



LES RENCONTRES SCIENTIFIQUES  
— COLAS —

# Les Rencontres Scientifiques Colas

## « La physique des tas de sable ou la dynamique des dunes »

19 septembre 2006

avec **Stéphane DOUADY**,  
Directeur de Recherche au CNRS

et **Jean FAVENNEC**,  
Ingénieur à l'Office National des Forêts

Conférence modérée par **Jean-Michel GHIDAGLIA**  
Directeur Scientifique de La Recherche

---

La physique des tas de sable est encore un sujet plein de mystères. Les dunes, tas de sable animés par le vent et parfois la mer, sont des systèmes vivants à part entière. Quels sont les phénomènes physiques sous-jacents ? Quels sont les phénomènes biologiques qui participent à l'évolution des dunes ?

Partant de ces questions qui relèvent de la recherche actuelle, les conférenciers montreront l'importance de l'approche interdisciplinaire pour comprendre la vie des dunes.

## Intervention de Monsieur Jean FAVENNEC

Les dunes sont des « collines de sable », accumulation de particules transportées par le vent. Elles présentent une grande diversité de formes, partout dans le monde. Les dunes littorales constituent un cas particulier dans lequel l'énergie marine est capitale.

Les dunes existent partout dans le monde mais on les trouve surtout dans les déserts continentaux et littoraux ainsi que les côtes sableuses. En Europe les dunes sont uniquement littorales.

### Quelques grands exemples de dunes européennes :

- les dunes de Hollande avec leur rôle bien connu de digue,
- les dunes du Portugal au Nord de Porto,
- les dunes du Danemark : ce sont des champs de dunes laissées libres, de type barkhanes.

En France, il existe une grande variété de dunes sur la côte Atlantique, longue de 1000 kilomètres. En effet, la physionomie des dunes littorales atlantiques est fonction de l'orientation des côtes par rapport aux houles et aux vents dominants, du type de bordure terrestre sur lequel les accumulations sableuses s'ancrent ou s'adosent, de la quantité et de la granulométrie des sables... On trouve notamment :

- la flèche d'Arçay, dune de type flèche à pointe libre (série de crêtes successives),
- des dunes perchées sur sous bassement rocheux à l'instar des dunes végétalisées en Vendée,
- des dunes aux formes libres comme les dunes de la baie d'Audierne,
- des dunes aux formes calibrées (c'est à dire alignées) comme les dunes aquitaines.

### La dune du Pila

Elle se caractérise par une forme atypique de type perchée. Cette dune est située au niveau exutoire des passes du Bassin d'Arcachon. A cet endroit, la mer a entaillé une falaise dans les dunes hautes. Les autorités ont fait le choix de laisser cette dune libre, et donc dynamique, la laissant avancer vers l'Est de 4 mètres par an. La dune du Pila constitue donc une étendue particulièrement mobile.

### Les principaux processus vitaux et énergétiques naturels qui animent le système plage/dune sont :

- **La mer.** Par l'énergie des houles générées par les vents, la mer trie, calibre et apporte les sédiments sur les plages. Plage et dunes sont les principaux compartiments des « cellules sédimentaires côtières », unités fonctionnelles pour lesquelles on peut établir des bilans sédimentaires. Si le « budget » est positif, la côte progresse, s'il est négatif, la côte recule. Sous l'action maritime, une majorité des côtes est en recul.
- **Le vent** transporte le sable de la plage vers la dune, il peut aussi remobiliser des accumulations antérieures. Les faciès de déflation, de transit, d'accumulation permettent d'analyser les processus éoliens en cours.
- **La végétation** freine le transit sableux, c'est un facteur important de l'édification des cordons dunaires littoraux. Les difficiles conditions du milieu (sel, vent, mitraillage) génèrent des communautés végétales originales de haute valeur patrimoniale (fort endémisme).

## Intervention de Monsieur Stéphane DOUADY

### Le mécanisme à l'œuvre :

Les dunes fascinent par leurs formes variées et cependant cohérentes. Pourtant, rien de plus simple en apparence que la composition des dunes, constituées de sable et formées par le vent. Le vent accumule en effet le sable en tas. Néanmoins, du fait même de cette action éolienne, des creux suffisamment importants se dessinent modifiant ainsi la trajectoire du vent et les formes des dunes.

### Rapide classification des formes des dunes :

- On trouve des dunes longitudinales comme celles du désert de Namibie. Travaillées par un courant éolien Nord-Sud, leur traversée n'est aisée que dans ce même sens longitudinal.
- Les formes en étoiles offrent les dunes les plus hautes. Un vent omnidirectionnel travaille ces dunes et forme des crêtes.
- Les dunes littorales en forme de barkhane sont caractérisées par leur forme simple : une accumulation de sable entourée d'une roche dure. Ce sont les formes les plus courantes qui se créent sous l'action d'un vent transversal. Les dunes barkhanes se déplacent rapidement (environ de 100 m par an).

### Leur fonctionnement :

En raison du couplage et de la rétroaction du vent et des dunes, on ne sait pas prédire simplement la forme à venir de la dune. Pourtant, c'est aussi ce couplage qui réplique la cohérence de la forme. En tenant compte de la manière dont le sable est transporté et accumulé, on peut en effet retrouver la logique de la forme des dunes, et enfin la comprendre. Si le vent vient de l'arrière de la dune, il repose les grains à l'avant pour créer une avalanche.

$$LH=QT$$

$$C= Q/H$$

L/T : vitesse de l'avancée de la dune

L : avancée du sable

H : hauteur de la dune

Q : flux du sable

T : temps

Le flux qui est capable d'emmener le vent est le même. Donc une petite dune avance beaucoup plus vite qu'une grande.

## Jean FAVENNEC, sur les formes des dunes

Les formes des dunes sont compliquées lorsqu'elles restent libres.

Le vent découpe les fronts des dunes. Les bûches et couloirs d'érosion, souvent nommés « siffle-vent », peuvent s'élargir et devenir de larges excavations ou « caoudeyres ». Dans certaines situations, les caoudeyres peuvent devenir jointives (coalescentes) et remobiliser tout le cordon dunaire.

Le sable provenant de la plage associé à celui qui est prélevé sur la dune transite vers l'intérieur des terres. Il en résulte des formes complexes. La végétation freine une partie de ce transit de sédiment et génère un bossellement complexe. Dans son jeu de « saute-mouton », le vent concentre son énergie dans les zones sans végétation et y creuse des excavations.

Par le jeu d'un subtil équilibre entre la force du vent et la capacité des végétaux à freiner son énergie, se développent des formes naturelles de moindre résistance à l'érosion. Ces dunes semi-fixées représentent un stade dynamique intermédiaire entre les dunes mobiles et les zones d'avalanches de sable (érosion ou déflation). Ces dernières sont toujours associées à des zones de transit puis de sédimentation ou d'accumulation.

Le sable prélevé dans la caoudeyre alimente une langue de sable ou pourrière. Les dunes en végétation peuvent « marcher » rapidement vers l'arrière-pays. Des travaux peuvent néanmoins être engagés pour limiter le recul des dunes. Ainsi l'Office National des forêts, qui assure la gestion d'une grande partie des dunes de la côte Atlantique (400 km), met en œuvre des travaux de contrôle souple qui visent à répondre à diverses actions sociales telles que la protection de l'arrière-pays, la concentration de la biodiversité, l'accueil du public, la limitation de l'érosion marine.

Les techniques de lutte contre l'érosion éolienne consistent à freiner la vitesse du vent. Dans ce but, quatre techniques sont utilisées : les barrières « brise-vent », la couverture de branchage, les plantations et enfin le modelage mécanique (de moins en moins utilisé).

### Les paysages dunaires

Ils forment une mosaïque complexe et évolutive de divers écosystèmes et se présentent globalement sous forme d'une succession d'habitats en bandes parallèles au littoral conditionnés par un gradient décroissant de salinité, de vent et de transit sableux.

Résultante du double processus naturel et anthropique, le paysage est une mosaïque d'écosystèmes en constante évolution. Les paysages littoraux dunaires, bien que marqués par l'action de l'homme, bénéficient d'une forte dynamique naturelle qui leur permet de conserver leur essence.

Chaque unité du paysage est intégrée dans des ensembles plus larges, les systèmes dunaires : dunes littorales, dunes anciennes fixées naturellement, dunes modernes fixées récemment au XIX<sup>e</sup> siècle mais qui existent depuis environ 1000 ans. Chaque dune possède une forme particulière : barkhane, parabole isolée ou en râteaux.

Chaque habitat est caractérisé par une forme, un type de végétation et un processus dynamique. On peut distinguer les avant-dunes, en lien étroit avec la plage, les dunes blanches, accumulation principale peuplée par l'Oyat et son cortège de plantes *psammophiles*, les dunes grises semi-fixées et fixées, considérées comme des habitats prioritaires (Directive européenne « habitats »), la lisière forestière et la dune boisée à l'intérieur des terres.

L'analyse des paysages lunaires est l'outil de gestion et d'évaluation de l'état du milieu. Il existe un certain équilibre au niveau des rapports entre les différentes formes de dunes.

### Stéphane DOUADY

En remplaçant le vent par des courants d'eau, on arrive aussi à reproduire ces dunes à l'échelle réduite (1/1000e) et à observer leur dynamique. On peut alors voir leur propre logique dans leur mouvement même, leur individualité. Cela permet d'établir des parallèles avec la logique et le fonctionnement d'organismes vivants.

Ci-dessous, la formule de la longueur de saturation :

$$L = \xi d P_g / P_f$$

D: diamètre du grain

P<sub>g</sub> : densité du grain

P<sub>f</sub> : densité de l'air

Si le diamètre du grain est infime, le rapport de densité est important. La longueur est souvent égale à 10 mètres.

#### Pourquoi faut-il une taille minimale pour qu'une dune existe?

Si une dune est trop petite, le vent ne peut pas déposer de sable sur le haut de cette dune. Elle est donc amenée à disparaître ; les grains de sable la composant seront emmenés par le vent puis redéposés sur une dune de taille plus importante.

Lors d'une étude au Maroc à Tartaya, les chercheurs ont constaté que les alizés descendaient la côte en prenant le sable recouvrant ainsi le littoral jusqu'en Mauritanie.

Les dunes barkhanes descendent donc le littoral et se jettent dans la mer.

Une dune s'adapte au sens du vent. Si le vent souffle sur un autre versant de la dune, cette dernière reformera instantanément un dos pour favoriser l'avalanche du sable.

En raison du vent et des tempêtes, une dune n'est donc jamais parfaite.

Lors d'une expérience en laboratoire, les chercheurs ont découvert que, lors d'une collision entre deux dunes, la dune située devant se découpe et se reforme avec l'autre dune rentrée en collision. On peut dire que les dunes interagissent en permanence.

#### Comment contrôler les dunes ?

Il existe un moyen des plus simples qui consiste à couvrir les dunes, soit par l'utilisation de la végétation, soit par des barrières placées en haut des dunes - le vent est ainsi ralenti et peut déposer le sable, - soit par un « chalumeau à dune » – cela consiste à placer deux barrières en V sur le haut d'une dune. Cette technique est très exigeante car il faut réadapter constamment le positionnement des barrières au changement des dunes.