



**Belgeo**

Revue belge de géographie

3 | 2006

Geoarcheology, historical geography and paleoecology

---

## Impact des changements climatiques et de la fréquentation humaine sur la biodiversité des îles subantarctiques françaises

*Impact of climate changes and human activities on biodiversity in the French subantarctic islands*

Yves Frenot, Marc Lebouvier, Jean-Claude Gloaguen, Françoise Hennion, Philippe Vernon et Jean-Louis Chapuis

---



### Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/belgeo/12097>

DOI : 10.4000/belgeo.12097

ISSN : 2294-9135

### Éditeur :

National Committee of Geography of Belgium, Société Royale Belge de Géographie

### Édition imprimée

Date de publication : 30 septembre 2006

Pagination : 363-372

ISSN : 1377-2368

### Référence électronique

Yves Frenot, Marc Lebouvier, Jean-Claude Gloaguen, Françoise Hennion, Philippe Vernon et Jean-Louis Chapuis, « Impact des changements climatiques et de la fréquentation humaine sur la biodiversité des îles subantarctiques françaises », *Belgeo* [En ligne], 3 | 2006, mis en ligne le 30 octobre 2013, consulté le 20 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/belgeo/12097> ; DOI : 10.4000/belgeo.12097

---

Ce document a été généré automatiquement le 20 avril 2019.



*Belgeo* est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution 4.0 International.

---

# Impact des changements climatiques et de la fréquentation humaine sur la biodiversité des îles subantarctiques françaises

*Impact of climate changes and human activities on biodiversity in the French subantarctic islands*

Yves Frenot, Marc Lebouvier, Jean-Claude Gloaguen, Françoise Hennion, Philippe Vernon et Jean-Louis Chapuis

---

*Ces études sont réalisées dans le cadre de programmes soutenus par l'Institut Polaire Français Paul-Emile Victor, le CNRS (UMR 6553 et Zone Atelier de Recherches sur l'Environnement Antarctique et Subantarctique). Elles sont également intégrées au programme RiSCC (Regional sensitivity to climate change in antarctic terrestrial ecosystems) mis en place par le SCAR (Scientific Committee on Antarctic Research).*

## Une situation d'étude privilégiée

- 1 Parmi les facteurs influençant aujourd'hui la biodiversité des régions antarctiques, l'introduction d'espèces et les changements climatiques constituent deux menaces importantes pour les espèces locales et pour le fonctionnement des écosystèmes dans leur ensemble (Frenot *et al.*, 2005). L'évolution actuelle de la biodiversité dans les îles subantarctiques est, à cet égard, particulièrement démonstrative, en raison des caractéristiques de ces milieux originaux :
- 2 - *un faible nombre d'espèces locales, avec un taux d'endémisme élevé*  
Lorsque ces îles furent découvertes, à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, seules 22 plantes à fleurs poussaient à Kerguelen et 16 à Crozet (Île de la Possession). A titre de comparaison, la flore française métropolitaine compte près de 3000 espèces. Chez les insectes, on dénombrait de la même manière 11 espèces de diptères à Crozet et seulement 6 à

Kerguelen alors que plus de 6500 espèces appartiennent à cet ordre dans l'hexagone. A Crozet, 90 % des invertébrés autochtones sont propres à la région subantarctique de l'Océan Indien et 55 % ne sont présents que dans cet archipel. L'endémisme des espèces végétales est moins strict puisque la majorité des espèces se rencontrent dans la plupart des îles situées autour du continent Antarctique. Le *Lyallia* (*Lyallia kerguelensis*), par exemple, est la seule plante supérieure réellement endémique de Kerguelen.

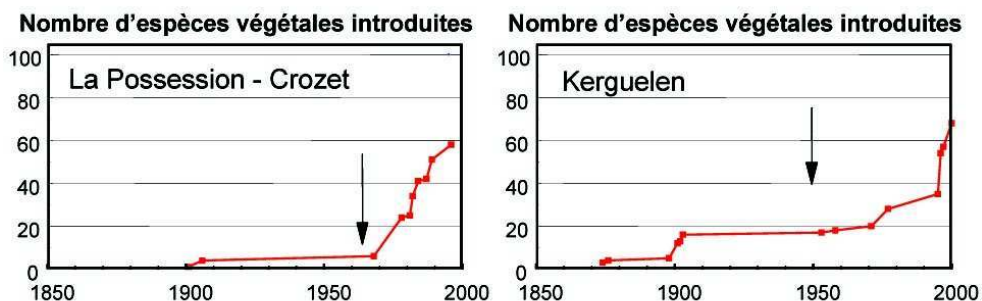
3 - *des chaînes alimentaires simplifiées*

Les oiseaux et les mammifères marins jouent un rôle fondamental dans le fonctionnement de ces écosystèmes en approvisionnant les milieux terrestres de quantités énormes de matières organiques (plumes, fientes, cadavres...) qui, en réalité, proviennent de la mer. Chez les invertébrés, les décomposeurs sont donc largement dominants, en nombre d'espèces et en abondance, alors que d'autres maillons sont peu représentés : les prédateurs sont quasi absents et les herbivores réduits à quelques coléoptères charançons. Jusqu'à une période récente, aucun mammifère terrestre n'était présent sur ces îles.

4 - *une influence humaine récente mais déterminante*

Bien que tardive, à partir de la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, et aujourd'hui encore limitée, la fréquentation humaine a bouleversé les communautés végétales et animales de ces îles. Une synthèse récente sur la flore introduite aux îles Crozet et Kerguelen (Frenot *et al.*, 2001) nous a permis de montrer que peu d'espèces ont été apportées par les phoquières et les baleiniers. Le nombre des espèces étrangères s'installant dans ces îles augmente en revanche de manière spectaculaire dès l'établissement des bases permanentes dans les années 1950-1960 (Figure 1) et cette augmentation se poursuit actuellement. La quasi totalité de ces espèces introduites appartient à la flore des régions tempérées de l'hémisphère nord et en particulier à la flore française. Toutes les espèces récemment introduites sont présentes sur les bases et celles qui ont colonisé l'ensemble des îles sont assez peu nombreuses. Parmi ces dernières citons par exemple le pâturin annuel (*Poa annua*), graminée aujourd'hui naturalisée sur presque toutes les îles péri-antarctiques ou le pissenlit (*Taraxacum officinale*) à Kerguelen. La localisation préférentielle sur les bases et l'origine européenne des espèces introduites montrent à l'évidence que les navires ravitailleurs et le matériel transporté constituent le principal vecteur d'introduction. Le nombre d'invertébrés introduits est peu élevé mais leur impact sur la végétation et les invertébrés subantarctiques est important : pucerons s'attaquant à la flore et susceptibles de transmettre des maladies virales (Hullé *et al.*, 2003), insectes prédateurs éliminant localement l'entomofaune autochtone (Chevrier *et al.*, 1997) etc. Enfin, les introductions, accidentelles ou volontaires, de mammifères tels que le rat noir sur l'île de la Possession ou le lapin et le chat à Kerguelen, ont un impact majeur sur le fonctionnement des systèmes écologiques (Chapuis *et al.*, 1994).

Figure 1. Evolution du nombre d'espèces végétales introduites recensées sur l'île de la Possession (archipel Crozet) et sur Kerguelen.



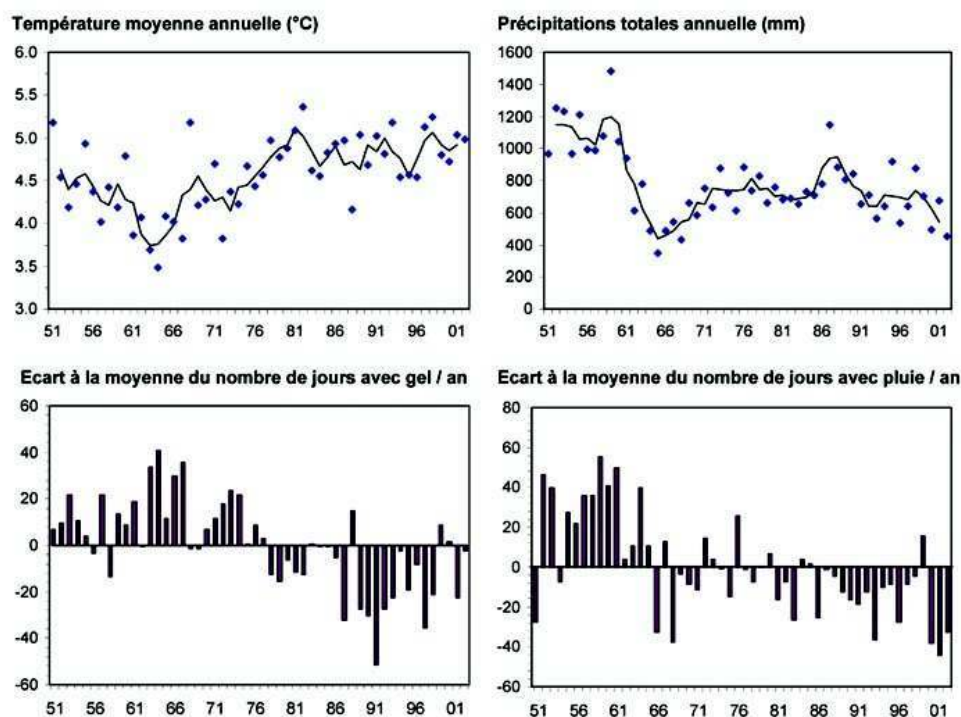
Les flèches indiquent l'établissement des bases permanentes en 1951 à Kerguelen et 1964 à Crozet. D'après Frenot *et al.*, Biol. Conserv., 2001

5 - *des conditions climatiques contraignantes, en évolution sensible*

Les rigueurs climatiques propres à ces régions constituent un frein à l'installation de nouvelles espèces. Le climat, avec ses fortes précipitations et ses faibles amplitudes thermiques saisonnières autour de températures proches de 0°C, joue en effet un rôle prépondérant dans les possibilités d'établissement de la faune et de la flore. Si ces conditions ne sont pas extrêmes, elles n'en sont pas moins limites pour des espèces originaires de régions plus tempérées (Sinclair *et al.*, 2003). Or, les modifications climatiques actuelles, observées à Kerguelen, sont en train de changer la donne. Les enregistrements réalisés par Météo-France depuis plus de 50 ans sur la base de Port-aux-Français mettent en évidence un changement significatif des conditions climatiques au cours des dernières décennies (Figure 2).

- 6 Les températures moyennes annuelles ont augmenté de 1,3°C depuis le milieu des années 1960 et le nombre de jours de gel a diminué de 20 à 30 jours par an en moyenne au cours des 20 dernières années. Les précipitations elles aussi ont diminué, à la fois en quantité et en fréquence. Le déficit hydrique est particulièrement important en été, période pendant laquelle les sols sableux de faible profondeur de certaines îles de l'est de l'archipel ne disposent plus d'une réserve en eau suffisante pour subvenir aux besoins de la végétation qui manifeste, localement, des signes évidents de stress hydrique (Chapuis *et al.*, 2004).

Figure 2. Evolution des températures moyennes annuelles et des précipitations à Port-aux-Français (Iles Kerguelen).



Les figures du haut font apparaître les valeurs annuelles moyennes des températures et des précipitations ainsi que les moyennes mobiles sur 3 ans. Les histogrammes du bas illustrent les écarts à la moyenne du nombre de jours de gel et du nombre de jours de pluie calculée sur la période 1951-2002.

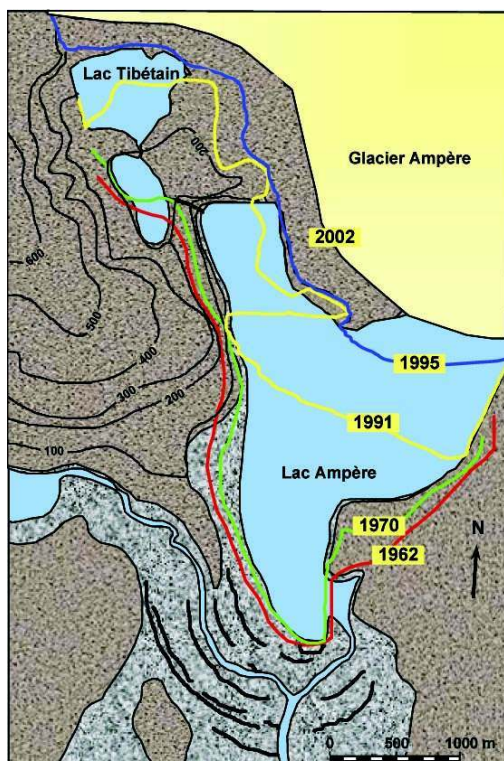
Données Météo France

## Des effets marquants des changements climatiques sur les écosystèmes

### Retrait des glaciers

- 7 A Kerguelen, les oscillations glaciaires qui existaient depuis la fin du Petit Age Glaciaire (il y a un peu plus de 200 ans) ont fait place à partir des années 1970 à un retrait rapide et continu de l'ensemble des fronts glaciaires. Le Glacier Ampère, dans le sud-ouest de l'archipel, n'échappe pas à cette règle (Frenot *et al.*, 1993) et la position de son front se situe actuellement à plus de 5 km de sa position en 1974 (Figure 3). Des tourbes mises à jour par le retrait des glaces ont été datées au 14C : elles montrent que la zone du front actuel était déglacée il y a 10 000 ans, période d'optimum climatique ayant succédé à la dernière grande glaciation de cette région (Frenot *et al.*, 1997a). Le caractère exceptionnel de la déglaciation actuelle réside donc moins dans son ampleur que dans la vitesse avec laquelle elle se produit.
- 8 Depuis 1992, nous avons entrepris une étude sur la colonisation végétale des terrains récemment déglacés dans la Plaine Ampère. Cette séquence, dont l'histoire a pu être reconstituée avec précision sur les 200 dernières années (Frenot *et al.*, 1997b, 1998), est l'une des plus complètes disponibles dans le Subantarctique.

Figure 3. Positions du front du Glacier Ampère, à Kerguelen, entre 1962 et 2002.



Les positions de 1962 et 1970 sont fournies par Vallon (1977)

### Pour quelques dixièmes de degrés en plus...

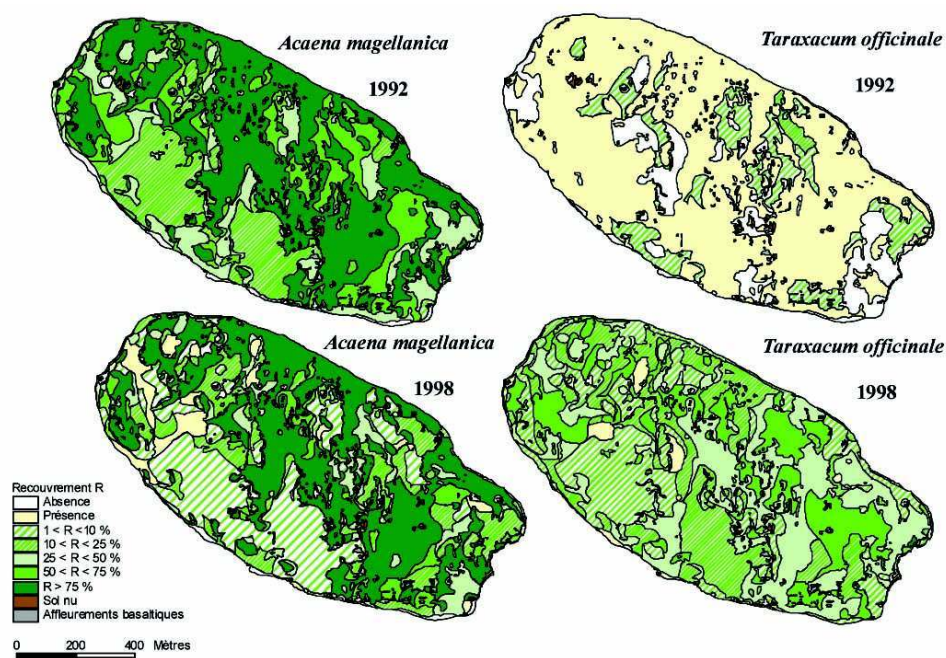
- 9 Chez les insectes, la distribution et les fluctuations d'abondance et d'activité de la mouche bleue, *Calliphora vicina*, sont suivies depuis plusieurs années à Kerguelen. C'est un diptère cosmopolite, qui a su conquérir tous les biotopes, des tropiques aux régions arctiques, grâce à des mécanismes d'adaptation mettant en jeu des diapauses larvaires lui permettant de s'établir et de se maintenir dans des milieux souvent contraignants (Saunders & Hayward, 1998 ; Saunders, 2000). Or, de façon singulière, cette espèce n'a été observée sur les îles Kerguelen qu'en 1978, après une introduction accidentelle sur la base de Port-aux-Français, et elle est toujours absente des îles Crozet. S'il est probable que les capacités de dispersion de cette mouche ne lui permettent pas de parcourir la distance qui sépare ces îles du continent le plus proche, il est également vraisemblable que tous les navires qui ont fait escale dans ces îles ont eu la possibilité de l'introduire, accidentellement. Alors, pourquoi a-t-elle eu autant de mal à s'installer sous ces latitudes ? En tenant compte des caractéristiques biologiques de cette mouche et des seuils thermiques de développement de ses différents stades, nous avons déterminé la quantité minimale d'énergie annuelle (degré-jours) nécessaire au déroulement complet de son cycle. En confrontant ce résultat aux températures pour la période 1951-2001 à Kerguelen, nous montrons que ce seuil énergétique n'est régulièrement atteint que depuis le début des années 1980 et que le développement et l'établissement de *Calliphora vicina* avant cette époque était donc improbable (Frenot, Le Maho, Saccone, Chevrier, Vernon, *in prep.*). Cette étude temporelle a été complétée par une approche spatiale. En effet, *Calliphora vicina* est absente de la partie ouest de l'archipel, en particulier du site

proche du Glacier Ampère que nous visitons chaque année. L'analyse des données de températures enregistrées sur ce site depuis 5 ans a permis de constater que, sur cette période, le seuil énergétique nécessaire au cycle de la mouche bleue n'avait jamais été atteint. Ce résultat valide donc celui obtenu sur le plan temporel et démontre l'importance du facteur climatique dans les possibilités d'établissement de nouvelles espèces. Il souligne également le fait que sous ces latitudes, où les températures varient en moyenne entre 2 et 8°C, un réchauffement climatique de quelques dixièmes de degrés peut entraîner des effets beaucoup plus sensibles que dans des régions plus tempérées.

- 10 De la même manière, certaines espèces végétales introduites trouvent dans le climat subantarctique, des conditions limites pour leur reproduction (Frenot *et al.*, 2001). Ainsi, une achillée (*Achillea ptarmica*) qui n'a jamais été vue en fleur à Crozet depuis 1982, date de sa première observation, a présenté quelques boutons floraux en 1998 ; la houlque laineuse (*Holcus lanatus*) montre également des fluctuations importantes, d'une année sur l'autre, dans sa production de graines. Ces observations suggèrent que des espèces aujourd'hui cantonnées à des sites restreints, en raison d'une production de graines nulle ou limitée, pourraient, avec quelques dixièmes de degrés supplémentaires, augmenter considérablement leur pouvoir de dissémination et constituer, de ce fait, une menace réelle pour la flore locale.
- 11 Les effets de ces modifications du climat sont analysés au niveau de certaines espèces autochtones, telles que le chou de Kerguelen *Pringlea antiscorbutica*, chez qui l'on a observé une mortalité importante des plantules lors des sécheresses estivales récentes. Les feuilles de *P. antiscorbutica* présentent des caractéristiques physiologiques incompatibles avec la tolérance à la sécheresse (Dorne & Bligny, 1993) et des expériences *in situ* ont montré que l'implantation des plantules est très restreinte dans les sites pauvres en eau, le stress hydrique affectant particulièrement le développement racinaire (Hummel *et al.*, 2004). La plante âgée de quelques semaines manifeste bien une résistance certaine aux stress salins et aux cycles de gel-dégel, peut-être aidée en cela par sa richesse en osmolytes (Aubert *et al.*, 1999a, b), mais à l'inverse, la plasticité physiologique des plantules à l'égard des stress osmotiques est beaucoup plus faible (Hennion & Bouchereau, 1998 ; Hummel *et al.*, 2004). Par ailleurs, le développement de *P. antiscorbutica* est optimal en conditions froides, au contraire des plantes tempérées (Hennion & Martin-Tanguy, 2000), et la sensibilité du développement aux températures élevées apparaît dès les premiers jours suivant la germination (Dufeu *et al.*, 2003). La sensibilité de *P. antiscorbutica* aux stress hydrique et aux températures élevées se manifeste également par des dérèglements importants dans la composition en polyamines (Hennion & Martin-Tanguy, 2000). Ainsi, l'ensemble de ces données indique que les changements climatiques actuels influencent déjà le recrutement des nouvelles plantes dans les sites les plus secs. Se surajoutant à l'impact des herbivores introduits, ces nouvelles conditions climatiques constituent une véritable menace pour le maintien du Chou de Kerguelen dans les habitats de basse altitude où il était il y a encore peu de temps une des espèces dominantes.
- 12 Cet effet des herbivores introduits a été particulièrement bien étudié (Chapuis *et al.*, 1994). Une étude de restauration des écosystèmes dégradés par le lapin a été menée sur trois îles de l'archipel de Kerguelen à partir de 1992 (Chapuis *et al.*, 2001). Le suivi de la végétation de ces îles où le lapin a été éradiqué par empoisonnement apporte un éclairage inattendu sur l'évolution actuelle de la biodiversité dans ces îles (Chapuis *et al.*, 2004). En effet, on constate peu de temps après le début de l'expérimentation la régression d'*Acaena*

*magellanica*, espèce subantarctique, au profit du pissenlit, *Taraxacum officinale*, espèce introduite (Figure 4). L'analyse de ces résultats et leur confrontation avec ceux obtenus sur d'autres îles de l'archipel, avec ou sans lapin, montrent que l'éradication du lapin n'est pas directement à l'origine de cette évolution. Le lapin joue effectivement un rôle régulateur dans l'extension du pissenlit, mais ce sont surtout les épisodes récurrents de sécheresses estivales au cours de ces dernières années qui sont à l'origine du déclin de l'*Acaena* et, par voie de conséquence, de l'extension du pissenlit, espèce à fort pouvoir colonisateur.

Figure 4. Evolution du recouvrement d'*Acaena magellanica* et *Taraxacum officinale* sur l'île Verte, archipel de Kerguelen entre 1992 (année de l'éradication du lapin) et 1998.



D'après Chapuis *et al.*, 2004

## Conclusion

- 13 Nous commençons aujourd'hui à entrevoir les grandes tendances de l'évolution actuelle de la biodiversité subantarctique, sous l'action conjuguée des activités humaines et des changements climatiques. Nos résultats mettent en évidence l'absolue nécessité de disposer d'observations sur le long terme pour pouvoir :
1. surveiller l'évolution de cette biodiversité et notamment l'introduction de nouvelles espèces ou la raréfaction d'espèces autochtones,
  2. évaluer les conséquences de l'évolution des communautés sur le fonctionnement de ces écosystèmes fragiles, et
  3. apporter aux gestionnaires les informations nécessaires à la mise en place de mesures garantissant la conservation de ces milieux exceptionnels.



---

## BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT S., ASSARD N., BOUTIN J.P., FRENOT Y., DORNE A.J. (1999a), « Carbon metabolism in the subantarctic Kerguelen cabbage *Pringlea antiscorbutica* R. Br.: environmental controls over carbohydrates contents and relation to phenology », *Plant, Cell and Environment*, 22, pp. 243-254.
- AUBERT S., HENNION F., BOUCHEREAU A., GOUT E., BLIGNY R., DORNE A.J. (1999b), « Subcellular compartmentation of proline in the leaves of the subantarctic Kerguelen cabbage *Pringlea antiscorbutica* R. Br. In vivo <sup>13</sup>C-NMR study », *Plant, Cell and Environment*, 22, pp. 255-260.
- CHAPUIS J.-L., BOUSSÈS P., BARNAUD G. (1994), « Alien mammals, impact and management in the French subantarctic islands », *Biological Conservation*, 67, pp. 97-104.
- CHAPUIS J.-L., LE ROUX V., ASSELINE J., LEFÈVRE L., KERLEAU F. (2001), « Eradication of rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) by poisoning on three islands of the subantarctic Kerguelen Archipelago », *Wildlife Research*, 28, pp. 323-331.
- CHAPUIS J.L., FRENOT Y., LÉBOUVIER M. (2004), « Recovery of native plant communities after eradication of rabbits from the subantarctic Iles Kerguelen, and influence of climate change », *Biological Conservation*, 117, pp. 167-179.
- CHEVRIER M., VERNON P., FRENOT Y. (1997), « Potential effects of two alien insects on a subantarctic wingless fly in the Kerguelen Islands », in BATTAGLIA B., VALENCIA J., WALTON D.W. H. (eds.), *Antarctic Communities: Species, Structure and Survival*, Cambridge University Press.
- DORNE A.J., BLIGNY R. (1993), « Physiological adaptation to subantarctic climate by the Kerguelen cabbage, *Pringlea antiscorbutica* R.Br. », *Polar Biology*, 13, pp. 55-60.
- DUFEU M., MARTIN-TANGUY J., HENNION F. (2003), « Temperature-dependent changes of amine levels during early seedling development of the cold-adapted subantarctic crucifer *Pringlea antiscorbutica* », *Physiologia Plantarum*, 118, pp. 164-172.
- FRENOT Y., GLOAGUEN J.C., PICOT G., BOUGÈRE J., BENJAMIN D. (1993), « Azorella selago Hook. used to estimate glacier fluctuations and climatic history in the Kerguelen Islands over the last two centuries », *Oecologia*, 95, pp. 140-144.
- FRENOT Y., GLOAGUEN J.C., VAN DE VIJVER B., BEYENS L. (1997a), « Datation de quelques sédiments tourbeux holocènes et oscillations glaciaires aux Iles Kerguelen », *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 320, Paris, pp. 567-573.
- FRENOT Y., GLOAGUEN J.C., TRÉHEN P. (1997b), « Climate change in Kerguelen islands and colonization of recently-deglaciated areas by *Poa kerguelensis* and *Poa annua* », in BATTAGLIA B., VALENCIA J., WALTON D.W.H. (eds.), *Antarctic Communities: Species, Structure and Survival*, Cambridge University Press.
- FRENOT Y., GLOAGUEN J.C., CANNAVACCIUOLO M., BELLIDO A. (1998), « Primary succession on glacier forelands in the Kerguelen Islands (Subantarctic) », *Journal of Vegetation Science*, 9, pp. 75-84.
- FRENOT Y., GLOAGUEN J.C., MASSÉ L., LÉBOUVIER M. (2001), « Human activities, ecosystem disturbance and plant invasions in subantarctic Crozet, Kerguelen and Amsterdam Islands », *Biological Conservation*, 101, pp. 33-50.

FRENOT Y., CHOWN S.L., WHINAM J., SELKIRK P.M., CONVEY P., SKOTNICKI, M., BERGSTROM D.M. (2005), « Biological invasions in the Antarctic: extent, impacts and implications? », *Biological Reviews*, 80, pp. 45-72.

HENNION F., BOUCHEREAU A. (1998), « Accumulation of organic and inorganic solutes in the subantarctic Cruciferous species *Pringlea antiscorbutica* in response to saline and cold stresses », *Polar Biology*, 20, pp. 281-291.

HENNION F., MARTIN-TANGUY J. (2000), « Amines of the subantarctic crucifer *Pringlea antiscorbutica* are responsive to temperature conditions », *Physiologia Plantarum*, 109, pp. 232-243.

HULLÉ M., PANNETIER D., SIMON J.C., VERNON P., FRENOT Y. (2003), « Aphids of sub-Antarctic Crozet and Kerguelen archipelagos (Hemiptera: Aphididae): host-plants preference and spatial distribution », *Antarctic Science*, 15, pp. 203-209.

HUMMEL I., QUEMMERAI F., GOUESBET G., EL AMRANI A., FRENOT Y., HENNION F., COUÉE I. (2004), « Identification and characterisation of environmental stress responses during early development of *Pringlea antiscorbutica* (Kerguelen cabbage) in the field at Kerguelen », *New Phytologist*, 162, pp. 705-715.

SAUNDERS D.S. (2000), « Larval diapause duration and fat metabolism in three geographical strains of the blow fly, *Calliphora vicina* », *Journal of Insect Physiology*, 46, pp. 509-517.

SAUNDERS D.S., HAYWARD S.A.L. (1998), « Geographical and diapause-related cold tolerance in the blow fly, *Calliphora vicina* », *Journal of Insect Physiology*, 44, pp. 541-551.

SINCLAIR B.J., VERNON P., KLOK C.J., CHOWN S.L. (2003), « Insects at low temperature: an ecological perspective », *Trends in Ecology and Evolution*, 18, pp. 257-262.

VALLON M. (1977), « Topographie sous-glaciaire du Glacier Ampère (Iles Kerguelen, T.A.A.F.) », *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 13, pp. 37-55.

## RÉSUMÉS

L'invasion des écosystèmes par des espèces exotiques constitue, en conjonction avec les changements climatiques, une des plus grandes menaces pour la biodiversité mondiale, après la destruction des habitats. Même dans les régions antarctiques et subantarctiques, des espèces étrangères à la faune et à la flore locales ont été introduites dès la fin du 18<sup>e</sup> siècle. La majorité de ces introductions sont associées à la fréquentation humaine et aux visites des navires. Par ailleurs, comme le prédisent la plupart des modèles, les régions de hautes latitudes sont les plus sensibles aux changements climatiques. Les observations faites à Kerguelen confirment cette tendance et attestent de l'impact déjà bien visible des augmentations de température (1,3°C depuis le milieu des années 1960) et des déficits hydriques estivaux récurrents ces dernières années. Avec ces changements climatiques rapides, une augmentation du nombre d'introductions d'espèces et de leur succès d'établissement est attendue, de même que la fragilisation de la faune et la flore locales, d'où de notables conséquences prévisibles quant à la biodiversité de ces régions très particulières.

Biological invasions, in connection with climate changes, are amongst the most significant threats to biodiversity worldwide. Even in antarctic and subantarctic regions, alien species arrived since the end of the 18<sup>th</sup> century. Most of these introductions are obviously associated with human activities and ship landings. Otherwise, as predicted by many global circulation models, rates of warming are expected to be stronger at higher latitudes. Our study on the Kerguelen Islands confirms this trend and demonstrates that the effects of warming (+ 1.3°C since

the mid 1960s) and summer droughts on plants and invertebrates are now visible. With climate change occurring rapidly, both the numbers of introductions and the success of colonisation by alien species are likely to increase, with as consequence subsequent impacts on the entire ecosystem.

## INDEX

**Mots-clés** : introduction d'espèces, invasion, réchauffement climatique, sécheresse

**Keywords** : species introduction, invasive species, climate warming, drought

## AUTEURS

### YVES FRENOT

Université de Rennes1, yves.frenot@univ-rennes1.fr

### MARC LÉBOUVIER

Université de Rennes1, marc.lebouvier@univ-rennes1.fr

### JEAN-CLAUDE GLOAGUEN

Université de Rennes1, jean-claude.gloaguen@univ-rennes1.fr

### FRANÇOISE HENNION

Université de Rennes1, francoise.hennion@univ-rennes1.fr

### PHILIPPE VERNON

Université de Rennes1, philippe.vernon@univ-rennes1.fr

### JEAN-LOUIS CHAPUIS

Muséum national d'histoire naturelle, Paris, chapuis@mnhn.fr