énergie/temps défavorable.
BAUER et al. 1992	Anseriformes	Avions Hélicoptères	L	Fréquence de dérangement par des aéronefs 3%	Lors de 55% des survols, les canards hivernant se sont envolés puis sont revenus au même endroit ; 45% des survols ont entraîné leur migration vers d'autres sites.
BÉLANGER & BÉDARD 1989	Anseriformes <i>Chen caerulescens</i>	Petits avions Hélicoptères	ZH	Fréquence de dérangement 1,2/h dont 45% par des survols d'aéronefs	Lors d'une fréquence de dérangement $\geq 2/h$, les oies étaient moins nombreuses le lendemain sur leur site de repos.
BRUNS et al. 1994	Anseriformes <i>Branta leucopsis</i> <i>Anas penelope</i>	Non spécifié	O	Fréquence de dérangement de 0,9/h pour les bernaches nonettes et de 1,5/h pour les canards siffleurs ; dérangements occasionnés par des aéronefs : respectivement 26% et 7%	Les oiseaux d'eau quittent la réserve naturelle pour des terres cultivées.
GERDES & REEPMAYER 1983	Anseriformes <i>Anser fabalis</i> <i>Anser albifrons</i>	Avions de tourisme Hélicoptères	O L	Survol lent	Les oies réagissent en s'enfuyant ; même le bruit lointain des moteurs fait réagir et s'envoler les oies.
GILL et al. 1996	Anseriformes <i>Anser brachyrhynchus</i>	Jets Avions	O	Fréquence de dérangement 0,4/h ; 13,6% par des jets et 9,1% par des avions lents	Les oies se déplacent vers des secteurs plus calmes.
KEMPF & HÜPPOP 1995	Charadriiformes <i>Limosa</i> <i>Vanellus vanellus</i>	Avions Hélicoptères	O (A)	Fréquence de dérangement et de réaction aux abords d'un terrain d'aviation	L'utilisation du territoire par des oiseaux en train de nicher ou de passage dépend davantage de la qualité de l'habitat que de la fréquence des dérangements par des aéronefs.
KOOLHAAS et al. 1993	Charadriiformes <i>Calidris canutus</i>	Jets militaires Petits avions	O, C (MW)	Vols à basse altitude ≤ 50 m AGL	Moins de bécasseaux maubèches présents les jours d'activité aérienne ; les bécasseaux maubèches sont plus agités après les survols et fuient sur une plus grande distance ; charge biotique du site de repos réduite.
KÜSTERS & VAN RADEN 1986, 1987	Anseriformes Charadriiformes	Jet	O, C (MW)	Vols à basse altitude	Les oiseaux s'éloignent des surfaces directement survolées, lorsque la pression acoustique est supérieure à 100 dB (A) ; ils s'envolent encore lors du premier survol, mais l'intensité des réactions diminue rapidement (accoutumance).

Annexe 3 : Aires de répartition et utilisation du territoire en dehors de la période de nidification.

Abréviations habitats : R : rochers ; ZH : zone humide ; I : île ; C : côte ; M : mer ; O : terrain ouvert ; L : lac ; A : alentours terrain d'aviation ; F : forêt ; MW : mer des Wadden

Source	Genre Espèce	Types d'aéronefs	Habitat	Quantification du phénomène de dérangement	Réactions, conséquences
LEITO & RENNO 1983	Anseriformes <i>Branta leucopsis</i>	Hélicoptères Petits avions	M	Vols à basse altitude	Principale cause du dérangement, distance de fuite entre 0,5 et 3 km.
LUGERT 1988	Anseriformes	Jets Hélicoptères	ZH	Vols à basse altitude (moins de 300 m) d'appareils militaires et changements de direction	Les canards se déplacent vers d'autres sites. La réserve naturelle étudiée ne remplit donc pas sa fonction, malgré son étendue.
MOSBECH & GLAHDER 1991	Anseriformes <i>Branta leucopsis</i> <i>Anser</i> <i>brachyrhynchus</i>	Hélicoptères Bell 206 Bell 212	O, C	Survols par des hélicoptères	Les oies à bec court passent d'autant plus de temps sur l'eau et moins à paître qu'elles sont souvent dérangées. Les places de mue ne sont plus occupées.
NORRIS & WILSON 1988	Anseriformes <i>Anser albifrons</i>	Non spécifié	O, ZH	Fréquence de dérangement	0,5 dérangement/h; dont environ 15% par des aéronefs ; plus les dérangements sont fréquents et plus le groupe se réduit (les principaux dérangements résultent de l'agriculture).
OWEN 1973	Anseriformes <i>Branta leucopsis</i>	Hélicoptères Petits avions	O	Vols à basse altitude	Signes d'attention plus fréquents, moins d'activité de nourrissage, occupation du territoire modifiée.
STOCK 1992a,b	Anseriformes <i>Branta bernicla</i>	Hélicoptères Jets Petits avions	O, C (MW)	Petits avions, jets, hélicoptères 2,19 dérangements/h dont 26% par des aéronefs	Déplacement des oies vers des sites tranquilles. De bons terrains de nourrissage ne sont plus utilisés.
STOCK 1993	Anseriformes <i>Branta bernicla</i>	Hélicoptères Jets Petits avions	O, C (MW)	Petits avions, jets, hélicoptères	Déplacement durant la journée vers des sites tranquilles.
WERNER & SCHUSTER 1985	Columbiformes Falconiformes Passeriformes Piciformes	Vols acrobatiques d'avions à moteurs et de planeurs, vols en formation, vols acrobatiques d'hélicoptères	ZH	Manifestations de sports aériens avec des vols extrêmement bas, un bruit intense, des vols d'hélicoptères	Mouvements de fuite des petits oiseaux qui quittent leur habitat.
ZEITLER 1995	Galliiformes <i>Lagopus mutus</i> <i>Tetrao tetrix</i> <i>Tetrao urogallus</i>	Parapente Deltaplane	F	Intensité de vol	Aucun changement du nombre d'individus.

A4 Aperçu des données bibliographiques sur le thème « Reproduction »

Annexe 4 : Reproduction.

Abréviations habitats : R : rochers, ZH : zone humide ; I : île ; C : côte ; M : mer ; O : terrain ouvert ; L : lac ; A : alentours terrain d'aviation ; F : forêt ; MW : mer des Wadden

Source	Genre Espèce	Type d'aéronef	Habitat	Quantification du phénomène de déran- gement	Réactions, conséquences
ALTMAN & GANO 1984	Charadriiformes <i>Sterna antillarum</i>	Harrier (avion à décollage vertical)	O (A)	1–2 décollages et atterrissages quotidiens	Nids à 28–50 m de la piste ; aucun abandon de nid en raison de manœuvres de vol. Nouvelle occupation, une nidification réussie.
ANDERSEN et al. 1989	Falconiformes <i>Buteo jamaicensis</i>	Hélicoptères Army UH-1	O, F	Survol à 30–45 m au- dessus du nid	Envol, accoutumance. <i>Succès de la nidification pas entravé.</i>
ANTHONY et al. 1995	Anseriformes <i>Branta bernicla</i>	Petit avion	O	Survol à 140–155 m de hauteur	Réactions négligeables, les nids n'ont pas été abandonnés.
ANONYMOUS 1969 AUSTIN et al. 1970	Charadriiformes <i>Sterna fuscata</i>	Survol militaires	C, M	Franchissement du mur du son (Observation isolée)	Envol paniqué, abandon des nids. <i>Les œufs se sont refroidis, 99% d'échec de nidification.</i>
AWBREY & HUNSAKER 1997	Passeriformes <i>Polioptila melanura</i>	Survol militaires		Pression acoustique	Aucun lien prouvé entre construction du nid et taille de la couvée. <i>Nidification réussie même avec une pression acoustique quotidienne de plusieurs heures > 80 dB.</i>
BARRY & SPENCER 1976	Anseriformes <i>Chen caerulescens</i>	Hélicoptères	O, L	Vols à basse altitude (Observations isolées)	Les oiseaux en train de nicher ne sont revenus au nid qu'après 45 min, disputes avec des congénères quand, pendant la fuite, les limites des territoires ont été franchies. <i>Prédation plus élevée sur les nids abandon- nés ; perte de nichées.</i>
BOSCHERT & RUPP 1993	Charadriiformes <i>Numenius arquata</i>	Aéromodélisme Hélicoptères militaires	O	Proportion de dérange- ments causés par des modèles réduits (Observations isolées)	Déplacement vers des secteurs périphéri- ques, abandon momentané des nids. <i>Succès de la nidification réduit en raison d'une prédation plus importante durant les perturbations.</i>
BOURNE 1991	Pelecaniformes <i>Sula bassana</i>	Jets militaires	C, M	Vols à basse altitude	Abandon des nids. <i>Échec massif de la nidification.</i>
BROWN 1990	Charadriiformes <i>Sterna bergii</i>	Simulation du bruit du trafic aérien	I, M	Niveau sonore 65–95 dB(A)	Comportements d'orientation, inquiétude à partir de 85 dB(A). <i>Les oiseaux ne quittent le nid qu'après apparition d'un stimulus optique ; succès de la reproduction non quantifié.</i>
BUNNELL et al. 1981	Pelecaniformes <i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	Avion	I, L	Vols à basse altitude ; comparaison avant et après l'éclosion	Des oiseaux plus âgés effrayés détruisent les œufs avec leurs pattes (œufs piétinés ou jetés hors du nid). <i>88% de pertes de nichées avant l'éclosion, pas d'influence lors de survols ultérieurs.</i>
CARNEY & SYDEMAN 1999	Sphenisciformes	Hélicoptère	I, M	Travail de repérage Approche à < 1500 m	Rythme cardiaque plus élevé ; panique, jusqu'à 30% des nids sont abandonnés. <i>Échec massif de la nidification.</i>

Annexe 4 : Reproduction.

Abréviations habitats : R : rochers, ZH : zone humide ; I : île ; C : côte ; M : mer ; O : terrain ouvert ; L : lac ; A : alentours terrain d'aviation ; F : forêt ; MW : mer des Wadden

Source	Genre Espèce	Type d'aéronef	Habitat	Quantification du phénomène de dérangement	Réactions, conséquences
CARRIER & MELQUIST 1976	Falconiformes <i>Pandion haliaetus</i>	Hélicoptère Bell 47G-3B-1	C, L	Survols pour le suivi des populations	Les adultes n'ont quitté leur aire que provisoirement, lorsque l'hélicoptère s'est rapproché à moins de 50 m. <i>Aucun effet sur le succès de la reproduction.</i>
CRAIG & CRAIG 1984	Falconiformes <i>Buteo jamaicensis</i> <i>Aquila chrysaetos</i> <i>Falco mexicanus</i>	Hélicoptère Hiller 12E	R	Survols pour le suivi des populations	Réactions différenciées selon les espèces ; les aigles royaux sont restés installés sans montrer de réaction ; les faucons des prairies se sont envolés en criant ; les buses à queue rouge se sont envolées, ont réagi de manière agressive ou au contraire sont restées sans réaction. <i>Aucune évaluation du succès de la reproduction.</i>
DELANEY et al. 1999	Strigiformes <i>Strix occidentalis</i>	Hélicoptères militaires Sikorsky, HH-60G Pave Hawk, etc.	F	Un survol par jour ; mesure de la distance et de l'intensité sonore	Aucune réaction à une distance >100 m ; les femelles en train de couvrir réagissent très rarement par la fuite. L'envol augmente avec l'âge des oisillons. <i>Aucun effet sur la fréquence de nourrissage ni sur le succès de la reproduction.</i>
DUNNET 1977	Chardriiformes <i>Larus argentatus</i> <i>Rissa tridactyla</i> <i>Uria aalge</i> <i>Alca torda</i> Procellariiformes <i>Fulmarus glacialis</i> Pelecaniformes <i>Phalacrocorax aristotelis</i>	Petit avion Piper Aztec Hélicoptère Sikorsky S61	I, M	Survols à 100 m au-dessus des récifs (150 m d'altitude)	Aucune réaction. <i>Aucune incidence observée sur le succès de la reproduction.</i>
ELLIS 1981 in GLADWIN et al. 1988b	Falconiformes <i>Falco peregrinus</i>	Jets militaires	A	Vols à basse altitude Franchissements du mur du son	Pratiquement pas de réaction constatée. <i>Le succès de la reproduction et le taux de réoccupation des aires observées étaient élevés.</i>
ELLIS et al. 1991	Falconiformes <i>Accipiter cooperi</i> <i>Buteogallus anthracinus</i> <i>Parabuteo unicinctus</i> <i>Buteo albonotatus</i> <i>Aquila chrysaetos</i> <i>Falco peregrinus</i> <i>Falco mexicanus</i>	Jets militaires A-4 (Skyhawk) A-7 (Corsair II) A-10 (Thunderbold II) F-4 (Phantom) F-104 (Starfighter)	A	Survols à moins de 500 m Franchissements du mur du son	Aucune réaction pour une distance > 500 m. Si plus proche, dans 10% des cas les adultes se tapissent ou s'envolent, dans 15% des cas, les oisillons se tapissent. Aucune réaction dramatique. <i>Taux de reproduction normal ; dans 95% des cas, réoccupation des aires une année après les expériences.</i>
FRASER et al. 1985	Falconiformes <i>Haliaeetus leucocephalus</i>	Petit avion	F	Survols à 20–200 m des nids ou des individus au repos	Pour l'essentiel aucune réaction, parfois des mouvements de tête. <i>Aucune influence négative observée sur le succès de la reproduction.</i>
GRIESSER & HEGELBACH 1999	Passeriformes <i>Alauda arvensis</i>	Avions de ligne	O, ZH (A)	Activité aérienne régulière Aéroport de Zurich-Kloten	Les alouettes des champs sont indifférentes à l'activité aérienne. <i>L'activité aérienne n'affecte pas le succès de la nidification.</i>

Annexe 4 : Reproduction.

Abréviations habitats : R : rochers, ZH : zone humide ; I : île ; C : côte ; M : mer ; O : terrain ouvert ; L : lac ; A : alentours terrain d'aviation ; F : forêt ; MW : mer des Wadden

Source	Genre Espèce	Type d'aéronef	Habitat	Quantification du phénomène de dérangement	Réactions, conséquences
KUSHLAN 1979	Ciconiiformes <i>Casmerodius albus</i> <i>Egretta thula</i> <i>Hydranassa tricolor</i>	Petit avion « Lake » Hélicoptère Bell 47G-2	C, M	Survols à 120 et 60 m	90% des oiseaux n'ont pas réagi ou ont juste regardé en l'air, si le nid a été abandonné, c'est pour une courte durée. <i>Pas d'effet sur le succès de la reproduction.</i>
LYNCH & SPEAKE 1978	Galliformes <i>Meleagris gallopavo</i>	Jets militaires	O, F	Franchissements du mur du son et simulations	Le franchissement du mur du son a déclenché pendant 20 secondes des réactions de la part des dindes en train de couvrir ; interruption du nourrissage et vigilance de la dinde dominante pendant environ 20 secondes. <i>Pas d'effet sur le succès de la reproduction.</i>
NIEMAN & SOSSINKA 1991, 1992	Charadriiformes <i>Haematopus ostralegus</i> <i>Vanellus vanellus</i> Laridae	Hélicoptères	ZH	Survols Environ 120 m de hauteur	Pas de réaction visible. <i>Le succès de la reproduction n'a pas été analysé.</i>
NORMAN & SAUNDERS 1969	Charadriiformes <i>Sterna albifrons</i>	Petits avions Hélicoptères	C, M	Types de dérangements	~ 5% des dérangements sont causés par des aéronefs, les hélicoptères effrayent et chassent les oiseaux couvant de leurs nids, la réaction aux petits avions est faible. <i>Diminution générale de la population causée par des dérangements anthropiques.</i>
PLATT 1977 in ANDERSEN et al. 1989	Falconiformes <i>Falco rusticolus</i>	Hélicoptères		Survols au printemps	Plus faible occupation des nids dans l'année suivante.
PUTZER 1989	Charadriiformes <i>Charadrius dubius</i> <i>Vanellus vanellus</i>	Aéromodélisme	O, ZH	Distances de fuite par rapport aux modèles réduits	Envol (environ 200 m de distance), abandon du nid pendant la durée du dérangement, pas d'accoutumance. <i>Refroidissement des œufs, perte de couvaie par d'autres dérangements, le succès de la reproduction n'a pas été analysé.</i>
QUAISER & HÜPPOP 1995	Gruiformes <i>Otis tarda</i>	Avions de tourisme à hélice Avions à réaction	O	Survols (hauts)	Augmentation brève et faible du rythme cardiaque. (Accoutumance). <i>Pas d'influence sur le succès de la reproduction.</i>
RIEDERER 1976	Falconiformes Strigiformes Charadriiformes Passeriformes	Aéromodélisme	O	Conséquences de l'installation d'un terrain d'aéromodélisme	Fuite au passage des modèles réduits ; fréquence de dérangement fortement augmentée par l'activité globale. <i>Des espèces d'oiseaux nicheurs plus exigeantes quant à la qualité de leur habitat ont disparu.</i>
SERIOT & BLANCHON 1996	Falconiformes <i>Aquila chrysaetos</i> <i>Gyps fulvus</i> <i>Neophron percnopterus</i> <i>Falco peregrinus</i> Galliformes <i>Tetrao urogallus</i>	Hélicoptères Parapentes Deltaplans Planeurs Petits avions	R, F	Survols de réserves naturelles	Les oiseaux s'envolent, réactions effrayées, abandon des sites de couvaie, des terrains de chasse sont abandonnés. <i>Succès de la reproduction réduit en raison d'un taux plus élevé de mortalité des jeunes oiseaux et de l'abandon de la couvée ; pas de nouvelles tentatives de nidification.</i>

Annexe 4 : Reproduction.

Abréviations habitats : R : rochers, ZH : zone humide ; I : île ; C : côte ; M : mer ; O : terrain ouvert ; L : lac ; A : alentours terrain d'aviation ; F : forêt ; MW : mer des Wadden

Source	Genre Espèce	Type d'aéronef	Habitat	Quantification du phénomène de dérangement	Réactions, conséquences
STOKES 1996	Falconiformes <i>Haliaeetus leucogaster</i> Columbiformes Passeriformes	Hélicoptère	I, M	Survols à 100 m au-dessus du nid	L'aigle abandonne son nid jusqu'à ce que la perturbation disparaisse. Pas de réaction visible de contrariété chez les petits oiseaux. <i>Chez l'aigle, échec total de la nidification ; chez les petits oiseaux, rien ne donne à penser que le succès de la couvaison a pu être compromis.</i>
TEER & TRUETT 1973 in GLADWIN et al. 1988b	Passeriformes <i>Mimus polyglottos</i> <i>Cardinalis cardinalis</i> <i>Chondestis grammacus</i> Columbiformes <i>Zenaidura macroura</i>	Jets militaires		2-3 survols avec franchissement du mur du son par semaine	Pas de différence du succès de la reproduction entre le site d'expérimentation et la surface témoin. <i>Pas d'effet sur le succès de la reproduction.</i>
TRIMPER et al. 1998	Falconiformes <i>Pandion haliaetus</i>	CF-18 Hornets	F	Vols à 30 m de hauteur à 1,4 km, 2,3 km et 4,6 km de distance	Vigilance, observation en direction de la source du bruit, jamais d'envol, accoutumance. <i>Même taux de reproduction que le groupe de contrôle.</i>
WATSON 1993	Falconiformes <i>Haliaeetus leucocephalus</i>	Hélicoptères : Hiller/Soloy UH 12E Bell 206 BIII Avion	O, L, I	Survols à des distances entre 3050 et 50 m	Réaction moins marquée aux avions (7% des aigles) qu'aux hélicoptères (53%) pour une distance d'environ 500 m ; distance de fuite plus faible des adultes qui possèdent un nid (défense du nid ?). <i>Pas d'effet sur le succès de la reproduction.</i>
WHITE & SHERROD 1973	Falconiformes <i>Haliaeetus leucocephalus</i> <i>Aquila chrysaetos</i> <i>Falco rusticolus</i> <i>Buteo lagopus</i>	Hélicoptères p. ex. Hiller FH 1100	R, O	Survols pour surveillance de populations dans des terrains rocheux	Le plus souvent, pas de réaction lorsque les individus ont le temps de voir venir l'hélicoptère ; panique lors de l'apparition soudaine au-dessus des rochers. <i>Pas d'effet sur le succès de la reproduction.</i>
WILSON et al. 1991	Sphenisciformes <i>Pygoscelis adeliae</i>	Hélicoptères : MBBO-BO 105 DHC-6 Twin Otter Super Puma AS 332 Lockheed C130	I, M	Vols de ravitaillement et transport de personnes dans l'Antarctique	Changement de comportement à 0,6-1,1 km des hélicoptères, les pingouins abandonnent leurs nids lorsque les jeunes oiseaux grandissent. <i>Augmentation du taux de prédation par des grands labbes dans les nids abandonnés.</i>
ZEITLER 1995	Falconiformes <i>Aquila chrysaetos</i>	Parapentes Deltaplans	F	Intensité de vol	Abandon de l'aire ou du site de l'aire, vols de menace et d'attaque. <i>Pas d'influence négative prouvée.</i>
ZONFRILLO 1992	Charadriiformes <i>Alle alle</i> <i>Alca torda</i> <i>Uria aalge</i>	F111 Avion à réaction Transporteur Hercules Petit avion	I, M	Survols à 200 pieds au-dessus du rocher de nidification	Réaction de panique des oiseaux plus âgés et des oisillons. <i>Échec total de la nidification à cause de chutes mortelles des oisillons, œufs détruits par prédation.</i>

A5 Observations durant une manifestation aérienne

Les émissions sonores ont été mesurées pendant la manifestation par ECOCONTROL SA, sur mandat de la division Planification urbaine de l'administration cantonale du Tessin. Les mesures ont été effectuées depuis le balcon des bureaux d'ECOCONTROL SA, situés à environ 700 m au nord de la baie, en ville de Lugano (ECOCONTROL 2001). Des immissions sonores supérieures à 100 dB(A) n'ont été relevées que durant les évolutions de la Patrouille Suisse. Tous les autres avions n'ont pas dépassé 80 dB(A), à l'exception du Harrier GR 7 pour lequel on a mesuré un maximum à 96,5 dB(A). À elle seule, la Patrouille Suisse a libéré 94% de l'énergie sonore mesurée durant toute la manifestation.

Les observations d'oiseaux sont présentées dans le tableau I. La figure I illustre la répartition des oiseaux d'eau.

Annexe 5 : Comportement des espèces d'oiseaux les plus fréquentes dans la baie de Lugano avant, pendant et après la manifestation aérienne du 21 juillet 2001.

Date	Canards colverts	Cygnes tuberculés	Mouettes rieuses
17 juillet 2001 4 jours avant la manifestation	42 individus, en période de mue, en partie incapables de voler, calmes, en train de dormir, de se lustrer les plumes, de se nourrir ou de nager tranquillement	14 individus, en train de nager tranquillement, de se lustrer les plumes ou de se nourrir	20 individus à la surface du lac ou se reposant sur des poteaux et des bateaux
21 juillet 2001 juste avant le début de la manifestation	40 individus mêmes observations que le 17 juillet 2001	14 individus mêmes observations que le 17 juillet 2001	170 individus se reposant sur le plan d'eau
21 juillet 2001 pendant la manifestation	Les individus en train de dormir ouvrent l'œil, ceux qui nagent accélèrent le rythme, les canards proches de la rive se réfugient peu à peu sous les pontons, aucune réaction de frayeur apparente		Toutes les mouettes rieuses s'envolent pratiquement à chaque passage à basse altitude
21 juillet 2001 peu après la manifestation	40 individus retour au calme	14 individus retour au calme	38 individus à environ 700 m de la rive, aucun à proximité

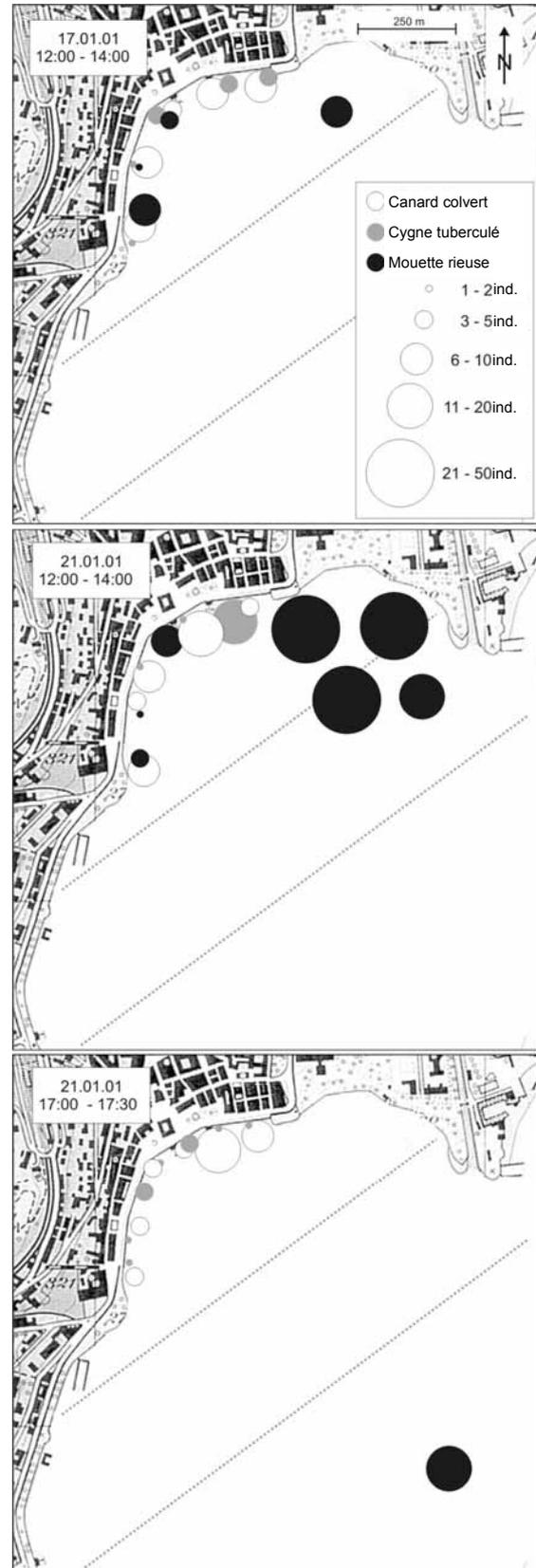


Figure 1 :
Répartition des oiseaux d'eau dans la baie de Lugano quatre jours avant la manifestation (en haut), juste avant (milieu) et juste après (en bas). Les lignes pointillées délimitent le secteur de vol pour la manifestation aérienne. Les observations ont été faites à partir des rives nord et ouest.

A6 Événements perturbateurs dans les Bolle di Magadino

Annexe 6 : Observation de la réaction d'oiseaux dans les Bolle di Magadino lors de décollages ou d'atterrissages à l'aérodrome de Locarno.

Date	Observation	Observateur
1993-96	Le phénomène suivant se répète à chaque fois : les groupes de canards et de limicoles sont effrayés et se mettent à tourner durant plusieurs minutes au-dessus du secteur, avant de se poser à nouveau. Les petits oiseaux présents dans les roseaux sont régulièrement effrayés et sont plus nombreux à se jeter dans les filets de baguage. Les busards des roseaux qui chassent régulièrement dans le secteur paraissent éviter la zone durant les vols d'exercice militaires.	R. Muheim
1995-96	Les oiseaux perchés sur les arbres et arbustes se sont subitement envolés au passage d'un avion ; les limicoles et les rapaces se sont secoués tandis que les canards et les oies ont quitté le secteur en direction du lac, sans revenir. Le nombre d'oiseaux capturés a diminué.	A. Gyimesi
30.4.1996	Lors d'un survol à basse altitude, 15 fuligules morillons en train de se reposer ont plongé ou fui dans la roselière. 1 sarcelle d'été et 1 couple de canards colverts ont interrompu leur recherche de nourriture et ont observé l'avion.	M. Spiess
4.5.1996	Un héron pourpré a rentré la tête lors d'un survol à basse altitude, tandis qu'un autre s'est envolé depuis les roseaux et a fui rapidement en direction du nord-est.	M. Spiess
5.5.1996	Une aigrette garzette effrayée s'est envolée hors des roseaux en direction du nord.	M. Spiess
1998	Les canards et les limicoles ont été effrayés à plusieurs reprises par le décollage d'avions. Trois hérons cendrés en vol ont immédiatement plongé dans les roseaux lorsqu'un avion s'est dirigé vers eux au moment du décollage.	T. Stalling
Automne 1998	Des groupes de grands cormorans et de mouettes ont changé brusquement de direction de vol alors qu'un avion était en train d'atterrir. Envol d'étourneaux sansonnets, de mouettes, de vanneaux huppés et d'hirondelles, vraisemblablement plutôt en réaction au bruit soudain et à la vitesse élevée (moins en raison de la basse altitude). Après le passage d'avions particulièrement bruyants, le nombre d'oiseaux capturés était plus élevé.	L. Cunningham
18.10.1998	Lors du décollage d'un avion, de nombreux petits oiseaux ont été effrayés et se sont envolés en direction ouest / nord-ouest. 12 d'entre se sont directement jetés dans un filet.	L. Cunningham
Oct. 1998	Des mouettes (principalement des mouettes rieuses et des goélands leucophées) s'envolent sans arrêt, changent brusquement de direction ou se posent sur le lac.	J. Gremaud
4.11.1998	Un grand groupe de mouettes rieuses, prises de panique, survole les roseaux après le passage d'un avion particulièrement gros.	J. Gremaud
7-12.11.1998	Des groupes comptant jusqu'à 84 vanneaux huppés se reposent dans l'axe de la piste d'atterrissage. À chaque survol, ils sont effrayés, s'envolent parfois jusqu'au lac pour quelques minutes avant de revenir dans le champ. Les vanneaux huppés quittent finalement le secteur après plusieurs dérangements.	J. Gremaud
29.9.1998	3000 à 5000 hirondelles rustiques qui s'étaient installées dans la roselière pour dormir ont été effrayées par deux avions bruyants, qui se sont succédé à intervalles rapprochés. Beaucoup se sont jetées dans les filets. Le groupe a volé dans tous les sens avant de quitter le secteur définitivement après quelques minutes.	C. Schönbächler
20.11.1998	Environ 80 fuligules morillons et fuligules milouins ont été réveillés par un gros jet. Une partie des oiseaux s'est envolée, une autre a plongé. Ce comportement s'est répété à chaque passage d'un avion bruyant, tandis que les canards n'ont montré aucune réaction lors de survols moins bruyants.	C. Schönbächler

A7 Observations comportementales lors du passage d'hélicoptères aux Grangettes

La baie a été divisée en cinq secteurs pour consigner les réactions des oiseaux d'eau (Fig. II, en haut) observées, les points d'observation étant situés à l'extrémité est du périmètre d'observation. Les modifications de comportement ont été notées jusqu'à ce que la situation se soit stabilisée. Comme une seule personne effectuait les observations, seuls les événements manifestes, conduisant à une modification du nombre d'oiseaux d'eau présents, ont été enregistrés. Le 2 mars 2002, un télescope avec un grossissement de 30 fois a été utilisé, permettant de distinguer les oiseaux jusqu'à 1 km (secteurs 1 à 4) (Tab. II). Le 9 mars, les observations ont été faites à l'aide de jumelles avec un grossissement de 10 fois, permettant des observations jusqu'à 500 m (secteurs 1 à 2) (Tab. III).

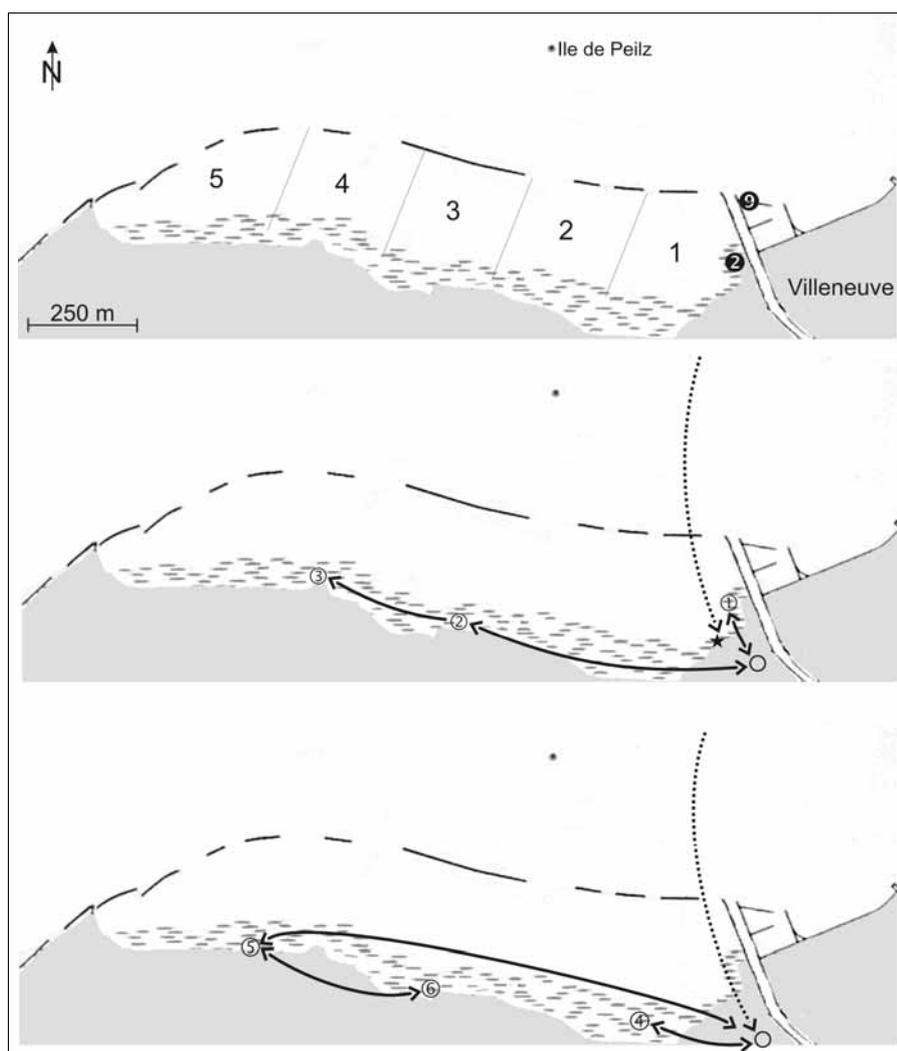


Figure II :
Plan de situation des Grangettes avec la subdivision en secteurs (en haut) et les itinéraires de vol du 2 mars 2002 (au milieu) et du 9 mars 2002 (en bas). Les cercles noirs numérotés indiquent les postes d'observation les 2 et 9 mars 2002. La ligne pointillée indique l'itinéraire d'approche de l'hélicoptère, les lignes continues les trajets répétés de l'hélicoptère de transport. Le cercle vide correspond au dépôt central de matériel et les cercles numérotés représentent les points où les déchets récoltés étaient placés dans les filets.

Annexe 7.1 : Observations du 2 mars 2002. Le temps était froid, venteux et pluvieux. À cause de la pluie, la visibilité était réduite aux secteurs 1 à 4.

Heure	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Brise-vagues
8:00 h	Environ 60 foulques macroules, 9 grèbes huppés, 5 harles bièvres, 4 canards chipeaux, 4 fuligules milouins et 1 héron cendré	8 fuligules milouins	Environ 500 fuligules morillons	1500 canards dont 40% de nettes rousses, 50% de fuligules morillons et 10% de fuligules milouins	34 grands cormorans à une distance de quelques mètres les uns des autres et 14 goélands
9:00 h			Tous les fuligules morillons s'envolent à cause des travaux dans la roselière, 26 d'entre eux se posent après 2 min de vol, un groupe s'envole vers le secteur 4		
9:40 h Arrivée de l'hélicoptère	Pendant le survol par l'hélicoptère, tous les oiseaux se déplacent en nageant rapidement en direction de l'ouest		Secteur vide	Les canards restent calmes	
10:00 h Début des vols de transport	À nouveau des mouvements d'évitement en direction de l'ouest			Tous les canards s'envolent en direction du nord, ils reviennent après environ 1,5 min, tournent et se posent	Les grands cormorans fuient hors du champ de vision
Rotations d'hélicoptères à intervalles de 2 min entre les points 2 et 3 (voir Fig. II)			83 fuligules milouins se posent	Les fuligules milouins, les fuligules morillons et les nettes rousses s'envolent à chaque fois et se posent à nouveau après 1,5 min (mais souvent derrière les brise-vagues)	
10:40 h				250 fuligules morillons nagent en tout sens de manière agitée	
10:50 h Brève pause des vols				Retour de quelques centaines de nettes rousses qui s'envolent aussitôt à nouveau	
11:00 h Reprise des rotations d'hélicoptères, la situation reste constante	20 foulques macroules, 2 grèbes huppés et 1 harle bièvre	Pas d'oiseaux visibles	Pas d'oiseaux visibles	100 fuligules morillons, 100 fuligules milouins, 20 nettes rousses et 30 foulques macroules	Pas d'oiseaux visibles

Annexe 7.2 : Observations du 9 mars 2002, par faible nébulosité, absence de vent et bonne visibilité.

Heure	Secteurs 1 et 2	Brise-vagues
8:30 h	20 grèbes huppés, 15 fuligules milouins, 70 fuligules morillons et 20 foulques macroules nageant calmement ou au repos	15 grands cormorans, 7 hérons cendrés et 15 goélands au repos
8:42 h Arrivée de l'hélicoptère	5 fuligules milouins s'envolent	Tous les oiseaux s'envolent hors du champ de vision
8:50 h Vols de transport à intervalles de 20 s entre le dépôt du matériel et le point 4 (Fig. II en bas)	Tous les grèbes huppés quittent le secteur en nageant ; les fuligules morillons s'envolent et se posent en partie derrière les brise-vagues	
9:17 h Atterrissage au dépôt du matériel	5 grèbes huppés, 6 cygnes tuberculés, 3 canards souchets et 5 foulques macroules ; arrivée de 3 fuligules milouins et de 55 fuligules morillons qui ont probablement été effrayés par les travaux dans le secteur 5 de la roselière	
9:25 h Vols de transport entre les points 5 et 6 (Fig. II en bas)	Le nombre d'oiseaux se modifie légèrement en permanence.	
9:47 h La situation reste plus ou moins constante	3 grèbes huppés, 3 cygnes tuberculés, 2 canards colverts, 10 fuligules morillons, 1 grand cormoran, 4 foulques macroules et 1 mouette : pas de modifications de comportement visibles	

A8 Observations de vanneaux huppés dans le haut-marais des Ponts-de-Martel

Annexe 8 : Observations de vanneaux huppés et vols d'hélicoptère aux marais de Brot (communication J.-D. Blant). Les observations proviennent des bases de données du COMONE (Cercle ornithologique des montagnes neuchâteloises) et de Écoconseil, La Chaux-de-Fonds et pour 1994–1996 de la base de données de la Station ornithologique suisse de Sempach.

Année	Observations de vanneaux huppés	Vols d'hélicoptères
1991	2 couples nicheurs avec jeunes volant de leurs propres ailes ¹	-
1992	2–3 couples nicheurs avec comportement territorial ¹	-
1993	2 couples nicheurs avec comportement territorial ; perte de nichée, peut-être due à un renard ¹	-
1994–96	Nidification régulière (J.Laesser/V.Martin)	-
1997	31.3. 3 ind., dont un couple avec territoire 23.2. 2 ind. aux marais de Brot 31.3. Couple à « Sous-le Rondel » à 200 m de l'hélistation 5.4. 0 ind. 7.4. 0 ind. 19.4. 0 ind. 23.4. 0 ind.	Début des cours de pilotage d'hélicoptère ; vols particulièrement nombreux au printemps
1998	6.3. 2 couples en parade nuptiale 16.3. 1 ind. 21.3. 2 ind. avec comportement territorial 22.4. 1 ind. (le couple a disparu) 23.4. 1 ind. 27.4.–1.5. 0 ind.	De nombreux vols pendant toute l'année 27.3. Exercices de vols à basse altitude dans divers secteurs du site d'observation à 10 m de hauteur
1999	Aucune présence de vanneaux huppés constatée pendant 1 journée d'observation en mars et 7 en avril	De nombreux vols, particulièrement au printemps
2000	50 ind. début mars, observés par un agriculteur Plus aucune présence de vanneaux huppés constatée pendant 3 journées d'observation en mars et 4 en avril	Inconnu
2001	24.3. 1 couple ¹ Plus aucune présence de vanneaux huppés constatée pendant 3 journées d'observation en mars et 3 en avril	Inconnu

¹ Observations d'Écoconseil

A9 Dérangements causés par des hélicoptères

Annexe 9 : Observations de survols d'hélicoptères à divers endroits.

Date	Lieu	Survol d'hélicoptère	Observation	Observateur
7.3.1994	Étang artificiel Erzenholz (Frauenfeld, TG)	Un hélicoptère HB-XUJ survole le secteur au nord de l'étang et essaie d'atterrir	Tous les canards s'envolent et quittent l'étang.	H. Leuzinger
18.6.1994	Ägelsee (TG)	Passages répétés d'un hélicoptère à environ 50 m de hauteur	Tous les canards s'enfuient et se mettent à couvert.	H. Leuzinger
27.11.1994, 14:15 h	Fanel (BE)	Hélicoptère civil à environ 150 m de hauteur et à environ 200 m de distance	Des oies (20) et des canards (plus de 100) dormant ou se nourrissant s'envolent lors des rotations. Les oies reviennent dans les 30 min qui suivent ; les canards ne réapparaissent pas ; les oies restent agitées et vigilantes encore pendant 30 minutes. Ensuite, les oies réagissent à chaque aéronef en tournant la tête, même quand des avions volent à une hauteur de 300 à 500 m.	M. Trocmé
13.11.1998	Bolle di Magadino (TI)	Survol répétés d'un hélicoptère de lutte contre les incendies	Des formations de grands cormorans volent en tournoyant au-dessus de leur site d'hébergement nocturne. 35 vanneaux huppés hésitent avant de se poser sur un site de repos, pour ensuite s'envoler au loin.	C. Schönbächler
7.9.2001	Kaltbrunner Riet (SG)	Pendant 30 min, vol à basse altitude d'un hélicoptère de l'armée au-dessus de la zone centrale de la réserve naturelle et des terrains limitrophes	Perturbation des oiseaux au repos et à la recherche de nourriture puis agitation durable : 2 cigognes blanches, 40 canards, 1 busard des roseaux, 1 busard Saint-Martin, 1 bécasseau de Temminck, 4 chevaliers sylvains, 2 chevaliers culblancs, 3 chevaliers aboyeurs, 18 courlis cendrés, 5 bécassines des marais.	L. et K. Felix
31.10.2001	Fanel (BE)	Hélicoptère civil à environ 100 à 150 m de hauteur	Tous les oiseaux d'eau s'envolent et volent de manière désordonnée.	J. Bauermeister
10.1.2002 14:15 h	Jardin de la Station ornithologique suisse à Sempach (LU)	Quatre survols d'Alouette III en 20 min à 80 m de hauteur et à 100 m du rivage	Des moineaux et des merles se nourrissent au sol s'envolent à chaque survol et se réfugient dans les buissons et dans les roseaux.	S. Komenda-Zehnder
9.1.2003 11:40 h	Baie de Lucerne (LU)	Hélicoptère transportant une voiture, à moins de 300 de hauteur ; un hélicoptère de la chaîne SF DRS tourne autour de l'hélicoptère de transport	2000 à 3000 nettes rousses et 2 oies cendrées sont effarouchées et se posent à nouveau un peu plus tard. Un second passage des deux hélicoptères effraie de nouveau toutes les nettes rousses, 20 garrots à œil noir et de petits groupes de fuligules morillons et de fuligules milouins. Les fuligules milouins s'envolent au loin.	M. Thoma

A10 Dérangements causés par des dirigeables

Annexe 10.1 : Observations de survols de dirigeables au-dessus de réserves d'oiseaux d'eau sur la rive sud-est du lac de Neuchâtel.

Date, heure	Région survolée	Hauteur de survol	Espèces d'oiseaux	Réactions	Observateur
12.6.02 13:45	Bas-Lac (Chablais-Fanel)		Mouettes (Laridae)	Envol	F. Turrian
12.6.02 15:00	Îles au Fanel		Grands cormorans nichant	Envol	F. Turrian
11.9.02 15:00	Chablais de Cudrefin		Tous les oiseaux d'eau présents	Envol	F. Turrian
18.9.02 12:00	Chablais de Cudrefin et Fanel	environ 200 m de hauteur	Au min. 5000 oiseaux d'eau	Envol	F. Turrian
18.9.02 15:00	Fanel	200–300 m de hauteur	Grandes aigrettes, oies et une partie des canards	Envol	F. Turrian
29.9.02 18:30	En diagonale au-dessus du Fanel, du SW au NE	150–200 m de hauteur	10'000 ind. : 50% fuligules milouins 30% nettes rousses 15% fuligules morillons, foulques macroules, hérons cendrés, grandes aigrettes, canards chipeaux	Envol, parfois fuite, durée de vol 10–15 min. Les oiseaux se posent plus tard au Chablais de Cudrefin ou plus loin. Retour au comportement d'origine après 10–20 min.	C. A. Balzari
8.10.02 11:50	Chablais de Cudrefin et Fanel	300–500 m	2000 à 3000 fuligules milouins, plusieurs centaines de nettes rousses, environ 40 oies cendrées, 2 oies des moissons, mouettes	Tous les oiseaux d'eau s'envolent ; les mouettes se calment immédiatement ; les canards et les oies tournent pendant de longues minutes au-dessus du site ; un jeune faucon pèlerin tente en vain d'attraper une proie.	M. Thoma
9.10.02 13:56	Chablais de Cudrefin et Fanel		6000 à 8000 canards au Chablais de Cudrefin 12'000 à 15'000 canards au Fanel	Envol, durée du vol environ 10 min, agitation accrue et mouvements de vol pendant encore 30 min.	P. Rapin
9.10.02 14:57	Chablais de Cudrefin		6000 à 8000 canards	S'envolent, ainsi que 1/3 des canards au Fanel ; les canards restant au Fanel ont un comportement alarmé ; ensuite agitation durable.	P. Rapin

Annexe 10.2 : Réactions d'oiseaux d'eau suite à des survols de dirigeables sur la rive nord-ouest du Lac de Constance (communication B. Schürenberg).

Date, heure	Lieu	Observation
23.11.2002 environ 14:00 h	Rive d'Immenstaad, à l'ouest de la passerelle d'atterrissage	Tous les fuligules morillons (70), fuligules milouins (30), garrots à œil noir (16) et harles bièvres (6) s'envolent.
24.11.2002	Baie de Kirchberg / Immenstaad	Tous les fuligules morillons, fuligules milouins, nettes rousses (130), garrots à œil noir (152) et harles bièvres (69) s'envolent.
24.11.2002	Devant le camping de Kirchberg	Lors du vol de retour, tous les fuligules morillons, fuligules milouins et nettes rousses s'envolent encore une fois (150), environ 200 foulques macroules fuient le dirigeable en s'envolant ou en nageant rapidement.
1.12.2002	Baie de Kirchberg	Tous les garrots à œil noir (160) sont effarouchés.
1.12.2002	Devant Hagnau-Est	Lors du vol de retour tous les fuligules milouins (150) et les garrots à œil noir (2) s'envolent.
1.03.2003 environ 13:00 h	Le dirigeable vole à l'ouest de Manzell en direction du lac et revient par le même itinéraire	Les deux fois, 120 garrots à œil noir s'envolent. Ils volent très loin en direction du lac et ne reviennent qu'après 20 à 25 min. À part quelques canards colverts, aucun autre canard ne séjournait dans la baie de Manzell.
18.07.2003	Rivage vers la réserve naturelle à l'embouchure à Lipbach / Immenstaad	Un chevalier culblanc s'envole lorsque le dirigeable apparaît, il exécute trois virages serrés et disparaît au-dessus du lac.

A11 Dérangements causés par des ballons à air chaud

Annexe 11.1 : Réactions de canards sur l'Ägelsee (TG) lors de survols par des ballons à air chaud (communication H. Leuzinger).

Date	Ballon à air chaud	Hauteur de survol estimée	Comportement des oiseaux d'eau
30.7.1993	« TOGGENBURGER » HB-BQV	Plus de 300 m, sans allumage du brûleur	Pas de réaction
26.6.1994	« SHARP »	100 à 200 m en direction E-W le long du lac, sans allumage du brûleur	Les canards (principalement des fuligules morillons) sont effrayés et volent dans tous les sens. Ensuite, 5 fuligules morillons sont observés sur l'étang artificiel d'Erzenholz, où il n'y en avait pas auparavant.
4.6.2000	Championnats de ballons à air chaud sur l'Allmend Frauenfeld	Ascension d'un ballon à 200 m au sud-est de l'Ägelsee, survol bas en direction de l'Allmend	Fuite en pagaille des canards ; avant l'événement perturbateur, 35 fuligules morillons séjournaient sur le lac, ensuite il n'en restait plus que 17. 10 fuligules morillons sont observés sur l'étang artificiel, où il n'y en avait pas auparavant.

Annexe 11.2 : Observations fortuites de survols en ballon à air chaud près du Flachsee (AG), consignées par les surveillants de la réserve de la vallée de la Reuss.

Heure	Comportement du ballon à air chaud	Comportement des oiseaux d'eau	Observateur
Août 1991 Au crépuscule	Vol à basse altitude au-dessus de la réserve, descente au-dessus de l'eau avec allumage du brûleur pour stopper la descente (Fig. 16).	De nombreux oiseaux d'eau paniquent et s'envolent, parfois en formation.	D. Thiel
Semestre d'été, début des années 90 Fin d'après-midi	Un ballon à air chaud décolle à environ 100 m de l'étang de Birri (Meerenschwand), le brûleur est allumé plusieurs fois à 10 m au-dessus de l'étang. Il en résulte un fort sifflement.	Panique des oiseaux d'eau, les canards colverts s'enfuient, les foulques macroules nagent près du rivage en poussant des cris d'alarme, les râles d'eau crient bruyamment et durablement. Il a fallu environ un quart d'heure pour que les râles d'eau se calment définitivement.	G. Vonwil

A12 Bases légales relatives à l'aviation et à la protection de la faune

Bases à l'échelon fédéral Les *lois fédérales et les ordonnances* peuvent être téléchargées sur le site [www.admin.ch/ch/f/rs/numéro du document/index.html](http://www.admin.ch/ch/f/rs/numéro%20du%20document/index.html).

La Constitution fédérale (**Cst** ; RS 101) assigne à la Confédération, selon l'art. 78, al. 2, de prendre en considération la nature et le paysage dans l'accomplissement de ses tâches. L'aviation relève précisément de la compétence de la Confédération selon l'art. 87 Cst.

Plus précisément, l'art. 3 de la loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage (**LPN** ; RS 451) oblige la Confédération et ses autorités à ménager le paysage dans l'exécution de leurs tâches. Cette obligation s'applique notamment aux objets qui figurent dans un inventaire (p. ex. paysages et monuments naturels d'importance nationale, sites marécageux et zones alluviales, réserves d'oiseaux d'eau et de migrateurs) ainsi qu'aux districts francs fédéraux. Toutes les ordonnances correspondantes imposent la conservation et le développement de la flore et de la faune typiques de ces sites et des éléments écologiques indispensables à leur existence.

Enfin, le principe de prévention ancré dans la loi sur la protection de l'environnement (**LPE** ; RS 814.01) s'applique à la protection de la nature et des paysages d'importance particulière contre les effets de l'aviation.

La loi fédérale sur la chasse et la protection des mammifères et des oiseaux sauvages (loi sur la chasse ; **LChP** ; RS 922.0) précise à l'art. 7, al. 1, que tous les animaux, dont les oiseaux, sont protégés à l'exception des espèces pouvant être chassées. En vertu de l'art. 7, al. 4, les cantons veillent à assurer une protection suffisante des mammifères et des oiseaux sauvages contre les dérangements. L'art. 11 impose la délimitation de réserves d'oiseaux d'eau et de migrateurs d'importance nationale et internationale ainsi que de districts francs fédéraux. Selon l'art. 11, al. 4, les cantons peuvent délimiter d'autres districts francs et réserves d'oiseaux.

L'art. 5, al. 1, de l'ordonnance concernant les districts francs fédéraux (**ODF** ; RS 922.31) établit notamment que les animaux ne doivent pas être dérangés dans les districts francs. Les mêmes prescriptions s'appliquent aux réserves naturelles selon les art. 5 et 6 de l'ordonnance sur les réserves d'oiseaux d'eau et de migrateurs d'importance internationale et nationale (**OROEM** ; RS 922.32).

Le droit aérien comprend, lui aussi, des dispositions de protection. Selon l'art. 12, al. 2, de la loi fédérale sur l'aviation (**LA** ; RS 748.0), le Conseil fédéral doit édicter des prescriptions visant à protéger la nature. Des zones de silence doivent être aménagées (art. 8, al. 4, **LA**). L'OFAC doit prendre des mesures spéciales de police pour combattre le bruit des avions au moment où il accorde une autorisation (art. 15 **LA**).

En ce qui concerne les ordonnances, l'art. 53, al. 1, de l'ordonnance sur l'infrastructure aéronautique (**OSIA** ; RS 748.131.1) impose que l'OFAC participe, en collaboration avec l'OFEFP, à l'élaboration de règles d'exploitation facultatives applicables à certaines catégories d'aéronefs, afin de protéger la nature. Selon l'al. 2, le DETEC peut, dans l'intérêt de la protection de la nature, décréter pour certaines catégories d'aéronefs des restrictions d'atterrissage, de décollage et de survol dans des zones déterminées avec précision. Les art. 54 et 55 concernent les places d'atterrissage en montagne et l'art. 57 les exceptions pour certains aéronefs. En vertu de l'art. 61, l'OFAC publie régulièrement, en collaboration avec l'OFAEM, une carte aéronautique OACI au 1 : 500'000 et une carte des obstacles à la navigation aérienne au 1 : 100'000.

Autres éléments de référence concernant les restrictions motivées par des impératifs de protection de la nature

Les règles générales du trafic aérien applicables aux aéronefs tiennent dans une certaine mesure compte de la protection de l'environnement. Ainsi, selon l'art. 44 de l'ordonnance du DETEC concernant les règles de l'air applicables aux aéronefs (**ORA** ; RS 748.121.11), une hauteur minimale de vol à vue de 300 m doit être respectée au-dessus des zones à forte densité des agglomérations. Ailleurs, elle doit être au minimum de 150 m au-dessus du sol ou de l'eau. Les art. 50 ss. de l'OSIA fixent des limites strictes pour l'atterrissage et le décollage hors des terrains d'aviation.

La conception « Paysage suisse » (OFEFP/OFAT 1998) fixe l'objectif sectoriel suivant au chapitre 6 « Aviation civile » : « Pour protéger la nature, des restrictions de décollage, d'atterrissage ou de survol pour certaines catégories d'appareils sont à édicter dans certaines régions, dans le cadre de l'ordonnance sur l'infrastructure aéronautique (art. 53 de l'OSIA). »

Les aspects juridiques non réglés au plan fédéral relèvent subsidiairement de la compétence des cantons. Ainsi, le canton d'Appenzell Rh.i. a interdit le décollage et l'atterrissage de deltaplanes et d'autres aéronefs (pour lesquels il n'y a pas d'obligation d'utiliser des terrains d'aviation) en montagne, sauf sur les places de décollage et d'atterrissage autorisées.

Conformité avec le droit international

L'art. 44 de la Convention relative à l'aviation civile internationale (RS 0.748.0) énumère les objectifs de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI).

L'art. 1 de la convention établit que chaque État a la souveraineté complète et exclusive sur l'espace aérien au-dessus de son territoire. Des restrictions de l'aviation telles que celles prévues par le droit suisse pour protéger la nature et le paysage ne contreviennent pas à la convention, car il s'agit seulement de prescriptions relatives au transport ; elles relèvent donc de la souveraineté de l'État sur son espace aérien et ne touchent pas les droits de survol en tant que tels.

En Europe, l'UE et les États membres exercent une compétence concurrente en matière de protection de l'environnement (art. 3, al. 1, du Traité instituant la communauté européenne (TCE) en relation avec les art. 174 et suivants). L'art. 2 prévoit notamment un niveau élevé de protection et d'amélioration de la qualité de l'environnement. En vertu de l'art. 6, les exigences de la protection de l'environne-

ment doivent être intégrées dans la définition et la mise en œuvre des politiques et actions de la communauté.

Les art. 174 à 176 TCE sont intégrés au titre XIX « Environnement ». La déclaration de la Conférence intergouvernementale 2000 (Traité de Nice) réaffirme l'importance de la protection de l'environnement. Il y est précisé au point 9 que les parties au Traité sont déterminées à faire en sorte que l'Union européenne joue un rôle moteur pour promouvoir la protection de l'environnement dans l'Union ainsi que, sur le plan international, pour poursuivre le même objectif au niveau mondial. L'art. 176 TCE permet explicitement aux différents États membres de maintenir ou d'établir des mesures de protection renforcées.

Index

1 Glossaire / vocabulaire

Canards de surface

Terme collectif désignant les canards qui se procurent leur nourriture principalement en surface, appelés aussi canards nageurs, p. ex. le canard colvert et la sarcelle d'hiver.

Canards plongeurs

Terme collectif désignant les canards qui se procurent leur nourriture principalement en plongeant, p. ex. le fuligule milouin et le fuligule morillon.

Limicoles

Oiseaux de rivage, p. ex. le vanneau huppé, le courlis cendré et le bécasseau variable.

Mue

Changement de plumage chez les oiseaux.

Oiseaux d'eau

Terme collectif désignant les cormorans, les hérons, les cygnes, les oies, les canards, les mouettes, les hirondelles des lacs et les râles (limicoles parfois inclus).

Aviation légère

Dans le cadre du présent travail, ce terme désigne les petits aéronefs dont la masse maximale au décollage est inférieure ou égale à 8618 kg, (avec les ballons à air chaud, les motoplaneurs, les deltaplanes et les modèles réduits).

Site Ramsar

Zone humide d'importance internationale, particulièrement comme habitat des oiseaux d'eau, selon la Convention de Ramsar.

2 Liste des abréviations

BfN

Bundesamt für Naturschutz, Deutschland
(Office fédéral de la protection de la nature, Allemagne)

DAeC

Deutscher Aero Club
(Club aéronautique allemand)

dB(A)

Unité de mesure du niveau de pression acoustique ; décibel pondéré A (courbe de réponse en fréquence d'une oreille moyenne)

IFP

Inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels d'importance nationale

OFAC

Office fédéral de l'aviation civile

OFEFP

Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage

3 Bibliographie

- ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA 1980 : *San Diego workshop on the interaction between manmade noise and vibration and Arctic marine wildlife*. Acoustic Society of America, American Institute of Physics.
- ALTMAN R. L., GANO R. D. 1984 : *Least Terns nest along side harrier jet pad*. *J. Field. Ornithol.* 55 : 108–109.
- ANDERSEN D. E., RONGSTAD O. J., MYTTON W. R. 1990 : *Home-range changes in raptors exposed to increased human activity levels in southeastern Colorado*. *Wildl. Soc. Bull.* 18:134–142.
- ANDERSEN D. E., RONGSTAD O. J., MYTTON W. R. 1986 : *The behavioral response of red-tailed hawk to military training activity*. *Raptor Res.* 20 : 65–68.
- ANDERSEN D. E., RONGSTAD O. J., MYTTON W. R. 1989 : *Response of nesting red-tailed hawks to helicopter overflights*. *Condor* 91 : 296–299.
- ANONYMOUS 1970 : *An annotated bibliography on animal response to sonic booms and other loud noises*. National academy of sciences national research council.
- ANTHONY R. M., ANDERSON D. W., SEDINGER J. S., McDONALD L. L. 1995 : *Estimating populations of nesting brant using aerial videography*. *Wildl. Soc. Bull.* 23 : 80–87.
- ASHERIN S. A., GLADWIN D. N. 1988 : *Effects of aircraft noise and sonic booms on fish and wildlife : a research needs workshop*. U.S. Fish and Wildlife Service, National Ecol. Research Center.
- AUSTIN O. L. JR., ROBERTSON W. B. JR., WOOLFENDEN G. E. 1970 : *Mass hatching failure of Dry trotugas sooty terns (Sterna fuscata)*. Voous, K. H. Proc. of the 15th International Ornithological Congress, The Hague, 627.
- AWBREY F. T., HUNSAKER D. 1997 : *Effects of fixed-wing military aircraft noise in California gnatcatcher reproduction*. *J. Acoust. Soc. Am.*, 102 : 3177.
- BARKHAUSEN A., GEISER F. 1997 : *Wanderführer durch 132 Naturschutzgebiete der Schweiz*. Reinhardt, Basel.
- BARRY T. W., SPENCER R. 1976 : *Wildlife response to oil well drilling*. Canadian Wildlife Service Progress Notes 67 : 1–15.
- BAUER H. G., STARK H., FRENZEL P. 1992 : *Der Einfluss von Störungen auf überwinternde Wasservögel am westlichen Bodensee*. *Ornithol. Beob.* 89 : 93–110.
- BÉLANGER L., BÉDARD J. 1989 : *Responses of staging greater snow geese to human disturbance*. *J. Wildl. Manage.* 53 : 713–719.
- BÉLANGER L., BÉDARD J. 1990 : *Energetic cost of man-induced disturbance to staging snow geese*. *J. Wildl. Manage.* 54 : 36–41.
- BELL W. B. 1972 : *Animal responses to sonic booms*. *J. Acoust. Soc. Amer.* 51 : 758–765.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL 2000 : *Important Bird Areas in Europe. Priority sites for conservation*. Volume 1 : Northern Europe.
- BIVINGS A. E. 1991 : *Vorteile und Grenzen des Einsatzes funkgesteuerter Kleinflugzeuge zur Vergrämung von Vögeln*. *Vogel und Luftverkehr* 11 : 34–38.
- BLACK B. B., COLLOPY M. W., PERCIVAL H. F., TILLER A. A., BOHALL P. G. 1984 : *Effect of low-level military training flights on wading bird colonies in Florida*. *Florida Coop. Fish. Wildl. Res. Unit, Sch. For. Res. Conserv., University of Florida*, S. 190.
- BLOKPOEL H., HATCH D. R. M. 1976 : *Snow Geese, disturbed by aircraft, crash into power lines*. *Can. Field Nat.* 90 : 195.

- BLOKPOEL H. 1976 : *Bird hazards to aircraft : problems and prevention of bird/aircraft collisions*. Clarke, Irwin, Co., Toronto.
- BOLLMANN K., KELLER V., MÜLLER W., ZBINDEN N. 2002 : *Prioritäre Vogelarten für Artenförderungsprogramme in der Schweiz*. Ornithol. Beob. 99 : 301–320.
- BOSCHERT M., RUPP J. 1993 : *Brutbiologie des Grossen Brachvogels Numenius arquata in einem Brutgebiet am südlichen Oberrhein*. Vogelwelt 114 : 199–221.
- BOSCHERT M. 1993 : *Auswirkungen von Modellflug und Strassenverkehr auf die Raumnutzung beim Grossen Brachvogel (Numenius arquata)*. Z. Ökologie u. Naturschutz 2 : 11–18.
- BOURNE W. R. P. 1991 : *Gannets and aircraft at Troup Head*. BTO-News 19.
- BROGGI M. F. 1986. *Neue Formen des Fluglärms im Alpenraum : Heliturismus und Ultralights*. Jahrbuch Naturschutz und Landschaftspflege 38 : 93–98.
- BROMLEY R. G., HEARD D. C., CROFT B. 1995 : *Visibility bias in aerial surveys relating to nest success of Arctic geese*. J. Wildl. Manage. 59 : 364–371.
- BROUGH T., BRIDGMAN C. J. 1980 : *An evaluation of long grass as a bird deterrent on British airfields*. J. App. Ecol. 17 : 243–253.
- BROWN A. L., MATHERS R. 1988 : *Investigations of the response of nesting seabirds to the noise of aircraft overflight*. In : BERGLUND B., BERGLUND U., KARLSSON J., LINDVALL T. (eds) : *Noise as a public health problem*. 3 : 103–108.
- BROWN A. L. 1990 : *Measuring the effect of aircraft noise on sea birds*. Environ. Interpr. 16 : 587–592.
- BROWN B. T., MILLS G. S., POWELS C., RUSSELL W. A., THERRES G. D., POTTIE J. J. 1999 : *The influence of weapons-testing noise on bald eagle behavior*. J. Raptor Res. 33 : 227–232.
- BRUDERER B. 1976 : *Unter welchen Umständen greifen Steinadler Aquila chrysaetos Flugzeuge an ?* Ornithol. Beob. 73 : 29–30.
- BRUDERER B. 1978 : *Collisions with birds of prey in the Alps*. Bird Strike Committee Europe, 13th Meeting Working Paper 5. Bern.
- BRUNS H. A., FUELLHAAS U., KLEMP C., KORDES A., OTTERSBERG H. 1994 : *Zur Habitatwahl von Pfeifente (Anas penelope) und Nonnengans (Branta leucopsis) und Auswirkungen von Störreizen bei der Nahrungsaufnahme (Nordkehdingen/Landkreis Stade)*. Vogelkdl. Ber. Aus Nieders. 26 : 59–74.
- BUNNELL F. L., DUNBAR D., KOZA L., RYDER G. 1981 : *Effects of disturbance on the productivity and numbers of white pelicans in British Columbia observations and models*. Colon. Waterbirds 4 : 2–11.
- BURGER J. 1981a : *Behavioural responses of herring gulls (Larus argentatus) to aircraft noise*. Environ. Pollut. Ser. A. Ecol. Biol. 24 : 177–184.
- BURGER J. 1981b : *The effect of human activity on birds at a coastal bay*. Biol. Conserv. 21 : 231–241.
- BURGER J. 1983 : *Bird control at airports*. Environ. Conserv. 10 : 115–124.
- BURGER J. 1986 : *The effect of human activity on shorebirds in two coastal bays in northeastern United States*. Environ. Conserv. 13 : 123–130.
- BURGER J., GALLI J. 1987 : *Factors affecting distribution of gulls (Larus spp.) on two New Jersey coastal bays*. Environ. Conserv. 14 : 59–65.
- BUSNEL R. G. 1978 : *Introduction*. In : FLETCHER J. L., BUSNEL R. G. (eds.) : *Effects of noise on wildlife*. Academic Press, S. 7–22.
- CAMPREDON P. 1981 : *Hivernage du canard siffleur Anas penelope L. en Camargue (France)*. Stationnements et activités. Alauda 49 : 161–193.
- CARNEY K. M., SYDEMAN W. J. 1999 : *A review of human disturbance effects on nesting colonial waterbirds*. Waterbirds 22 : 68–79.

- CARRICK H. W. 1999 : *Induced migration using ultralite aircraft*. Trumpeter Swan Society Newsletter No. 16 : 115–121.
- CARRIER W. D., MELQUIST W. E. 1976 : *The use of a rotor-winged aircraft in conducting nesting surveys of Ospreys in Northern Idaho*. Raptor Res.10 : 77–83.
- CAYFORD J. 1993 : *Wader disturbance : a theoretical overview*. Wader Study Group Bulletin 68 : 3–5.
- CEVALLOS M. 2002 : *How do aircraft over-flights influence waterfowl behavior ?* Schweizerische Vogelwarte Sempach, Diplomarbeit.
- CONOMY J. T., COLLAZO J. A., DUBOVSKY J. A., FLEMING W. J. 1998a : *Dabbling duck behavior and aircraft activity in coastal North Carolina*. J. Wildl. Manage. 62 : 1127–1134.
- CONOMY J. T., DUBOVSKY J. A., COLLAZO J. A., FLEMING W. J. 1998b : *Do black ducks and wood ducks habituate to aircraft disturbance ?* J. Wildl. Manage. 62 : 1135–1142.
- CRAIG T. H., CRAIG E. H. 1984 : *Results of a helicopter survey of cliff nesting raptors in a deep canyon in Southern Idaho*. Raptor Res. 18 : 20–25.
- CULIK B., ADELUNG D., WOKES A. J. 1990 : *The effect of disturbance on the heart rate and behaviour of Adélie penguins (Pygoscelis adeliae) during the breeding season*. In : KERRY K. R., HEMPEL G. (eds) : *Antarctic ecosystems, ecological change and conservation*. Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 177–182.
- CWSS 1991 : *Air traffic in the Wadden Sea area. An analysis of the air traffic in the Wadden Sea area with respect to disturbance of man and wildlife*. Wilhelmshaven, Common Wadden Sea Secretariat. Working Dokument.
- CWSS 1997 : *Erklärung von Stade. Trilateraler Wattenmeerplan*. Ministererklärung der Achten Trilateralen Regierungskonferenz zum Schutz des Wattenmeeres. Stade, 1997. Hsg : Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, 1998
- DAHLGREN R. B., KORSCHGEN C. E. 1992 : *Human disturbances of waterfowl : An annotated bibliography*. USDI Fish Wildl. Serv.
- DAVIDSON N. C., ROTHWELL P. I. 1993 : *Human disturbance to waterfowl on estuaries : conservation and coastal management implications of current knowledge*. Wader Study Group Bulletin 68 : 97–105.
- DAVIS P. 1967 : *Ravens' response to sonic bangs*. Brit. Birds 60 : 370–371.
- DELANEY D. K., GRUBB T. G., BEIER P., PATER L. L., REISER M. H. 1999 : *Effects of helicopter noise on Mexican spotted owls*. J. Wildl. Manage. 63 : 60–76.
- DERKSEN D. V., ELDRIDGE W. D., WELLER M. W. 1982 : *Habitat ecology of pacific black brant and other geese moulting near Teshekpuk Lake, Alaska*. Wildfowl 33 : 39–57.
- DETEC 2001 : *Luftverkehr-Staatsvertrag : 11. Schweizerisch-deutsche Verhandlungsrunde Beratungen auf technischer Ebene abgeschlossen*. Communiqué de presse du 26 juillet 2001. Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication, Berne.
- DEUTSCHER AERO CLUB, BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (DaeC, BN) 2003 : *Luft-sport und Naturschutz Gemeinsam abheben*. Braunschweig.
- DIETRICH K., KOEPFF C., VON DER MÜHLEN G., STEIOF K. 1989 : *Untersuchungen über die Auswirkung von Modellflugbetrieb auf das Verhalten von Wiesenvögeln*. Expertise non publiée.
- DOLBEER R. A., WRIGHT S. E., CLEARY E. C. 2000 : *Ranking the hazard level of wild-life species on aviation*. Wildl. Soc. Bull. 28 : 372–378.
- DRENT R. H., DAAN S. 1980 : *The prudent parent : energetic adjustments in avian breeding*. Ardea 68 : 225–252.

- DUNNET G. M. 1977 : *Observations on the effects of low-flying aircraft on seabird colonies on the coast of Aberdeen*. Biol. Conserv. 12 : 55–63.
- ECOCONTROL SA 2001 : *Manifestazione aerea del 21 luglio 2001 a Lugano, misurazioni delle immissioni foniche*. Rapport npn publié.
- ELLIS D. H., ELLIS C. H., MINDELL D. P. 1991 : *Raptor responses to low-level jet aircraft and sonic booms*. Environ. Pollut. 74 : 53–83.
- ELLIS D. H., HJERTAAS D., JOHNS B. W., URBANEK R. P. 1998 : *Use of a helicopter to capture flighted cranes*. Wildl. Soc. Bull. 26 : 103–107.
- FLORE B.-O. 1997 : *Brutbestand, Bruterfolg und Gefährdung von Seeregenpfeifern (Charadrius alexandrinus) und Zwergseeschwalben (Sterna albifrons) im Wattenmeer in Niedersachsen*. Vogelkdl. Ber. Nieders. 29 : 85–102.
- FORSHAW W. D. 1983 : *Numbers, distribution and behaviour of Pink-footed Geese in Lancashire*. Wildfowl 34 : 64–76.
- FOX M. 1997 : *Green woodpecker visiting hot-air balloonists*. Brit. Birds 90 : 148.
- FRASER J. D., FRENZEL L. D., MATHISEN J. E. 1985 : *The impact of human activities on breeding bald eagles in north-central Minnesota*. J. Wildl. Manage. 49 : 585–592.
- FRENZEL P., SCHNEIDER M. 1987 : *Ökologische Untersuchungen an überwinterten Wasservögeln im Ermatinger Becken (Bodensee) : Die Auswirkungen von Jagd, Schifffahrt und Freizeitaktivitäten*. Ornithol. Jahreshefte für Baden-Württemberg 3 : 53–79.
- GABRIELSEN G. W. 1987 : *Reaksjoner på menneskelige forstyrrelser hos aerfugl, svalbardrype og krykke i egg/ungeperioden*. Var Fuglefauna 10 : 153–158.
- GALHOFF H. 1987 : *Untersuchungen zum Energiebedarf und zur Nahrungsnutzung auf einem Stausee überwinternder Tafelenten (Aythya ferina L.)*. Ökol. Vogel 9 : 71–84.
- GALHOFF H., SELL M., ABS M. 1984 : *Aktivitätsrhythmus, Verteilungsmuster und Ausweichflüge von Tafelenten Aythya ferina L. in einem nordwestdeutschen Überwinterungsquartier (Ruhrstausee Kemnade)*. Anz. Ornithol. Ges. Bayern 23 : 133–147.
- GEORGII B., HOFER D. 1997 : *Ballonsport, Tiere und Vegetation. Materialien 123*. Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, München.
- GEORGII B., ZEITLER A., HOFER D. 1994 : *Hängegleiten, Gleitsegeln und Wildtiere. Eine Umfrage unter Piloten, Berufsjägern und Bergsteigern*. Verhandl. Ges. Ökol. 23 : 263–267.
- GÉROUDET P. 1967 : *L'évolution du stationnement des Anatidés dans une réserve de chasse sur le Rhône en aval de Genève*. Nos Oiseaux 29 : 141–152.
- GERDES K., REEPMAYER H. 1983 : *Zur räumlichen Verteilung überwinternder Saat- und Blessgänse (Anser fabalis und A. albifrons) in Abhängigkeit von naturschutzschädlichen und fördernder Einflüssen*. Vogelwelt 104 : 54–70.
- GILL J. A., SUTHERLAND W. J., WATKINSON A. R. 1996 : *A method to quantify the effects of human disturbance on animal populations*. J. Appl. Ecol. 33 : 786–792.
- GILMER D. S., BRASS J. A., STRONG J. J., CARD D. H. 1988 : *Goose counts from aerial photographs using an optical digitizer*. Wildl. Soc. Bull. 16 : 204–206.
- GLADWIN D. N., ASHERIN D. A., MANCI K. M. 1988a : *Effects of aircraft noise and sonic booms on fish and wildlife : Results of a survey of U.S. Fish and Wildlife Service Endangered Species and Ecological Services Field Offices, Refuges, Hatcheries, and Research Centers*. U.S. Fish and Wildl. Serv., National Ecol. Research Center.

- GLADWIN D. N., MANCI K. M., VILLELLA R. 1988b : *Effects of aircraft noise and sonic booms on domestic animals and wildlife : Bibliographic abstracts*. U.S. Fish and Wildl. Serv., National Ecol. Research Center.
- GLASER R. L., HORSEPOOL K., SIMHAI N., YOSEF R. 1998 : *The effects of disturbance on migrant waders at Eilat, Israel*. *Sandgrouse* 20 : 30–35.
- GRANACHER A. 1985 : *Untersuchungen zum Einfluss von Fluglärm auf Produktivität, Verhalten und Mortalität in der Mastputenhaltung*. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover.
- GRIESSER M., HEGELBACH J. 1999 : *Territorialität und Brutbiologie der Feldlerche *Alauda arvensis* in extensiv bewirtschafteten Wiesen des Flughafens Zürich-Kloten*. *Ornithol. Beob.* 96 : 73–82.
- GRUBB M. M. 1978 : *Effects of increased noise levels on nesting herons and egrets*. In : SOUTHERN W. E. (ed) : *Proc. Colon. Waterbird Group Conference*, New York : 49–54.
- GRUBB T. G., BOWERMAN W. W. 1997 : *Variations in breeding Bald Eagle responses to jets, light planes and helicopters*. *J. Raptor Res.* 31 : 213–222.
- GRUBB T. G., KING R. M. 1991 : *Assessing human disturbance of breeding bald eagles with classification tree models*. *J. Wildl. Manage.* 55 : 500–511.
- GRUBB T. G., BOWERMAN W. W., GIESY, J. P., DAWSON, G. A. 1992 : *Responses of breeding bald eagles, *Haliaeetus leucocephalus*, to human activities in northcentral Michigan*. *Can. Field Nat.* 106 : 443–453.
- HALLER H. 1996 : *Der Steinadler in Graubünden. Langfristige Untersuchungen zur Populationsökologie von *Aquila chrysaetos* im Zentrum der Alpen*. *Ornithol. Beob.*, Beiheft 9.
- HAMM D. 1968 : *Sensory stress effects on layers*. *Poult. Sci.* 46 : 1267.
- HARMS C. A., FLEMING W. J., STOSKOPF M. K. 1997 : *A technique for dorsal subcutaneous implantation of heart rate biotelemetry transmitters in black ducks : application in an aircraft noise response study*. *Condor* 99 : 231–237.
- HEATH M. F., EVANS M. I., HOCOCOM D. G., PAYNE A. J. & PEET N. B. 2000 : *Important Bird Areas in Europe. Priority sites for conservation. Volume 1 : Northern Europe*. BirdLife International, Cambridge.
- HEER L., KELLER V., SCHMID H., MÜLLER W. 2000 : *Important Bird Areas der Schweiz*. *Ornithol. Beob.* 97 : 281–302.
- HEGELBACH J. 1999 : *Brutbestand der Nachtigall *Luscinia megarhynchos* und anderer ausgewählter Singvogelarten in einer Probefläche am Rande des Flughafens Zürich-Kloten*. *Ornithol. Beob.* 96 : 41–48.
- HEINEMANN J. M. 1969 : *Effects of sonic booms on the hatchability of chicken eggs and other studies of aircraft generated noise effects on animals*. Tech. Rep. Rehl (K) Proj. No. 65 2.
- HEINEN F. 1986 : *Untersuchungen über den Einfluss des Flugverkehrs auf brütende und rastende Küstenvögel an ausgewählten Stellen des niedersächsischen Wattenmeeres*. Diplomarbeit, Universität Essen.
- HEINTZELMAN D. S. 1989 : *Stopping proposed low-altitude military aircraft flights : a Pennsylvania case study*. *Wildlife Cons. Report* 8 : 1–13.
- HENSON P., GRANT T. A. 1991 : *The effects of human disturbance on trumpeter swan breeding behavior*. *Wildl. Soc. Bull.* 19 : 248–257.
- HILGERLOH G. 1990 : *Ungewöhnliches Verhalten von Zugvögeln in Gibraltar : Störung durch Flugzeuge*. *J. Ornithol.* 131 : 311–316.

- HOCKIN D., OUNSTED M., GORMAN M., HILL D., KELLER V., BARKER M. A. 1992 : *Examination of the effects of disturbance on birds with reference to its importance in ecological assessments*. J. Environ. Manage. 36 : 253–286.
- HOLM C. 1997 : *Disturbance of Dark-bellied Brent Geese by helicopters in a spring staging area*. Dansk Ornitologisk Forenings Tidsskrift 91 : 69–73.
- HÜPPOP O. 1993 : *Auswirkung von Störungen auf Küstenvögel*. Wilhelmshavener Tage 4 : 95–104.
- HÜPPOP O. 1995 : *Störungsbewertung anhand physiologischer Parameter*. Ornithol. Beob. 92 : 257–268.
- HÜPPOP O., HAGEN K. 1990 : *Der Einfluss von Störungen auf Wildtiere am Beispiel der Herzschrage brütender Austernfischer (Haematopus ostralegus)*. Vogelwarte 35 : 301–310.
- IL'ICHEV V. D. 1995 : *Bird songs in the industrial noise-polluted environment*. Doklady Biol. Sci. 345 : 604–605.
- INGOLD-TARDENT P., SCHNIDRIG-PETRIG R., MARBACHER H., PFISTER U., ZELLER R. 1996 : *Tourisme/sports de loisirs et faune sauvage dans la région alpine suisse*. Cahier de l'environnement n° 262. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Berne.
- IUCN 2001 : *IUCN Red List Categories : Version 3.1*. Prepared by the IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland, and Cambridge, UK. 23 S.
- JENNY D. 1992 : *Bruterfolg und Bestandsregulation einer alpinen Population des Steinadlers Aquila chrysaetos*. Ornithol. Beob. 89 : 1–43.
- JONES R. D., JONES D. M. 1966 : *The process of family desintegration in black brant*. Wildfowl 17 : 75–78.
- KAHLERT J. 1994 : *Effects of human disturbance on broods of Red-breasted Mergansers Mergus serrator*. Wildfowl 45 : 222–231.
- KEIL W. 1986 : *Ultraleichtflugzeuge und Hängegleiter Anfänge einer bedenklichen Entwicklung*. Jahrbuch Naturschutz und Landschaftspflege 38 : 88–92.
- KEIL W. 1988 : *Modellflugsport aus der Sicht des Vogelschutzes*. LÖLF-Mitteilungen 13 : 31–32.
- KELLER V. 1995 : *Auswirkungen menschlicher Störungen auf Vögel eine Literaturübersicht*. Ornithol. Beob. 92 : 3–38.
- KELLER V. 1996 : *Effects and management of disturbance of waterbirds by human recreational activities : a review*. Gibier Faune Sauvage 13 numéro spécial tome 2 : 1039–1047.
- KELLER V. 1996 : *Rapport Ramsar Suisse*. Cahier de l'environnement n° 268, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Berne.
- KELLER V., ANTONIAZZA M. 2001 : *L'importance des réserves d'oiseaux d'eau sur le lac de Neuchâtel pour la Nette rousse Netta rufina et d'autres espèces hivernantes*. Nos oiseaux suppl. 5 : 81–90.
- KELLER V., BOLLMANN K. 2001 : *Für welche Vogelarten trägt die Schweiz eine besondere Verantwortung ?* Ornithol. Beob. 98 : 323–340.
- KELLER V., ZBINDEN N., SCHMID H., VOLET B. 2001 : *Liste rouge des oiseaux nicheurs menacés de Suisse*.: L'environnement pratique. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) et Station ornithologique suisse, Berne et Sempach, 57 p.
- KEMPF N., HÜPPOP O. 1995 : *Behaviour of meadow birds towards aircraft close to an airport*. Wader Study Group Bull. 76 : 21.

- KEMPF N., HÜPPOP O. 1996 : *Auswirkungen von Fluglärm auf Wildtiere : ein kommentierter Überblick*. J. Ornithol. 137 : 101–113.
- KEMPF N., HÜPPOP O. 1998 : *Wie wirken Flugzeuge auf Vögel ? Eine bewertende Übersicht*. Naturschutz und Landschaftsplanung 30 : 17–28.
- KIRCHHOFF K., PROKOSCH P., THIESSEN H. 1983 : *Wasservogelerfassung mit dem Flugzeug an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste*. Corax 9 : 154–177.
- KIRST C. 1989 : *Flugsportanlagen in der Bundesrepublik Deutschland und ihr Konflikt mit dem Naturschutz*. Natur und Landschaft 64 : 343–349.
- KNOKE V. 1998 : *Flugverkehr über dem Nationalpark «Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer»*. Umweltbundesamt Berlin, Texte 77/97 : 181–203.
- KOMENDA-ZEHNDER S., BRUDERER B. 2002 : *Einfluss des Flugverkehrs auf die Avifauna Literaturstudie*. Cahier de l'environnement n° 334. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage,(OFEFP) Berne. (avec résumé en français).
- KOMENDA-ZEHNDER S., CEVALLOS M., BRUDERER B. 2003 : *Effects of disturbance by aircraft overflight on waterbirds an experimental approach*. International Bird Strike Committee, Warsaw.
- KOOLHAAS A., DEKINGA A., PIERSMA T. 1993 : *Disturbance of foraging Knots by aircraft in the Dutch Wadden Sea in August-October 1992*. Wader Study Group Bull. 68 : 20–22.
- KORSCHGEN C. E., DAHLGREN R. B. 1992 : *Human disturbances of waterfowl : Causes, effects, and management*. In : CROSS D. H. (ed.) : *Waterfowl management handbook*. USDI Fish Wildl. Serv. Fish Wildl., p. 1–8.
- KOSIN I. L. 1958 : *Effect of simulated airplane sounds on the reproductive functions of the male domestic chicken*. J. Appl. Physiol. 12 : 217–220.
- KUSHLAN J. A. 1979 : *Effects of helicopter censuses on wading bird colonies*. J. Wildl. Manage. 43 : 756–760.
- KÜSTERS E., VAN RADEN H. 1986 : *Zum Einfluss von Tiefflug, Schiessbetrieb und anderen anthropogenen Störungen auf Vögel im Wattenmeer bei List/Sylt. Teil 1: Untersuchungen an Ringelgänsen*. Vogel und Luftverkehr 6: 75–89.
- KÜSTERS E., VAN RADEN H. 1987 : *Zum Einfluss von Tiefflug, Schiessbetrieb und anderen anthropogenen Störungen auf Vögel im Wattenmeer bei List/Sylt. Teil 2: Anatiden und Limikolen*. Vogel und Luftverkehr 7: 15–24.
- LEITO A., RENNO O. 1983 : *Über die Zugökologie der an der Barentsee heimischen Population der Weisswangengans (Branta leucopsis) in Estland*. Vogelwarte 32 : 89–102.
- LENSINK R., VAN LIESHOUT S. M. J., DIRKSEN S. 2001 : *Effecten van het vliegverkeer van en naar Schiphol op vogels en andere fauna in relatie tot de Vogelrichtlijn, de Habitatrichtlijn en de Natuurbeschermingswet*. Bureau Waardenburg bv.
- LISTER H. 1990 : *Experimental method for assessing the effect of aircraft noise on breeding seabirds*. Abstract Acta XX Int. Congr. Ornithol. (Suppl.) Christchurch, N. Z. 402.
- LORCH J. 1995 : *Trendsportarten in den Alpen. Konflikte, rechtliche Reglementierung, Lösungen*. Internationale Alpenschutzkommission CIPRA.
- LUGERT J. 1988 : *Militär und Tourismus als Störfaktor für Enten und Gänse (Anatidae) in dem Naturschutzgebiet «Geltlinger Birk»*. Seevögel 9 : 44–47.
- LYNCH T. E., SPEAKE D. W. 1978 : *Eastern wild turkey behavioral responses induced by sonic booms*. In : FLETCHER J. L., BUSNEL R. G. (eds) : *Effects of noise on wild-life*. Academic Press, London, New York. S. 47–61.

- MACZEY N., BOYE P. 1995 : *Lärmwirkungen auf Tiere ein Naturschutzproblem ?*
Auswertung einer Fachtagung des Bundesamtes für Naturschutz. Natur und Landschaft 70 : 545–549.
- MACZEY N., BOYE P. 1997 : *Bibliographie Nr. 75 : Lärmwirkung auf Tiere*. Dokumentation Natur und Landschaft 27 Sonderheft : 1–57.
- MADSEN J. 1985 : *Impact of disturbance on field utilization of pink-footed geese in west Jutland, Denmark*. Biol. Conserv. 33 : 53–63.
- MADSEN J. 1995 : *Impacts of disturbance on migratory waterfowl*. Ibis 137 suppl. : 67–74.
- MADSEN J. 1998 : *Experimental refuges for migratory waterfowl in Danish wetlands. II. Tests of hunting disturbance effects*. J. Appl. Ecol. 35 : 398–417.
- MANCI K. M., GLADWIN D. N., VILLELLA R., CAVENDISH M. G. 1988 : *Effects of aircraft noise and sonic booms on domestic animals and wildlife : A literature synthesis*. U.S. Fish and Wildl. Serv., National Ecol. Research Center.
- MANNING A. 1979 : *Verhaltensforschung eine Einführung*. Springer, Berlin.
- MARLER P., KONISHI M., LUTJEN A., WASER M. S. 1973 : *Effects of continuous noise on avian hearing and vocal development*. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 70 : 1393–1396.
- MARTI C., SCHIFFERLI L. 1987 : *Inventar der Schweizer Wasservogelgebiete von internationaler Bedeutung Erste Revision 1986*. Ornithol. Beob. 84 : 11–47.
- MAUMARY L., GLARDON P. (Hrsg.) 1995 : *Les oiseaux des prairies et des tourbières. Les oiseaux d'eau*. Actes du 33e Colloque interrégional d'ornithologie, Lausanne. Nos Oiseaux, Société romande pour l'étude et la protection des oiseaux.
- MAUMARY L., JUNKER C. 1998 : *Projet d'héliport de la Riviera. Note de travail*. Ecoscan SA, Lausanne. Expertise non publiée.
- MAUMARY L. 1998 : *La protection du Rôle des genêts en Suisse. Rapport du projet pilote 1997*. Association suisse pour la protection des oiseaux (ASPO) BirdLife Suisse, Zürich. Expertise non publiée.
- MCNEIL D. A. C. 1992 : *House martins associating with hot-air balloon*. Brit. Birds 85 : 244.
- MILLER M. W. 1994 : *Route selection to minimize helicopter disturbance of molting Pacific Black Brant : a simulation*. Arctic 47 : 341–349.
- MILLER M. W., JENSEN K. C., GRANT W. E., WELLER M. W. 1994 : *A simulation model of helicopter disturbance of molting Pacific black brant*. Ecol. Model. 73 : 293–309.
- MILSON T. P. 1990 : *Lapwings Vanellus vanellus on aerodromes and the birdstrike hazard*. Ibis 132 : 218–231.
- MOSBECH A., BOERTMAN D. 1999 : *Distribution, abundance and reaction to aerial surveys of post-breeding king eiders (Somateria spectabilis) in western Greenland*. Arctic 52 : 188–203.
- MOSBECH A., GLAHDER C. 1991 : *Assessment of the impact of helicopter disturbance on moulting pink-footed geese Anser brachyrhynchus and barnacle geese Branta leucopsis in Jameson Land, Greenland*. Ardea 79 : 233–238.
- MOSLER-BERGER C. 1992a : *Gleitschirme, Deltasegler, Wildtiere. Eine Umfrage bei Wildhütern und Jagdaufsehern in 17 Schweizer Kantonen*. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage,(OFEFP).
- MOSLER-BERGER C. 1992b : *Wie stark sind unsere Wildtiere gestört ? Umfrage bei Wildhütern und Jagdaufsehern in der Schweiz*. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage,(OFEFP).

- MOSLER-BERGER C. 1994 : *Störungen von Wildtieren : Umfrageergebnisse und Literaturauswertung*. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP).
- MÜLLER F. 1996 : «*Störung*» von Bodenbrütern durch Flugobjekte. Beispiel Rebhuhn. *Acta Ornithoecol.* 3 : 311–313.
- NETTLESHIP D. N. 1975 : *A recent decline of Gannets, Morus bassanus, on Bonaventura Island, Quebec*. *Can. Field Nat.* 89 : 125–133.
- NEWTON I., THOM V. M., BROTHERSTON W. 1973 : *Behaviour and distribution of wild geese in south-east Scotland*. *Wildfowl* 24 : 111–121.
- NIEMANN J., SOSSINKA R. 1991 : *Zum Einfluss von militärischen Übungen auf die Vogelwelt im international bedeutsamen Feuchtgebiet «Weserstaustufe Schlüsselburg»*. Gutachten Universität Bielefeld. 121 S.
- NIEMANN J., SOSSINKA R. 1992 : *Zum Einfluss von militärischen Hubschrauberflügen auf die Vogelwelt im Feuchtgebiet internationaler Bedeutung «Weser-Staustufe Schlüsselburg»*. *Vogel und Luftverkehr* 12 : 100–113.
- NORMAN R. K., SAUNDERS D. R. 1969 : *Status of little tern in Great Britain and Ireland in 1967*. *Brit. Birds* 62 : 4–13.
- NORRIS D. W., WILSON H. J. 1988 : *Disturbance and flock size changes in Whitefronted Geese wintering in Ireland*. *Wildfowl* 39 : 63–70.
- OCDE 1999 : *Examen des performances environnementales – Suisse*. OCDE, Paris. 243 p.
- OFEFP 1991 : *Inventaire fédéral des réserves d'oiseaux d'eau et de migrateurs d'importance internationale et nationale*. OCFIM, Berne (depuis le 1^{er} janvier 2002 OFCL, diffusion des publications).
- OFEFP/OFAT 1998 : *Conception « Paysage suisse », partie 1 Conception; partie 2 Rapport*. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage / Office fédéral de l'aménagement du territoire (Ed.), dans la série: « Conceptions et plans sectoriels » Art. 13 LAT), OFAT, Berne.
- OFEFP 2002 : *Environnement Suisse 2002 – Politique et Perspectives*. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Berne, 354 p.
- OPITZ H. 1975 : *Brutvorkommen, Gefährdung und Schutz des Grossen Brachvogels*. Beiheft Veröffentlichungen Natur- und Landschaftspflege Baden-Württemberg 7 : 65–67.
- OPITZ H. 1990 : *Sport und Naturschutz ... immer mit Rücksicht*. *Naturschutz heute* 22(3) : 42–45.
- OTTO F. 1989 : *Eingriff in Natur und Landschaft durch Motormodellflugzeuge (aus der Rechtsprechung)*. *Natur und Landschaft* 3.
- OWEN M. 1973 : *The management of grassland areas for wintering geese*. *Wildfowl* 24 : 123–130.
- OWENS N. W. 1977 : *Responses of wintering brent geese to human disturbance*. *Wildfowl* 28 : 5–14.
- PERRET C. 1993 : *Avifaune/Agriculture. Recensement de bio-indicateurs nicheurs dans la Vallée des Ponts-de-Martel, Canton de Neuchâtel*. Résultats 1993 et Rapport triennal 1991–1992–1993. Ecoconseil, Bureau d'études en biologie de l'environnement, La Chaux-de-Fonds. 50 p.
- PHILIPPONA J. 1972 : *Die Blessgans*. Neue Brehm-Bücherei 457, Wittenberg Lutherstadt.
- PLACHTER H. 1991 : *Naturschutz*. Fischer, Stuttgart.

- PUTZER D. 1989 : *Wirkung und Wichtung menschlicher Anwesenheit und Störung am Beispiel bestandsbedrohter, an Feuchtgebiete gebundener Vogelarten*. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 29 : 169–194.
- QUAISSER C., HÜPPOP O. 1995 : *Was stört den Kulturfolger Grosstrappe Otis tarda in der Kulturlandschaft ?* Ornithol. Beob. 92 : 269–274.
- RANFTL H. 1990 : *Auswirkungen des Luftsports auf die Vogelwelt und die sich daraus ergebenden Forderungen*. Vogel und Luftverkehr 10 : 24–33.
- REICHHOLF J. H. 1989 : *Vögel und Umwelt in Flugplatzbereichen : ökologische Grundaspekte, Probleme und Lösungsmöglichkeiten*. Vogel und Luftverkehr 9 : 155–169.
- RICHARDSON C. T., MILLER C. K. 1997 : *Recommendations for protecting raptors from human disturbance : a review*. Wildl. Soc. Bull. 25 : 634–638.
- RIDDINGTON R., HASSALL M., LANE S. J., TURNER P. A., WALTERS R. 1996 : *The impact of disturbance on the behaviour and energy budget of Brent Geese Branta b. bernicla*. Bird Study 43 : 269–279.
- RIEDERER M. 1976 : *Die Auswirkungen eines Modellflugzeugplatzes im Isarmoos bei Unterwattenbach (Landkreis Landshut) auf die Brutvogelwelt dieses Gebietes*. Naturwissenschaftl. Z. Niederbayern 26 : 13–19.
- ROBERTS E. L. 1966 : *Movements and flock behaviour of Barnacle Geese on the Solway Firth*. Wildfowl 17 : 36–45.
- ROSSBACH R. 1982 : *Vogelschutz und Modellflugsport*. Vogel und Umwelt 23 : 6.
- RÜEGG P., SACCHI M., LAESSER J. 1998 : *Vögel beobachten in der Schweiz*. Ott, Thun.
- SAFINA C., BURGER J. 1983 : *Effects of human disturbance on reproductive success in the Black Skimmer*. Condor 85 : 164–171.
- SCHEMEL H.-J. 1992 : *Handbuch Sport und Umwelt. Ziele, Analysen, Bewertungen, Lösungsansätze, Rechtsfragen*. Meyer, Meyer, Aachen.
- SCHEUER F. 1981 : *Verbot der Errichtung eines Start- und Landeplatzes für Segel-, Motor-, und Fesselflugmodelle in einem Landschaftsschutzgebiet*. Natur und Landschaft 56 : 221–222.
- SCHIFFERLI L. 1984 : *Entenjagd in der Schweiz*. Vögel der Heimat 54 : 111–115.
- SCHIFFERLI L. 1989 : *Wasservögel*. Sonderheft der Schweizerischen Vogelwarte Sempach.
- SCHIFFERLI L., KESTENHOLZ M. 1995 : *Inventar der Schweizer Wasservogelgebiete von nationaler Bedeutung als Brut-, Rast- und Überwinterungsgebiete Revision 1995*. Ornithol. Beob. 92 : 413–433.
- SCHILPEROORD L. J., SCHILPEROORD-HUISMAN M. 1984 : *Verstoring van Kleine Rietganzen Anser brachyrhynchus in Zuidwest-Friesland*. Het Vogeljaar 32 : 225–235.
- SCHLEIDT W. M. 1961 : *Reaktionen von Truthühnern auf fliegende Raubvögel und Versuche zur Analyse von AAM's*. Z. Tierpsychol. 18 : 534–560.
- SCHMID H., LEUENBERGER M., SCHIFFERLI L., BIRRER S. 1992 : *Aires de repos des limicoles en Suisse*. Station ornithologique suisse, Sempach
- SCHMID H., LUDER R., NAEF-DAENZER B., GRAF R., ZBINDEN N. 1998 : *Atlas des oiseaux nicheurs de Suisse. Distribution des oiseaux nicheurs en Suisse et au Liechtenstein 1993–1996*. Station ornithologique suisse de Sempach.
- SCHNIDRIG-PETRIG R. 1995 : *Der moderne Ikarus eine Gefahr für Wildtiere ?* Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, (OFEFP) - Bulletin 41–43.
- SERIOT J., BLANCHON J.-J. 1996 : *Étude relative à l'impact sur l'avifaune du survol des réserves naturelles de montagne par des aéronefs*. Rapport de fin de contrat rédigé

- à la demande du Ministère de l'Environnement - Direction de la Nature et des Paysages. Expertise non publiée.
- SINDERN C., WEBER E. 1996 : *Wasservogelzählungen im Kiesabgrabungsbereich im Nahraum des Flughafens München «Franz-Josef-Strauss»*. Vogel und Luftverkehr 16 : 57–64.
- SMIT C. J., VISSER J. M. 1993 : *Effects of disturbance on shorebirds : a summary of existing knowledge from the Dutch Wadden Sea and Delta area*. Wader Study Group Bull. 68 : 6–19.
- SOSSINKA R., NIEMANN J. 1994 : *Störungen von Entenvögeln durch Hubschrauber nach Untersuchungen an der Weserstaustufe Schlüsselburg*. Artenschutzreport 4 : 19–21.
- SOSSINKA R. 1978 : *Flugfeinderkennung bei Hühner- und Entenvögeln*. In : STOKES W.A., IMMELMANN K. (Hrsg.) : *Praktikum der Verhaltensforschung*. Fischer, Stuttgart. S. 124–126.
- STALMASTER M. V., KAISER J. L. 1997 : *Flushing responses of wintering bald eagles to military activity*. J. Wildl. Manage. 61 : 1307–1313.
- STEPHAN W. 1997 : *Einflüsse von Heissluftballon-Überfahrten auf Tiere im Freien*. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 104 : 79–84.
- STOCK M. 1990 : *Studies on the effects of disturbances on staging brent geese : a progress report*. IWRB Goose Res. Group Bull. 11–18.
- STOCK M. 1992a : *Die Auswirkung anthropogener Störungen auf die Vogelwelt : eine Fallstudie aus dem Vorland von Westerhever*. In : Geschäftsstelle, Ökosystemforschung Wattenmeer (ed.) : 2. *Wissenschaftliches Symposium der Ökosystemforschung Wattenmeer*. Büsum, 4.–5. März 1991. S. 45–56.
- STOCK M. 1992b : *Effects of man-induced disturbance on staging brent geese*. Netherlands Institute for Sea Research Publication Series 20 : 289–293.
- STOCK M. 1993 : *Studies on the effects of disturbances on staging brent geese : A progress report*. Wader Study Group Bull. 68 : 29–34.
- STOCK M., HOFEDITZ F. 1994 : *Beeinflussen Flugbetrieb und Freizeitaktivitäten das Aktivitätsmuster von Ringelgänsen (Branta bernicla) im Wattenmeer ?* Artenschutzreport 94 : 13–19.
- STOCK M., HOFEDITZ F. 1997 : *Grenzen der Kompensation : Energiebudgets von Ringelgänsen unter der Wirkung von Störreizen*. J. Ornithol. 138 : 387–411.
- STOCK M., BERGMANN H.-H., HELB H.-W., KELLER V., SCHNIDRIG-PETRIG R., ZEHNTER H.-C. 1994 : *Der Begriff Störung in naturschutzorientierter Forschung : ein Diskussionsbeitrag aus ornithologischer Sicht*. Z. Ökologie u. Naturschutz 3 : 49–57.
- STOCK M., HOFEDITZ F., MOCK K., POHL B. 1995 : *Einflüsse von Flugbetrieb und Freizeitaktivitäten auf Verhalten und Raumnutzung von Ringelgänsen im Wattenmeer*. Corax 16 : 63–83.
- STOCK M., SCHREY E., KELLERMANN A., GÄTJE C., ESKILDSEN K., FEIGE M., FISCHER G., HARTMANN F., KNOKE V. MÖLLER A., RUTH M., THIESSEN A., VORBERG G. 1996 : *Ökosystemforschung Wattenmeer Synthesebericht : Grundlagen für einen Nationalparkplan*. Schriftenreihe des Nationalparks Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer, Heft 8.
- STOKES T. 1996 : *Helicopter effects upon nesting white-bellied sea-eagles and upon smaller birds at an isolated protected location (Eshelby Island, Great Barrier Reef, Australia)*. Corella 20 : 25–28.

- SÜDBECK P., SPITZNAGEL A. 2001 : *Freizeitnutzung, Sport und Tourismus*. In : RICHARZ K., BEZZEL E., HORMANN M. (eds.) : *Taschenbuch für Naturschutz*. Aula, Wiebelsheim 340–374.
- TRIMPER P. G., STANDEN N. M., LYE L. M., LEMON D., CHUBBS T. E., HUMPHRIES F. W. 1998 : *Effects of low-level jet aircraft noise on the behaviour of nesting osprey*. *J. App. Ecol.* 35 : 122–130.
- VAN DEN BERGH L. 1983 : *Ganzen en vliegtuigen*. *Het Vogeljaar* 31 : 152–155.
- VAN RADEN H., KÜSTERS E. 1990 : *Untersuchung zu speziellen Auswirkungen des Erprobungsbetriebes der Wehrtechnischen Dienststelle 71 auf Vögel und Seehunde in der Meldorfer Bucht*. Expertise non publiée.
- VAN RIJN U., LENSINK R., DIRKSEN S., GOOSSEN M., VAN ELTEREN A. 2000 : *Onderzoek : Verstoring fauna en recreatie door de kleine burgerluchtvaart bouwstenen voor toekomstig beleid*. Bureau Waardenburg bv, Alterra, Obden Kamp Adviesgroep. Expertise non publiée.
- WARD D. H., STEHN R. A., DERKSEN D. V. 1994 : *Response of staging brant to disturbance at the Izembek Lagoon, Alaska*. *Wildl. Soc. Bull.* 22 : 220–228.
- WARD D. H., STEHN R. A., ERICKSON W. P., DERKSEN D. V. 1999 : *Response of fall-staging Brant and Canada geese to aircraft overflights in southwestern Alaska*. *J. Wildl. Manage.* 63 : 373–381.
- WATSON J. W. 1993 : *Responses of nesting bald eagles to helicopter surveys*. *Wildl. Soc. Bull.* 21 : 171–178.
- WEBER D., SCHNIDRIG-PETRIG R. 1997 : *Guide pratique. Vol libre – Faune sauvage – Forêt*. L'Environnement pratique. Berne, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP).
- WERNER H., SCHUSTER S. 1985 : *Flugsportveranstaltungen direkt neben wertvollem Naturschutzgebiet*. *Ber. Dtsch. Sect. Int. Rat Vogelschutz* 25 : 151–154.
- WHITE C. M., SHERROD S. K. 1973 : *Advantages and disadvantages of the use of rotor-winged aircraft in raptor surveys*. *Raptor Res.* 7 : 97–104.
- WILSON R. P., CULIK B., DANFELD R., ADELUNG D. 1991 : *People in Antarctica how much do Adélie Penguins *Pygoscelis adeliae* care ?* *Polar Biol.* 11 : 363–370.
- WOLTERS H. E. 1975–1982. *Die Vogelarten der Erde : Eine systematische Liste mit Verbreitungsangaben sowie deutschen und englischen Namen*. Paul Parey, Hamburg, Berlin.
- WOOLEY J. B., OWEN R. B. 1978 : *Energy costs of activity and daily energy expenditure in the black duck*. *J. Wildl. Manage.* 42 : 739–745.
- WRIGHT E. N. 1968 : *Modification of the habitat as a means of bird control*. In : MURTON R. K., WRIGHT E. N. (eds.) : *The Problems of Birds as Pests*. Academic Press, London, New York. 97–105.
- YDENBERG R. C., DILL L. M. 1986 : *The economics of fleeing from predators*. *Adv. Study Behav.* 16 : 229–249.
- ZEITLER A. 1995 : *Ikarus und die Wildtiere. Grundlagenstudie zum Thema Hängegleiten, Gleitsegeln und Wildtiere*. Wildbiologische Gesellschaft München 41 S.
- ZIESE I., WULFERT G. 1989 : *Junge Disziplinen des Luftsports und ihre Auswirkungen auf die Natur*. LÖLF-Mitteilungen 14 : 60–63.
- ZONFRILLO B. 1992 : *The menace of low-flying aircraft to seabirds on Ailsa Craig*. *Scot. Bird News* 28 : 4.