



déterministe peine à reproduire certaines de nos observations. En effet, au fil de nos études de la phyllotaxie spiralee chez *Arabidopsis thaliana*, nous avons accumulé des mesures qui montrent des variations dans le motif, des imperfections par rapport à la séquence attendue. Notamment, l'angle de divergence s'écarte de l'angle d'or lorsqu'on le mesure le long des tiges. Toutefois, ces variations ne sont pas du bruit aléatoire : elles ont une structure stéréotypée très frappante. Leur étude statistique et mathématique, couplée à l'observation de la formation des organes en temps réel, nous indique qu'elles correspondent à des organes se formant en même temps et dont l'ordre se trouve de temps en temps permuté le long de la tige.

Ces permutations sont relativement courantes chez *Arabidopsis thaliana* et on les observe facilement dans la nature sur des plantes ayant, comme l'arabette, une tige allongée qui sépare les éléments botaniques. Or, bien que possibles dans le cadre du modèle déterministe, les permutations obtenues n'atteignent jamais ni l'intensité ni la complexité que l'on a mesurées.

LA PART DU HASARD

Ces variations dessinent en filigrane les mécanismes à l'œuvre. Comment donc modifier les mécanismes du modèle déterministe pour corriger ses écarts à la réalité ? Dans ce modèle, le niveau local du champ inhibiteur détermine si un organe va se former. À chaque pas de temps et pour toute position sur le pourtour du disque central d'un méristème, l'ordinateur calcule si les champs des organes voisins inhibent la croissance d'un organe, selon qu'ils dépassent ou non un certain seuil. Il génère alors un organe dans chaque zone où ce seuil est dépassé. Pourtant, de plus en plus d'études indiquent que le déclenchement de la formation d'un organe n'est pas aussi déterministe. Nous avons donc élaboré un nouveau modèle qui reprend les aspects géométriques du précédent, mais dans lequel ce déclenchement est probabiliste.

Un organe est produit selon une probabilité qui dépend du niveau d'inhibition (intensité et temps d'exposition) que les cellules perçoivent localement. L'introduction de cette nouvelle hypothèse dans le modèle permet de reproduire de manière plus fidèle les permutations mesurées chez *Arabidopsis thaliana*. De plus, nous en avons dérivé de nouveaux paramètres de contrôle du système, reliés à des propriétés observables comme la géométrie de la phyllotaxie, le nombre de permutations ou l'intervalle de temps qui sépare la formation des organes.

Ce nouveau modèle stochastique nous a aussi permis de remonter à des propriétés encore non observables, comme la sensibilité des cellules aux champs inhibiteurs. En

particulier, il suggère que la perception des signaux par les cellules est un facteur important à prendre en compte pour expliquer les motifs de phyllotaxie. Surtout, comme tout modèle, il offre un cadre pour proposer de nouvelles expériences et tester sa validité.

LES DÉFIS DES BIOLOGISTES

Tester un modèle n'est cependant pas une chose aisée, encore faut-il disposer des outils adéquats pour réaliser les expériences suggérées. Un premier défi consiste aujourd'hui à mesurer de façon précise et rapide plusieurs paramètres macroscopiques de l'architecture des plantes. Que ce soit pour étayer statistiquement les résultats ou pour distinguer les effets de différents gènes, la génétique nécessite souvent de mesurer de nombreuses plantes. Pourtant, l'étude de grosses cohortes n'est pas encore envisageable pour mesurer des paramètres comme l'angle de divergence, le nombre de permutations, la taille des tiges, le temps qui sépare la formation de deux organes, etc. Des procédures d'automatisation de ces mesures sont en développement, mais elles sont indispensables pour réaliser ce saut du qualitatif au quantitatif dans l'étude de la phyllotaxie.

Le deuxième défi est de relier quantitativement les paramètres de contrôle parfois assez abstraits définis dans les modèles à des données moléculaires ou cellulaires mesurables expérimentalement. Quelle est la taille d'un champ inhibiteur ? Quelle est celle de la zone centrale où aucun organe ne peut se former ? La difficulté provient cette fois du fait que ces paramètres ne sont pas nécessairement morphologiques, donc accessibles par la simple observation, mais fonctionnels. Il est donc nécessaire de connaître un minimum d'informations sur les bases moléculaires de ces fonctions pour en suivre la trace.

Par exemple, si les champs inhibiteurs correspondent aux concentrations d'auxine dans le méristème, il suffirait de suivre celles-ci au cours du temps pour déduire la dynamique des champs. Or jusque très récemment, il n'existait pas de moyen de mesurer quantitativement les niveaux d'hormones dans le méristème avec une sensibilité suffisante, à la résolution cellulaire. Mais en 2012, notre équipe a levé cet obstacle en élaborant un nouveau biocapteur (une protéine fluorescente sensible à la concentration d'auxine, voir la figure page 33) qui indique les concentrations d'auxine que les cellules perçoivent. En couplant ce biocapteur d'auxine avec d'autres marqueurs de l'activité et de la différenciation des cellules, il devient possible de suivre la dynamique spatiotemporelle de la distribution des signaux et de l'autoorganisation du méristème. Face aux modèles informatiques, la biologie moléculaire n'a donc pas dit son dernier mot ! ■

BIBLIOGRAPHIE

Y. Refahi et al., **A stochastic multicellular model identifies biological watermarks from disorders in self-organized patterns of phyllotaxis**, *eLife*, vol. 5, article e14093, 2016.

C. Golé et al., **Fibonacci or quasi-symmetric phyllotaxis. Part I : Why ?**, *Acta Soc. Bot. Pol.*, vol. 85(4), article 3533, 2016.

F. Besnard et al., **Cytokinin signalling inhibitory fields provide robustness to phyllotaxis**, *Nature*, vol. 505, pp. 417-421, 2014.

G. Brunoud et al., **A novel sensor to map auxin response and distribution at high spatio-temporal resolution**, *Nature*, vol. 482, pp. 103-106, 2012.

T. Vernoux et al., **The auxin signalling network translates dynamic input into robust patterning at the shoot apex**, *Mol. Syst. Biol.*, vol. 7, article 508, 2011.

L'ESSENTIEL

> Au début du ^{xv}^e siècle, les colonies vikings du Groenland se sont mystérieusement vidées de leurs habitants.

> Les chercheurs ont longtemps expliqué leur déclin par le refus obstiné des Vikings d'adapter leurs coutumes européennes aux conditions de cette terre arctique.

> Pourtant, des fouilles archéologiques montrent que les Vikings du Groenland ont bien su évoluer.

> Un jeu complexe d'influences culturelles et politiques provenant de l'étranger aurait provoqué leur disparition.

L'AUTEUR



ZACH ZORICH
journaliste indépendant vivant au Colorado, aux États-Unis. Ancien archéologue, il contribue à diverses publications telles que le magazine *Archaeologia*, *Nature* et *Science*

L'énigme des Vikings du Groenland





Après avoir mené une vie prospère au Groenland pendant cinq siècles, les Vikings ont subitement quitté l'île au ^{xv}^e siècle.

Quelles sombres menaces ont effrayé ces Scandinaves, que l'on imagine intrépides et endurants ? De nouvelles découvertes archéologiques expliquent leur mystérieuse disparition.



An 1000, le long de la côte ouest du Groenland. Une embarcation à six rames emmène un équipage de Vikings vers le bout du monde ou du moins ce qu'on considère comme tel à l'époque. Le vent, la pluie et les embruns d'eau salée glaciale transforment le périple en cauchemar. Les risques de noyade et d'hypothermie guettent à chaque instant. Finalement, après quinze jours de navigation, le bateau accoste dans un golfe, aujourd'hui appelé baie de Disko. Des morse se languissent sur les plages, où ils sont venus se reposer et s'accoupler. Les animaux, une vraie aubaine, constituent des cibles faciles et leurs défenses d'ivoire valent certainement une fortune en Europe. Les Vikings se réjouissent. Leur voyage éreintant est grassement remboursé.

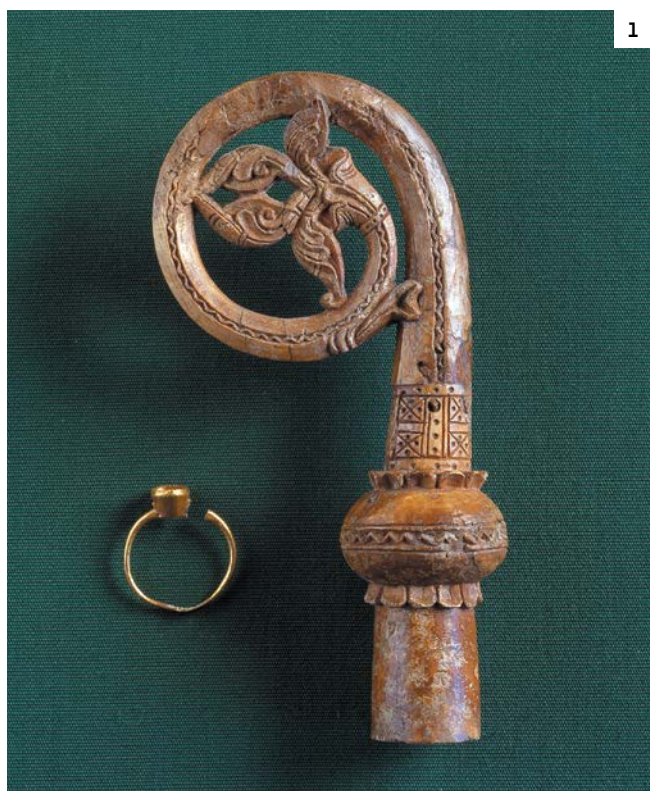
Pendant des centaines d'années, les Vikings, également connus sous le nom de

Northmen (« Hommes du Nord »), ont régné sur cet avant-poste arctique. Ils y ont établi deux colonies florissantes qui, à leur apogée, comprenaient des milliers de membres. Mais dans la première moitié du ^{xv}^e siècle, celles-ci ont disparu. Les Vikings s'étaient comme volatilisés. Que s'est-il donc passé ?

L'explication classique de la fin de l'implantation viking au Groenland tient en deux mots : la force de l'habitude. Les colons se seraient accrochés obstinément au mode de vie européen, s'entêtant à aménager des pâturages pour leurs vaches et leurs moutons sans s'aviser que ce type d'agriculture était mal adapté au climat froid et au terrain rocailleux de la région. Toutefois des preuves archéologiques, de plus en plus nombreuses, nous racontent une autre histoire, plus complexe.

D'abord, les Vikings auraient bel et bien su s'écarter de la tradition européenne pour s'adapter aux défis uniques que posait le Groenland. Ils ont appris, par exemple, à

Ces artefacts révèlent les facettes de la vie des Vikings au Groenland. Un anneau et le bâton de la tombe d'un évêque (1) témoignent de l'influence de l'Église sur les colonies. Les Vikings du Groenland entretenaient des liens culturels avec l'Europe, embrassant leurs modes vestimentaires (2) et leurs coutumes.



1



2

chasser le morse pour compléter leur alimentation. L'ensemble de ces adaptations auraient permis aux colonies de perdurer, malgré un refroidissement climatique qui rendait chaque année la vie un peu plus difficile dans cet environnement déjà hostile. Autre élément nouveau apporté au dossier par l'archéologie : les changements politiques et culturels à l'œuvre dans le reste du monde n'auraient pas épargné les Vikings du Groenland en dépit de leur isolement. Ces bouleversements les auraient marginalisés et auraient finalement constitué pour eux un péril encore plus dangereux que le changement climatique.

L'EXIL DU REDOUTABLE ERIK

Les Vikings ne se seraient peut-être jamais installés au Groenland si le redoutable Erik le Rouge n'avait pas commis une série de crimes. Selon les sagas islandaises – des œuvres en prose du ^{xiii}^e siècle qui mêlent histoire et légende et narrent la vie et les hauts faits des colonisateurs de l'Islande –, Erik et son père étaient de petits propriétaires fonciers vivant en Norvège. Impliqués dans plusieurs meurtres, ils furent condamnés à l'exil en Islande. Peu prompt à retenir les leçons, Erik fut plus tard banni de l'île volcanique pour avoir violemment réglé un différend entre voisins.

Mais vers quelle terre mettrait-il le cap cette fois ? Ayant épuisé toutes les destinations connues, Erik navigua vers une région encore peu explorée : l'ouest. Il découvrit alors le

rivage d'une terre qui fut ensuite baptisée Groenland. Il dut s'y plaire, car à la fin de son exil, en 985, il retourna en Islande et persuada un groupe de colons de le suivre là-bas. Ils entassèrent leurs biens dans 25 embarcations et cinglèrent vers la terre promise. Seuls 14 bateaux survécurent au voyage.

La raison qui poussa d'autres Vikings à s'installer au Groenland est floue. Les historiens et les anthropologues qui ont étudié la question ont longtemps pensé qu'il s'agissait d'un acte guidé par la nécessité : toutes les bonnes terres agricoles d'Islande et des îles Féroé étant cultivées, les Vikings auraient cherché de nouveaux espaces pour y élever du bétail. Selon une autre théorie, ils auraient été victimes de la publicité mensongère d'Erik, qui aurait malicieusement baptisé de *Grænland* (littéralement « Terre verte ») un continent rocheux et couvert de glace pour attirer plus de colons.

Poussés par le désespoir ou des visions de paradis, les Vikings ont donc commencé à affluer de l'Islande et l'Europe vers le Groenland, lors d'une première vague de migration qui s'est déroulée aux alentours de l'an 1000. Ils se sont alors installés sur la plupart des meilleures terres agricoles et des meilleurs sites portuaires. Ceux qui arrivèrent plus tard durent en revanche se contenter de lieux moins favorables. Une société commença à prendre forme à mesure que ces fermiers faisaient venir des parents, qui transformaient à ➤

Mais ils exportaient aussi leurs propres marchandises, comme l'ivoire de morse qui servait en Europe aux ornements et dans lequel ont été taillées les figurines de Lewis, des pièces de jeu d'échecs (3). En naviguant le long des côtes, les Vikings ont rencontré des groupes autochtones, qui auraient sculpté dans le bois le portrait des nouveaux venus (4).



3

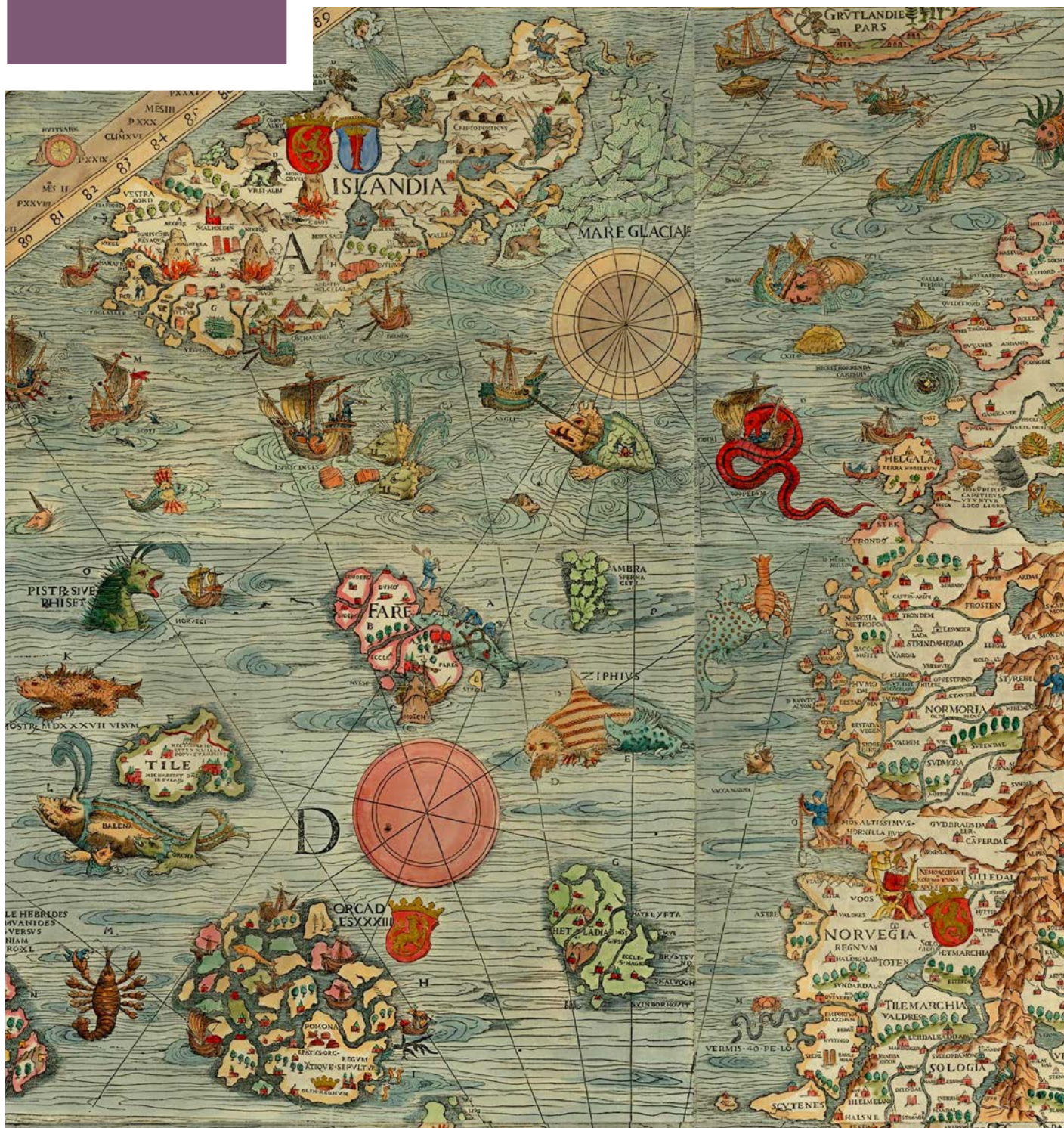


4

L'AUTRE « OR » VIKING: L'OURS ET LA BALEINE

Comment matérialiser le pouvoir quand on vit sur une terre dépourvue de métaux précieux? Au Groenland, à défaut de mines d'or et d'argent, les Vikings utilisèrent les ressources locales à leur disposition pour

afficher leur richesse et leur puissance. La chasse à l'ours et à la baleine, qu'ils pratiquaient en plus de celle des phoques et des morses, ne leur fournissait pas seulement des matières premières utiles au quotidien, elle leur offrait aussi des biens à haute valeur marchande et symbolique.



Notre connaissance sur l'intérêt que portaient les Vikings à ces deux animaux provient pour l'essentiel de sources textuelles. *L'Historia Norwegiae* (l'histoire de la Norvège), rédigée vers 1150, offre un panorama coloré de la Norvège et du Groenland et mentionne notamment la chasse à la

baleine que l'on menait sur les deux territoires. Il en va de même avec un autre texte norvégien, écrit vers 1250 : le *Miroir royal*. Vingt-deux types de baleines y sont répertoriés. Par ailleurs, les sagas islandaises évoquent divers animaux qui interfèrent avec les aventures des protagonistes, colonnes vertébrales des sagas. À ces textes répondent des données archéozoologiques. Les sites de fouilles sont nombreux (explorés notamment par Thomas McGovern du Hunter College) et donnent vie aux textes.

Grâce à l'ensemble de ces données, nous en savons un peu plus sur les bénéfices immédiats que tiraient les hommes du Nord de ces bêtes. Ainsi la baleine était-elle une mine de ressources : avec sa peau, on faisait des cordages ; avec ses os, des outils (comme des pelles) ou du mobilier (ses vertèbres donnaient des chaises). Ces usages compensaient l'absence de bois au Groenland. En outre, les fanons de baleine permettaient de coudre les vêtements. Quant à l'ours, on utilisait sa fourrure ou ses os. Par ailleurs, la chair des deux mammifères constituait une importante ressource alimentaire en cas de chasse prodigue. Le *Miroir royal* présente d'ailleurs comme comestibles 16 des 22 sortes de baleines connues.

Mais la chasse de l'ours et de la baleine représente aussi pour les Vikings un moyen de s'enrichir, notamment grâce à l'exportation des surplus. Le Groenland est en effet une colonie très dépendante des centres de gravité scandinaves du Moyen Âge : l'Islande occidentale et la Norvège méridionale. En cela, l'exotisme d'un produit comme une peau d'ours blanc est un atout pour le commerce, mais aussi dans le cadre de relations diplomatiques. Au XIII^e siècle, dans une courte saga islandaise intitulée *Dit des Groenlandais*, l'auteur mentionne parmi des cadeaux diplomatiques reçus un ours du Groenland : « Einar avait emporté un

ours du Groenland avec lui et il le donna au roi Sigurd. »

Enfin, les chefs locaux utilisaient les ressources animales, reflets de leur richesse, pour asseoir leur pouvoir à diverses occasions. Par exemple, l'huile de baleine constituait un faire-valoir durant la nuit polaire. Pour maintenir leur statut social en cette période où la lumière du jour se fait rare, les chefs se devaient d'assurer un éclairage constant dans leurs habitations. Cette tradition illustre la forte compétition sociale qui existait entre les chefs.

L'huile de baleine constituait un faire-valoir durant la nuit polaire

Cette compétition pourrait expliquer l'origine des cadavres inhumés découverts à Brattahlíð, sur le site même où Erik le Rouge avait installé sa première colonie. L'un d'eux avait été blessé ou tué avec un couteau, et l'arme était encore plantée entre ses côtes lorsque les archéologues ont découvert le corps. De plus, dans une fosse commune du cimetière de Brattahlíð, les archéologues ont mis au jour les ossements de treize hommes et d'un enfant d'une dizaine d'années. Sur ces quatorze corps, trois ont connu une mort violente, comme en témoignent les blessures au crâne causées par des objets tranchants. Leur fin pourrait être mise en parallèle avec un épisode semblable à celui raconté dans la *Saga des frères jurés* : une baleine s'échoue dans les Strandir (Islande) et un combat à mort s'ensuit entre plusieurs hommes pour récupérer ce *rek-hvalr* (baleine échouée). En s'appropriant la dépouille d'une baleine, un chef viking s'assurait d'augmenter son prestige.

Les Scandinaves chassaient nombre d'animaux marins. La *Carta Marina* (1539) d'Olaus Magnus, évêque et cartographe suédois, montre des scènes de chasse de ces bêtes, mais aussi des monstres de la mer.

MAXIME DELLIAUX
professeur certifié d'histoire-géographie, chercheur en histoire médiévale (master de recherche à l'université du Littoral-Côte d'Opale de Boulogne-sur-Mer sous la direction d'Alban Gautier)



© Wikimedia Commons - James Ford Bell Library, université du Minnesota

> leur tour un espace vierge en pâture pour leurs moutons et leurs vaches. Les fermes étaient concentrées dans deux secteurs de la côte ouest de l'île: la «colonie de l'Ouest», située à quelque 800 kilomètres au sud de la baie de Disko, et la «colonie de l'Est», localisée 500 kilomètres plus loin encore au sud.

Des ruines découvertes à Vatnahverfi, près de la pointe méridionale du Groenland, ont aidé les archéologues à imaginer les implantations vikings. Vatnahverfi semble avoir été l'une des zones agricoles les plus riches de la colonie de l'Est. La côte déchiquetée y forme des langues rocheuses qui s'enfoncent dans l'océan. Entre les rives étroites et empierrées pousse sur le sol une herbe grasse que paissent, comme il y a 700 ans, des troupeaux de moutons. Des tas de pierres recouverts de mousse sont tout ce qui reste des anciens bâtiments vikings. Leur disposition correspond aux fermes médiévales de Scandinavie et d'Islande: le bâtiment principal est dressé au centre du meilleur pâturage et est entouré de bâtiments plus petits où les gens pouvaient vivre quand ils déplaçaient leurs troupeaux. À la fin des années 2000, une équipe de fouilles dirigée par Konrad Smiarowski, alors docteurant du Hunter College, à l'université de la ville de New York, y a identifié au total 47 domaines agricoles organisés autour d'un noyau central de 8 fermes.

DES HUTTES POUR TONDRE LES MOUTONS

À Vatnahverfi, les fermes vikings s'étendaient sur de si vastes étendues que les fermiers devaient construire des «*shielings*» (ce mot anglais vient du norrois, la langue des Vikings, et signifie «hutte»), des sortes de petites habitations d'estive qui servaient d'abris temporaires aux troupeaux et où ils pouvaient traire les vaches, tondre les moutons et transformer les produits laitiers et la viande. L'équipe de Konrad Smiarowski a localisé 86 *shielings* dans cette région au cours des douze dernières années. Ces découvertes et celles d'autres équipes suggèrent que la communauté agricole de Vatnahverfi comptait entre 255 et 533 membres.

Plusieurs archéologues, dont Thomas McGovern du Hunter College et Jette Arneborg du Musée national du Danemark, à Copenhague, soutiennent l'idée que l'activité agricole a structuré la hiérarchie sociale des Vikings du Groenland. L'élite qui possédait la terre avait un besoin vital de main-d'œuvre pour l'exploiter. Elle logeait donc les familles des fermiers et leur accordait l'accès aux pâturages en échange d'une partie des bénéfices que ceux-ci en tiraient. Ce système de fermage a permis aux colonies du Groenland de prospérer et de croître jusqu'à atteindre une population d'environ 3000 individus entre 1200 et 1250.

Mais très rapidement après l'arrivée des hommes du Nord sur les «terres vertes», les conditions climatiques se sont détériorées, les forçant à relever un certain nombre de défis. Les tempêtes ont redoublé de violence. L'approvisionnement en foin pour nourrir les porcs et les vaches en hiver devint difficile et convainquit les agriculteurs de passer à l'élevage de moutons. Là où les pâturages régressaient, les enclos se peuplèrent de chèvres, des animaux capables de se nourrir d'à peu près tout. Le lait des moutons et des chèvres remplaça le lait de vache comme base du régime alimentaire. La viande rouge et le porc, en revanche, étaient réservés aux grandes occasions ou aux tables des riches.

Les fermes n'étant pas assez productives pour subvenir aux besoins de tous les colons, les Vikings durent trouver de nouvelles sources de nourriture. Les dépôts d'ordures mis au jour par l'archéologie montrent qu'ils ont alors commencé à chasser intensément les phoques. Cette chasse se déroulait sans doute dans les eaux libres des fjords à l'aide de bateaux et de filets qui permettaient de rassembler les animaux avant de les harponner.

À leur tableau de chasse s'ajoutèrent également le caribou et le morse. Difficile et éprouvante, la mise à mort de ces animaux réclamait certainement que les hommes unissent leurs forces et acceptent de se placer sous l'autorité d'un meneur. Les Vikings se sont probablement pliés à ces contraintes sans mauvaise volonté, car ils travaillaient déjà de façon communautaire dans les fermes. Au bout du compte, l'organisation des fermes leur a fourni un cadre pour gérer efficacement tant la chasse que les ressources alimentaires. Ces nouvelles pratiques de chasse et d'agriculture sont ainsi devenues une adaptation propre à l'environnement du Groenland.

Les Vikings n'ont cependant pas créé ces stratégies de toutes pièces. Elles faisaient

La communauté agricole de Vatnahverfi comptait entre 255 et 533 membres

certainement partie de leur héritage culturel importé d'Islande et de Scandinavie continentale. Les écologues nomment cet héritage – c'est-à-dire l'ensemble des comportements et des techniques accumulés par un peuple pendant des générations au contact de l'environnement – le « savoir écologique traditionnel ». Par exemple, nous savons que la chasse au phoque était déjà pratiquée dans la mer Baltique et en Islande, même si elle concernait une espèce différente de celle principalement chassée au Groenland. Quant aux morses, les Vikings ont pu apprendre comment les tuer en Islande. Dans les deux cas, les colons ont dû adapter des techniques déjà connues aux circonstances singulières rencontrées au Groenland.

DES ÉGLISES POUR ASSEOIR LE POUVOIR

Mais l'approvisionnement en nourriture n'était pas l'unique préoccupation des colons, du moins pas de tous. Tandis que les simples travailleurs s'échinaient à produire des vivres, l'élite propriétaire cherchait des moyens d'amplifier son influence. Une solution consista à construire des églises et des cimetières. En effet, les fermes étant dispersées, l'installation de lieux de rencontre centraux s'imposait pour créer du lien social. « Les colons n'avaient pas le choix, ils devaient former une communauté d'une façon ou d'une autre », avance Konrad Smiarowski. Les églises devinrent un moyen de rassembler les gens pour les mariages, les funérailles et les services réguliers.

Elles remplirent aussi une autre fonction : en 1123, les autorités religieuses donnèrent le titre d'évêque du Groenland à un prêtre nommé Arnald. En d'autres termes, l'Église commençait à considérer le Groenland comme une ressource économique.

À mesure que le commerce entre l'Europe et le Groenland s'intensifiait, les colons commencèrent à chercher des moyens de faire fructifier cette relation. Ils obtinrent de Haakon IV, le roi de Norvège, l'intégration du Groenland dans son royaume. Les Groenlandais se mirent à payer des impôts à la Norvège et, en retour, le roi garantissait qu'un navire (appelé le « Transporteur du Groenland ») se rende chez eux chaque année pour acheter et vendre des marchandises. Ces missions commerciales maintinrent le Groenland dans l'économie et la culture européennes. De même, elles expliqueraient pourquoi les Vikings portaient des robes et se coiffaient avec des peignes à chevrons semblables à ceux des Européens.

Les navires marchands tels que le Transporteur du Groenland ont peut-être également embarqué des biens et des personnes pour le compte de l'Église catholique. En 1341, l'évêque de Bergen, en Norvège, envoya un

LES LIENS AVEC L'EUROPE

Les Vikings du Groenland ont commencé à affluer de l'Islande et d'autres parties de l'Europe vers l'an 1000. Ils y ont établi deux colonies, situées à quelques centaines de kilomètres l'une de l'autre. Malgré leur isolement, ils ont continué à maintenir des liens politiques et culturels avec l'Europe. L'un des sites sur lesquels ils se sont installés, Vatnahverfi, montre qu'ils pratiquaient l'élevage de vaches et de moutons comme en Scandinavie et en Islande. Pour trouver de nouvelles

sources de nourriture et de revenus, ils ont commencé à chasser les phoques et les caribous. À bord de petits bateaux, ils montaient le long de la côte ouest jusqu'à la baie de Disko pour y abattre des morses afin de récupérer leurs défenses en ivoire. Les Vikings ont exporté de l'ivoire et des fourrures en Europe via un navire envoyé depuis Bergen, en Norvège. Le commerce a été florissant jusqu'à ce que ces produits de luxe tombent en disgrâce sur les marchés européens.



prêtre au Groenland pour y dresser une liste des églises et de leurs possessions. Or à l'époque, le clergé était friand d'ornements en ivoire. Pour Mikkel Sørensen, un expert en histoire et archéologie du Groenland à l'université de Copenhague, l'évêque s'est peut-être rendu là-bas pour s'assurer du bon fonctionnement de la chaîne d'approvisionnement entre le Groenland et l'Église. Jette Arneborg discute cependant cette hypothèse : selon elle, les autorités ecclésiastiques étaient plus intéressées par l'argent du commerce de l'ivoire que par l'ivoire lui-même.

PRIS DANS LA TOURMENTE DU PETIT ÂGE GLACIAIRE

D'une manière ou d'une autre, les rois norvégiens contrôlaient ce qui était pratiquement la seule source d'ivoire en Europe à l'époque. Les relations commerciales semblent avoir été profitables aux deux parties pendant plus d'un siècle. Des débris d'ivoire de morse ont été découverts sur des sites d'ateliers médiévaux de la Scandinavie jusqu'à l'Irlande et l'Allemagne, ce qui montre l'appétit des Européens pour l'or blanc.

Des changements dramatiques se préparaient toutefois. L'analyse de carottes de sédiments provenant des fonds marins du >

> nord-ouest de l'Islande montre que vers 1250, le climat est entré dans une phase appelée le petit âge glaciaire. Pendant cette période, les températures ont chuté et les systèmes météorologiques se sont déréglés. Les tempêtes sont devenues plus fréquentes et violentes. Selon Thomas McGovern, les dangers qu'affrontaient les bateaux durant la longue traversée entre l'Islande et le Groenland ont pu décourager les navigateurs venus chercher fortune en terre arctique.

Même si les colonies ont encore perduré pendant 200 ans, de nombreux chercheurs ont considéré l'entrée dans le petit âge glaciaire comme l'amorce du déclin des Vikings du Groenland : leur société aurait ensuite périclité par refus ou incapacité de changer.

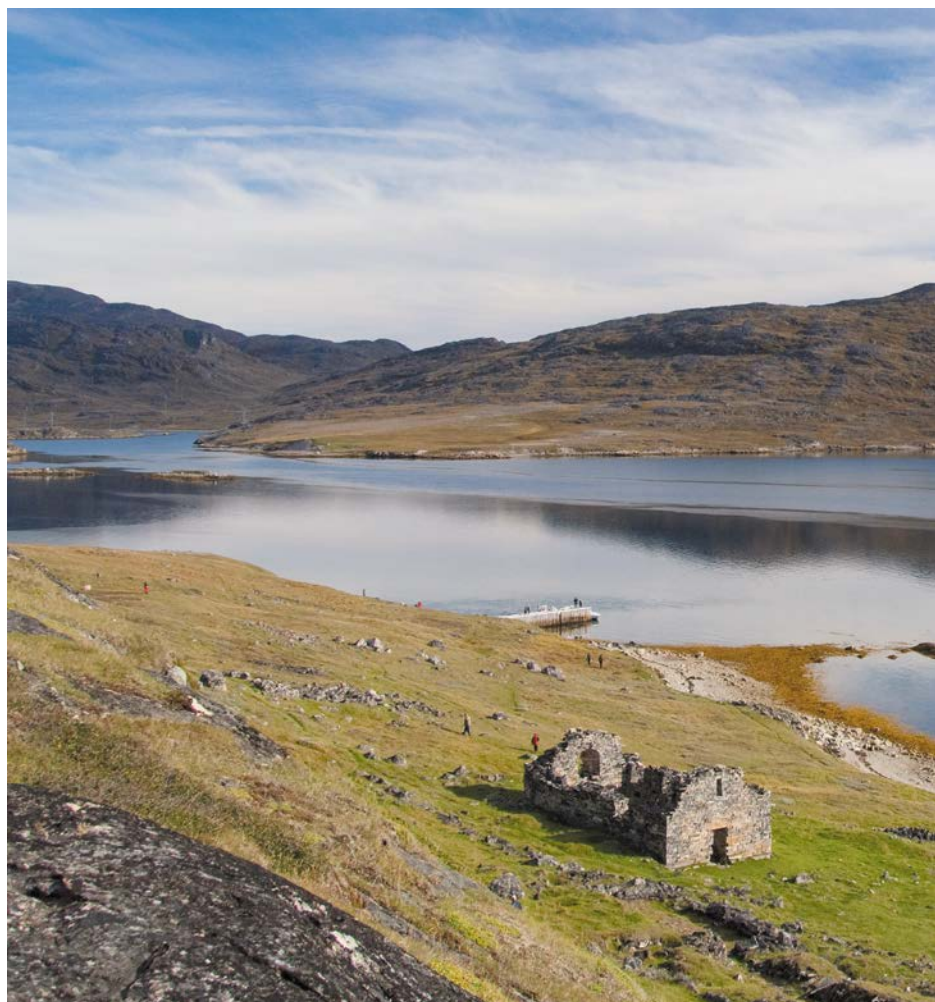
Mais Thomas McGovern doute que les bouleversements climatiques aient entraîné la chute de la société viking : « En 1250, les Groenlandais se trouvaient là depuis de nombreuses années déjà et leur vie n'était pas de tout repos. Ils avaient vécu des moments difficiles, bravé des tempêtes et, parfois, des gens se noyaient durant les traversées, mais ils y étaient habitués. »

Contrairement à l'image classique qui les dépeint comme prisonniers de leurs habitudes, les Vikings semblent avoir affronté le changement climatique assez efficacement. Les os trouvés dans les ruines des fermes médiévales à travers le Groenland indiquent qu'ils ont concentré leur élevage encore davantage sur les moutons et les chèvres, des espèces assez robustes pour survivre avec de moindres quantités d'herbe. Malgré tout, les petits propriétaires terriens ont dû souffrir de cette nouvelle donne météorologique et lutter pour nourrir leurs troupeaux. Un choix s'offrait à eux : soit ils s'agrandissaient en louant des parcelles aux riches propriétaires, soit ils vendaient leurs biens et trouvaient une nouvelle façon de gagner leur vie. Nécessité faisant loi, ils optèrent pour la première solution et survécurent ainsi, au moins un temps.

L'ÉROSION DU COMMERCE D'IVOIRE

Mais loin du Groenland, le monde continuait de changer et, cette fois, cela n'avait rien à voir avec le climat. Par un jeu complexe d'influences culturelles et politiques, ces changements condamnèrent les colonies vikings du Groenland.

D'abord, les Vikings essuyèrent la chute du cours de l'ivoire, consécutive à une série d'événements à l'échelle mondiale. Jusqu'au XIII^e siècle, les guerres entre chrétiens et musulmans au Moyen-Orient avaient contribué à faire du Groenland un acteur majeur du commerce de l'or blanc. Les conflits avaient



favorisé l'émergence d'une piraterie larvée sur la mer Méditerranée, dont les raids entravaient le transport de l'ivoire d'éléphant d'Afrique et d'Asie vers l'Europe. Avec la raréfaction de l'ivoire d'éléphant, le voyage de 2800 kilomètres à partir de l'Europe pour rapporter de l'ivoire de morse du Groenland était devenu une option marchande plus rentable que les routes plus courtes, mais plus dangereuses, vers l'Afrique et l'Asie. Toutefois, quand les tensions au Moyen-Orient s'apaisèrent, le

L'ancienne église de Hvalsey a été bâtie sur un domaine agricole de la colonie viking orientale. Sa construction remonte sans doute au XIV^e siècle.

Les Vikings essuyèrent d'abord la chute du cours de l'ivoire



commerce avec l'Afrique et l'Asie reprit. Pour Søren Sindbæk, professeur d'archéologie médiévale à l'université d'Aarhus, au Danemark, les Vikings du Groenland auraient alors vu baisser leurs commandes d'ivoire.

Un autre facteur accentua l'effondrement de la demande: la mode de l'ivoire passait. Matériau rare et prisé pour la sculpture, la bijouterie et l'ornement de meubles ou de livres, l'ivoire tomba en disgrâce auprès des élites à partir de 1200. Comme le remarque Thomas McGovern, cette tendance semble avoir coïncidé avec un déplacement du commerce européen vers de nouveaux types de marchandises. On passa du commerce à l'unité de biens précieux tels que l'or, les fourrures et l'ivoire, à la vente en gros de marchandises comme les ballots de poisson séché et les rouleaux de tissu en laine d'Islande. «L'ivoire de morse n'a de valeur que si les gens lui en prêtent une», souligne Thomas McGovern. Tandis que le poisson et la laine peuvent nourrir et habiller des armées.

Cette transition a marqué un changement fondamental dans le fonctionnement de l'économie européenne. «Les Groenlandais

étaient figés dans la vieille économie, observe Thomas McGovern. Les Islandais étaient mieux lotis pour tirer profit du commerce montant des marchandises en vrac, et c'est ce qu'ils ont fait.»

Par ailleurs, les ravages de la peste noire en Europe ont asphyxié un peu plus l'économie du Groenland. L'épidémie tua environ un tiers des Européens entre 1346 et 1353. La Norvège fut particulièrement touchée et perdit environ 60% de sa population. Affaibli, le pays n'envoya aucun navire vers le Groenland après 1369, empêchant les Vikings de vendre leurs fourrures et l'ivoire de morse, dont la demande déclinait déjà.

Les Vikings rencontrèrent aussi de nouvelles menaces sur leur propre territoire: des envahisseurs venus du nord. Quand Erik le Rouge s'était installé dans la baie de Disko, le Groenland semblait être une terre vierge et inhabitée. Il est toutefois possible qu'un peuple connu aujourd'hui sous le nom de Paléo-Eskimos (les Dorsétiens) y ait vécu, dans une région située loin au nord de la baie, sur un territoire hors de vue et inexploré des Vikings. Plus tard, au cours du ^{xiv}^e siècle, un groupe d'Inuits connu aujourd'hui sous le nom de peuple de Thulé (localité du Groenland où leurs restes archéologiques ont été découverts pour la première fois) commença à se frayer un chemin le long de la côte vers les territoires de chasse des Vikings. Les Inuits naviguaient à bord d'*umiaks*, des bateaux dont la coque était constituée de peaux de phoque ou de morse tendues sur une armature en bois ou en os de baleine.

DE NOUVEAUX VOISINS ENVAHISSANTS

Le peuple de Thulé était spécialisé dans la chasse à la baleine et les *umiaks* organisaient la société de la même manière que les fermes régentaient celle des Vikings. Chaque embarcation accueillait une quinzaine de personnes et son propriétaire était le chef du groupe. Les Inuits suivaient probablement la piste de céta-cés lorsqu'ils ont vu les Vikings pour la première fois dans la baie de Disko. Un document du ^{xiv}^e siècle intitulé *Description du Groenland* indique que la rencontre fut loin d'être pacifique. Les Vikings se seraient contentés de les combattre, sans pourparlers. Et ils seraient sortis perdants des affrontements avec leurs nouveaux voisins.

Vers 1350, en effet, ils désertèrent la colonie de l'Ouest, celle la plus proche du territoire des morses. La raison pour laquelle ils ont abandonné leurs 80 fermes et un terrain de chasse giboyeux est débattue. Mais selon Thomas McGovern, toutes les références aux Inuits dans les sagas islandaises évoquent des combats entre les deux camps. Si les Vikings sont partis, c'est ➤

> sans doute qu'ils ont fini par baisser les armes devant l'envahissant peuple de Thulé.

La détérioration du climat, l'évolution de la géopolitique et de la mode, l'épidémie de peste et l'arrivée d'envahisseurs constituèrent donc un ensemble de menaces inédites pour les hommes du Nord. L'aide que leur apportaient leurs connaissances traditionnelles de l'environnement était bien maigre face à ces périls. La gravité de la situation impliquait des décisions radicales, difficiles à prendre, s'ils voulaient continuer à vivre sur leurs terres froides. Se rabattraient-ils davantage sur des stratégies éprouvées, comme la chasse en groupe, qui avaient permis à leurs aïeux de résister au climat arctique? Ou innoveraient-ils et inventeraient-ils de nouveaux modes de subsistance? Selon Jette Arneborg et Thomas McGovern, les Vikings ont misé sur la chasse et les autres techniques qui avaient si bien réussi aux premiers colons, et ce jusqu'à la toute fin.

Les riches propriétaires ont même continué à embellir leurs églises jusqu'à ce que les colonies soient abandonnées ou presque, ce qui a pu contribuer au problème. «Si vous investissez dans des bâtiments, dans une église, ces dépenses vous amarrent à un lieu», explique Marten Scheffer, chercheur en mathématiques appliquées à l'université de Wageningen, aux Pays-Bas. Marten Scheffer a consacré une grande partie de sa carrière à élaborer des modèles mathématiques simulant l'effondrement des sociétés. Selon lui, quand une société se rapproche d'un point de basculement, elle surmonte difficilement les épreuves, même les plus banales. Tout ce qui confère à la société sa résilience – la nourriture, la richesse, la technologie – se raréfie, ce qui entrave ses capacités d'adaptation.

LES VIKINGS AURAIENT-ILS PU ÉVITER LA CHUTE?

Mais un autre phénomène freine la résilience, que Marten Scheffer nomme les «effets de coûts irrécupérables». Selon lui, il existe d'abondantes preuves empiriques que les humains ont d'autant plus de mal à renoncer à un plan d'action, même défaillant, qu'ils ont investi dedans. Autrement dit, plus une société dépense dans la construction de bâtiments et d'équipements, plus elle hésitera à les abandonner pour chercher des conditions favorables ailleurs.

Dans le cas des Vikings, ces objets d'attachement étaient les bateaux et l'équipement pour la chasse au phoque et au morse, mais aussi les édifices à fort pouvoir symbolique qui les reliaient à l'Europe, comme les nouvelles églises. Les efforts que les Vikings ont déployés pour produire ces structures les ont empêchés de les laisser derrière eux, même si ce renoncement faisait sens sur le plan économique.

Les Vikings ont sans doute fini par baisser les armes devant le peuple de Thulé

«Les peuples dont la société s'effondre ont tendance à rester trop longtemps au même endroit, explique Marten Scheffer. Ils partent quand tout est fini. La décision est très longue à venir, et ils partent alors massivement.» C'est ce qui serait arrivé aux Vikings, selon lui.

Les colonies auraient-elles survécu en faisant d'autres choix? Certains spécialistes ont suggéré que les Vikings auraient dû adopter un mode de vie plus proche de celui des Inuits. Après tout, ces derniers ont très bien réussi leur adaptation aux conditions du Groenland et y vivent encore aujourd'hui (dans des conditions évidemment très différentes). Mais cet argument néglige la raison pour laquelle les Vikings sont venus en premier lieu. Tout à leur quête de fortune *via* la vente de défenses de morse sur le marché européen, ils auraient sans doute trouvé bien peu d'intérêt au rêve des Inuits: devenir capitaine de son propre *umiak*. «Ils étaient à la marge de tout le système européen, il était donc très important d'être connecté par le commerce, souligne Mikkel Sørensen. Ils voulaient être de vrais Européens dans leurs lointaines contrées. C'est vraiment une question d'identité.»

Au début du *xv^e* siècle, la pression pesant sur les Vikings devait être terrible. Même les individus les plus riches, pourtant propriétaires de grandes fermes et des plus belles églises, ont dû se poser la question: puisque rester au Groenland signifiait continuer à endurer la famine ou mourir au combat, pourquoi alors ne pas charger ses biens sur un bateau et rentrer en Europe? Pourtant, les Vikings n'ont pas immédiatement déserté les lieux. Peut-être les perspectives en Europe les inquiétaient-elles encore davantage? Sans doute étaient-ils conscients qu'ils retourneraient dans une Europe en proie à un nouveau système économique qui offrait peu de place aux chasseurs de phoques et de morses. Les Vikings ont peut-être conquis le Groenland, mais les forces à l'œuvre au-delà de ses rivages glacés ont fini par les submerger. ■

BIBLIOGRAPHIE

K. M. Frei et al., **Was it for walrus? Viking age settlement and medieval walrus ivory trade in Iceland and Greenland**, *World Archaeology*, vol. 47(3), pp. 439-466, 2015.

Paul M. Ledger et al., **Vatnahverfi: A green and pleasant land? Palaeoecological teconstructions of environmental and land-use change**, *Journal of the North Atlantic*, vol. 6, pp. 29-46, 2014.

M. Scheffer, **Critical Transitions in Nature and Society**, Princeton University Press, 2009.

R. Hall, **The World of the Vikings**, Thames & Hudson, 2007.

Pierre Bauduin
LES VIKINGS

*Que
sais-je?*



Marins, Marchands et Guerriers

Suivez-nous
sur les réseaux sociaux



quesaisje.com

De nouvelles armes contre les moustiques

Les maladies transmises par les moustiques tuent plus que les guerres. Mais l'espoir est permis : pour neutraliser ces insectes, les scientifiques mettent au point tout un arsenal de méthodes innovantes, allant de manipulations génétiques à des pièges efficaces.

La lutte contre les moustiques vecteurs de maladies dure depuis des siècles. Avec seulement deux piqûres, la première qui prélève un pathogène chez un individu et la seconde qui l'inocule à un autre individu, les insectes sont à l'origine de multiples épidémies à travers le monde. En Afrique, le paludisme a explosé avec le développement de l'agriculture. Dans les années 1870, quand l'urbanisation et le transport fluvial dans le Tennessee ont concentré les personnes infectées et les moustiques aux mêmes endroits, la fièvre jaune a failli rayer Memphis de la carte. Et selon certains archéologues, les maladies >

