Natures Sciences Sociétés 11 (2003) 288–294

ELSEVIER

NATURES SCIENCES SOCIÉTÉS

www.elsevier.com/locate/natsci

FORUM

La conservation des dunes littorales implique-t-elle leur stabilisation ? L'exemple de la côte atlantique

Coastal dune fields in Atlantic Europe: towards a dynamic conservation

Roland Paskoff

Géographe, Université Lumière-Lyon II, 5, avenue Pierre Mendès-France, 69676 Bron Cedex, France

Reçu le 24 novembre 2002 ; accepté le 15 mai 2003

MOTS CLÉS
activité éolienne ;
conservation dynamique ;
dunes littorales ;
stabilisation des dunes

Résumé En Europe atlantique, les systèmes dunaires littoraux ont en général atteint un stade de maturité dans leur développement, ce qui ne signifie pas que leur topographie, tant au bord de la mer que plus à l'intérieur des terres, soit totalement figée. Depuis les débuts du XIX^{e} siècle et même avant, des plantations d'oyat et de pins avaient eu pour but de stabiliser les dunes, avec pour résultat de protéger les établissements humains des invasions de sable et de fournir une ressource en bois. Les étendues de sable nu ou partiellement végétalisé sont souvent mal perçues par les aménageurs parce qu'elles résultent de phénomènes d'érosion dont la connotation reste péjorative dans l'opinion courante. Cette vision des choses est erronée car la mobilité du sable est non seulement normale dans un champ de dunes, mais même essentielle car elle contribue à son équilibre dynamique et écologique. En outre, les dunes actives offrent une topographie originale et pittoresque de grande valeur patrimoniale. La gestion des champs de dunes doit donc prendre en compte les processus naturels qui y sont en jeu. Une conservation dynamique plutôt qu'une préservation statique s'impose en la matière.

© 2003 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

KEYWORDS
aeolian activity;
coastal dunes;
dune stabilization;
dynamic conservation

Abstract In Atlantic Europe, coastal dune systems are generally mature. Landform maturity does not, however, mean geomorphological inactivity along the shore zone as well as further inland. Since the beginning of the nineteenth century and even earlier, marram grass and pine planting was aimed to stabilize dunes, therefore protecting human settlements from invasive sand and providing timber crops. Bare or partially vegetated sand still is often perceived in a managerial sense as adverse because it is linked directly to erosion which carries a negative connotation. This perception is false since moving sand is not only normal, but essencial since it contributes to achieve geomorphological and ecological equilibrium. In addition, active dunes display scenic landscapes which are of high patrimonial value. The management of coastal dunes needs to take into account their processes of natural evolution. It should be designed to work with change and have dynamic conservation and not static preservation at its core.

© 2003 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Adresse e-mail : paskoff@club-internet.fr (R. Paskoff).

© 2003 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.
doi: 10.1016/S1240-1307(03)00086-4

Les dunes ne sont pas propres aux déserts. On les rencontre aussi sur les littoraux qui constituent des milieux favorables à leur développement. En effet, les côtes sont en général soumises à l'action de vents dont la vitesse est suffisamment élevée pour mettre en mouvement le sable là où existent des plages. Celles-ci sont presque toujours bordées par des bourrelets dunaires végétalisés — les avant-dunes — avec lesquels des échanges réciproques de sédiments se produisent (encadré 1). Mais, lorsque les volumes de sable transportés par le vent sont importants, de véritables champs de dunes peuvent se former en arrière des avant-dunes, incapables d'arrêter tous les grains en transit, et s'étendre sur plusieurs kilomètres vers l'intérieur des terres. Cependant, en dehors des régions arides, leur progression est d'abord freinée, puis finalement arrêtée par la végétation naturelle. Les champs de dunes sont bien développés en Europe, particulièrement sur la côte méridionale de la mer Baltique, tout spécialement en Pologne, et sur celle de l'océan Atlantique et de ses mers bordières, tant dans les îles Britanniques que sur le continent, du Danemark à la péninsule ibérique. Nous nous intéresserons ici surtout à ceux de la France de l'Ouest (Fig. 1), mais les commentaires dont ils vont faire l'objet ont valeur générale (Paskoff, 1997).

Les grands champs de dunes de l'Europe atlantique : un héritage d'une période révolue d'abondance en sable sur les côtes

Les grands champs de dunes ne sont qu'exceptionnellement constitués de dunes néoformées, dites aussi primaires, c'est-à-dire édifiées à partir de sable marin frais prélevé actuellement sur les plages. En réalité, ils ne sont pas actuels car la source en matériaux à partir de laquelle ils ont été alimentés est aujourd'hui tarie. Sans doute montrent-ils encore des formes mobiles, mais celles-ci représentent un modelé de remaniement — on parle alors de dunes secondaires — à partir d'un stock sédimentaire accumulé antérieurement par le vent. L'état présent de développement des champs de dunes correspond à la maturité (Ritchie, 2001).

C'est le cas des champs de dunes les plus étendus en France, ceux de la côte d'Aquitaine. Les deux ou trois millénaires qui suivirent la fin de la grande transgression holocène (encadré 2) ont été très favorables à l'activité dunaire. La mer, tandis que son niveau remontait, avait repoussé devant elle des sédiments qui s'étaient déposés sur la plate-forme continentale largement émergée pendant la dernière période froide. Lorsque le niveau se stabilisa, il y a environ 5 ou 6 000 ans, se formèrent de larges plages, situées plus à l'ouest que celles d'aujourd'hui. Elles étaient bien alimentées en sable que le vent remettait en mouvement avant de l'accumuler sous la forme de grandes dunes de type parabolique (encadré 3), hautes de plusieurs dizaines de mètres, s'avançant parfois à plus de dix kilomètres à l'intérieur des terres (Fig. 2).

Des datations par la méthode du ^{14}C (Tastet et Pontee, 1998) de matière organique permettent de situer cette époque entre 5 000 et 2 000 ans B.P., c'est-à-dire avant aujourd'hui, l'année de référence étant 1950. Ces dunes que l'on qualifie d'anciennes ont été spontanément fixées par une forêt mixte de pins maritimes et de chênes. C'est dans les premiers siècles de l'ère chrétienne, probablement dès la période gallo-romaine, une fois épuisée la réserve en sable de l'avant-côte et sur un littoral caractérisé par une haute énergie marine et éolienne, que la houle et le vent commencèrent à attaquer la première génération de dunes, attaque qui se manifeste toujours aujourd'hui (Paskoff, 2000). En cannibalisant avec l'aide de la mer ses propres dépôts, le vent édifia de nouvelles dunes de type barkhanoïde (encadré 3), dites modernes, de nature secondaire car elles proviennent d'un rema-

Encadré 1. Les avant-dunes

Une avant-dune (*foredune* en anglais) se rencontre en association avec une plage sous la forme d'un cordon sableux parallèle au trait de côte, végétalisé, en général haut de quelques mètres et large d'une dizaine de mètres. Elle est constituée par du sable que le vent met en mouvement sur la plage et dont il se déleste en arrière d'elle, là où des plantes freinent sa vitesse. Pendant les tempêtes, la mer peut attaquer l'avant-dune. Elle y prélève du sable pour le déposer en partie sur l'avant-plage sous la forme de barres qui, en obligeant les vagues à déferler à distance, mettent la plage à l'abri d'une érosion plus grande. Le sable enlevé dans ces conditions à l'avant-dune sera postérieurement remplacé par de nouveaux apports éoliens à l'occasion des périodes de beau temps. Les vagues, alors moins hautes et moins cambrées, engraissent la plage à partir des barres de l'avant-plage qui s'effacent progressivement. L'avant-dune participe ainsi à l'équilibre dynamique des plages. C'est une forme topographique vivante qu'il convient de préserver en respectant sa mobilité intrinsèque.

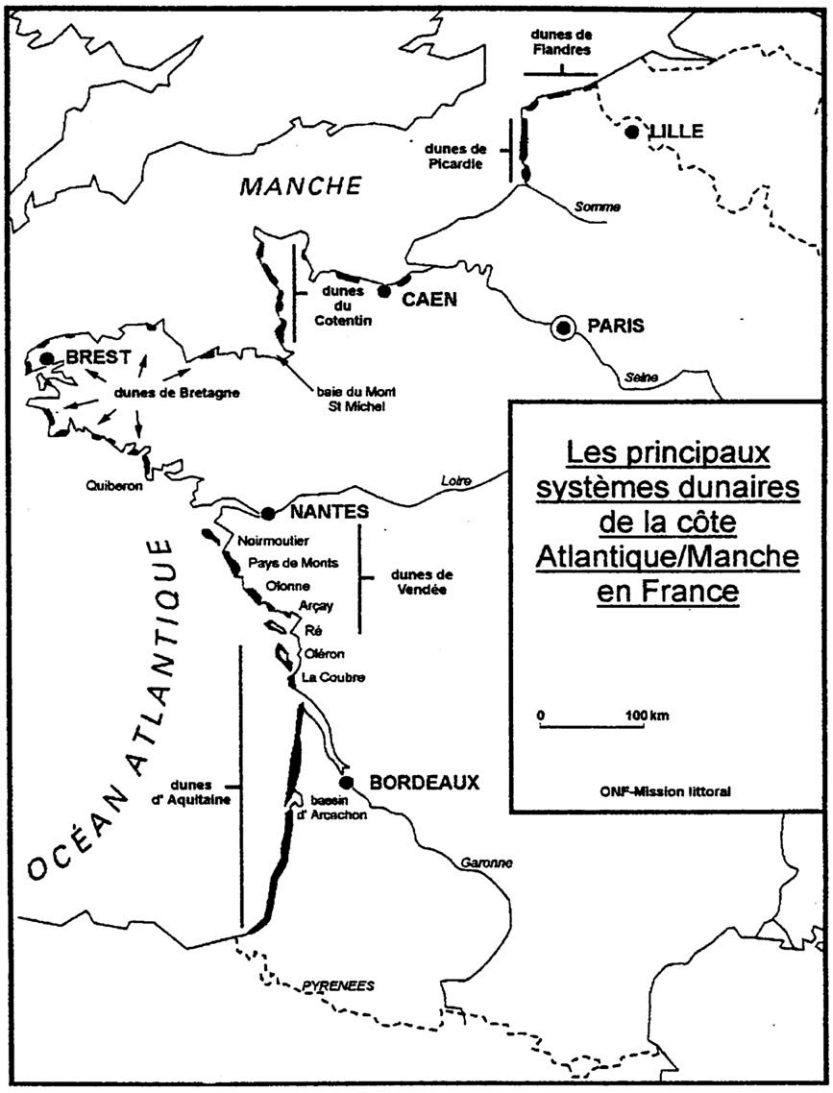


Figure 1 Localisation des principaux systèmes dunaires des côtes françaises de l'océan Atlantique et de la Manche, d'après J. Favennec (2000).

niement du sable de congénères plus anciennes qu'elles ont chevauchées en s'éloignant du rivage. Elles seraient encore vives et mobiles aujourd'hui si elles n'avaient fait pas l'objet d'une vaste entreprise de fixation intégrale au cours du XIX^{e} siècle par un boisement systématique en pins maritimes.

On retrouve sur la côte des Pays-Bas, au cours des derniers millénaires, deux grandes phases similaires d'activité éolienne, l'une caractérisée par la formation de dunes primaires, l'autre par des dunes de remaniement. La première, celle des *Older Dunes* date du Sub-boréal (5 000-3 000 ans B.P.),

Encadré 2. La transgression holocène

Il y a environ 20 000 ans, lors du maximum de la dernière période froide de la Terre, le stockage, en particulier dans les grandes calottes de glace qui recouvraient la Scandinavie et le Canada d'eau prélevée dans les océans, avait fait baisser le niveau de la mer d'environ 120-130 m par rapport à sa position d'aujourd'hui. Avec le réchauffement postérieur du climat, à partir de 15 000 ans avant le Présent, ce niveau s'éleva avec une vitesse qui, à certains moments, a pu dépasser 20 mm par an. Il en résulta une transgression, avancée de la mer sur la bordure des continents, qui s'acheva il y a 5 ou 6 000 ans et donna aux côtes une position proche de celle qu'elles occupent encore actuellement. Cette transgression constitue un événement majeur qui a conditionné l'évolution des rivages au cours des derniers millénaires (période holocène).

Encadré 3. Dunes paraboliques et dunes barkhanoïdes

Les dunes paraboliques sont des dunes de taille plurimétrique, entravées dans leur déplacement par un tapis végétal discontinu. Elles montrent un corps frontal disposé en bourrelet arqué, à concavité tournée face au vent dominant, auquel se rattachent deux bras latéraux qui délimitent une partie centrale déprimée. Les dunes barkhanoïdes (de *barkhane*, terme d'origine turque) sont des dunes nues, totalement dépourvues de plantes, donc libres dans leur déplacement, de taille semblable aux précédentes. Elles présentent une forme de croissant, à profil dissymétrique et à pointes effilées dans le sens du vent. C'est l'existence ou non de végétation, elle-même sous la dépendance des conditions climatiques, en particulier la pluviosité, et du volume de sable en mouvement, qui rend compte de la présence de l'un ou de l'autre type de dune.

période qui suit immédiatement la fin de la transgression postglaciaire. La seconde, celle des *Younger Dunes*, qui démarre vers le VIII^{e} siècle de notre ère correspond à une érosion de la côte et à une remise en mouvement par le vent de sable accumulé dans les dunes anciennes (Van der Meulen et Van der Maarel, 1993).

Les dunes que l'on rencontre en Bretagne relèvent aussi d'un héritage (Fig. 3). A. Guilcher et B. Hallegouët (1991) pensent qu'elles se sont formées lors d'une période de baisse temporaire, de l'ordre de 4 à 5 m, du niveau de la mer, intervenue vers 3 000-2 000 ans B.P. Le vent a pu alors balayer des volumes importants de sable sur des espaces qui étaient exondés. Leur submersion postérieure mit fin à son action et les dunes furent spontanément fixées par une pelouse. Les déplacements de sable signalés par la suite s'expliquent par des remaniements. Au Moyen Âge, ils sont probablement dus à des actions humaines (pâturages, coupes de bois) qui ont déstabilisé le couvert végétal. Aux XVII^{e} et XVIII^{e} siècles, c'est la péjoration des conditions climatiques liée au Petit Âge glaciaire caractérisé par une multiplication des épisodes tempêtueux, qui est sans doute à mettre en cause.

Les grands champs de dunes littorales dont on vient de parler apparaissent donc comme des systèmes évolués dans la mesure où les stocks sableux qui les constituent correspondent pour l'essentiel à un legs d'une période révolue d'abondance en sédiments sur les côtes. Mais le stade de maturité qu'ils ont atteint n'implique pas que leur topographie soit totalement figée. Il est naturel que s'y développent, au moins localement, des formes dunaires de remaniement, au modelé vif et mouvant. L'immobilité qui caractérise souvent aujourd'hui les champs de dunes est insolite. Elle s'explique par les manipulations dont ils ont fait l'objet au cours des siècles.

Les champs de dunes et les hommes au cours de l'histoire

Il y a longtemps en effet que les grands champs de dunes de l'Europe ont été modifiés par des actions

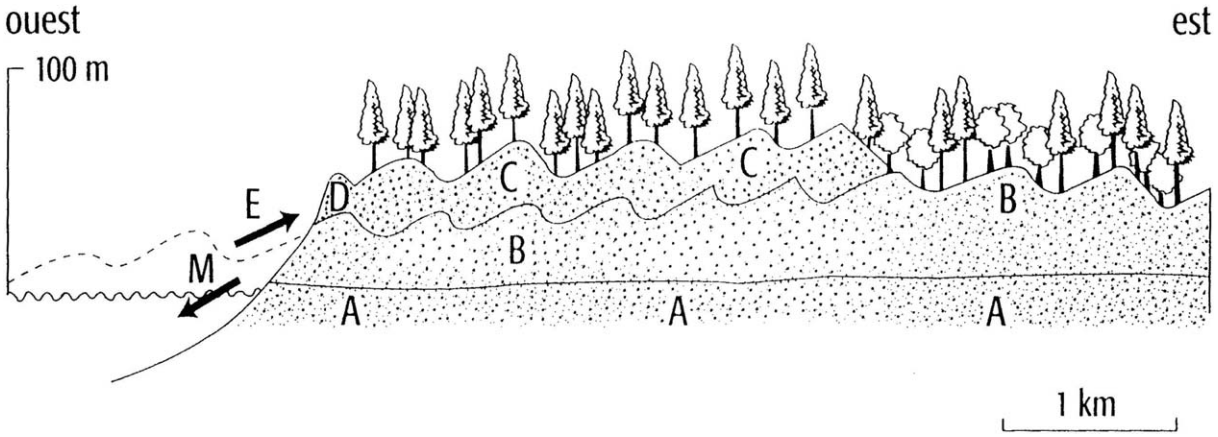


Figure 2 Coupe transversale Est-Ouest sur le littoral d'Aquitaine, France du sud-ouest (Paskoff, 2001).
A : sables des Landes (dernière époque glaciaire)
B : dunes paraboliques anciennes, datées de 5 000 à 2 000 ans B.P., spontanément fixées par une forêt mixte de conifères et de feuillus
C : dunes barkhanoïdes modernes, apparues à l'époque gallo-romaine et artificiellement fixées par une forêt de pins maritimes au XIX^{e} siècle
D : bourrelet dunaire côtier artificiel
E: érosion éolienne. M: érosion marine.



Figure 3 En Bretagne, les dunes anciennes de Ploudalmézeau (Finistère), naturellement fixées par une peloue rase, ont conservé leur topographie bosselée originelle.

humaines, tant dans leur couvert végétal que dans leur morphologie. Ainsi, des dunes anciennes spontanément végétalisées, comme les *mielles* du Cotentin ou les *machairs* d'Écosse et d'Irlande, ont traditionnellement servi de pacages et la composition floristique de leur pelouse en a été profondément modifiée. Surtout, on s'est efforcé un peu partout de stabiliser les dunes mobiles. Sans doute leur déplacement pouvait-il menacer d'ensevelissement des habitations, des terrains de culture, des voies de communication. Au XVII^{e} siècle, des intendants recommandaient de planter de l'oyat (*Ammophila arenaria*), espèce qui fixe efficacement le sable, pour freiner son avancée sur les rivages du nord de la France. Plus tard, au XIX^{e} siècle, les étendues de sable vif ont été perçues comme le symbole de la misère des sociétés rurales. Leur stabilisation artificielle par des plantations de pins pouvait leur conférer une valeur économique non négligeable. Le climat du temps, inspiré par les idées saint-simoniennes, était favorable à de grands travaux qui, au nom du progrès et de la prospérité pour tous, avaient pour but de bonifier une nature perçue comme sauvage, chaotique et hostile. C'est à la même époque que l'on a asséché pour les transformer en terres de culture de vastes surfaces de marécages et de marais. Un peu partout en Europe, de la côte de la Pologne, alors allemande (Poméranie orientale), à celle du Portugal, les dunes ont fait l'objet de boisements qui les ont figées. En France, des entreprises de grande ampleur en la matière suivirent la signature du décret impérial du 14 décembre 1810. Ainsi, la vaste forêt homogène de pins maritimes qui, depuis la fin du Second Empire, s'étend sur plus de 80 000 hectares immédiatement en arrière de la côte d'Aquitaine a-t-elle été substituée à un écosystème naturel de grandes dunes mobiles dont on a peine à imaginer l'existence aujourd'hui. Pour protéger cette forêt de l'ensablement, une dune artificielle, haute d'une dizaine de mètres, calibrée en fonction d'un « profil idéal », véritable rempart de sable, a été édifiée tout le long du rivage, sur plus de 200 km, au moyen de palissades et de plantations d'oyat. Les ingénieurs des Ponts et Chaussées, puis ceux des Eaux et Forêts dont l'Office national des forêt assume aujourd'hui l'héritage, ont associé leur nom à la réalisation et à la maintenance de cette œuvre gigantesque dont le pionnier visionnaire fut Nicolas Brémontier (1738-1809). Le résultat a été, au prix d'une dénaturation, le développement économique, grâce aux ressources fournies par l'exploitation du bois et celle de la résine, de la région des Landes jusque-là pauvre et attardée (Barrère, 1994). Plus rien ne subsiste de « cette immense surface qui pourrait être comparée à celle d'une mer en fureur dont les flots soulevés seraient subitement solidifiés dans le fort d'une tempête [et qui] n'offre aux yeux qu'une blancheur qui les blesse, une perspective monotone, un terrain montueux et nu, et enfin un désert effrayant » comme l'écrivait N. Brémontier (1833).

Le nouveau regard de la société sur les champs de dunes

On assiste aujourd'hui à un renversement de la perception sociale des champs de dunes qui sont prisés pour les activités de récréation et de loisirs. Même s'ils ont déjà, comme d'autres milieux littoraux, payé un lourd tribut aux extensions urbaines et industrialo-portuaires qui ont caractérisé les dernières décennies, ils constituent encore, là où ils n'ont pas disparu en tant que tels, des milieux de vacuité et de liberté. Ils donnent une idée, sans doute naïve et souvent fausse, d'une nature originelle. Surtout, on commence à prendre conscience de leur valeur patrimoniale que soulignent les études des botanistes et des géographes dont la voix est relayée efficacement par les associations de protection de l'environnement. Les communautés végétales des champs de dunes présentent de l'originalité et une grande richesse floristique. En France, sur quelque 400 taxons vasculaires exclusivement littoraux, soit 10 % de la flore totale du pays, on peut considérer que 150 espèces sont préférentiellement dunaires et que 60 le sont exclusivement. Sur ce nombre, plus d'une vingtaine sont rares, menacées ou en forte régression, qu'ils s'agisse de plantes endémiques ou non (Géhu, 1997).

On voit aussi aujourd'hui dans la dynamique éolienne que l'on a longtemps essayé de brider la source d'une remarquable identité paysagère caractérisée par des formes de terrain originales,



Figure 4 Avancée de sable vif dans le site classé de Rabjerg Mile, dans la péninsule du Jutland, au Danemark.

insolites et exotiques dans des milieux tempérés puisqu'elles sont la réplique des dunes des régions désertiques. Il est fort probable que, si elle avait lieu aujourd'hui, la colossale entreprise de fixation par boisement des dunes mobiles de la côte d'Aquitaine se heurterait à l'opposition de groupes de défense de la nature. Des manifestations seraient organisées, comme celles qui, il y a quelques années, ont exprimé une hostilité à la construction de barrages sur la Loire, menacée de perdre ainsi les caractères d'un fleuve « sauvage », le dernier en France. La preuve en est que dans les pays d'Europe où existent encore des champs de dunes mobiles, elles font l'objet d'une protection dans le cadre de parcs nationaux, comme en Espagne celui du Coto de Doñana ou en Pologne celui de Slowinski. Au Danemark, les avancées de sable au sud de Skagen, à l'extrémité septentrionale de la péninsule du Jutland, constituent un site classé (Fig. 4). On va même quelquefois plus loin. Ainsi (Simpson et Gee, 2001), en Angleterre, dans la réserve naturelle d'Ainsdale, près de Southport, sur la côte de la mer d'Irlande, les arbres d'une forêt de pins noirs, plantés au début du XX^{e} siècle, ont été abattus sur une quinzaine d'hectares pour essayer de redonner à des dunes une mobilité que le boisement leur avait fait perdre.

De la préservation statique à la conservation dynamique

On constate avec intérêt qu'un état d'esprit innovant commence à imprégner la gestion des grands champs de dunes de l'ouest de la France. Par exemple, l'Office national des forêts a renoncé depuis quelques années à maintenir le long de la côte d'Aquitaine un cordon dunaire parfaitement calibré par un recours périodique à des engins lourds de terrassement. Une certaine souplesse est maintenant laissée à son évolution sous l'effet des attaques conjuguées de la mer et du vent. On se limite à accompagner son recul inéluctable en le contrôlant par des actions de rapiéçage qui relèvent du génie écologique. Il perd ainsi son aspect d'ouvrage de génie civil au profit d'un modelé différencié plus naturel et aussi plus favorable à la biodiversité. Un pas supplémentaire a été franchi par l'Office national des forêts près de Merlimont, sur le littoral du département du Pas-de-Calais, où, dans une réserve biologique domaniale de 450 hectares, les travaux de fixation de dunes sont arrêtés depuis 1996. Le résultat est une remise en mouvement du sable et la reviviscence de formes paraboliques jusqu'alors entravées dans leur développement. Significatif à cet égard est le changement de comportement d'une technostructure de l'État dont l'intervention sur les rivages maritimes visait prioritairement jusqu'ici à la stabilisation des dunes par la plantation d'oyat et le boisement (Favennec, 2000).

Néanmoins, de telles initiatives restent isolées et l'on s'acharne encore trop souvent à vouloir s'opposer au mouvement du sable. Sans doute celui-ci est-il parfois déclenché par les piétinements répétés de promeneurs et surtout le roulage de véhicules (motos et voitures tout-terrains) qui détruisent sa végétation fixatrice. Mais il convient de savoir qu'il relève le plus souvent d'une évolution naturelle, en particulier en bordure du rivage, à l'arrière de plages en cours de recul, comme c'est une situation très fréquente aujourd'hui. Il est alors normal qu'apparaissent des couloirs de creusement que l'on appelle des siffle-vent et qui peuvent s'agrandir en cuvettes de déflation, désignées par le vocable de caoudeyres. À partir de ce modelé d'érosion, naissent des langues de sable mobiles et des dunes paraboliques qui, à la longue, finissent par se stabiliser spontanément tandis que d'autres apparaissent. Ces formes de remaniement qui ont l'avantage de renouveler les biotopes sont appelées à être encore plus actives avec l'accélération attendue de l'élévation du niveau de la mer attendue au cours du XXI^{e} siècle (Paskoff, 2001). On devrait donc s'orienter résolument vers une gestion des milieux dunaires fondée, non sur le gel de leur dynamique, mais tout au contraire sur son maintien et même sa réhabilitation, partout où elle ne constitue pas un risque pour les établissements humains. Cependant, parce qu'une connotation péjorative colle toujours, à tort, au mot érosion, on s'obstine encore trop fréquemment, de manière routinière, à s'opposer à elle sur beaucoup de littoraux où elle ne représente en rien une menace pour les riverains. Dire, comme on le fait quelquefois, pour justifier des travaux de stabilisation, que les mouvements de sable expriment une désertifi-

cation et donnent une mauvaise image de marque à l'espace dans lequel ils se manifestent, relève d'une argumentation fallacieuse. Bien au contraire, cette dynamique spontanée confère aux dunes vivantes une valeur paysagère unique qu'il convient de sauvegarder. Toutes les composantes de l'écosystème, les biotiques autant que les abiotiques, gagnent en diversité si on les laisse évoluer librement. Beaucoup d'entreprises actuelles de fixation du sable qui banalisent les champs de dunes ne se justifient pas. Du temps et de l'argent sont ainsi inutilement perdus. D'une façon générale, une gestion durable des espaces côtiers implique d'interférer au minimum avec leur mobilité intrinsèque qui est indispensable pour leur adaptation à un environnement changeant et pour le maintien de leur capacité de résilience. En préférant cette démarche de conservation dynamique à celle de préservation statique qui prévaut encore trop souvent aujourd'hui, on contribuera à la sauvegarde de la qualité paysagère et de la richesse biologique des grands champs de dunes de l'Europe atlantique.

Références

Barrère, P., 1994. De la plaine de sable à la Côte d'Argent. La forêt landaise. Privat, Toulouse, 15-45.

Brémontier, N.T., 1833. Mémoire sur les dunes et particulièrement sur celles qui se trouvent entre Bayonne et la pointe de Grave, à l'embouchure de la Gironde. Annales des Ponts et Chaussées 1, 145–186.

Favennec, J., 2000. The *Office National des Forêts* actively involved in managing and protecting the French coast. Coastline 2, 718.

Géhu, J.M., 1997. Phytodiversité et intérêt patrimonial de la végétation des dunes littorales françaises. In: Favennec, J., Barrère, P. (Eds.), Biodiversité et protection dunaire. Lavoisier, Paris, 158-164.

Guilcher, A., Hallegouët, B., 1991. Coastal Dunes in Brittany and their Management. Journal of Coastal Research 7, 517–533.

Paskoff, R., 1997. Typologie géomorphologique des milieux dunaires européens. In: Favennec, J., Barrère, P. (Eds.), Biodiversité et protection dunaire. Lavoisier, Paris, 198-219.

Paskoff, R., 2000. L'érosion des plages est due à un déficit naturel en sédiments. Pour La Science 269, 21–22.

Paskoff, R., 2001. L'élévation du niveau de la mer et les espaces côtiers. Institut Océanographique, Paris.

Ritchie, W., 2001. Coastal dunes: resultant dynamic position as a conservational managerial objective. In: Houston, J.A., Edmonton, S.E., Rooney, P.J. (Eds.), Coastal Dune Management. Liverpool University Press, Liverpool, 1-14.

Simpson, D.E., Gee, M., 2001. The restoration of open dune communities at Ainsdale, Sand Dune National Reserve. In: Houston, J.A., Edmonton, S.E., Rooney, P.J. (Eds.), Coastal Dune Management. Liverpool University Press, Liverpool, 253-261.

Tastet, J.-P., Pontee, N.I., 1998. Morpho-chronology of coastal dunes in Médoc. A new interpretation of Holocene dunes in southwestern France. Geomorphology 25, 93–109.

Van der Meulen, F., Van der Maarel, E., 1993. Dry coastal ecosystems of the central and southwestern Netherlands. In: Van der Maarel, E. (Ed.), Dry Coastal Ecosystems, Polar Regions and Europe. Elsevier, Amsterdam, 271-306.

Available online at www.sciencedirect.com
SCIENCE DIRECT®