



HAL
open science

De la déglaciation à l'agriculture moderne : histoire environnementale du sud du Groenland

Emilie Gauthier, Vincent Bichet, Charly Massa, Typhaine Guillemot, Laurent
Millet, Christophe Petit, Hervé Richard

► **To cite this version:**

Emilie Gauthier, Vincent Bichet, Charly Massa, Typhaine Guillemot, Laurent Millet, et al.. De la déglaciation à l'agriculture moderne : histoire environnementale du sud du Groenland. Les Nouvelles de l'archéologie, 2015, Archéologie boréale, 141, pp.56-62. 10.4000/nda.3135 . hal-02541800

HAL Id: hal-02541800

<https://hal.science/hal-02541800>

Submitted on 7 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

De la déglaciation à l'agriculture moderne : histoire environnementale du sud du Groenland

Emilie Gauthier, Vincent Bichet, Charly Massa, Typhaine Guillemot,
Laurent Millet, Christophe Petit et Hervé Richard



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/nda/3135>
DOI : 10.4000/nda.3135
ISBN : 978-2-7351-2074-1
ISSN : 2425-1941

Éditeur

Editions de la maison des sciences de l'homme

Édition imprimée

Date de publication : 30 septembre 2015
Pagination : 56-62
ISBN : 978-2-7351-2073-4
ISSN : 0242-7702

Référence électronique

Emilie Gauthier, Vincent Bichet, Charly Massa, Typhaine Guillemot, Laurent Millet, Christophe Petit et Hervé Richard, « De la déglaciation à l'agriculture moderne : histoire environnementale du sud du Groenland », *Les nouvelles de l'archéologie* [En ligne], 141 | 2015, mis en ligne le 30 septembre 2015, consulté le 29 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/nda/3135> ; DOI : 10.4000/nda.3135

Ce document a été généré automatiquement le 29 avril 2019.

© FMSH

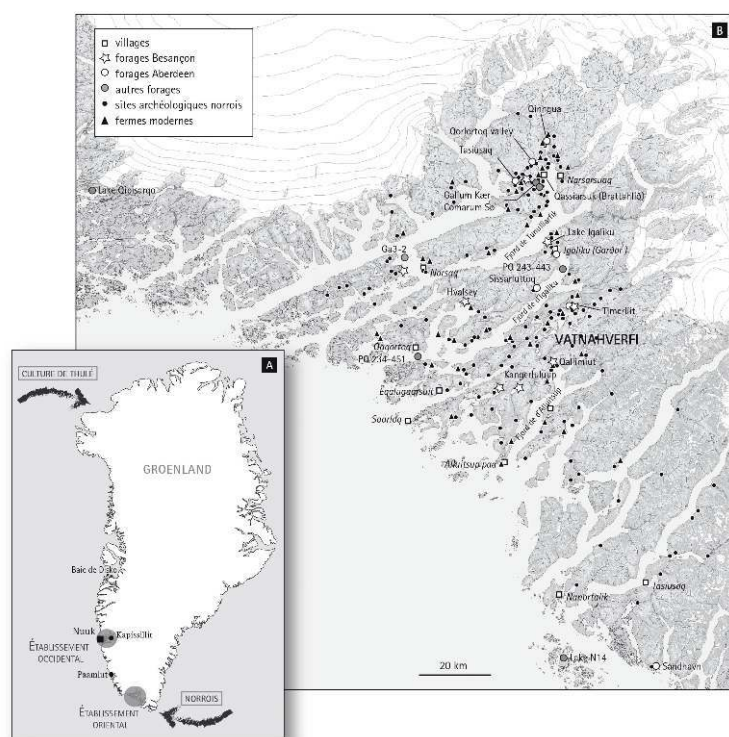
De la déglaciation à l'agriculture moderne : histoire environnementale du sud du Groenland

Emilie Gauthier, Vincent Bichet, Charly Massa, Typhaine Guillemot,
Laurent Millet, Christophe Petit et Hervé Richard

Introduction

- 1 Avec ses 2 166 086 km², le Groenland est la plus grande île du globe terrestre. La calotte polaire recouvre en grande partie les terres ; seuls 410 449 km² sont libres de glace. Cette terre glacée attire depuis longtemps les chercheurs, ethno-logues, paléoclimatologues et biologistes. Quelle place pour envisager l'histoire de la végétation et des dynamiques sédimentaires lacustres dans ces zones glacées ? Quel intérêt pourrait présenter l'étude de l'impact humain sur la nature quand on sait que le Groenland fut tardivement peuplé par vagues successives de populations de chasseurs-cueilleurs à partir de 2500 cal. apr. J.-C. ? Les travaux développés au laboratoire Chrono-environnement sur le Groenland concernaient au départ une phase assez récente de son histoire, celle de la colonisation norroise médiévale sur la côte sud-ouest de l'île (fig. 1A et B). Au-delà de l'aspect romanesque de cette aventure, cette épopée constitue un modèle de référence particulièrement adapté à l'observation des relations entre une communauté humaine et son territoire, de la conquête à l'abandon. Ce travail s'est rapidement étendu au xx^e siècle, marqué par le retour des activités agricoles dans le sud du Groenland. Les séquences sédimentaires les plus longues ont également permis de retracer l'histoire de l'environnement holocène depuis la déglaciation.

Figure 1



Carte du Groenland : A) emplacement des établissements vikings ; B) Carte détaillée de l'Eastern settlement ou établissement oriental

(d'après Bichet 2014)

Paléoeskimo, Néoeskimo et Norrois

- 2 Avant le peuplement médiéval, les populations de Paléoeskimo se sont assez peu aventurées dans le sud du Groenland. Quand les Norrois débarquent en 986, ils découvrent une terre vierge de toute présence humaine ; la culture de Thulé, dernière migration néoeskimo en provenance du Canada, arrivera au Groenland vers 1150 cal. apr. J.-C. Les Inuit thuléens vont progressivement migrer vers le sud du Groenland entre 1150 et 1400 cal. apr. J.-C. (McGhee 1984). Dans un premier temps, les contacts se limitent géographiquement à la baie de Disko, où les Norrois viennent chasser le morse (fig. 1A). De probables échanges ont alors lieu sous la forme de dents de morse et de narval contre du métal (Gulløv 2000). Au XIV^e siècle, les Inuit atteignent les établissements norrois occidentaux (64°N) et orientaux (61/60°N), concentrant leur peuplement à l'extérieur des fjords, là où les Norrois sont peu présents. La nature des relations entre Inuit et Norrois, en dehors de quelques échanges commerciaux, demeure incertaine bien que quelques sites montrent une très forte proximité. À Sandhavn, par exemple, à l'extrême sud du Groenland (fig. 1B), une installation norroise, probablement un port destiné aux échanges avec l'Europe, côtoie un campement inuit daté du XIII^e-XIV^e siècle (Golding *et al.* 2011).
- 3 Près de 560 sites ont été recensés dans la colonie orientale contre 75 dans la colonie occidentale, nettement plus petite. Bien sûr, tous n'ont pas existé en même temps et les archéologues estiment une population maximum de 2 000 personnes autour de 1250. Si

l'on cumule les évaluations sur l'ensemble de la période, près de 26 000 personnes auraient vécu dans les deux colonies (Arneborg *et al.* 2012a). La taille des exploitations pouvait être très spectaculaire, comme celle du site de Garðar, le village actuel d'Igaliku (fig. 1B), qui comptait au moins 52 structures archéo-logiques dont de nombreux enclos pour les animaux. Ce site occupe une position stratégique, au centre de l'établissement du sud-ouest, en amont du fjord d'Igaliku, et il est seulement séparé du fjord de Tunulliarfik par un petit col aisément franchissable, donnant ainsi un accès facile par bateau à l'ensemble des territoires proches. Cette situation explique probablement pourquoi le clergé norvégien y établit le diocèse groenlandais au XI^e siècle. Les conditions climatiques mêlant rigueur hivernale, sécheresse estivale (Foehn) et une saison végétative courte ont évidemment conditionné les pratiques agricoles, mais aussi leur évolution au cours des cinq siècles de la colonisation norroise. Les colons vont développer, sur le modèle islandais, une économie presque exclusivement basée sur le pastoralisme (Dugmore *et al.* 2012 ; Arneborg *et al.* 2012a) malgré quelques essais de céréali-culture (Schofield *et al.* 2007 ; Edwards *et al.* 2008 ; Buckland *et al.*, 2009 ; Ledger *et al.* 2013). Ils importent d'Islande des animaux domestiques (bovins, moutons, chèvres, chevaux, chiens et porcs) dont la survie hivernale dépend fortement de l'apport en fourrage. Le manque d'eau, associé au caractère drainant des sols, rend aussi indispensable la pratique de l'irrigation (Adderley & Simpson 2006), comme en témoignent les vestiges de canaux découverts sur de nombreux sites, tel celui de Garðar. Les pionniers norrois pratiquent aussi la fumure (Buckland *et al.* 2009) et développent la transhumance. Enfin, dès le début de l'occupation du Groenland, la chasse (rennes et phoques) constitue une part importante des ressources (Arneborg *et al.* 1999 ; Massa *et al.* 2012a ; Arneborg *et al.* 2012b).

- 4 La chronologie de l'abandon des colonies norroises est moins précise que celle de leur création et elle est encore sujette à débats (Dugmore *et al.* 2012 ; Massa *et al.* 2012a). Un émissaire épiscopal signale l'abandon des colonies occidentales dès l'an 1350. Le dernier témoignage écrit sur la présence de Scandinaves au Groenland est une lettre de 1408 relatant un mariage célébré à l'église de Hvalsey dans la colonie orientale. Changement climatique (Massa *et al.* 2012a ; Millet *et al.* 2014), déclin des liaisons commerciales avec l'Islande et l'Europe, destruction des ressources causée par le développement excessif des troupeaux de moutons, raids de pirates européens, conflits avec les Inuit, infertilité congénitale et épidémies (McGovern 2000 ; Olgivie *et al.* 2009) sont autant de causes évoquées pour expliquer la disparition du peuplement norrois au Groenland. Le seul point sur lequel les auteurs s'accordent est le rôle primordial de la péjoration climatique le petit âge glaciaire, le froid et l'augmentation du nombre de tempêtes provoquant une chute des rendements agricoles et isolant les colonies de l'Europe. À partir du XIII^e siècle, et plus encore au XIV^e, les dosages du ¹³C des ossements humains (Arneborg *et al.* 1999, 2012b) montrent une accentuation de l'alimentation d'origine marine par rapport à celle d'origine terrestre. L'adaptation aux rigueurs climatiques est donc passée par un changement de l'alimentation et des pratiques. Les derniers Norrois garderont cependant jusqu'à la fin un régime alimentaire différent des Néoeskimo contemporains, preuve des limites de leur capacité d'adaptation (Arnegorg *et al.* 2012b).

Les missions de terrain

- 5 Dans le contexte géographique de la colonisation agro-pastorale médiévale groenlandaise, de nombreux lacs offrent des archives sédimentaires optimales pour

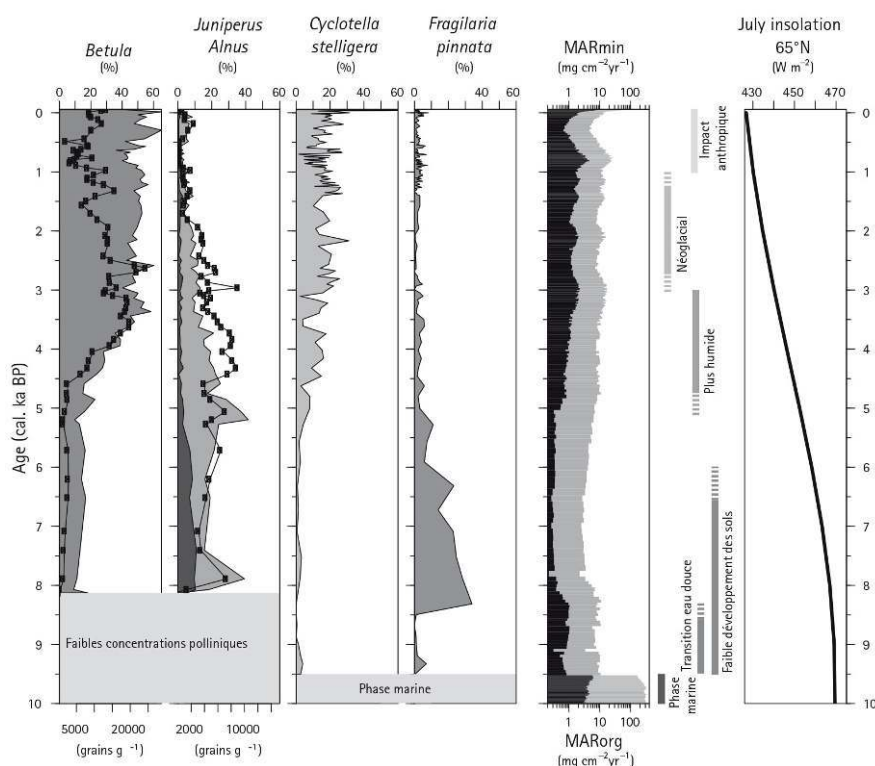
l'étude des évolutions environnementales des secteurs colonisés, mémoire des mutations écologiques engendrées par l'anthropisation et des variations climatiques naturelles. Dans les années 2000, une vingtaine de lacs de la côte ouest groenlandaise a fait l'objet de recherches visant à des reconstructions paléoclimatiques (Andresen *et al.* 2004 ; Bennike & Sparrenbom 2007 ; Kaplan *et al.* 2002). Ces études ont pour la plupart été menées hors des zones d'emprise de la colonisation norroise et ne permettent pas de considérer le forçage potentiel de l'homme sur la dynamique sédimentaire. Dans les années 1970/1980, des analyses polliniques réalisées au cœur des implantations norroises, à partir des sédiments lacustres littoraux (fig. 1B) près du village de Qassiarsuk (Fredskild 1973, 1978) ont permis de reconstituer l'évolution de la végétation holocène. L'impact de l'homme au cours de la période médiévale a été abordé grâce à la mise en évidence de phase de *landnám* (littéralement « prise de terrain » en vieux norrois) et donc de défrichage, ainsi que par la découverte de pollens et de graines de plantes non indigènes apportées par les Norrois. Plus récemment, Kevin Edwards et l'équipe d'Aberdeen ont réalisé des analyses polliniques prélevées dans des dépôts tourbeux du Vatnahverfi (entre les fjords de Tunulliarfik et d'Alluitsup), dans la vallée de Qorlortoq, à Qinngua, à Tasiusaq (au nord du fjord de Tunulliarfik) et à Sandhavn (sud de la colonie orientale) (fig. 1B) (Schofield *et al.* 2007, 2013 ; Schofield & Edwards 2011 ; Edwards *et al.* 2008 ; Golding *et al.* 2011 ; Ledger *et al.* 2013, 2015).

- 6 Plusieurs missions de reconnaissance et de carottage ont été effectuées par le laboratoire Chrono-environnement de Besançon en 2006, 2007, 2009, 2011 et enfin 2013, dans les zones de peuplement orientale et occidentale et le secteur de Paamiut (fig. 1A et B). Notre objectif était de trouver des lacs fournissant des témoins favorables à un panel d'analyses paléoenvironnementales. Nous avons aussi varié les situations, choisissant des lacs avec ou sans ruines norroises, avec ou sans ferme moderne dans le bassin-versant et parfois en dehors aussi des zones de peuplement.

Principaux résultats

- 7 Beaucoup de séquences sédimentaires sont encore en cours d'analyse et seront prochainement publiées (Qallimiut, Kangerlulup, lac 95 en face de Narsaq, etc.). Les résultats les plus aboutis concernent le site d'Igaliku pour lequel nous possédons une séquence holocène complète (Massa *et al.* 2012b), ainsi qu'un large éventail de paramètres analytiques (pollen, microfossiles non polliniques, diatomées, chironomes, XFR, géochimie, analyses isotopiques, marqueurs moléculaires, etc.) (Gauthier *et al.* 2010, 2014 ; Massa *et al.* 2011, 2012a ; Perren *et al.* 2012 ; Bichet *et al.* 2012, 2013, 2014 ; Masson-Delmotte *et al.* 2012 ; Millet *et al.* 2014 ; Guillemot *et al.* 2015). Ce site est sans aucun doute le mieux étudié et daté (28 dates ^{14}C ainsi que des mesures ^{210}Pb et ^{137}Cs) de ce secteur subarctique.

Fig. 2



Les changements environnementaux holocènes à partir de différents paramètres d'études. Pollen : *Betula*, *Juniperus* et *Alnus* sont représentés en pourcentages et en influx. Diatomées : *Fragilaria pinnata*, une algue benthique, pionnière des eaux alcalines et *Cyclotella stelligera*, une algue caractéristique des lacs oligotrophes mais peu alcalin de la côte ouest du Groenland (Perren *et al.* 2012). Accumulation sédimentaire : taux d'accumulation de matière minérale (gris) et organique (noir) (Massa *et al.* 2012). Évolution de l'insolation de juillet (Berger & Loutre 1991)

© Émilie Gauthier

- 8 La base de la séquence est datée de 8000 cal. av. J.-C., soit le début de la déglaciation de cette zone. Les paramètres sédimentaires et les diatomées montrent que le lac est encore relié à la mer à cette période (Massa *et al.* 2012b). À partir de 7500 cal. av. J.-C., le rebond isostatique isole le lac du milieu marin mais les eaux salées continuent à stagner en profondeur (phase méromictique) jusqu'aux alentours de 6000 cal. av. J.-C. Dans les eaux de surface, les diatomées (par exemple *Fragilaria pinnata*, fig. 2), caractéristiques des eaux douces et alcalines, dominent et l'enregistrement pollinique commence. À la faveur de l'amélioration climatique qui marque la première moitié de l'Holocène (ZPL IGA1 et 2), la végétation est caractérisée par un couvert arbustif (*Juniperus*, *Salix*, *Alnus*) capable de s'enraciner sur des sols squelettiques et de favoriser progressivement l'accumulation de matière organique et le développement de sols plus épais. Des spores de champignons coprophiles apparaissent dès le début de la séquence (fig. 3) ; leur présence est un indicateur sérieux de la présence d'herbivores (Davis & Schafer 2006 ; van Geel & Aptroot 2006) car ils sont très communs dans leurs déjections (Gauthier *et al.* 2010 ; Cugny *et al.* 2010). Les plus anciens vestiges osseux de rennes datent de 6000 cal. av. J.-C. mais ont été retrouvés uniquement dans le nord du Groenland ; il n'y a aucune preuve de la présence du renne dans le sud du Groenland avant 270 cal. apr. J.-C. (Bennike 1997).

Fig. 3

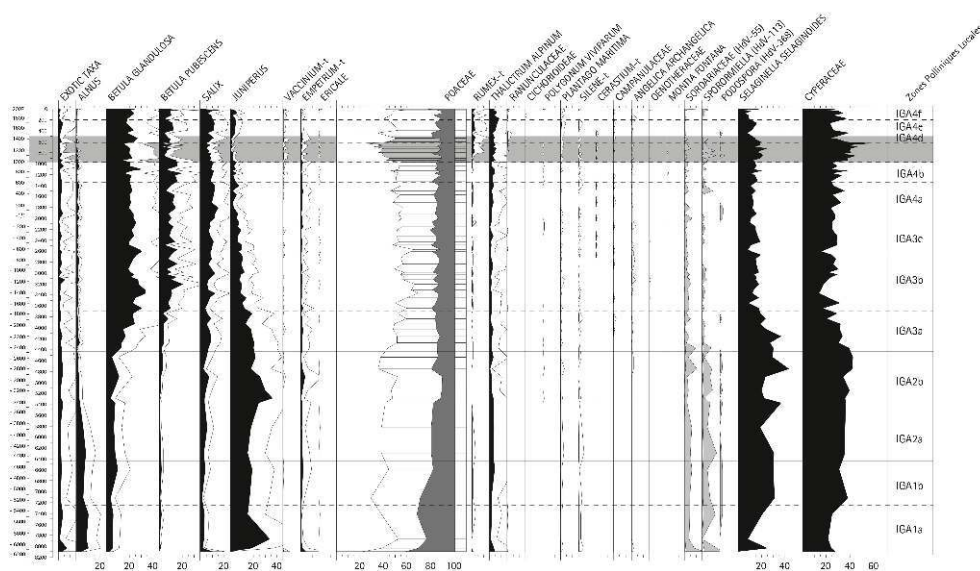


Diagramme pollinique simplifié, en pourcentage (courbe d'exagération x2 pour les arbres et arbustes et x10 pour les herbacées), tracé sous Tilia (Grimm 1991). Les zones polliniques ont été déterminées à l'aide de Coniss (Grimm 1987). Les sommes polliniques utilisées pour le calcul des pourcentages sont basées sur les pollens de plantes terrestre ; les hygrophiles, les aquatiques et les spores sont exclus de cette somme pollinique

(d'après Bichet 2014, modifié)

- 9 Le développement des sols indiqué dans la figure 2 (courbes d'accumulation sédimentaire de matière minérale et organique) et un climat plus humide permettent la transition d'une steppe à genévrier vers un couvert arbustif de bouleaux glanduleux (*Betula glandulosa*) autour de 2500 cal. av. J.-C. (ZPL IGA3), puis la mise en place dans les endroits les mieux abrités de véritables arbres comme le bouleau blanc (*Betula pubescens*) ; le genévrier se raréfie alors. Au niveau de l'écosystème lacustre, *Cyclotella stelligera* domine les spectres et caractérise des eaux moins alcalines (Massa *et al.* 2012b). Les spores de champignons reviennent de manière espacée mais récurrente.
- 10 Au cours de la colonisation norroise, l'environnement est marqué par une pression pastorale qui se traduit par l'augmentation des valeurs de spores de champignons coprophiles (fig. 4) (Gauthier *et al.* 2010 ; Massa *et al.* 2012a ; Guillemot *et al.* 2015), la diminution des pourcentages de *Betula pubescens* et l'apparition de plantes importées comme *Rumex acetosa*-type (oseille) ou *Taraxacum sp.* (le pissenlit étant la seule espèce de la famille des *Cichoriodeae* dans le sud du Groeland). Le développement des activités agropastorales entraîne une érosion modérée des sols et les diatomées suggèrent que le système lacustre n'est que faiblement affecté par ces changements (Perren *et al.* 2012). Des analyses moléculaires ont montré une bonne corrélation entre la courbe des champignons coprophiles et certains marqueurs moléculaires comme l'acide désoxycholique, un acide biliaire présent uniquement dans l'estomac des ruminants (Guillemot *et al.* 2015). Ce marqueur moléculaire est présent dans les sédiments avant la période norroise (l'étude a été réalisée sur les 1 500 dernières années), montrant donc la présence potentielle d'herbivores sauvages avant l'introduction de bétail.
- 11 L'analyse des chironomes pendant cette même période (insectes au stade larvaire lacustre) dans les séquences d'Igaliku (Millet *et al.* 2014) a permis de confirmer le cadre

climatique de la colonisation norroise qui débute au moment de l'optimum climatique médiéval. Les changements de spectres de chironomes semblent largement liés aux conditions climatiques (fig. 4) et confirment les données de Kaufman *et al.* (2009), montrant un brusque refroidissement à l'orée du XIV^e siècle. Les données isotopiques (¹³C) caractéristiques du régime alimentaire des populations montrent effectivement qu'au tout début du petit âge glaciaire les Norrois se tournent vers une alimentation tirée de la mer aux dépens de l'élevage (Arneborg *et al.* 1999, 2012b). Les spores de champignons coprophiles disparaissent presque complètement entre le XV^e et le XX^e siècle, mais la résilience est modérée du point de vue de la végétation, à l'exemple notamment des plantes importées qui se maintiennent. La réintroduction de l'élevage au début du XX^e siècle est parfaitement marquée par les différents paramètres utilisés : si l'impact sur la végétation n'est guère différent de ce qui a été observé pendant la période norroise, l'érosion est largement supérieure et, depuis les années 1980, la mécanisation et l'emploi d'engrais ont un impact écologique notoire sur la qualité des eaux du lac (Egede 1982). Les diatomées montrent clairement un bouleversement sans précédent de l'écosystème lacustre : le lac est aujourd'hui mésothrophe (c'est-à-dire qu'il bénéficie d'un enrichissement moyen en nutriments, entre eutrophe et oligotrophe) pour la première fois de son existence depuis près de 10 000 ans (fig. 4).

Fig. 4

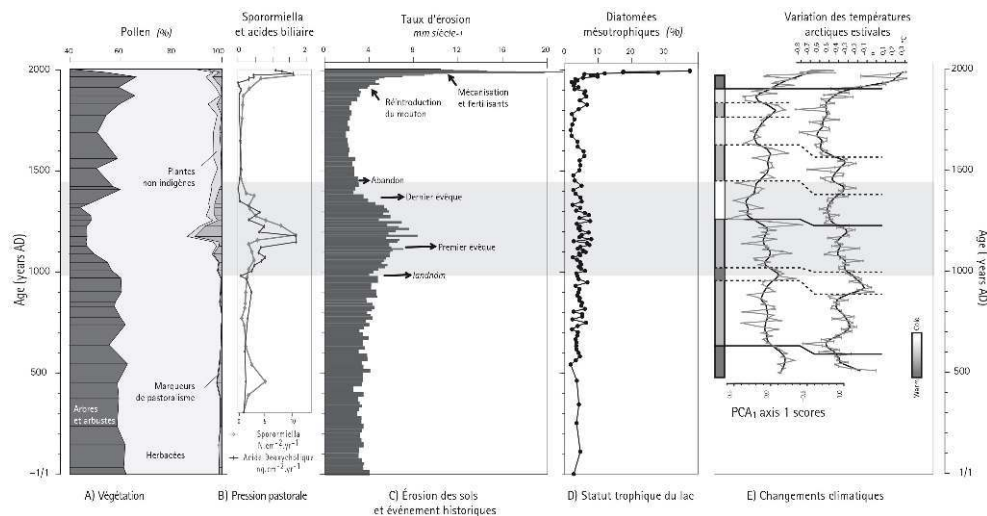


Figure synthétique des différents paramètres analysés sur les deux derniers millénaires : A) Diagramme pollinique simplifié (en pourcentage) de la période des deux derniers millénaires ; B) Evolution des marqueurs de la pression pastorale avec l'acide desoxycholique et les influx de *Sporormiella* (champignon coprophile strict) ; C) L'érosion des sols et les principaux événements historiques de la période viking ; D) Le statut trophique du lac avec la courbe (en pourcentage) des diatomées méso-trophiques ; E) Changement climatique avec l'axe 1 de la PCA des chironomes et les variations des températures arctiques estivales (Millet *et al.* 2014).

Perspectives et conclusion

- 12 Près de 40 ans après les travaux pionniers de Fredskild (1973, 1978), l'analyse multi-paramètres de la séquence sédimentaire du lac d'Igaliku a donné un premier diagnostic des relations homme-climat et de la dynamique des écosystèmes pour le sud du Groenland. Nos résultats ont montré que le peuple norrois avait finalement peu affecté

l'environnement. Son départ du Groenland fut sans doute progressif et en grande partie lié au refroidissement identifié dès la fin du XIII^e siècle. Les Norrois tentèrent cependant une adaptation en changeant de mode de vie, mais le climat eut finalement raison de cette tentative d'implantation d'activités agropastorales aux portes de l'Arctique. Pour la période récente du dernier siècle et la réintroduction de l'agriculture depuis 1920, l'étude des sédiments lacustres révèle un autre schéma. Jusqu'en 1980, durant la première étape de ce que l'on peut qualifier de « reconquête agricole », l'impact des activités agricoles est faible et similaire à celui de la période norroise. Afin de pallier certaines variations annuelles du climat, le gouvernement groenlandais a décidé de réorganiser les pratiques agricoles en développant la stabulation hivernale (Egede 1982). Les besoins en fourrage se sont donc accrus. De nouvelles parcelles de production de foin ont été créées et ensemencées ; la croissance du fourrage a été largement accélérée par l'usage de fertilisants industriels et protégée par des traitements phytosanitaires. Cette seconde étape de l'agriculture contemporaine génère des mutations sans précédent dans l'histoire des écosystèmes sud-groenlandais qui sont parfaitement évaluables dans les sédiments lacustres.

- 13 La comparaison à haute résolution temporelle des réponses environnementales des changements climatiques et agricoles du siècle passé avec les enregistrements sédimentaires de l'époque médiévale est l'un des objectifs des travaux en cours dans le cadre de l'ANR CEP&S Green Greenland. Si cette approche nous permet de mieux comprendre les interactions -complexes entre climat et pastoralisme au Moyen Âge, elle devrait aussi nous éclairer sur la durabilité des pratiques -agricoles actuelles et leurs conséquences pour l'avenir de l'agriculture au Groenland.

BIBLIOGRAPHIE

- ADDERLEY W.P. & SIMPSON I.A. 2006. « Soils and Palaeo-Climate based Evidence for Irrigation Requirements in Norse Greenland », *Journal of Archaeological Science*, 33 (1) : 1666-1679.
- ANDRESEN C.S., BJÖRCK S., BENNIKE O. & BOND G. 2004. « Holocene Climate Changes in Southern Greenland : Evidence from Lake Sediments », *Journal of Quaternary Science*, 19 (8) : 783-795.
- ARNEBORG J., HEINEMEIER J., LYNNERUP N., NIELSEN H.L., RUD N. & SVEINBJÖRNSDÓTTIR Á.E. 1999. « Change of Diet of the Greenland Vikings Determined from Stable Carbon Isotope Analysis and 14C Dating of their Bones », *Radiocarbon*, 41 : 157-168.
- ARNEBORG J., LYNNERUP N., HEINEMEIER J., MØHL J., RUD N. & SVEINBJÖRNSDÓTTIR Á.E. 2012a. « Norse Greenland Dietary Economy ca. AD 980-ca. AD 1450: Introduction », *Journal of North Atlantic*, Special Volume 6, In The Footsteps of Vebæk-Vatnahverfi Studies 2005-2011 : 1-39.
- ARNEBORG J., LYNNERUP N. & HEINEMEIER J. 2012b. « Human Diet and Subsistence Patterns in Norse Greenland AD c.980-AD c.1450: Archaeological Interpretations », *Journal of North Atlantic*, Special Volume 6, In The Footsteps of Vebæk-Vatnahverfi Studies 2005-2011 : 119-133.

- BENNIKE O. 1997. « Quaternary Vertebrates from Greenland: a Review », *Quaternary Science Reviews*, 16 (8) : 899-909.
- BENNIKE O. & SPARRENBOM C.J. 2007. « Dating of the Narssarsuaq Stade in Southern Greenland », *The Holocene*, 17 (2) : 279-282.
- BERGER A. & LOUTRE M.F. 1991. « Insolation Values for the Climate of the Last 10 Million Years », *Quaternary Science Reviews*, 10 (4) : 297-317.
- BICHET V., GAUTHIER E., MASSA C., PETIT CH. & RICHARD H. 2012. « Aux limites de l'agriculture : les archives sédimentaires de la colonisation médiévale au Groenland », in : J.-F. BERGER (dir.), *Des climats et des hommes*, Éditions La découverte, Paris : 307-326.
- BICHET V., GAUTHIER E., MASSA C., PERREN B., PETIT C., MATTHIEU O. & RICHARD H. 2013. « History and Impacts of South Greenland Farming Activities: an Insight from Lake Deposits », *Polar record*, 49 : 210-220.
- BICHET V., GAUTHIER E., MASSA C. & PERREN B. 2014. « Lake Sediments: the Memory of Climate Change and Land Use in the Eastern Settlement », in : V. MONOGRAPH, J. ARNEBORG, T. MCGOVERN & G. NYEGAARD (dir.), *Journal of North Atlantic*, Special Volume 6, In The Footsteps of Vebæk-Vatnahverfi Studies 2005-2011 : 47-63.
- BUCKLAND P.C., EDWARDS K.J., PANAGIOTAKOPULU E. & SCHOFIELD J.E. 2009. « Palaeoecological and Historical Evidence for Manuring and Irrigation at Gardar (Igaliku), Norse Eastern Settlement, Greenland », *The Holocene*, 19 : 105-116.
- CUGNY C., MAZIER F. & GALOP D. 2010. « Modern and Fossil non-Pollen Palynomorphs From the Basque Mountains (Western Pyrenees, France): the Use of Coprophilous Fungi to Reconstruct Pastoral Activity », *Vegetation History and Archaeobotany*, 19 : 391-408.
- DAVIS O.K. & SCHAFFER D.S. 2006. « Sporormiella Fungal Spores, a Palynological Means of Detecting Herbivore Density », *Palaeo-geography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 237 : 40-50.
- DUGMORE A., MCGOVERN T., VESTEINSSON O., ARNEBORG J., STREETER R. & KELLER C. 2012. « Cultural Adaptation, Compounding Vulnerabilities and Conjunctions in Norse Greenland », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America - PNAS*, 109 : 3658-3663.
- EDWARDS K.J., SCHOFIELD J.E. & MAUQUOY D. 2008. « High Resolution Paleoenvironmental and Chronological Investigations of Norse Landnam at Tasiuaq, Eastern Settlement, Greenland », *Quaternary Research*, 69 : 1-15.
- EGEDE K. 1982. *Detailplan for Fåreavlen i Sydgrønland. e Printed report*. Fåreavlkskonsulenttjenesten, Upernaviarssuk.
- FREDSKILD B. 1973. « Studies in the Vegetational History of Greenland », *Meddelelser om Grønland*, 198 : 1-245.
- FREDSKILD B. 1978. « Paleobotanical Investigations of Some Peat Deposits of Norse Age at Qagissiarssuk, South Greenland », *Meddelelser om Grønland*, 204 : 1-41.
- GAUTHIER E., BICHET V., MASSA C., VANNIERE B., PETIT C. & RICHARD H. 2010. « Pollen and non Pollen Palynomorph Evidence of Medieval Farming Activities in Greenland », *Vegetation History and Archaeobotany*, 19 : 427-438.
- GAUTHIER E., BICHET V., MASSA C., PERREN B. & RICHARD H. 2014. « Agriculteurs du Groenland : adaptation et vulnérabilité aux contraintes environnementales », in : S. COSTAMAGNO (dir.), *Histoire de l'alimentation humaine : entre choix et contraintes. Actes du 138^e congrès national du CTHS, Rennes, 2013*. Paris, Comité des travaux historiques et scientifiques : 16-25.

- GOLDING K.A., SIMPSON I.A., SCHOFIELD J.E. & EDWARDS K.J. 2011. « Norse-Inuit Interaction and Landscape Change in Southern Greenland? A Geochronological, Pedological, and Palynological Investigation », *Geoarchaeology*, 26 (3) : 315-345.
- GREENLAND AGRICULTURE ADVISORY BOARD. 2009. Available at : <http://www.nunalerineq.gl/english/landbrug/index-landbrug.htm>
- GRIMM E.C. 1987. « CONISS : a FORTRAN 77 Program for Stratigraphically Constrained Cluster Analysis by the Method of Incremental Sum of Squares », *Computers & Geosciences*, 13 (1) : 13-35.
- GRIMM E.C. 1991. *Tilia Software*. Illinois State Museum. Research and Collection Center, Springfield, Illinois.
- GUILLEMOT T., ZOCATELLI R., BICHET V., JACOB J., MASSA C., LE MILBEAU C., RICHARD H. & GAUTHIER E. 2015. « Evolution of Pastoralism in Southern Greenland during the Last Two Millennia Reconstructed from Bile Acids and Coprophilous Fungal Spores in Lacustrine Sediments », *Organic Geochemistry*, 81 : 40-44.
- GULLØV H.C. 2000. « Natives and Norse in Greenland », in : W.W. FITZHUGH & E.I. WARD (eds.), *Vikings: The North Atlantic Saga*. Washington, DC Smithsonian Institution Press : 318-326.
- KAPLAN M.R., WOLFE A.P. & MILLER G.H. 2002. « Holocene Environmental Variability in Southern Greenland inferred from Lake Sediments », *Quaternary Research*, 58 : 149-159.
- KAUFMAN D.S., SCHNEIDER D.P., MCKAY N.P., AMMANN C.M., BRADLEY R.S., BRIFFA K.R., MILLER G.H., OTTO-BLIESNER B.L., OVERPECK J.T. & VINTECHER B.M. & Arctic Lakes 2k Project Members ABBOTT M., AXFORD Y., BIRD B., BIRKS H.J.B., BJUNE A.E., BRINER J., COOK T., CHIPMAN M., FRANCUS P., GAJEWSKI K., GEIRSDOTTIR A., HU F.S., KUTCHKO B., LAMOUREUX S., LOSO M., MACDONALD G., PEROS M., PORINCHU D., SCHIFF C., SEPPA H. & THOMAS E. 2009. « Recent Warming Reverses Long-Term Arctic Cooling », *Science*, 325 : 1236-1239.
- LEDGER P.M., EDWARDS K.J. & SCHOFIELD J.E. 2013. « Shieling activity in the Norse Eastern Settlement: Palaeoenvironment of the 'Mountain Farm', Vatnahverfi, Greenland », *The Holocene*, 23 (6) : 810-822.
- LEDGER P.M., EDWARDS K.J. & SCHOFIELD J.E. 2015. « Taphonomy or Signal Sensitivity in Palaeoecological Investigations of Norse Landnám in Vatnahverfi, southern Greenland ? », *Boreas*, 44 (1) : 197-215.
- MCGOVERN T.H. 2000. « The Demise of Norse Greenland », in : W.W. FITZHUGH & E.I. WARD (eds.), *Vikings. The North Atlantic Saga*. Washington DC, Smithsonian Institution Press : 327-339.
- MCGHEE R. 1984. « Contact between Native North Americans and the Medieval Norse: A Review of the Evidence », *American Antiquity*, 49 : 4-26.
- MASSA C., BICHET V., GAUTHIER E., RICHARD H. & PETIT Ch. 2011. « Vers l'Amérique : l'implantation médiévale scandinave de la côte sud-ouest du Groenland. Approches historiques et premiers résultats des études paleo-environnementales », in : *Migrations, transferts et échanges de part et d'autre de l'Atlantique, Actes du congrès du CTHS du 2 au 7 juin 2008 à Québec*. CTHS, Quebec : 181-191.
- MASSA C., PERREN B., GAUTHIER E., BICHET V., PETIT CH. & RICHARD H. 2012a. « A 10 ka Record of Environmental Change from Lake Igaliku, South Greenland », *Journal of Palaeolimnology*, 48 (1) : 241-258.
- MASSA C., BICHET V., GAUTHIER E., PERREN P., MATHIEU O., PETIT CH., MONNA F., GIRAUDEAU J., LOSNO R. & RICHARD H. 2012b. « A 2500 Years Record of Natural and Anthropogenic Soil Erosion in South Greenland », *Quaternary Sciences Reviews*, 32 : 119-130.

- MASSON-DELMOTTE V., SWINGEDOUW D., LANDAIS A., SEIDENKRANTZ M-S., GAUTHIER G., BICHET V., MASSA C., PERREN B., JOMELLI V., ADALGEIRSDOTTIR G., HESSELBJERG CHRISTENSEN J., ARNEBORG J., BHATT U., WALKER D.A., ELBERLING B., GILLET-CHAULET F., RITZ C., GALLÉE H., VAN DEN BROEKE M., FETTWEIS X., DE VERNAL A. & VINTHER B. 2012. « Greenland Climate Change: from the Past to the Future », *WIREs Climate Change*, 3 (5) : 427-449. Doi : 10.1002/wcc.186.
- MILLET L., MASSA C., BICHET V., FROSSARD V., BELLE S. & GAUTHIER E. 2014. « A high Resolution 1500 Years Chironomid Stratigraphy from a Southern Greenland Lake : Anthropogenic versus Climatic Control », *Quaternary research*, 81 (2) : 193-202.
- OGILVIE A.E.J., WOOLLETT J.M., SMIAROWSKI K., ARNEBORG J., TROELSTRA S., KUIJPERS A., PÁLSDÓTTIR A. & MCGOVERN T.H. 2009. « Seals and Sea Ice in Medieval Greenland », *Journal of the North Atlantic*, 2 : 60-80.
- PERREN B., MASSA C., BICHET V., GAUTHIER E., MATHIEU O., PETIT C. & RICHARD H. 2012. « A Paleocological Perspective on 1450 Years of Human and Climate Impacts in South Greenland », *The Holocene*, 22 (9) : 1025-1034.
- SCHOFIELD J.E., EDWARDS K.J. & CHRISTENSEN C. 2007. « Environmental Impacts around the Time of Norse Landnam in the Qorlortoq Valley Eastern Settlement Greenland », *Journal of Archaeological Sciences*, 35 : 1643-1657.
- SCHOFIELD J.E. & EDWARDS K.J. 2011. « Grazing Impacts and Woodland Management in Eriksfjord: Betula, Coprophilous Fungi and the Norse Settlement of Greenland », *Vegetation History and Archaeobotany*, 20 (3) : 181-197.
- SCHOFIELD J.E., EDWARDS K.J., ERLENDSSON E. & LEDGER P.M. 2013. « Palynology Supports “Old Norse” Introductions to the Flora of Greenland », *Journal of Biogeography*, 40 (6) : 1119-1130.
- VAN GEEL B. & APTROOT A. 2006. « Fossil Ascomycetes in Quaternary Deposits », *Nova Hedwigia*, 82 : 313-329.

RÉSUMÉS

Depuis 2006, une équipe constituée de paléoenvironnementalistes du laboratoire Chrono-environnement de Besançon travaille sur les séquences lacustres du sud du Groenland. Le secteur étudié est au cœur de la zone occupée par les viking (l'Eastern settlement) entre 986 et 1450 cal. AD. Le but premier de cette étude était de mettre en évidence l'impact de cette colonisation sur un environnement vierge. L'étude des paramètres biotiques (grains de pollen, microfossiles non polliniques et diatomées) et abiotiques (sédimentologie, géochimie et isotopes) a été étendue à l'ensemble de certaines séquences afin de replacer la partie viking dans son contexte holocène. Cinq missions de terrain ont permis de collecter une vingtaine de séquences lacustres. La séquence sédimentaire prélevée dans le lac d'Igaliku (N61°00'22", W45°26'28), à côté du site médiéval de Garðar débute aux environs de 8000 cal. BC et l'enregistrement pollinique commence à partir de 6100 cal. AD ; elle fait partie des rares séquences complètes et bien datées (28 dates radiocarbone) de ce secteur subarctique. La première moitié de l'Holocène, jusque vers 2500 cal. BC, est marquée par un couvert végétal dominé par le genévrier et le saule. Ensuite l'apparition des conditions plus humides du Néoglaciel favorise l'essor du bouleau glanduleux, puis du bouleau pubescent. Dès la fin du premier millénaire après Jésus-Christ, la colonisation viking est marquée par une pression pastorale qui se traduit par l'augmentation brutale des taux de spores de champignons coprophiles, la diminution des pourcentages de bouleau et l'apparition de plantes importées comme l'oseille, le bouton d'or ou le pissenlit. Le développement de ces

activités agropastorales entraîne une érosion modérée des sols mais les diatomées montrent que le système lacustre n'est en rien affecté par ces changements. Dès 1300 cal. AD la pression pastorale et l'érosion diminuent, données corroborées par l'archéologie. À l'orée du Petit Âge Glaciaire, les vikings se tournent vers une alimentation tirée de la mer aux dépens de l'élevage. Aux environs de 1450 cal. AD, le peuplement disparaît mais la résilience est modérée du point de vue de la végétation car les plantes importées se maintiennent. La réintroduction de l'élevage au début du XXe siècle est parfaitement marquée par les différents paramètres d'étude : si l'impact sur la végétation n'est guère différent de ce qui a été observé pendant la période viking, l'érosion est largement supérieure et l'emploi d'engrais bouleverse définitivement l'écosystème lacustre.

Palaeoenvironmentalists from the Chrono-environment laboratory in Besançon have been working in Greenland since 2006. The study area is located in southern Greenland, within the Norse Eastern settlement occupied from 986 to 1450 cal. BC. The study aims at characterizing the impact of this first colonization on a pristine environment. The lacustrine sequence was studied with the help of different proxies (palynology, Non Pollen Palynomorph, Diatoms, sedimentology, geochemical and isotope analyses) and, in some site, the Norse settlement was integrated in the Holocene context. About 20 sediment cores were collected during 5 fieldtrips from 2006 to 2013. The Holocene sequence from Igaliku, the medieval Garðar, starts at 8000 cal. AD and the record of pollen rain starts at about 6100 cal. AD ; it is one of the best radiocarbon dated sequences of this area. From 6100 to 2500 cal. AD, pollen diagram from Lake Igaliku shows that vegetation is dominated by juniper and willow. Starting in 2500 cal. AD, with the beginning of the neoglacial period, Juniper pollen decreases while dwarf birch and white birch become the dominant tree taxa. Decrease in birch and juniper and the rise in coprophilous fungi are the first evidences of the Norse settlement. The presence of settlers and livestock is clearly recorded: increasing soil erosion frequencies Norse apophytes (sheep sorrel, dandelion, buttercup) and coprophilous fungi. This colonization phase is followed by a period of decreasing human impact at the beginning of the 14th century, with a decrease in coprophilous fungi suggesting a reduced grazing pressure. The regrowth of willow and birch and the disappearance of anthropogenic indicators except sheep sorrel type between the 15th and 18th century demonstrate the abandonment of the settlement, until the development of contemporary agriculture in the 20th century. Impact of modern agriculture on vegetation is comparable to the Norse impact. However, mechanization and fertilization have heavily increased soil erosion and transformed the lake ecosystem.

INDEX

Mots-clés : Groenland, lacs, Holocène, Vikings, analyses multi-proxy

AUTEURS

EMILIE GAUTHIER

Laboratoire Chrono-environnement, UMR 6249/CNRS, 16 route de Gray, 25030 Besançon cedex
Emilie.Gauthier@univ-fcomte.fr

VINCENT BICHET

Laboratoire Chrono-environnement, UMR 6249/CNRS, 16 route de Gray, 25030 Besançon cedex
vincent.bichet@univ-fcomte.fr

CHARLY MASSA

Department of Earth and Environmental Sciences, Lehigh University, 1 West Packer Avenue,
Bethlehem PA 18015-3001, U.S.A
chm313@lehigh.EDU

TYPHAINE GUILLEMOT

Laboratoire Chrono-environnement, UMR 6249/CNRS, 16 route de Gray, 25030 Besançon cedex

LAURENT MILLET

Laboratoire Chrono-environnement, UMR 6249/CNRS, 16 route de Gray, 25030 Besançon cedex
laurent.millet@univ-fcomte.fr

CHRISTOPHE PETIT

UMR 7041/CNRS, ARSCAN : Archéologie, préhistoire et Antiquité, Paris
Christophe.Petit@univ-paris1.fr

HERVÉ RICHARD

Laboratoire Chrono-environnement, UMR 6249/CNRS, 16 route de Gray, 25030 Besançon cedex
Herve.Richard@univ.fcomte.fr