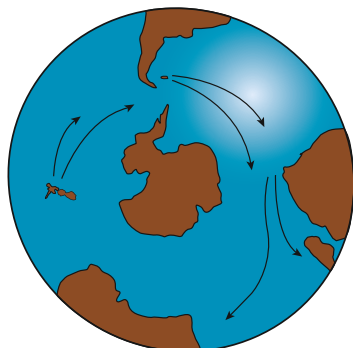
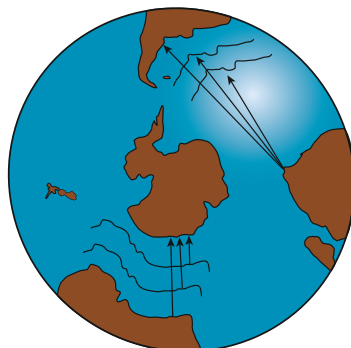


TROIS HYPOTHÈSES CONFRONTÉES AUX OBSERVATIONS

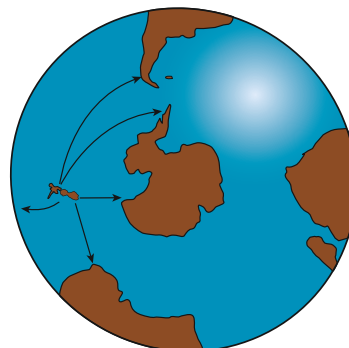
Trois hypothèses ont été avancées pour expliquer la répartition des espèces végétales : l'hypothèse de la vicariance, celle de la dispersion à longue distance par le vent et l'hypothèse géodésique. Pour déterminer l'hypothèse la plus vraisemblable, les auteurs ont confronté ces hypothèses aux répartitions observées des mousses, des hépatiques, des lichens et des fougères sur une vaste zone autour de l'Antarctique. Ils ont comparé les valeurs d'une grandeur statistique P qui mesure le caractère aléatoire de l'ajustement entre théorie et observations. Plus la valeur de P est petite, plus la corrélation statistique est élevée, et donc plus l'hypothèse correspondante est vraisemblable.



Hypothèse de la dispersion par le vent :
La similarité floristique entre deux lieux dépend de la configuration des vents.



Hypothèse de la vicariance :
Plus la séparation géologique de deux lieux est récente, plus leurs flores sont semblables.



Hypothèse géodésique :
La similarité floristique entre deux lieux est inversement proportionnelle à la distance qui les sépare.

	Hypothèse éolienne	Hypothèse de la vicariance	Hypothèse géodésique
Mousses	0,004	0,201	0,112
Hépatiques	0,004	0,110	0,062
Lichens	0,003	0,367	0,260
Fougères	0,003	—	0,003

Le pouvoir du vent

L'hypothèse de la dispersion éolienne à longue distance est celle qui s'accorde le mieux avec les observations. Elle présente en effet des valeurs d'ajustement très significatives et toujours supérieures à celles des hypothèses concurrentes (paramètre P inférieur à 0,5 pour cent, en orange). L'hypothèse de la vicariance n'explique la similarité floristique pour aucun des groupes végétaux étudiés (elle n'a pu être évaluée pour les fougères, qui ne se développent pas partout dans la région considérée). L'hypothèse géodésique n'offre une bonne corrélation avec les observations que dans le cas des fougères.

Angel M. Felicísimo et Jesús Muñoz

Ainsi, l'hypothèse de la vicariance n'explique pas la similarité floristique pour les trois premiers groupes taxonomiques étudiés. Pour le quatrième, celui des fougères, le nombre de localités ayant fait partie du Gondwana et où l'on trouve ces plantes aujourd'hui est trop restreint (le climat froid empêche le développement des fougères dans l'Antarctique et dans les îles subantarctiques). De plus, une partie des îles incluses dans notre étude sont d'origine volcanique et récente : elles n'ont jamais fait partie du Gondwana et n'entrent donc pas dans le schéma de la séparation géologique.

Quant à l'hypothèse géodésique, fondée sur les distances actuelles entre les localités, elle ne présente une bonne corrélation que dans le cas des fougères.

En résumé, l'étude conforte l'hypothèse de la dispersion éolienne à longue distance comme facteur déterminant de la similitude floristique pour les groupes analysés. La vicariance ne peut donc expliquer

la présence ou l'absence des espèces actuelles, même si elle peut éventuellement s'appliquer à des groupes végétaux supérieurs.

Il est évidemment impossible d'extrapoler ces résultats à l'ensemble de la flore et de la faune. La dispersion passive par le vent ne peut être un mécanisme de dissémination que pour des éléments suffisamment légers, tels que tout petits insectes, des algues d'eau douce ou des champignons.

Et l'Atlantique Nord ?

Nous poursuivons ces travaux selon plusieurs axes complémentaires. Tout d'abord, il s'agit d'effectuer le même type d'analyses sur d'autres groupes taxonomiques, végétaux et animaux. En second lieu, nous comptons mesurer la distance génétique existant entre différentes populations d'espèces présentes sur un grand nombre de sites étudiés. Cela nous permettra de vérifier si les dis-

tances génétiques restent en relation avec la connectivité éolienne ou avec la distance géographique.

À l'heure actuelle, nous reproduisons ces tests sur le Nord de l'Atlantique, zone où nous pouvons aussi utiliser, en plus du nombre d'espèces communes à deux lieux terrestres, la similarité génétique d'un ensemble d'espèces choisies. Nous avons élargi notre étude à d'autres groupes d'organismes que les quatre considérés dans nos travaux sur l'hémisphère Sud, et avons inclus les pucerons, les tardigrades (minuscules animaux à huit pattes formant un groupe apparenté aux arthropodes), les papillons de la superfamille des pyrales et certains groupes de champignons.

Les résultats de ces études devraient nous permettre de brosser un tableau plus complet du rôle joué par le vent dans la dispersion à longue distance des espèces végétales et animales. ■

La face cachée des Orages

Les orages sont beaucoup plus actifs qu'on ne le pensait. Outre les éclairs, des émissions variées se produisent... au-dessus des nuages.

Elisabeth Blanc et Thomas Farges

Une nuit de 1989, une caméra testée par l'équipe de John Winckler, de l'Université du Minnesota, aux États-Unis, enregistre un mystérieux flash lumineux à haute altitude dans l'atmosphère, au-dessus d'un orage. L'idée que ce flash puisse être produit par l'orage entraîne un nouvel examen d'images d'orages prises depuis la navette spatiale américaine : plusieurs montrent des flashes lumineux similaires, surgissant au sommet des nuages illuminés par les éclairs. En 1993, une caméra embarquée à bord d'un avion par l'équipe de Davis Sentman, de l'Université d'Alaska, prend la première photo en couleurs d'un « sylphe » rouge (*sprite* en anglais, nom donné par D. Sentman pour évoquer l'étran-

geté du phénomène sans suggérer de mécanisme physique *a priori*) – un jet de lumière rouge qui s'étend du sommet des nuages à la base de l'ionosphère, à une centaine de kilomètres d'altitude. Cette découverte marque le début d'une chasse internationale aux sylphes, mettant en œuvre de nombreuses expériences dans les différentes parties du monde.

La chasse s'est révélée fructueuse. En une dizaine d'années, les émissions lumineuses variées détectées au-dessus des zones orageuses – rassemblées sous le nom d'événements lumineux transitoires (TLE) – ont modifié notablement notre compréhension des orages atmosphériques et des échanges énergétiques transitoires entre les couches atmosphériques.

Par ailleurs, des satellites d'astronomie ont mesuré des émissions de rayons gamma – des flashes gamma d'origine terrestre (TGF) – atteignant 30 mégaélectronvolts, soit des énergies comparables à celles des émissions gamma d'origine solaire. De telles énergies, qui n'étaient pas attendues dans l'atmosphère terrestre, ont bouleversé notre compréhension des orages atmosphériques. À partir de 2007, les mesures du satellite AGILE ont même révélé de nombreux photons à des énergies atteignant 100 mégaélectronvolts – une énergie qui remet en cause les mécanismes envisagés jusqu'alors.

Que sont les événements lumineux transitoires et les flashes gamma d'origine terrestre ? Comment sont produites ces



© Visuals Unlimited/Cortis

L'ESSENTIEL

- ✓ Sylphes, elfes, rayons gamma : de nombreuses émissions peuvent se produire au-dessus des orages.
- ✓ Elles apparaissent en général après des éclairs.
- ✓ En les filmant à l'aide de caméras ultrarapides, on commence à comprendre certains mécanismes de leur formation.
- ✓ Plusieurs missions spatiales dédiées à l'étude de ces phénomènes sont en préparation. Leur objectif : préciser la nature, la chronologie et l'altitude des différents événements lors d'un orage.

émissions ? Que nous enseignent-elles sur les échanges d'énergie dans l'atmosphère supérieure ? Telles sont les questions que nous allons examiner ici.

Jusqu'en 1989, on pensait que les seules manifestations lumineuses des orages étaient les éclairs, des décharges électriques se produisant entre deux nuages ou entre un nuage et le sol, selon un mécanisme qui commence à être bien compris : la base du nuage orageux se charge négativement, tandis que, par influence électrostatique, des charges positives s'accumulent au sol. La base du nuage et le sol constituent ainsi un condensateur géant. Par le jeu des instabilités atmosphériques, les charges à la base du nuage peuvent former, en se déplaçant, des champs électriques supérieurs au seuil de claquage de l'air, le champ au-delà duquel l'air perd ses propriétés isolantes et devient conducteur. L'air peut alors s'ioniser et une décharge s'amorce, formant un canal d'air ionisé. Lorsque celui-ci atteint le sol, une impulsion de courant le parcourt, chauffant l'air jusqu'à 30 000 °C, ce qui produit la lumière de l'éclair (voir l'encadré page 52).

Les premières observations de sylphes ont suscité un élan extraordinaire de la communauté scientifique internationale. Il est vite apparu que des caméras placées dans les zones montagneuses pouvaient enregistrer les sylphes à des distances de plusieurs centaines de kilomètres au-dessus des zones orageuses pendant la nuit.

Sylphes, elfes, trolls, jets bleus...

De nombreux sylphes et d'autres phénomènes lumineux ont été observés par l'équipe américaine de Walter Lyons, qui effectuait chaque année des campagnes d'observation des orages dans les hautes plaines du Colorado. D'autres observations effectuées au Japon, en Australie, au Brésil, en Chine ont montré que ces phénomènes se produisent au-dessus de la plupart des systèmes orageux de grande taille et sont plus fréquents qu'on ne l'avait imaginé. Ainsi, plus de 400 sylphes en une nuit ont été observés au-dessus d'un orage en Argentine. En 2000, nous avons effectué les premières observations en Europe à partir du pic du Midi. Plus récemment, des observations ont été faites depuis le Massif central, les montagnes corses, l'Italie, l'Espagne et plusieurs pays d'Europe centrale.

Ces observations ont mis en évidence une variété importante de phénomènes