

(carbonate de calcium) et la dolomite (carbonate de calcium et de magnésium). En France, cette tempête de poussières provoqua l'apparition de neige colorée dans les Pyrénées et de pluies rouges dans le Sud et dans le centre. Sur 150 000 kilomètres carrés, plus de 150 000 tonnes de poussières se déposèrent. Des dépôts de couleur ocre furent signalés en Angleterre le 7 et le 8 mars, au Nord de l'Allemagne le 8 et le 9 et en Belgique à l'aube du 9. Le 10 mars, presque 50 000 tonnes de poussière du désert avaient coloré la neige dans une vaste région située entre la Suède et la Finlande, proche du cercle polaire arctique. Le matériau déposé était composé de minuscules particules minérales (un à dix micromètres de diamètre) et de pollens d'aulne, de noisetier et d'armoïse, qui avaient voyagé sur plus de 5 000 kilomètres.

## Une pluie de sang

Le premier cas bien décrit de transport de ce type fut ce que l'on nomma la «pluie de sang», entre le 9 et le 12 mars 1901 : à cette occasion, des poussières furent retrouvées jusqu'au Nord de l'Allemagne.

L'intérêt porté à ces phénomènes et à leurs effets n'est pas nouveau. Déjà, Aristote notait : «Les pluies du Sud et les premières pluies d'automne recueillent sur les lieux qu'elles traversent une grande quantité d'exhalaisons sèches, et le vent du Sud mêle beaucoup de terre à la pluie qui tombe.»

Pourquoi et comment les poussières sahariennes sont-elles transportées vers l'Europe ? Souvent, le transport survient lorsqu'une dépression sur l'Espagne ou sur la France déplace un air chaud et sec de l'Afrique du Nord vers l'Europe. Dans certains cas, cette couche d'air «africain» voyage au niveau de la mer, à environ 1,5 kilomètre d'altitude. D'autres fois, lorsqu'une dépression forte est présente au-dessus du Sahara, l'air chaud et sec est aspiré à des altitudes importantes, et il voyage au-dessus de l'air plus humide et plus froid de la Méditerranée, à près de six kilomètres d'altitude. La poussière est alors transportée très loin, jusqu'au Nord de l'Europe. De surcroît, si un anticyclone est simultanément présent sur le centre de l'Afrique du Nord, la poussière ne s'étend pas vers l'Est mais est «canalisée» vers le Nord,

comme ce fut le cas en mars 1991 (voir la figure 6).

Aujourd'hui, ces transports sont étudiés et quantifiés grâce à des satellites et à un réseau de stations d'échantillonnage. François Dulac et ses collègues du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, à Saclay, ont ainsi utilisé le satellite météorologique *Meteosat* pour étudier quantitativement le transport saharien. Cette méthode se fonde sur la mesure de la «perturbation optique» due aux poussières : les capteurs du satellite mesurent la lumière solaire réfléchie par le système Terre-atmosphère ; très réfléchissantes, les poussières augmentent la quantité de lumière réfléchie.

Grâce à l'étude statistique des images quotidiennes prises par *Meteosat* entre 1984 et 1994, ils ont estimé la quantité de poussières transportées sur la Méditerranée et ont découvert un cycle saisonnier : durant le printemps et l'été, la quantité transportée est maximale.

Ces mesures par satellite ne correspondent que partiellement à celles rassemblées depuis dix ans par les stations en Corse et en Sardaigne. Pourquoi ces différences ? Parce que les satellites ne fournissent pas d'images utiles lorsque le ciel est nuageux, et que, dès lors, ils sous-estiment le transport en période hivernale. En outre, les stations au sol détectent à la fois les dépôts secs et les dépôts humides (par les précipitations), tandis que les satellites ne voient que les dépôts secs. Bien que le climat du bassin méditerranéen soit considéré comme sec, plus de la moitié des poussières désertiques qui touchent le sol tombent avec les pluies.

Les climatologues comparent également les données saisonnières ou annuelles moyennes avec celles d'autres archives naturelles, telles les glaces. Les glaces des calottes polaires et des glaciers emprisonnent les poussières, qui restent alors inaltérées



6. ENTRE LE 6 ET LE 10 MARS 1991, une tempête a emporté des poussières du Sahara vers l'Europe. La zone hachurée indique la zone d'érosion, dans le Sahara, d'où provenait cette poussière. Les zones colorées indiquent les zones où l'on a retrouvé les dépôts les plus importants de poussières. On note une zone étendue dans le Nord de la Suède et de la Finlande. Au Sud des Alpes, la poussière tombée sur la neige semble avoir contribué à la fonte rapide du glacier qui a permis la découverte de l'homme des glaces, le 19 septembre 1991.

durant des siècles. Leur étude renseigne sur la composition et la circulation passée des nuages de poussières. À l'aide de carottes de glace récoltées dans la banquise, on recons-

titue la composition de l'atmosphère au cours des 100 000 à 200 000 dernières années. Les glaciers alpins livrent également des informations comparables à celles fournies par les

glaces polaires, mais seulement pour quelques milliers d'années.

Pour identifier les poussières d'origine saharienne et étudier les climats du passé, les géologues, les glacio-

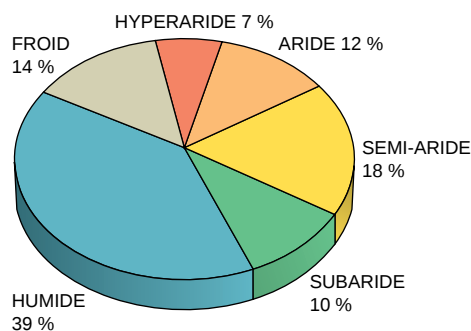
## Le Sahara et la Méditerranée

**L**e Sahara est la plus grande étendue désertique de la planète : sa surface, quatre fois supérieure à celle de l'Union européenne, est supérieure à neuf millions de kilomètres carré et recouvre six pour cent des zones hyperarides et arides du Globe.

Au Nord et au Sud, le Sahara est respectivement bordé par des régions au climat méditerranéen et au climat tropical. Ces limites sont définies tant par des caractères climatologiques (précipitations annuelles inférieures à 200 millimètres, températures moyennes de 20 à 35 degrés) que par des caractéristiques biologiques (limite de maturation du fruit du palmier-dattier, le *Phoenix dactilophera*, entre 29 et 32 degrés de latitude environ, et disparition du had, *Cornulaca monacantha*, vers 15 à 18 degrés de latitude).

Pour analyser comment se répartissent les diverses zones arides, on utilise un indice d'aridité qui représente un manque d'humidité dans des conditions climatiques moyennes. Cet indice, noté IA, est défini comme le rapport entre les précipitations annuelles et la quantité d'eau évaporée chaque année. Les déserts sont des zones hyperarides naturelles ( $IA < 0,05$ , en rouge sur la figure) ; ils représentent sept pour cent de la surface des terres émergées du Globe. D'un point de vue climatique, les déserts se caractérisent par une quantité de pluie très réduite et hautement variable (variabilité inter-annuelle allant jusqu'à 100 pour cent) et par de fréquents intervalles de plusieurs années sans précipitations.

Les déserts chauds comprennent environ un tiers de toutes les terres émergées et sont localisés dans deux zones séparées de part et d'autre de l'équateur : sous le Tropique du Cancer et sous le Tropique du Capricorne. C'est là, entre 15 et 30 degrés de latitude, au Nord comme au Sud de l'équateur, que se trouvent les déserts de tous les continents, à l'exception de l'Europe, où les zones arides sont limitées au Sud de l'Espagne. Outre les déserts chauds, où la température diurne atteint parfois 58 °C, les déserts froids recouvrent environ 16 millions de kilomètres carrés dans les régions de l'Arctique et de l'Antarctique. Dans les déserts polaires, les températures sont rarement supérieures à 10 °C et descendent jusqu'à -70 °C.



**LES ZONES CLIMATIQUES** (selon les Nations unies, 1992). Les flèches indiquent les trajectoires prédominantes des poussières des déserts vers la Méditerranée et l'Europe (à droite). Le graphique représente la répartition des terres émergées par zone d'aridité.

Les zones arides ( $0,05 < IA < 0,20$ , en orange sur la carte) représentent 12 pour cent de la totalité des terres émergées. Elles reçoivent 200 à 300 millimètres de pluie par an avec une forte variabilité inter-annuelle (entre 50 et 100 pour cent). Les zones semi-arides ( $0,20 < IA < 0,50$ , en jaune) représentent 18 pour cent de la totalité des terres émergées, avec des précipitations moyennes comprises entre 500 et 800 millimètres de pluie et une variabilité inter-annuelle modérée (25 à 100 pour cent).

Quelles sont les causes de ces déserts inhospitaliers ? Le sol devient désertique quand les pluies sont rares ou absentes. Même si les prévisions climatiques restent incertaines, on sait que le bassin méditerranéen serait bouleversé par les changements climatiques et, notamment, par les variations du régime des précipitations. Des variations, même minimes, de la disponibilité en eau auraient très probablement des conséquences graves sur la nature et sur les activités humaines.

Aujourd'hui, la Méditerranée reçoit dix pour cent des 200 millions de tonnes de poussières qui proviennent chaque année du Sahara. Ces 25 millions de tonnes ont pour origine principale les régions hyperarides et, en partie, les régions arides et semi-arides ; elles suivent principalement cinq types de trajectoire Sud-Nord indiquée par les flèches dans la figure ci-dessous.

Le Sahara s'étend : les particules les plus petites peuvent être emportées par le vent, tant à partir des roches qui se désagrègent qu'à partir des dépôts alluvionnaires ; transportés sur de longues distances, ils forment des champs de dunes mobiles. Le sable envahit le territoire avoisinant et conquiert le terrain, kilomètre après kilomètre. Dans de nombreuses régions, seule une mince bande cultivable subsiste entre la mer et le désert. Ce territoire devient de plus en plus peuplé, de sorte que l'environnement se dégrade et se désertifie encore.

