

EXPO INTERACTIVE

7 mars > 9 juin 2018

Face au vent



L'EXPO QUI DÉCOIFFE !



Salle des Arcades du Gua | AUBIN

Ouvert au mardi au samedi | Entrée gratuite | Tel. 05 65 43 90 86

**DOSSIER D'ACCOMPAGNEMENT
ET D'APPROFONDISSEMENT
DE L'EXPOSITION**

Il est étrange, on peut le sentir sur sa peau, parfois l'entendre, il sculpte les nuages ou fait bouger les feuilles d'un arbre et pourtant on ne le voit pas... il s'agit du vent !

Qu'il soit glacial, chaud, sec, violent, doux, impétueux, cinglant, du Nord, contraire, à décorner les bœufs, le vent est donc omniprésent. Et pourtant nous sommes loin de réellement le connaître. Qu'est-ce que le vent ? Comment se forme-t-il ? Comment le mesurer, l'utiliser, le dompter ?

Au gré d'un parcours tout en légèreté et en poésie, « Face au vent » apporte, à travers 10 grands thèmes illustrés de modules interactifs et d'expériences étonnantes, une nouvelle vision de ce phénomène naturel pour apprendre à le connaître, le mesurer, le prévoir ou encore l'écouter. La visite de cette exposition permet ainsi d'appréhender cette force invisible et les enjeux, notamment écologiques, qui y sont rattachés.

Les élèves seront largement sollicités : ils s'opposeront à sa force, s'amuseront avec des maquettes de char à voile, écouteront sa mélodie et retiendront ses anecdotes.

Une exposition ludique qui ne manque pas d'air, à découvrir avec votre classe !

Cette exposition a été conçue par Cap Sciences Bordeaux, en coproduction avec Le Vaisseau de Strasbourg, avec le soutien de VALOREM, de l'ADEME et le concours de Météo France.

La culture scientifique se doit d'être intégrée dans le parcours de formation de l'élève. La visite d'une exposition avec une classe, moment privilégié, devrait idéalement s'inscrire dans un projet pédagogique qui commence en amont de la visite par des séquences de préparation et qui débouche en aval sur des activités réalisées en classe. La préparation de la visite est particulièrement importante, puisqu'elle suscite des attentes qui seront, pendant la visite elle-même, source et moteur de l'intérêt de l'élève.

Les expositions proposées par le service culturel intercommunal font toujours l'objet d'une médiation spécifique à destination des scolaires. L'exposition « Face au vent » s'adresse à tous les publics à partir de 6 ans et aux scolaires à partir du CP.

Ce dossier pédagogique a pour but de donner aux enseignants des pistes de travail pour pouvoir exploiter au mieux toutes les possibilités offertes par cette exposition, en cohérence avec les objectifs d'enseignement. Il présente le contenu détaillé de l'exposition et apporte quelques éléments d'information sur les origines du vent, avant de s'intéresser au rôle déterminant que joue cet élément dans l'écosystème mondial et, par voie de conséquence, dans l'Histoire des Hommes et des civilisations.

Bien qu'il s'agisse d'une exposition à vocation scientifique, la thématique du vent peut aussi faire l'objet de convergences et d'intéressantes relations avec la littérature pour les enfants, la mythologie, l'art, la musique, la géographie, etc.

SOMMAIRE

1. Contenu de l'exposition

- 1.1 Thématique 1 : qu'est-ce que le vent ? p°4
- 1.2 Thématique 2 : l'Homme spectateur p°5
- 1.3 Thématique 3 : l'Homme acteur p°7

2. Les mystères du vent

- 2.1 D'où vient le vent ? p°10
- 2.2 La ronde des vents p°13
- 2.3 A la poursuite du vent p°17

3. Quand souffle le vent

- 3.1 Le vent, une force créatrice p°21
- 3.2 Le vent, une force destructrice p°26

4. L'Homme et le vent

- 4.1 L'énergie du vent p°31
- 4.2 Vent universel p°38

5. Boîte à outils : fabriquer des objets en lien avec le vent p°42

6. Autour de l'exposition p°48

7. Liens avec les programmes scolaires

- 7.1 Ecole Primaire p°50
- 7.2 Collège p°52
- 7.3 Lycée p°54

8. Bibliographie p°56

1. Contenu de l'exposition

➤ **Thématique 1 : « Qu'est-ce que le vent ? »**

Comment se forme le vent ?

Y a-t-il un moyen de le mesurer ou même de le prévoir ?

Îlot 1 : le vent se lève

Panneau Informatif :

- Pourquoi l'air chaud monte ? : La différence entre l'air chaud et l'air froid expliquée en quelques mots.
- Les brises : visualisez les différences et les points communs entre les brises de terre, de mer et de montagne.
- Les vents locaux : localisez certains vents locaux, célèbres en France et en Allemagne.
- La planète des vents : découvrez comment soufflent les grands vents à travers le monde.

Multimédia :

- Mesure en direct : suivez la vitesse et direction du vent en direct de Strasbourg et de Bordeaux.
- Comment se forme le vent ? : découvrez l'origine du vent et de sa propagation à l'échelle mondiale.



Îlot 2 : Mesurer le vent

Panneau informatif :

- Comment mesurer le vent ? : découvrez les différents instruments de mesure du vent.
- Les girouettes : admirez différentes photos de girouettes qui existent en France.
- Vitesse en Beaufort : comparez l'échelle de Beaufort et son équivalent en km/h.

Élément interactif :

- La cabine à vent : dans une cabine à vent, ressentez l'effet de diverses vitesses de vent et associez les à l'échelle de Beaufort.



Îlot 3 : prévoir le vent

Panneau informatif :

- Travailler dans le vent : lisez les témoignages de professionnels dont l'exercice de différentes professions est lié aux conditions climatiques et plus particulièrement au vent.
- Instruments de mesure : découvrez les différents instruments de mesure professionnels qui permettent de prévoir le vent.

Multimédia :

- Comment prévoir le vent : comment les services météorologiques peuvent-ils prévoir le vent ? Interprétez une carte et prévoyez le vent qu'il fera.
- Météo marine : visualisez à quoi correspondent les zones maritimes évoquées dans la météo marine.

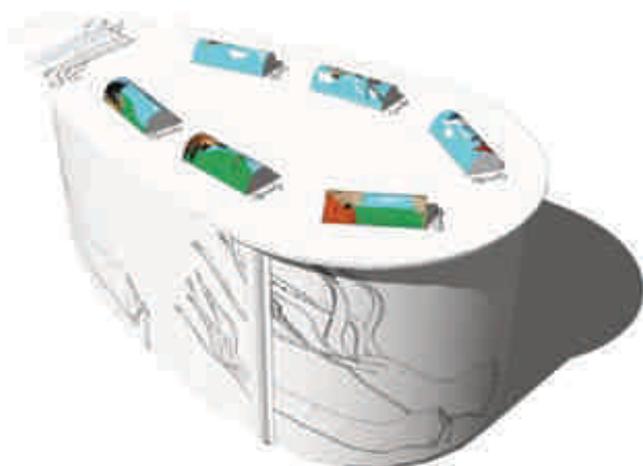


➤ **Thématique 2 : « L'Homme spectateur »**

Comment le vent se manifeste-t-il ?

Bénéfique ou destructeur, il agit sur notre environnement, il transporte, détruit et façonne nos paysages.

Îlot 4 : Ecouter le vent



Multimédia :

- Ecoute bien le vent : associez le son de différents types de vent avec les milieux dans lesquels ils soufflent.
- Le voyage du vent : découvrez certaines mythologies liées au vent dans le monde.

Élément interactif :

- Parole de vent : comparez différentes expressions courantes associées au vent en français et en allemand.

Îlot 5 : le vent façonne

Les végétaux et le vent

Panneau informatif :

- Anémomorphose : admirez des photos d'arbres façonnés par le vent régulier et fréquent.
- Des graines aérodynamiques : comparez la diversité des formes de graines et leur prise au vent.

Multimédia :

- Graines au fil du vent : apprenez comment le vent participe à la dissémination des graines au fil des saisons.



Erosion éolienne

Panneau informatif :

- Erosion de la roche mère : admirez les belles photos d'ensembles géologiques caractéristiques montrant l'effet de l'impact répété de petits grains transportés par le vent.

Éléments interactifs

- Formation des dunes : formez et déformez une dune.

Multimédia :

- Formation des vagues : voyez comme le vent mais aussi les différences de pression atmosphérique engendrent la houle et les vagues.
- Le vent façonne la mer et l'atmosphère.

Îlot 6 : le vent s'affole



Panneau informatif :

- Quand la tornade souffle et s'essouffle : comprenez pourquoi les tornades apparaissent, en particulier dans le cas américain.
- Où sévissent les cyclones ? : connaissez-vous les différentes régions du monde où surviennent les cyclones ? Découvrez où ils ont lieu et leurs différentes appellations.
- Formation d'une rafale d'orage : apprenez comment se forme une rafale d'orage.

Vidéo :

- Tornade, cyclone et rafale d'orage : plongez-vous dans le cœur du sujet en regardant les vidéos de phénomènes extrêmes liés au vent.

Multimédia :

- Comment se forme un cyclone : comprenez dans quelles conditions se forment un cyclone au travers d'un multimédia interactif comportant deux niveaux de difficulté.

Élément interactif :

- Modélisation d'une rafale d'orage : observez la trajectoire du vent d'une rafale d'orage avec cet élément interactif.

➤ **Thématique 3 : « L'Homme acteur »**

*Comment l'Homme exploite-t-il le vent dans sa vie quotidienne ?
Que met-il en place pour le capter et tenter de le domestiquer ?*

Îlot 7 : Se protéger du vent**Panneau informatif :**

- Pour vivre heureux, vivons abrités : faites connaissance avec quelques stratégies que l'Homme a inventé pour éviter les effets néfastes du vent (orientation des maisons, haie, adaptation pour vie insulaire).

Vidéo :

- Pont sous le vent : observez la vidéo d'une maquette d'un pont testée en soufflerie ainsi que des vidéos de ponts réels soumis à un vent violent.

Élément interactif :

- Textiles et vent : ressentez et comparez avec cet élément interactif l'effet brise-vent de différents textiles en plaçant votre main devant des étoffes soumises au vent.



Îlot 8 : capter le vent



Panneau informatif :

- Le potentiel éolien : informez-vous sur l'implantation des fermes éoliennes en France, le potentiel éolien en Aquitaine et en Alsace et l'évolution de la puissance installée.
- Eoliennes et moulins : observez les photos légendées de différentes éoliennes et moulins.

Élément interactif :

- Productivité par type d'éolienne: associez une productivité électrique à l'éolienne correspondante.

Îlot 9 : naviguer grâce au vent

Panneau informatif :

- Locomotion éolienne : découvrez différents moyens de locomotion utilisant le vent.

Éléments interactifs :

- Naviguer grâce au vent : amusez-vous à relever le défi de la navigation avec des chars à voile miniatures sur une large piste encadrée par deux rangées de ventilateurs. Des petits textes et schémas apportent un complément d'information sur la théorie du positionnement d'un bateau par rapport au vent.
- Vent ou pas vent : interrogez-vous sur le déplacement dans l'air de quelques aéronefs présentés sous forme d'images en vous demandant si leur mobilité est due au vent.



Îlot 10 : domestiquer le vent



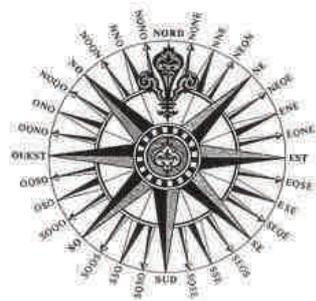
Panneau informatif :

- L'évaporation de l'eau : l'évaporation de l'eau produite par le vent permet le développement d'usages spécifiques comme le séchage du linge ou de denrées alimentaires.
 - Carte d'Iran et vue de Yazd : situez sur une carte l'Iran vis-à-vis de la France et voyez la localisation de Yazd, une cité millénaire riche en tours à vent.
 - Version moderne des tours à vent : découvrez comment l'écoquartier anglais de Bedzed s'est inspiré des tours à vent iraniennes pour développer un système de ventilation passif.
- Une maquette décorative de tour à vent de Bedzed est également exposée.

Élément interactif :

- Maison iranienne : observez sur une maquette de maison iranienne la formation et la canalisation d'un courant d'air créé grâce à une tour à vent. Des briques humides permettent de montrer comment le vent associé à l'évaporation d'eau permet de rafraîchir les pièces d'une maison.

2. Les mystères du vent



Tour à tour chaud, sec, violent, doux, cinglant, impétueux... le vent est un étrange phénomène, invisible aux yeux des Hommes qui perçoivent pourtant ses effets tous les jours. Ils sentent sa caresse sur leur peau, entendent bruissier les feuilles des arbres, voient les nuages avancer et l'eau des lacs miroiter.

Le vent est donc partout, mais comment se forme-t-il ? D'où vient son étonnante diversité ? Et de quels outils disposent les Hommes pour l'appréhender ? Petite enquête sur les mystères du vent...

2.1. D'où vient le vent ?

Le vent, explique le dictionnaire, n'est rien d'autre que de « l'air en mouvement ». Mais pourquoi donc ce dernier entreprend-t-il de se déplacer ?

Le vent est en fait la résultante de différentes forces, qui sont au nombre de trois : la force de pression, la force de Coriolis et la force de frottement.

2.1.1. Le vent, une histoire de pression...

Dans un premier temps, il faut savoir que le vent est indissociable du Soleil. En effet, l'air de l'atmosphère est plus ou moins chauffé par les rayons solaires, principalement à cause de la forme sphérique de la Terre, et ne présente donc pas de partout la même température. Or, l'air chaud se dilate : moins dense, il pèse logiquement moins lourd que l'air plus frais et s'élève donc au-dessus de celui-ci. C'est le phénomène de convection, à l'origine du premier mouvement de l'air : une circulation verticale, qui se manifeste à toutes sortes d'échelles, à l'intérieur d'une maison entre un rez-de-chaussée surchauffé et des combles plus frais, comme en pleine nature, au-dessus d'une mer tiède dans les régions proches de l'équateur. Des courants analogues se forment évidemment en sens inverse, l'air expédié en altitude finissant par se refroidir et redescendre.

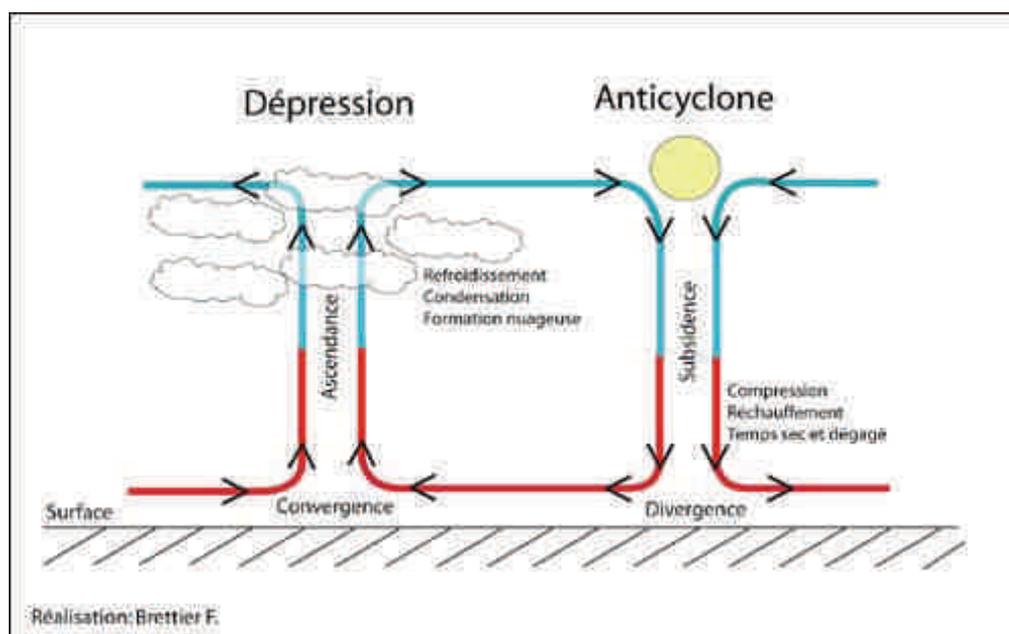


La découverte de la pression atmosphérique

La notion de pression atmosphérique, indispensable pour expliquer le vent, est mise en évidence en 1643 par Evangelista Torricelli (1608-1647), un physicien et mathématicien italien disciple de Galilée (1564-1642). Quatre ans plus tard, le savant français Blaise Pascal (1623-1662) démontre que cette pression diminue avec l'altitude. L'idée que l'air a un poids et qu'il peut exercer une pression est une véritable révolution qui permet l'avènement d'une météorologie scientifique prévisionnelle, reposant d'abord sur un unique instrument : le baromètre.

Torricelli inventant le baromètre à mercure

Là où se trouve l'air chaud, la pression atmosphérique reste par définition faible, du fait de la plus grande légèreté de l'air : ces zones sont appelées dépressions. Inversement, les hautes pressions, les anticyclones, prédominent là où se concentre l'air froid. La nature tendant à rétablir l'équilibre, le voisinage d'une zone de haute pression et d'une autre à la pression plus basse se traduit automatiquement par un déplacement d'air de la première vers la seconde. Le mouvement d'air horizontal ainsi généré par l'écart de pression, c'est tout simplement le vent. La vitesse du vent est directement proportionnelle à la différence de pression entre deux points. Plus la différence de pression est grande, et plus le vent souffle fort.

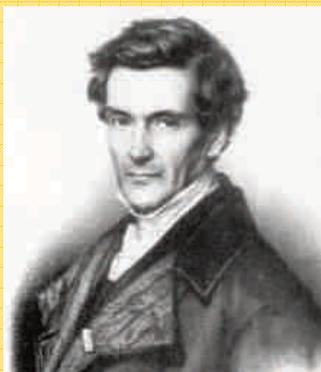


Mouvements d'air : le jeu des pressions

Dans l'atmosphère, l'air s'écoule des zones de hautes pressions, les anticyclones, vers les zones où la pression est la plus basse, les dépressions. C'est ce déplacement d'air qui donne naissance au vent. Plus la différence de pression est importante, plus le vent sera fort.

2.1.2. ...de rotation...

Cependant, le vent ne se déplace pas directement du centre de l'anticyclone vers celui de la dépression. La rotation de la Terre (1 670 km/h au niveau de l'équateur) le fait dévier du droit chemin, l'obligeant à infléchir sa route vers la droite dans l'hémisphère nord, et vers la gauche dans l'hémisphère sud. C'est ce que les scientifiques appellent la force de Coriolis.



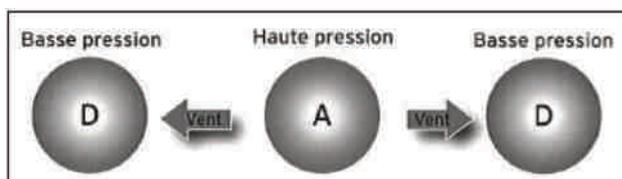
La mise en évidence de la force de Coriolis

En 1836, un mathématicien français, Gustave Gaspard Coriolis, met en évidence le phénomène qui a gardé son nom, à savoir la déviation des flux aériens en raison de la rotation de la Terre.

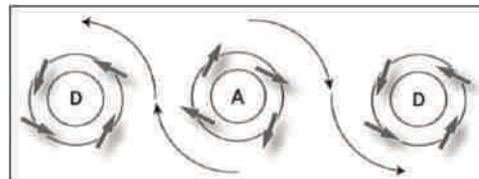
Mais contrairement à une croyance populaire, cette force est trop faible pour avoir le temps d'influer sur le sens de rotation de l'écoulement de l'eau dans un lavabo !

Gustave Gaspard Coriolis (1792-1843)

Ainsi, si la Terre était immobile, l'orientation du vent serait assez simple à déduire, allant directement des centres de haute pression vers les dépressions.



Une attirance évidente...



...mais une orientation plus complexe !

Mais dans la réalité, la force de Coriolis, générée par la rotation de la Terre, dévie le mouvement des masses d'air qui décrivent une trajectoire circulaire. Dans l'hémisphère nord, comme sur le schéma suivant, les vents tournent de manière générale dans le sens des aiguilles d'une montre autour d'un anticyclone et en sens contraire autour d'une dépression. C'est l'inverse dans l'hémisphère sud.

2.1.3. ... et de frottements !

Enfin, une dernière force agit sur le vent. En effet, l'air qui s'écoule au-dessus du sol subit des effets de frottement. Ceux-ci freinent et dévient l'air jusqu'à une hauteur d'environ 1 km dans l'atmosphère. Les météorologues désignent cette couche de l'atmosphère par le terme de couche de frottement. Le comportement des vents à ce niveau dépend beaucoup du relief et de la nature du sol.

Au contraire, l'air au-dessus de la couche de frottement s'appelle l'atmosphère libre. Les flux n'y sont ni ralentis ni déviés : les vents soufflent donc plus vite et sur de plus longues distances, et réagissent davantage à la force de Coriolis qui modifie leur direction.

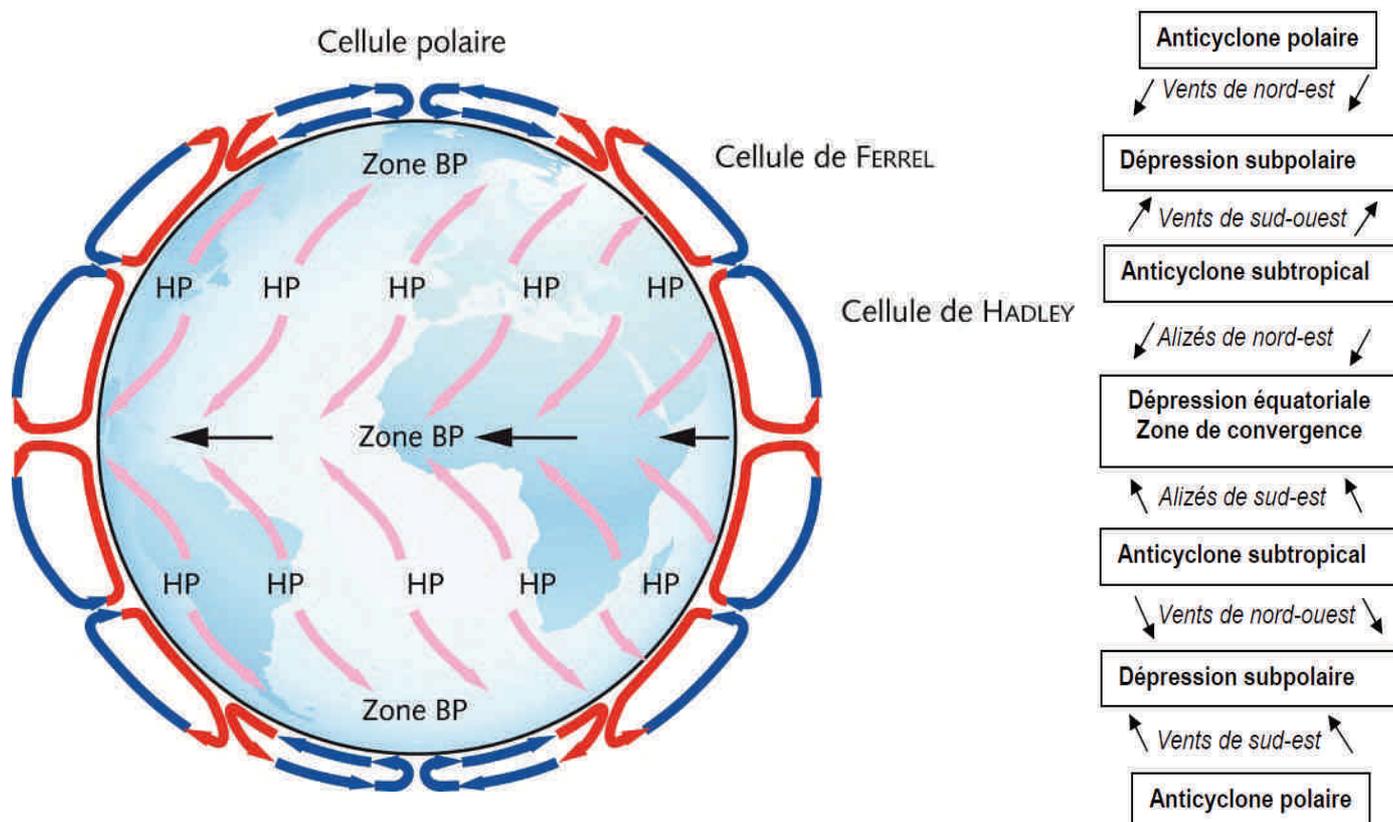
Ainsi, trois types de forces interviennent dans la formation du vent. La première, la force de pression, donne naissance aux vents et détermine leur puissance. La seconde, la force de Coriolis, en détermine la direction dans la haute atmosphère. Enfin, la force de frottement se manifeste près du sol et est plutôt responsable de leurs caractéristiques locales.

2.2. La ronde des vents

Sur Terre, de grandes bandes de vents semblent souffler en permanence. Mais ces courants dominants sont loin de l'être partout, car la croûte terrestre brouille les cartes et donne naissance à de multiples vents régionaux et locaux.

2.2.1. L'aristocratie des grands vents

Un schéma de la circulation générale de l'atmosphère aide à expliquer la présence relativement constante des systèmes de pression et donc des grands vents autour du monde.



Les trois cellules de convection

- La cellule de Hadley

Le rayonnement solaire est inégalement réparti à la surface de la planète. En toutes saisons, la bande équatoriale est la mieux servie. Cette chaleur se traduit par une grande dépression. L'air s'élève, se refroidit, et retombe aux environs des tropiques avant de repartir vers l'équateur. C'est la cellule de Hadley, en hommage à l'astronome anglais du même nom, premier à mettre en évidence ce mécanisme en 1735.

- La cellule polaire

À l'inverse, les régions polaires reçoivent peu de rayonnement solaire. L'air froid, plus dense, détermine donc une vaste zone anticyclonique autour des pôles. Cet air se déplace vers des latitudes plus basses, se réchauffe, devient moins lourd et reprend de l'altitude pour repartir vers les pôles. C'est la deuxième boucle, la cellule polaire.

- La cellule de Ferrel

Entre ces deux circuits convectifs, il existe une cellule intermédiaire dont le sens est inversé, la cellule de Ferrel.

Les vents dominants

Les principaux vents de la surface du globe se déduisent logiquement de la position de ces grandes zones d'anticyclones et de dépressions, allant des premières vers les secondes. Cependant, comme la Terre tourne, ils ne circulent pas directement du nord au sud et du sud au nord. Ils sont au contraire déviés par la force de Coriolis, vers la droite dans l'hémisphère nord et vers la gauche dans l'hémisphère sud.

Voici de manière simplifiée la répartition de ces vents, en partant des pôles, dans chacun des deux hémisphères.

- Une bande de vents de nord-est et de sud-est

Ces vents soufflant d'est en ouest descendent des pôles en direction des zones plus chaudes.

- Une bande de vents de sud-ouest et de nord-est

Ces vents remontent des tropiques vers les pôles. Ils contribuent à la violence des tempêtes et prennent une telle puissance dans l'hémisphère sud où ils ne rencontrent aucun obstacle que les navigateurs les ont surnommés « quarantièmes hurlants » et « cinquantièmes rugissants ».

- Une bande dédiée aux alizés de nord-est et de sud-est

Ces vents qui soufflent des tropiques vers l'équateur sont les fameux **alizés**. Ce flux régulier, connu des marins du monde entier, a joué un rôle considérable dans les grandes explorations maritimes à partir du XV^e s., en portant les navires vers l'ouest à travers les océans du monde. C'est grâce à eux que Christophe Colomb a atteint le Nouveau Monde en 1492, et sa route est ensuite devenue la route régulière pour tous les navires de commerce. Les alizés ont ainsi été surnommés « les vents du commerce » : depuis l'Europe, les marchands faisaient route par le sud pour capter les alizés et atteindre le Nouveau Monde. À leur retour, ils remontaient plus au nord pour essayer de profiter des vents d'ouest.

- La zone de convergence intertropicale

Cette zone est une ceinture de quelques centaines de kilomètres formée par la convergence des masses d'air portées par les alizés. Surnommée « le pot au noir » par les marins, il s'agit d'une redoutable zone qui se caractérise par une alternance de calme plat et de grains, c'est-à-dire des renforcements ponctuels mais violents du vent.

- Les courants-jets

À la frontière entre deux masses d'air aux températures très différentes, entre 6 et 15 km d'altitude, il peut se former un couloir étroit de vent très intense, soufflant essentiellement d'ouest en est : le courant-jet. De plusieurs milliers de km de longueur, quelques centaines de large et seulement quelques km d'épaisseur, la vitesse moyenne du vent à l'intérieur est estimée à 100 km/h mais peut dépasser 360 km/h ! Ils sont bien connus des pilotes d'avion qui les évitent dans le sens est-ouest, mais en profitent dans le sens ouest-est pour voler à moindre consommation de carburant.

Le courant-jet polaire se situe à la frontière entre les cellules polaires et de Ferrel et le courant-jet subtropical à la frontière entre les cellules de Hadley et de Ferrel.

Reste que les configurations réelles de la circulation de l'atmosphère sont beaucoup plus compliquées que ce simple schéma. D'autres facteurs entrent en jeu et compliquent les choses, notamment le jeu des saisons et surtout la distribution des zones océaniques et des masses terrestres. En effet, si sur l'océan le vent ne rencontre aucun obstacle et le schéma de circulation générale de l'atmosphère se révèle à peu près valide, sur les continents il en est tout autrement.

2.2.2. Quand la terre brouille les cartes

La connaissance des grands flux aériens ne suffit pas à déduire avec quelle précision le vent soufflera en un point donné. Il faut en effet prendre en compte un autre facteur, la distribution des océans et des continents, et ce pour plusieurs raisons.

- Premièrement, la terre et la mer captent de façon différente l'énergie solaire, ce qui amène inévitablement des écarts de température entre les deux surfaces, et donc des décalages de pression atmosphérique qui génèrent des flux de l'un à l'autre.

- Ensuite, l'air glisse tout simplement moins bien sur la terre que sur les océans. La rugosité de la couverture terrestre entraîne inévitablement un ralentissement des vents, hors de toute incidence du relief.

- Enfin, quand le relief s'en mêle, l'affaire prend une toute autre tournure : une masse d'air abordant un obstacle est inmanquablement déviée d'une façon ou d'une autre. Suivant la forme et la hauteur de l'obstacle, elle devra passer sur les côtés ou par-dessus tout en changeant de vitesse. Les effets les plus spectaculaires s'observent évidemment quand de hautes montagnes viennent faire obstacle.

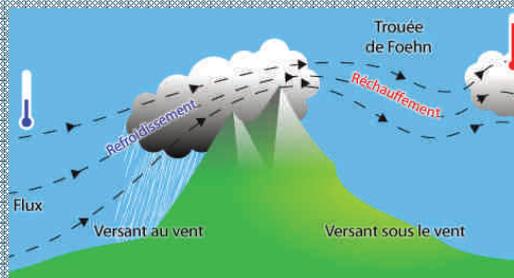
Ainsi, les conditions locales sont capables de modifier voire de prendre complètement le pas sur la circulation générale de l'atmosphère en créant une multitude de vents spécifiques.

Quelques exemples de vents spécifiques

L'effet de foehn

Ce phénomène se produit dès que se trouvent en présence un vent humide et un relief suffisamment important pour lui faire obstacle. En prenant de l'altitude pour franchir la crête, l'air se refroidit et la vapeur d'eau qu'il contient se condense, générant d'importantes précipitations sur le versant au vent. De l'autre côté, l'air frais, mais asséché, va de ce fait se réchauffer beaucoup plus vite lors de sa descente. Il en résulte un vent chaud et sec, qui peut déterminer des différences de température énormes entre les deux versants de la montagne.

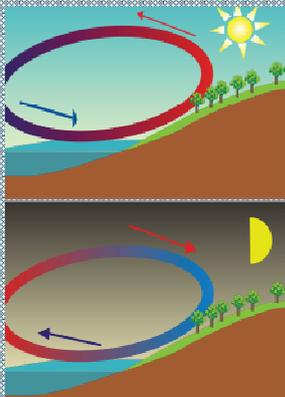
Ce vent se retrouve sur tous les continents. Dans les Alpes, il est appelé **foehn**, du latin *favonius*, « vent doux ». Dans les Rocheuses, il est baptisé **Chinook**, un mot indien signifiant « mangeur de neige », car il est capable pendant les mois d'hiver de faire grimper la température au point de provoquer rapidement la fonte des neiges.



Le régime de brise

Le régime de brise s'établit entre deux régions dont la température est différente.

Ainsi, en bordure de mer ou d'un grand lac, comme c'est le cas au lac du Bourget ou au lac d'Annecy, des **brises côtières** sont régulièrement provoquées par les façons différentes dont l'eau et la terre réagissent à la chaleur.



Au soleil, la terre se réchauffe plus vite que l'eau. En fin de matinée, l'air s'élève au-dessus de la terre, puis se rafraîchit en altitude et redescend vers le lac avant de revenir en surface, le tout générant une brise venant du large.

Le phénomène s'évanouit en fin de journée quand il n'y a plus assez de chaleur pour entretenir la machine. La nuit, le phénomène peut s'inverser, la terre se refroidissant plus rapidement que le lac qui conserve mieux la chaleur du soleil. Le vent souffle alors de la terre vers le large.

La nuit et le jour apportent également une inversion des **brises entre les vallées et les montagnes**. Les vallées situées plus bas se réchauffent plus intensément au cours de la journée, et l'air qui s'élève gravite les pentes des montagnes. A la tombée de la nuit, les montagnes se refroidissent plus intensément, et l'air plus dense redescend vers la vallée sous la forme d'une brise de montagne.

L'effet Venturi

Lorsque le vent doit emprunter un couloir bien encadré par des parois élevées, sa vitesse augmente : c'est l'effet Venturi, en référence au physicien italien Giovanni Battista Venturi (1746-1822), illustre pionnier en matière de circulation des fluides. C'est lui qui a établi que lorsque le conduit se rétrécit, le fluide accélère pour que le débit reste constant.

Cet effet Venturi se retrouve à toutes sortes d'échelles. Il se manifeste aussi bien dans une gorge étroite ou un col de montagne qu'au milieu d'un important bras de mer comme le Pas de Calais. Malgré la largeur de celui-ci, les météorologues y observent couramment une vitesse de vent nettement supérieure à celle des alentours. Le phénomène est encore plus spectaculaire dans des passages très encaissés comme les Bouches de Bonifacio, entre la Corse et la Sardaigne, un détroit qui prend souvent l'allure d'une soufflerie infernale.

2.2.3. La cacophonie des courants d'air régionaux

Les grands flux aériens, combinés aux mécanismes locaux, rendent donc le système qui donne naissance aux vents extrêmement complexe. Le vent qui souffle à l'échelle d'un très large territoire doit en effet composer sur le terrain avec les perturbations dues aux spécificités du territoire, c'est-à-dire principalement les effets de site, générés par le relief voire la nature du sol, et les effets thermiques ponctuels. Autant de subtilités qui ne se trouvent guère sur un océan, mais qui font que, sur la terre ferme, le vent ne souffle pas partout pareil, même à quelques centaines de mètres de distance.

Ce type de contraste s'observe partout dans le monde et se traduit par la variété impressionnante du vocabulaire utilisé par les différents peuples pour baptiser les vents. Rien qu'en France, il existe plus de 600 appellations différentes ! Voici donc ci-contre un petit aperçu, loin d'être exhaustif, de ce tourbillon exubérant.

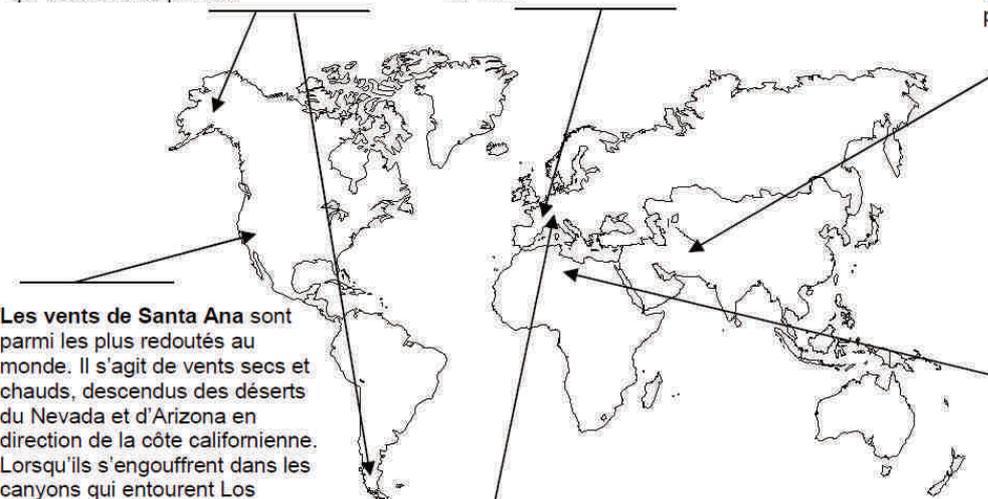
Quelques exemples de vents d'ici et d'ailleurs

Le Williwaw est un phénomène que l'on retrouve en différents endroits du monde, en Patagonie, en Alaska ou encore en Sibérie. C'est un vent catabatique, c'est-à-dire qu'il provient de l'accumulation sur les montagnes voisines d'air froid qui ne demande qu'à redescendre par gravité. Ce sont alors des rafales violentes et glacées qui dévalent les pentes.

Le **Mistral** est un vent violent emblématique du sud-est de la France. Il s'agit d'une arrivée d'air polaire par le nord ou le nord-ouest, canalisé dans la vallée du Rhône où il est fortement accéléré. Il débouche alors à pleine puissance dans le delta du Rhône et se fait sentir jusqu'en Corse, voire en Sardaigne et peut lever une mer dangereuse en Méditerranée.

Dans le cas de la **Tramontane**, le courant d'air venant du nord est accéléré en étant dévié par le canal du Lauragais, entre le Massif Central et les Pyrénées, avant de déboucher sur le littoral. Il peut fonctionner en même temps que le Mistral, les deux courants se rejoignant alors dans le golfe du Lion.

Bad-i-sad-o-bist-roz est "le vent de cent-vingt jours" qui sévit essentiellement dans le sud-ouest de l'Afghanistan et l'est de l'Iran entre juin et septembre. C'est un vent de nord-ouest, sec et poussiéreux, contribuant à rendre, tout l'été, l'air irrespirable dans cette zone. On l'appelle aussi parfois le « vent des mollahs ».



Les vents de Santa Ana sont parmi les plus redoutés au monde. Il s'agit de vents secs et chauds, descendus des déserts du Nevada et d'Arizona en direction de la côte californienne. Lorsqu'ils s'engouffrent dans les canyons qui entourent Los Angeles, ils sont fortement accélérés, détruisant les vergers et attisant les incendies, redoutables sur ces terres desséchées.

Monsieur de Port l'Écluse est un vent du sud qui souffle sur la Savoie et la Haute-Savoie et peut être assez fort en automne et au printemps. Il apporte de la douceur, ce qui se traduit parfois en hiver par une période de redoux. L'origine de ce nom n'est pas clairement établie... Mais anecdote amusante : Monsieur de Port l'Écluse rejoint **La Dame de Lausanne**, un vent soufflant du nord, en Suisse.

Le **Sirocco** est un vent saharien assez soutenu, chaud et sec, qui remonte de l'Afrique du Nord. En traversant la Méditerranée, il se charge d'humidité, apportant alors sur les côtes européennes une ambiance chaude, moite et poussiéreuse. Il peut envoyer de très fins grains de sable jusque dans les Alpes. Il est également appelé **Chergui** au Maroc et en Algérie, **Chili** en Tunisie, **Ghibli** en Libye ou encore **Khamsin** en Égypte.

2.3. À la poursuite du vent

Parce qu'il a toujours été un ingrédient déterminant de leur environnement, les Hommes ont depuis longtemps tenté de connaître et de prévoir le vent. Des instruments météorologiques traditionnels sont utilisés depuis longtemps pour déterminer les deux paramètres qui caractérisent le vent, à savoir sa direction et sa vitesse. À ceux-ci s'ajoutent aujourd'hui de nouvelles techniques qui permettent d'obtenir des résultats de plus en plus précis.

2.3.1. D'où souffle le vent ?

Depuis l'Antiquité, des girouettes de toutes formes et de toutes tailles indiquent aux Hommes la direction du vent. Il s'agit d'un dispositif constitué d'un élément rotatif monté sur un axe vertical fixe, généralement pourvu d'une croix directionnelle indiquant les quatre points cardinaux. La pointe ou la tête, plus courts que le corps, pointent vers la source du vent. Ainsi, quand la pointe de la girouette est orientée vers le nord, cela veut dire que le vent souffle du nord vers le sud : on parle alors de vent de nord. Sur les girouettes modernes, la croix cardinale est remplacée par un dispositif électronique affichant le secteur du vent, mais le principe reste le même.

La tour des vents



La tour des vents d'Athènes est un édifice octogonal d'un peu plus de 12 mètres de haut, toujours visible au pied de l'Acropole.

Les 8 figures en haut-relief des divinités des Vents ornant chacune des faces du monument et la girouette permettaient aux Athéniens de visualiser la direction des 8 grands vents : Boreas (nord), Skiron (nord-ouest), Zephyros (ouest), Lips (sud-ouest), Notos (sud), Euros (sud-est), Apeliotes (est) et Kaikias (nord-est).

Les girouettes et la représentation des vents, à travers des constructions monumentales comme la Tour des vents d'Athènes, ou plus couramment d'une rose des vents, ont longtemps été d'une importance capitale. En effet, en Europe, jusqu'au XIIe s., faute de boussole, la notion de Nord n'existait tout simplement pas. L'identification des vents familiers constituait donc la seule façon de se repérer dans l'espace. En mer notamment, les navires s'orientaient par rapport à ces souffles que chacun connaissait suffisamment pour qu'ils puissent matérialiser une direction.

La rose des vents de la Méditerranée

La rose des vents repose sur le principe de trouver sa route selon la direction du vent. Cette rose des vents était utilisée par les marins sur la Méditerranée pour se repérer. Cependant, la direction, le nom et les effets de chacun de ces vents peuvent varier suivant les régions.



2.3.2. À quelle vitesse souffle le vent ?

Au sol, en mer et en altitude, le vent se mesure en kilomètre par heure, en mètre par seconde ou en nœud. Cette vitesse peut être déterminée par un instrument de mesure appelé anémomètre. Le plus ancien a été mis au point par l'architecte Leone Battista Alberti (1404-1472) en 1450. L'anémomètre à coupelles hémisphériques, le plus répandu aujourd'hui, à quant à lui été mis au point en 1846 par un physicien, astronome et poète irlandais, Thomas Romney Robinson (1792-1882).



Anémomètre à coupelles

Cet appareil se compose de coupelles fixées à un axe vertical mobile. Lorsque le vent souffle, les coupelles entraînent l'axe et un compteur enregistre le nombre de rotations qu'il effectue par minute. On convertit ensuite cette valeur en km/h pour connaître la vitesse du vent.

Le point sur... le nœud

Le nœud est une unité de vitesse utilisée en navigation maritime et aérienne.
1 nœud correspond à 1 mille marin par heure, soit environ 1,852 km/h ou 0,514 m/s.

En parallèle de cet instrument de mesure précis, il existe également des échelles de mesure empiriques qui permettent d'évaluer la force du vent. La plus utilisée, surtout par les marins, est l'échelle de Beaufort, mise au point par sir Francis Beaufort (1774-1857), un officier naval britannique, en 1805. Elle fournit une estimation de la vitesse en fonction des effets mécaniques causés par le vent. La version utilisée aujourd'hui correspond à la synthèse de réflexions menées sur près de deux siècles.

L'échelle Beaufort						
Force du vent (Bft)	Terminologie	Vitesse* du vent (km/h)	Vitesse* du vent (nœuds)	Hauteur mini (maxi) des vagues (m)	Effets observés en mer	Effets observés sur terre
0	Calm	moins de 1	moins de 1	0	La mer est comme un miroir.	Calm. La fumée s'élève verticalement.
1	Très légère brise	1 à 5	1 à 3	0,1	Il se forme des rides ressemblant à des écailles de poisson. Pas d'écume.	La direction du vent est révélée par l'entraînement de la fumée, mais non par les girouettes.
2	Légère brise	6 à 11	4 à 6	0,2 (0,3)	Des vaguelettes, courtes encore, mais plus accusées. Leur crête a une apparence vitreuse, mais	Le vent est perçu au visage. Les feuilles frémissent. Une girouette ordinaire est mise en
3	Petite brise	12 à 19	7 à 10	0,6 (1)	Très petites vagues. Les crêtes commencent à déferler. Écume d'aspect vitreux. Parfois quelques moutons épars.	Feuilles et petites branches sont constamment agitées. Le vent déploie les drapeaux légers.
4	Jolie brise	20 à 28	11 à 16	1 (1,5)	Petites vagues devenant plus longues. Moutons franchement nombreux.	Le vent soulève la poussière et les feuilles de papier. Les petites branches sont agitées.
5	Bonne brise	29 à 38	17 à 21	2 (2,5)	Vagues modérées prenant une forme plus nettement allongée. Naissance de nombreux moutons, éventuellement des embruns.	Les arbustes en feuilles commencent à se balancer. De petites vagues avec crête se forment sur les eaux intérieures.
6	Vent frais	39 à 49	22 à 27	3 (4)	Des lames commencent à se former. Les crêtes d'écume blanche sont partout plus étendues.	Les grandes branches sont agitées. Les fils télégraphiques font entendre un sifflement. L'usage des parapluies est rendu difficile.
7	Grand frais	50 à 61	28 à 33	4 (5,5)	Lames déferlantes. Quelques traînées d'écume qui s'orientent dans le lit du vent.	Les arbres sont agités en entier. La marche contre le vent est pénible.
8	Coup de vent	62 à 74	34 à 40	5,5 (7,5)	Lames de hauteur moyenne et plus allongées. Très nettes traînées d'écume orientées dans le lit du vent. Des tourbillons d'embruns commencent à se	Le vent casse des branches. La marche contre le vent est en général impossible.
9	Fort coup de vent	75 à 88	41 à 47	7 (10)	Grosses lames, épaisses traînées d'écume dans le lit du vent. La crête des lames commence à s'écruler et déferler en rouleaux.	Le vent occasionne de légers dommages aux habitations.
10	Tempête	89 à 102	48 à 55	9 (12,5)	Très grosses lames à longues crêtes en panache. L'écume produite s'agglomère en larges bancs. L'écume est soufflée dans le lit du vent en épaisses traînées. La surface des eaux semble blanche. Le déferlement en rouleaux devient intense et brutal. Les embruns peuvent réduire la visibilité.	Rare à l'intérieur des terres. Arbres déracinés. Importants dommages aux habitations.
11	Violente tempête	103 à 117	56 à 63	11,5 (16)	Les lames sont exceptionnellement hautes. La mer est complètement recouverte de bancs d'écume blanche élongés dans la direction du vent. Le bord de la crête des lames est soufflé et donne de la mousse. Les petits et moyens navires peuvent, par instant, être perdus de vue. La visibilité est réduite.	Très rarement observé. S'accompagne de ravages étendus.
12	Ouragan	118 et plus	64 et plus	14 et plus	L'air est plein d'écume et d'embruns. La mer est entièrement blanche du fait des bancs d'écume dérivants. La visibilité est très fortement réduite.	Principalement observé dans les régions à cyclones. Exceptionnellement sous nos latitudes.

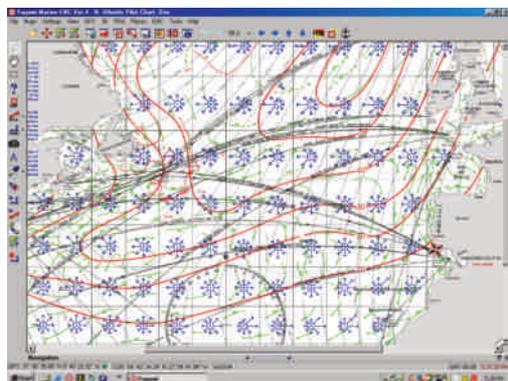
L'Échelle de Beaufort

Cette échelle permet d'estimer la vitesse moyenne du vent, et non les rafales qui peuvent dépasser le vent moyen de 50%.

2.3.3. Prévoir le vent aujourd'hui

Aujourd'hui, en terre ou en mer, toutes les stations météorologiques sont équipées d'un anémomètre et d'une girouette. De plus, deux fois par jour, dans le monde entier, des centaines de ballons météorologiques transportant des instruments sont lâchés afin de collecter des données de la plus haute importance pour la prévision du temps. Ils mesurent la température, l'humidité et bien évidemment les directions et les vitesses des vents à différents niveaux de l'atmosphère.

Mais ces 25 dernières années, une véritable révolution a été introduite par l'informatique et les satellites. Depuis l'espace, grâce aux instruments des satellites météorologiques, les scientifiques peuvent obtenir des données relatives aux vents dans toute l'atmosphère. Ces informations sont particulièrement utiles pour les comprendre dans des endroits inhabités comme les déserts et les océans. C'est également de cette façon que les vents sur les autres planètes sont étudiés.



La fin des pilots charts ?

Les pilot charts, longtemps utilisés par les marins, sont des cartes établies par le département de la défense américaine qui présentent les statistiques du vent, mois par mois, sur toutes les mers du globe. Ces indications sont calculées sur la base d'observations faites sur de très longues périodes. Mais aujourd'hui, face à l'informatique et aux satellites, leurs jours semblent comptés.

En effet, quiconque dispose d'un ordinateur et d'une bonne liaison peut avoir accès, via des fournisseurs spécialisés, à des cartes donnant les champs du vent prévus pour les heures et les jours à venir. Certains logiciels indiquent même en temps réel le meilleur choix de route en fonction de l'évolution prévue du temps et de la vitesse du bateau !

Aujourd'hui, les Hommes ont donc percé les mystères du vent. Ils savent quelle est sa véritable nature, ont appris à le connaître, à le mesurer et même à le prévoir. Mais ça n'a pas toujours été le cas, et ce phénomène naturel a longtemps été craint et respecté, quand il n'était pas divinisé. En cause, les effets tour à tour bénéfiques et destructeurs qu'il exerce, au gré de ses caprices, sur l'environnement.

3. Quand souffle le vent

Sur Terre, les effets du vent sont de partout visibles. Il marque de son empreinte les paysages qu'il fréquente, que ce soit en sculptant le relief, en déplaçant les dunes ou en déformant la végétation... Autant de signes qui rappellent à chacun sa puissance.

Mais s'il peut être une force créatrice, le vent est versatile, et peut tout aussi bien détruire. Il devient alors un fléau redouté... Mais, dans un cas comme dans l'autre, il reste un élément indispensable de la nature, qui influe constamment et à plus ou moins long terme sur notre environnement.

3.1. Le vent, une force créatrice

Dans la nature, les effets du vent se perçoivent dans le paysage qu'il transforme à sa guise.

3.1.1. Sculpteur du relief

Le vent peut modeler le relief à son rythme, en quelques dizaines de milliers d'années, à travers deux phénomènes : l'érosion et l'accumulation.

a) L'érosion éolienne

L'érosion par le vent se produit généralement dans les secteurs avec peu ou pas de végétation, comme les zones désertiques ou les rivages côtiers. Cette érosion repose sur un double principe.

- Dans un premier temps, les petites particules, comme les sables, les limons ou les petits graviers, sont emportés par le vent : c'est la déflation. Il en résulte un tri des matériaux, les plus fins étant déplacés et les plus grossiers restant sur place.

- Ces petites particules sont ensuite transportées par le vent, par suspension pour les plus légers, par saltation (succession de petits sauts), voire par charriage (roulement au sol) pour les particules les plus lourdes. Celles-ci peuvent alors percuter d'autres matériaux, causant l'érosion par abrasion. C'est la corrasion, du latin *corrader*, « racler ». Son action est surtout sensible au voisinage du sol et son pouvoir d'érosion dépend aussi de la nature des roches mitraillées par le vent. Par exemple, les grès, constitués de grains de sable cimentés, sont particulièrement sensibles à cette action.



Reg de l'Adrar mauritanien

Un reg est un désert de pierres, une surface caillouteuse qui a été débarrassée de ses éléments fins par le vent.

Un étonnant rocher champignon.

La corrasion désigne l'attaque de la roche par le vent armé des matériaux qu'il transporte. Dans le cas des rochers-champignons, l'usure plus rapide de la base tient à la moindre dureté de celle-ci et à l'activité corrosive des grains de sable près du sol.



b) L'accumulation éolienne.

Quand il faiblit, le vent perd son pouvoir de transport et dépose les matériaux : il constitue ainsi des accumulations, principalement de sables ou de limons. Ces dépôts s'étendent en couverture sur plus de 10 % de la surface des continents.



Le plateau de loess en Chine.

Le loess est une roche sédimentaire qui se forme par l'accumulation de limons issus de l'érosion éolienne, dans les régions désertiques et périglaciaires. Les loess sont des sols très fertiles, parmi les plus productifs au monde sur le plan agricole.

Zoom sur... les dunes



La formation des dunes

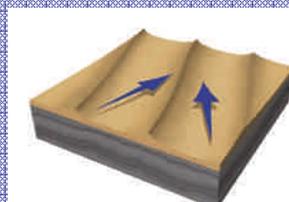
Les ergs sahariens sont d'immenses étendues sableuses, correspondant à d'anciennes plaines alluviales entièrement désertifiées. Les sables qui les constituent ont ensuite été remaniés par le vent sous forme de dunes.

Une dune s'édifie généralement à partir d'un obstacle qui favorise le dépôt ; puis le phénomène s'intensifie, la dune devenant elle-même un obstacle.

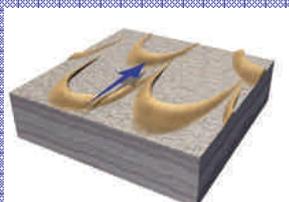
Les différents types de dunes :



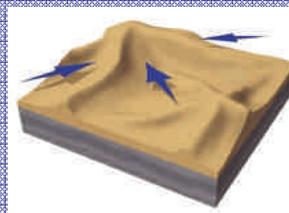
Un vent modéré sur un terrain très sablonneux aboutit généralement à la formation de dunes transversales d'une relative stabilité.



S'il y a beaucoup de sable et que le vent est très fort, on peut voir apparaître des dunes longitudinales, avec des parois en biais si le vent ne vient pas toujours de la même direction.



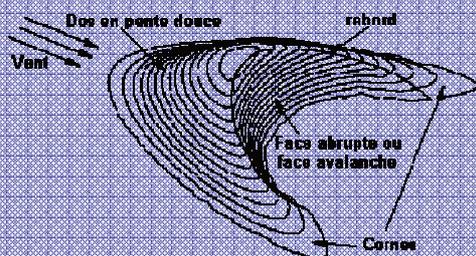
Si le sol est dur avec peu de sable, il se formera plutôt des barchanes, dunes en forme de croissant se déplaçant beaucoup.



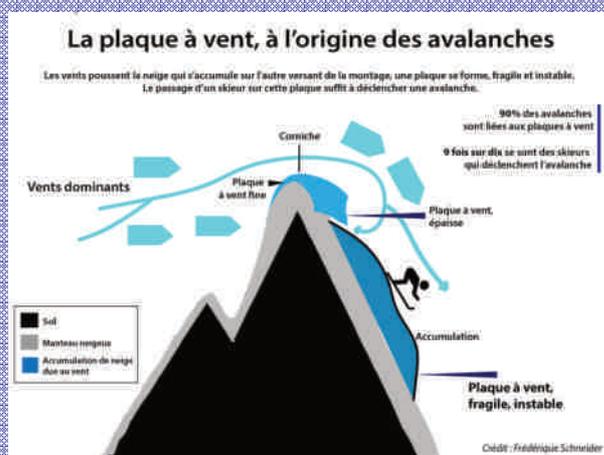
Si le vent souffle alternativement de toutes les directions, ce sont alors des dunes en étoile qui se formeront.

Dunes et plaques à vent :

Les dunes et les redoutées plaques à vent se forment selon un principe comparable.



Ainsi, la barchane, cette dune en forme de croissant, ne cesse d'avancer sous l'effet du vent dans la direction de ses points. Le sable du dos est poussé vers la crête et s'effondre dans la paroi d'avalanche dès que la pente de celle-ci excède 34°. Ces dunes progressent ainsi inexorablement, les plus petites pouvant parcourir plusieurs centaines de mètres par an.



En montagne, les plaques à vent se forment lorsque la neige est transportée par le vent au-dessus du versant, jusqu'au niveau de la ligne de crête. Une bonne partie de la neige tombe alors et s'accumule en haut du versant abrité, ce qui crée des conditions favorables au déclenchement d'avalanches.

3.1.2. Allié de la vie

Le vent est depuis toujours un allié précieux de la vie. Il est en effet essentiel à tous les phénomènes météorologiques, et donc au cycle de l'eau, sans lequel nulle vie ne serait possible sur Terre hors des océans.

Mais au-delà de ces généralités, c'est surtout aux végétaux qu'il est indispensable. En effet, la plupart d'entre eux colonisent leur milieu par l'intermédiaire de leurs graines, seules ou contenues dans un fruit, ou de leurs spores. Les plantes ne pouvant se déplacer, la dispersion des graines et des spores peut être assurée par l'eau, les animaux mais également par le vent : c'est l'anémochorie, qui concerne environ 90 % des espèces végétales.

Différents procédés



Le procédé le plus archaïque est la simple dispersion facilitée par la taille minuscule des graines ou des spores. Cependant, certaines espèces ont développé des systèmes facilitant leur dispersion par les vents. C'est par exemple le cas des fruits des pissenlits, constitués d'une graine surmontée d'aigrettes de poils leur permettant de s'envoler au moindre souffle.

L'anémochorie est l'un des moyens les plus primitifs de dispersion du vivant. C'est cependant une technique très aléatoire, qui requiert un nombre énorme de graines ou de spores car chacune ne peut germer que dans un endroit favorable et si les conditions de milieu le permettent.

Zoom sur... L'anémophilie



Chez les végétaux qui produisent des graines, celles-ci se forment par la fécondation qui se produit entre l'ovule, la cellule femelle, et le grain de pollen, cellule mâle venue d'une autre plante de la même espèce.

Là encore, les plantes ne pouvant se déplacer, il faut, pour que la fécondation ait lieu, qu'un transporteur de pollen, ou pollinisateur, intervienne. La méthode la plus simple, mais la moins efficace, consiste à produire des quantités massives de pollen, afin que le vent les transporte à bon port : il s'agit de la fécondation anémophile.

La plante dépense ainsi beaucoup d'énergie à produire du pollen. En revanche, elle n'a pas besoin de façonner des structures complexes pour attirer les insectes pollinisateurs comme des fleurs colorées, du nectar ou des parfums odorants. Environ 10 % des espèces s'en remettent ainsi au vent pour assurer leur pollinisation. C'est notamment le cas des conifères (pin, sapin, épicéa, mélèze...), de la plupart des graminées sauvages (dactyle, fétuque..) et domestiques (riz, blé, seigle...) ou encore des fagacées (châtaigniers, chêne...).

Mais le vent influe également directement sur le type et la forme même des végétaux. En effet, dans les régions où il souffle de manière régulière, les plantes, contrairement aux animaux, le subissent en permanence et développent donc des formes résistantes. Cette action transformatrice du vent sur le paysage végétal est appelée l'anémomorphose.

Une végétation rase

Quand le vent souffle en permanence, il gêne la croissance des arbres, et amincit, voire dénude, les sols. Il en résulte une végétation rase, avec des plantes mieux enracinées et plus trapues, à la fois pour résister au vent et pour tirer le maximum de nutriments des sols. Paysage typique de ce phénomène : la lande, qui regroupe des plantes dépassant rarement le stade d'arbustes sur un sol pauvre.



Des girouettes naturelles

Dans les régions soumises à des vents dominants, c'est-à-dire soufflant toujours dans la même direction, les arbres poussent de travers en indiquant cette direction. De tels stigmates s'observent sur tous les continents.

Il faut cependant noter que l'absence de végétaux peut se révéler tout aussi éloquente : trop fort et trop présent, le vent gêne la fixation et le développement des pousses, quand il ne les ensevelit pas tout simplement dans le sable déplacé.

Le vent, un précieux allié !



Sterne arctique

S'il est une contrainte pour les animaux, le vent peut aussi s'avérer être un précieux allié pour ceux qui savent en tirer parti. Ainsi, les oiseaux migrateurs se servent du vent pour planer un maximum après avoir utilisé des courants ascendants. En général, les axes de migrations suivent d'ailleurs les vents dominants saisonniers. La sterne arctique, notamment, réussit des vols transatlantiques de cette manière.

Autre exemple, les animaux herbivores qui se positionnent en fonction du vent afin de bénéficier du transport des odeurs et des bruits par le vent, et ainsi percevoir l'approche d'un prédateur. Lui-même se sera adapté en approchant autant que possible sous le vent pour ne pas trahir sa présence !

3.1.3. Agitateur d'océans

Il n'y a pas que sur la terre ferme que le vent modèle le paysage, il transforme également le visage des océans. En effet, contrairement à une idée très répandue, ce ne sont pas la lune et les marées qui créent les vagues, mais bien le vent.

Lorsque le vent souffle sur un océan, une mer ou un lac, son frottement engendre des rides à la surface de l'eau calme. Par vent très faible, de force 1 sur l'échelle de Beaufort, ces minuscules reliefs n'ont pas l'énergie suffisante pour perdurer dès que le souffle d'air s'arrête. Mais, à partir de la force 2, ces rides acquièrent une dynamique propre et deviennent capables de se propager même en dehors de la zone ventée. Cette mobilité dépend en fait de trois facteurs :

- la vitesse du vent ;
- le temps pendant lequel il souffle ;
- la distance sur laquelle il souffle.

Ainsi, les petites ondes nées d'une brise ayant soufflé pendant ¼ d'heure à 5-6 nœuds (force 2) ne seront pas longues à s'atténuer une fois sorties de la zone du vent. En revanche, si le vent souffle fort et longtemps en profitant d'un fetch (c'est-à-dire une zone de propagation sans obstacle) important, les vagues se creusent en proportion, s'allongent, et l'énergie emmagasinée peut leur permettre de traverser un océan.



Les effets du fetch

Avec un vent venant de la plage, soufflant à force 6 pendant 12 heures, la mer restera pratiquement plate dans une bande de quelques dizaines de mètres le long du rivage. À un mile du bord (1852 m), on observera des creux de 0,50 m ; et à 100 miles au large, les vagues feront 2,50 m.

Les vagues, en augmentant la surface de contact entre l'air et l'eau, participent à l'oxygénation des océans. En déplaçant le sable ou en creusant les falaises, elles sont également responsables de l'érosion côtière.

Ainsi, le vent modèle des déserts de pierres et de sables et les côtes, permet aux plantes de coloniser leur milieu, transforme le paysage végétal, porte les oiseaux à travers le monde et génère les vagues des océans... Ce ne sont que des exemples, parmi d'autres, de son rôle déterminant dans l'écosystème mondial.

3.2. Le vent, une force destructrice

Élément indissociable des écosystèmes terrestres, le vent peut également s'emballer et devenir alors une force destructrice.

3.2.1. Quand le vent s'emballer

Le terme de « tempête » est un terme générique, qui peut décrire plusieurs phénomènes violents, comprenant des vents suffisants pour présenter des risques de dommages pouvant aller de quelques dégâts matériels à des ravages catastrophiques.

La météorologie ne se risque d'ailleurs pas à proposer une définition générale des tempêtes. Cependant, toutes se produisent à grande échelle, c'est-à-dire qu'elles se caractérisent par une longueur de plusieurs centaines à plusieurs milliers de kilomètres et une durée de plusieurs jours. Elles sont également toutes liées à la formation d'une dépression.

a) En mer

En météorologie marine, une tempête est une dépression atmosphérique générant des vents compris entre la limite inférieure de la force 10 de l'échelle de Beaufort, soit 48 nœuds ou 89 km/h, et la limite supérieure de la force 11 (violente tempête), soit 63 nœuds ou 117 km/h. À partir de 64 nœuds, le vent acquiert la force 12 et la tempête prend le nom d'ouragan.

b) Dans les régions tropicales

Au-dessus des mers chaudes des tropiques, lorsque la température de l'eau est supérieure à 26°C sur une épaisseur d'au moins 50 m, l'eau s'évapore en grande quantité. La vapeur formée alimente alors une masse d'air chaude et humide, qui s'élève et s'accompagne de formation de nuages. Puis cette masse d'air se met à tourbillonner, entraînée par la force de Coriolis. Sur mer, elle reçoit de l'énergie, mais elle s'atténue assez rapidement en abordant un continent. Ce phénomène est divisé en trois stades de vie, correspondant à trois niveaux d'intensité :

- **La dépression tropicale** : la vitesse maximale des vents est inférieure à 62 km/h.
- **La tempête tropicale** : la vitesse des vents est comprise entre 62 et 117 km/h.

- **L'ouragan, le cyclone ou le typhon** : la vitesse des vents excède 118 km/h. Ce stade ultime prend cependant plusieurs noms, définis par l'Organisation Mondiale de Météorologie, selon les régions du monde. Ainsi, le terme « ouragan » s'applique dans l'Atlantique nord et le nord-est de l'océan Pacifique. Dans le Pacifique sud et l'océan Indien, les météorologues parleront plutôt de « cyclone tropical », terme qui est également le plus usité chez nous et que nous conserverons donc dans la suite de ce dossier. Dans le nord-ouest du Pacifique, ce phénomène sera décrit sous le nom de « typhon ».



Le cyclone tropical

Un cyclone (ou ouragan ou typhon) est constitué d'une imposante masse nuageuse enroulée en spirale, dont le rayon peut atteindre 300 à 500 km. Au centre, dans « l'œil du cyclone », il règne un calme apparent. En revanche, autour, les vents soufflent entre 150 et 300 km/h. Aujourd'hui, comme un rappel du temps où les vents étaient personnifiés, tous les cyclones sont baptisés. Les scientifiques

leur donnent alternativement un prénom masculin puis féminin dont la première lettre dépend de leur ordre d'apparition dans l'année.

À noter que les cyclones sont eux-mêmes répartis en fonction de leur intensité. Là-encore, les échelles varient selon la région incriminée. Par exemple, une échelle de 1 à 5 est utilisée pour catégoriser les cyclones de l'Atlantique nord selon la force de leurs vents : l'échelle de Saffir-Simpson. Un cyclone de catégorie 1 présente les vents les plus faibles, alors qu'un cyclone de catégorie 5 est le plus intense.

Chaque année, les météorologues recensent 80 à 85 cyclones sur la planète. La majorité d'entre eux touchent l'Asie du sud-est, ainsi que les Caraïbes et les eaux du sud-ouest du Pacifique et de l'Australie. Un cyclone a une durée de vie d'environ 6 à 7 jours, mais certains disparaissent au bout de quelques heures alors que d'autres évoluent durant plusieurs semaines. Au cours de cette période, ils se déplacent à une vitesse moyenne de 30 km/h et suivent une trajectoire assez imprévisible.

La Nouvelle-Orléans après le passage de Katrina en 2005

Les dégâts causés par un cyclone peuvent être impressionnants. Ils sont en effet redoutés pour le caractère destructeur de leurs pluies diluviennes, de leurs vents et du phénomène de houle, avec une augmentation parfois importante du niveau de la mer. Ils font chaque année plusieurs milliers de victimes. Le plus meurtrier est celui qui a frappé le Bangladesh au cours de l'année 1970. Il a entraîné la mort de plus de 300 000 personnes.



c) Dans les latitudes moyennes

Dans nos régions, les tempêtes n'ont pas la même origine que dans les régions tropicales. En effet, si les cyclones tirent leur énergie de l'évaporation de l'eau, l'énergie des tempêtes des latitudes moyennes provient des différences de température de l'air. Elles naissent d'un conflit entre une zone froide et une autre plus chaude, ce qui provoque un système de vents tournant autour du centre dépressionnaire. Les météorologues parlent dans ce cas de cyclones extratropicaux ou de cyclones des latitudes moyennes.



Cyclone extratropical

Les cyclones tropicaux tirent l'essentiel de leur énergie de l'évaporation de l'eau de mer sur une zone de basses pressions, et ne peuvent donc prendre naissance qu'au-dessus des zones océaniques. Les cyclones extratropicaux naissent quant à eux des contrastes thermiques horizontaux existant dans l'atmosphère, et peuvent donc se former (et se renforcer) sur terre.

Pour les tempêtes exceptionnelles, comme celles qui ont touché la France en 1999, le mécanisme général reste le même, à ceci près qu'un facteur aggravant, comme des écarts thermiques exceptionnels entre les deux zones, amène le centre dépressionnaire à un niveau extrêmement bas, ce qui augmente la violence des vents.

26 décembre 1999 : Lothar

Le 26 décembre 1999, aux environs de 2h du matin, une importante dépression touche les côtes du Finistère et évolue en tempête. Des vents d'une puissance rare balaient la France, emportant les toits des maisons, renversant les pylônes électriques, dévastant les forêts.



27 décembre 1999 : Martin

Dès le lendemain, une nouvelle dépression se creuse au large de la Bretagne et donne naissance à la tempête Martin. Là encore, les vents sont d'une violence extrême, avec des rafales soufflant jusqu'à 173 km/h. Le bilan humain s'élèvera à 88 morts.

Des tempêtes, toujours des tempêtes



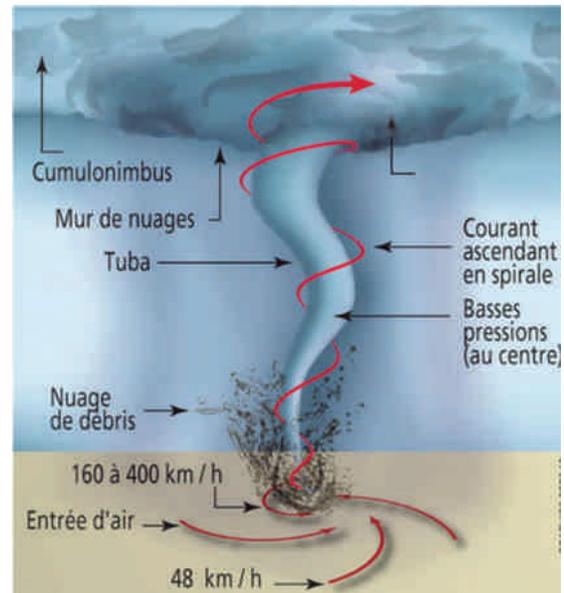
Le redouté Haboob

Il existe également des tempêtes caractérisées par des vents transportant des substances dans l'atmosphère. Ainsi, le **Blizzard** désigne une tempête d'hiver venue des régions polaires. C'est un vent glacial et chargé de neige qui réduit considérablement la visibilité, perturbe les transports et provoque des coupures d'électricité. Dans le sud du Sahara, le **Haboob** est un vent violent qui soulève de véritables montagnes de sable sur près de 1000 m de hauteur. Ces tempêtes transportent plusieurs centaines de millions de grains de sable et de poussière. Les populations se protègent alors les yeux, le nez et la bouche et se réfugient au plus vite dans des abris.

d) Et les tornades ?

Contrairement aux tempêtes qui se produisent à grande échelle, les tornades sont des phénomènes locaux extrêmement brefs. Cependant, avec des vents pouvant atteindre plus de 500 km/h, elles sont les événements météorologiques les plus violents à la surface de la Terre.

Elles se forment sous les cumulonimbus, ces gros nuages d'orage qui aspirent l'air chaud et humide situé en-dessous d'eux. À leur base, l'air peut se mettre à tourbillonner, formant alors un entonnoir, appelé tuba, dont la pointe est orientée vers la surface de la Terre. À l'intérieur, l'air tourbillonnant génère des vents extrêmement violents et la pression chute brutalement. Au niveau de la zone de contact avec la terre, un nuage de poussière, de sable et de débris se forme.



Formation d'une tornade

Larges de 50 à 200 m, les tornades se déplacent à une vitesse moyenne de 50 km/h et s'essoufflent au bout de quelques minutes, laissant derrière elles un paysage dévasté. En effet, une tornade agit comme un aspirateur géant : les arbres sont arrachés, les voitures déplacées, les bâtiments balayés. Il s'en forme environ 1 500 chaque année, dont la plupart touchent le centre des États-Unis.

Zoom sur... les records du vent

Sur Terre

La mesure record dans une tornade a été effectuée à Moore en Oklahoma le 3 mai 1999. À 18h54, des vents de 484 km/h ont été détectés à une hauteur de 32 mètres au-dessus du sol.

Hors des tornades, le record du vent le plus violent a été enregistré le 10 avril 1996 sur l'île de Barrow, en Australie, lors du passage du cyclone Olivia. Il s'agit de rafales de 408 km/h.

Hors tornades et cyclones tropicaux, le record revient à la station météorologique de la base antarctique Dumont d'Urville en Terre Adélie. Le 16 juin 1972 à 17h30 locale le vent atteignit 320 km/h pendant 5 minutes, avec une pointe à 326 km/h.

Et sur les autres planètes ?

Le record revient à Neptune, où les vents dominants peuvent atteindre 400 m/s, soit 1 440 km/h le long de l'équateur.

3.2.2. Un amplificateur de catastrophes

Si des vents forts peuvent endommager ou détruire des véhicules, des bâtiments, des ponts, etc., des vents de moindre puissance peuvent causer des dégâts tout aussi graves en venant s'ajouter à d'autres phénomènes et en les accentuant.

Ainsi, dans des cas de pollution de l'air, le vent permet d'épurer les régions touchées mais répand également celle-ci sur d'autres régions, comme dans le cas du nuage radioactif de Tchernobyl. Plus récemment, l'éruption de l'Eyjafjöll en Islande a paralysé les trois quarts du trafic aérien européen. De la même façon, des maladies, qu'elles soient virales, bactériennes ou fongiques, peuvent également être véhiculées par les vents, parfois sur des centaines de kilomètres. Le vent permet aussi la migration d'insectes ravageurs, comme les sauterelles, les fourmis ou le criquet pèlerin. Enfin, il agit également sur les incendies de forêt auxquels il fournit une force de déplacement d'une part, mais également une alimentation en oxygène qui entretient et attise les flammes.

Partout où il souffle, le vent agit donc, modelant le visage de la terre et de la mer, influençant la faune et la flore. Il n'est donc pas étonnant qu'une telle force ait également joué un rôle déterminant dans le développement de la civilisation humaine.

4. L'Homme et le vent

Les dieux du vent

Il n'est pas étonnant qu'au cours de l'Histoire, ce phénomène mystérieux, craint et respecté, ait été divinisé par de nombreuses civilisations. Ainsi, Chi Po est le dieu des vents chinois, Kirk celui des Celtes et Quetzalcóatl, le serpent à plumes, celui des Toltèques.

Mais les plus connus restent Éole, le dieu du vent grec, et Fujin, honoré au Japon. Ce dernier était réputé pour avoir sorti de son sac, au moment de la création du monde, un vent qui aurait chassé les brumes persistantes et permis au Soleil d'éclairer la Terre.



Fujin, l'un des plus anciens dieux shintoïstes

L'histoire des êtres humains est intimement liée au vent. L'éolien est en effet l'une des plus anciennes énergies utilisées par les Hommes, et a été un des moteurs puissants de leur développement.

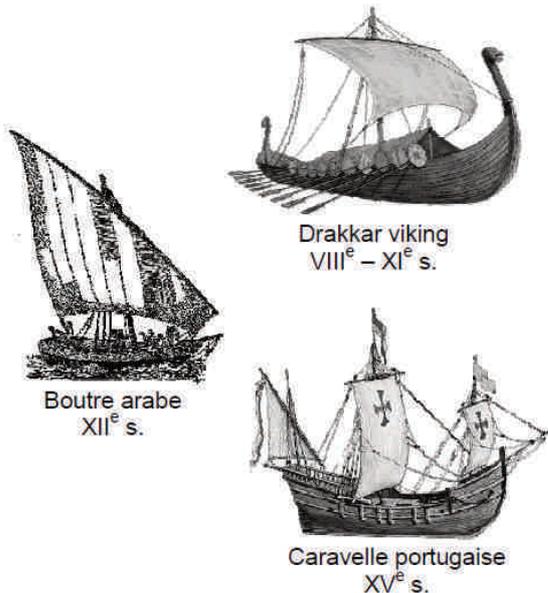
Ainsi, de l'Antiquité jusqu'à nos jours, le vent occupe une place particulière dans de nombreuses civilisations, dont il a influencé ou influence encore la culture dans plusieurs domaines.

4.1. L'énergie du vent

À travers les siècles, les Hommes ont utilisé le vent pour divers usages. L'énergie éolienne a joué un rôle économique important jusqu'au début du XIXe s. Mais ce compagnon fidèle est éconduit il y a un peu plus d'un siècle, incapable de faire le poids face au développement des énergies fossiles. Avant d'opérer un retour en grâce ?

4.1.1. La navigation à voile, moteur de l'aventure humaine

C'est sans doute en construisant le bateau à voile que l'Homme a utilisé, une des toutes premières fois, le vent. La marine à voile, probablement inventée en Égypte, existe en effet depuis environ 7 000 ans ! Son histoire est intimement liée à l'aventure humaine : elle a permis, entre autres, la migration de l'espèce humaine et la colonisation de nouveaux territoires, l'exploration de la planète, le développement des échanges commerciaux et des villes portuaires ou encore la conduite de guerres... De tous temps, les voiliers ont ainsi contribué au développement – et à la perte ! – de nombreuses civilisations.



Les voiliers au cours de l'Histoire

Jusqu'au début du Moyen-âge, les bateaux sont équipés de voiles carrées, simples à construire et à manipuler, mais qui ne permettent pas d'aller contre le vent.

Au XII^e s., l'invention par les arabes de la voile triangulaire résout le problème en permettant de remonter le vent.

C'est donc un système mixte qui, à partir du XV^e s., rend possible la navigation en haute mer et les grandes explorations maritimes de Christophe Colomb ou de Magellan. Les voiles carrées restent prédominantes, car les routes suivent la direction du vent, mais se combinent avec des voiles triangulaires permettant de manœuvrer en cas de vents contraires.

Aujourd'hui pourtant, dans les pays développés, si l'on met de côté les voiliers de plaisance, le vent ne tient quasiment plus aucun rôle dans la navigation. Quelques paquebots, pétroliers et autres grands navires sont bien équipés de voiles et s'en servent quand il y a assez de vent, ce qui permet de baisser les coûts et la pollution en réduisant la consommation de carburant, mais cela reste anecdotique. Cependant, l'augmentation du prix du pétrole et sa raréfaction permettront peut-être au vent, dans un futur proche, de retrouver sa place. Le choix du vent mériterait notamment d'être systématiquement valorisé quand il s'agit d'embarcations de loisirs, au vu des préoccupations écologiques actuelles et de la facilité d'emploi des voiliers modernes.

Zoom sur... Le voilier

Comment avance un voilier ? Si ce dernier fait route vent arrière, cela n'a rien de bien mystérieux : il subit tout simplement la poussée du vent, et part dans le même sens. Mais depuis le XII^{ème} s., les marins sont aussi capables de progresser contre le vent, grâce une force mystérieuse : la portance.

Pour comprendre comment naît la portance, il faut faire appel à deux principes physiques de la mécanique des fluides :

- L'effet Venturi selon lequel un fluide accélère s'il voit sa zone de circulation rétrécir.
- Le principe de Bernoulli qui énonce que lorsqu'un fluide accélère, sa pression diminue.

Ainsi, quand le flux d'air arrive face à un obstacle, comme la voile d'un bateau, il se divise :

- Une partie s'engouffre à l'intérieur de la voile, appelé intrados. La concavité donne à l'air plus de place pour s'étaler. En conséquence, cet air ralentit et exerce une surpression.
- L'autre partie passe de l'autre côté, appelé l'extrados. La convexité du profil oblige les filets d'air à se resserrer et donc à accélérer : d'où la formation d'une dépression.

La différence de pression entre les 2 côtés de la voile donne ainsi naissance à une aspiration, une force qui fait avancer le bateau : la portance.

À noter toutefois, le voilier ne progresse jamais frontalement contre le vent. Les navires des siècles précédents avaient du mal à dépasser un angle de 90° par rapport à la direction du vent. Aujourd'hui, un voilier ne peut guère faire mieux qu'un angle de 35 à 40°. De plus, tout en fournissant au voilier l'énergie pour avancer, le vent génère des facteurs de frein. Car si les voiles savent transformer le vent en propulsion, les parties fixes du bateau produisent au contraire une énergie négative. Le frein augmente en fonction de l'encombrement de l'ensemble. Ainsi, un voilier très confortable, doté d'une coque haute et volumineuse, ne pourra jamais être aussi performant qu'un autre à l'habitabilité plus rudimentaire.

4.1.2. Du moulin à l'éolienne

La première machine qui a utilisé le vent comme source d'énergie est le moulin à vent. Il fut inventé au VIIe s. en Perse. De là, il s'est développé au Moyen-Orient, en Inde puis en Chine. Ces premiers moulins transformaient l'énergie éolienne en énergie mécanique servant à moudre le grain, écrasé entre de lourdes meules pour obtenir la farine, ou à pomper l'eau des rivières afin d'irriguer les terres.



Les premiers moulins à vent

Ces premiers moulins à vent disposaient d'un axe vertical et le système de pales se trouvait entièrement intégré dans la construction. Des ouvertures ménagées dans les parois permettaient au vent de s'engouffrer à l'intérieur et de faire tourner l'ensemble.

Puis le moulin à vent arrive en Europe au XIIe s., soit 500 ans après son apparition au Moyen-Orient. Ce sont les croisés qui, en décrivant les contrées orientales, donnèrent aux européens l'idée d'en construire. Ils inventèrent ainsi un nouveau type de moulin, à axe horizontal. Au début, tout le moulin, monté sur pivot, était tourné à la main pour placer les voiles face au vent. Par la suite, une tour fixe fut adoptée et seule la partie supérieure, à laquelle étaient fixées les ailes, tournait sous l'effet du vent.

Le moulin à vent, outil de libération du peuple

Au Moyen-âge, le moulin à vent présentait deux avantages par rapport au moulin à eau : il n'avait pas besoin d'une source d'eau à proximité et il fonctionnait même en hiver quand l'eau était gelée.

En outre, les rivières étaient en général contrôlées par les seigneurs qui décidaient qui pouvait produire de la farine et taxaient leur utilisation... Le moulin à vent a donc été un outil de libération du peuple !



Une fois le principe du moulin à vent connu, l'ingéniosité des concepteurs se concentra ensuite sur la forme des ailes pour améliorer le rendement et la facilité de la manœuvre. Mais l'objectif, lui, n'évolua guère : il s'agissait toujours d'actionner une meule, voire une pompe à eau pour l'irrigation des cultures.

C'est au Danois Poul La Cour (1846-1908) que l'on doit l'ouverture de nouvelles perspectives à la fin du XIXe s. Cet ingénieur est en effet le premier à avoir l'idée de produire de l'électricité grâce à l'énergie du vent. La formule se répand ensuite un peu partout en Europe, y compris en France où les recherches se traduisent dans les années 1950 par quelques réalisations, dont l'installation d'une éolienne tripale à Nogent-le-Roi.

Cette machine restera en test jusqu'au début des années 1960, date à laquelle la facilité d'accès au pétrole et les promesses du nucléaire se conjugueront pour décréter précocement obsolète cette source d'énergie.

Mais aujourd'hui, face à la perspective d'épuisement des ressources fossiles et à la nécessité de diminuer les émissions de gaz à effet de serre, l'éolien bénéficie du prestige des énergies renouvelables et opère donc son grand retour.



Le parc de Middlegrunden au Danemark
L'éolienne est un système qui convertit l'énergie du vent en énergie mécanique disponible pour entraîner un générateur électrique.

En effet, ces dernières années, la production éolienne d'électricité a explosé. Mais face à cette envolée, les critiques n'ont pas manqué. Alors que l'énergie éolienne est inépuisable, et non émettrice de gaz à effet de serre dans son fonctionnement (elle n'émet du CO₂ que lors de la construction, la maintenance ou la démolition des installations), les freins ont longtemps été, paradoxalement, d'ordre environnemental.

C'est surtout l'impact visuel qui a fait débat. Pour fonctionner, les éoliennes se doivent en effet d'être hautes, et sont donc visibles de loin. De plus, ce sont des installations de faible puissance : il en faut environ un millier pour produire l'énergie d'une centrale à gaz ou nucléaire. Le territoire terrestre pouvant être dédié à l'éolien étant forcément limité, l'*offshore*, c'est-à-dire l'implantation d'éoliennes en mer, est aujourd'hui en pleine expansion. Moins visibles et potentiellement plus grandes, ces éoliennes permettent également d'exploiter des vents souvent plus forts et plus réguliers. Elles posent cependant des problèmes de logistique et de coût.

Ces éoliennes qui dérangent

D'autres problèmes ont été pointés du doigt, comme les nuisances sonores. Dans ce domaine, des progrès notables ont été faits ces dernières années. Certains ont également mis en avant les risques pour la faune aviaire. Pourtant, les accidents restent exceptionnels, ce qui n'est pas le cas avec les lignes à haute tension...

Mais en France, la cause majeure de refus ou de report de l'implantation de parcs sont les interférences que créent les éoliennes avec les radars et notamment avec les radars météo, très nombreux.

Autre problème, l'énergie éolienne est intermittente, car dépendante du vent qui ne souffle jamais régulièrement. Elle ne peut donc garantir une puissance à chaque instant. Une solution serait de pouvoir stocker l'électricité afin de l'utiliser quand le besoin s'en fait sentir.

Mais, à l'heure actuelle, les solutions sont trop coûteuses et le stockage de l'électricité à grande échelle n'est pas pour demain. L'énergie éolienne doit donc être secondée par des moyens de production rapidement mobilisables en cas d'absence de vent. La pertinence de son développement dépend dans ce cas des ressources énergétiques à disposition de chaque pays.

Ainsi, dans des pays comme le Danemark ou l'Allemagne, où la production électrique est à plus de 60 % d'origine fossile, le développement de l'éolien prend tout son sens : quand le vent souffle, l'énergie éolienne remplace ces énergies fossiles et réduit donc les émissions de CO₂. Mais en France, la production est assurée à plus de 76 % par le nucléaire, peu souple, et à près de 12 % par l'hydraulique. Jusqu'à un certain seuil, les centrales hydrauliques permettront de gérer l'intermittence. Mais, au-delà, il conviendrait de développer des centrales thermiques, ce qui augmenterait les émissions de CO₂.

La nécessaire adaptation du réseau électrique

Un autre frein au développement de l'éolien à grande échelle est celui de l'organisation du réseau de distribution. Dans les pays industrialisés, celui-ci est conçu pour acheminer l'électricité au départ d'un petit nombre de sites disposant d'une très forte puissance.

L'énergie éolienne implique une organisation totalement différente, car basée sur un grand nombre de générateurs de faible puissance. De plus, il faudrait adapter ce réseau à une proportion importante de production électrique variable.

Mais cette adaptation sera cependant nécessaire pour affronter l'accroissement de la part des énergies renouvelables dans la production électrique. Toutes sont plus ou moins intermittentes, et leur production sera de toute manière beaucoup moins concentrée que les grandes installations actuelles, barrages hydroélectriques, centrales thermiques ou nucléaires.

Quoi qu'il en soit, dans le domaine énergétique, la solution miracle n'existe pas. Aujourd'hui les énergies fossiles fournissent 80 % de l'énergie primaire que nous utilisons. Aucune source unique ne sera à elle seule capable de se substituer au pétrole, au charbon et au gaz et, dans ce domaine, tout doit être envisagé : sobriété et efficacité énergétiques, capture et stockage du gaz carbonique émis par les sources fossiles et développement des énergies renouvelables... L'éolien n'est donc qu'un élément parmi d'autres, avec ses atouts et ses inconvénients, pour penser le système énergétique mondial de demain.

4.1.3. Le vent et l'urbanisation

Traditionnellement, le vent est plutôt une contrainte pour l'implantation des habitations et certaines formes d'activités humaines.

Ainsi, dans les régions côtières où le vent souffle toujours plus ou moins du même côté, comme aux Antilles, les notions de côte au vent ou sous le vent correspondent à des réalités concrètes. La première, celle qui reçoit le vent du large, se caractérise par une végétation clairsemée, des reliefs usés par l'érosion et un habitat singulièrement limité.

Sur la deuxième, qui se trouve du côté abrité et qui offre donc un accès sûr à la mer, c'est tout le contraire, avec des villages qui se sont développés au milieu d'une végétation luxuriante. À noter toutefois, cette répartition naturelle est aujourd'hui remise en cause par les promoteurs et leurs clients, qui cherchent l'isolement et le spectacle de l'océan.



Papeete en Polynésie française

C'est sur les côtes sous le vent que se sont d'abord fixées les populations. Par voie de conséquence, les centres urbains se sont développés dans ces zones, comme Papeete mais aussi Fort-de-France en Martinique, Port-au-Prince en Haïti ou encore Honolulu dans l'archipel hawaïen, bien abrité des alizés par les montagnes de Koolau. C'est aussi pour cette

raison que toutes les grandes villes d'Irlande sont bâties à l'est et au sud-est !

Murs de pierres des îles d'Aran

Dans les zones ventées, les Hommes se sont également toujours appliqués à concevoir des protections pour donner une chance à leurs cultures, comme dans ces îles de la baie de Galway, quadrillées avec des murets de pierres.

Mais chaque civilisation a sa méthode pour se prémunir du vent, en fonction des habitudes et des matériaux disponibles.



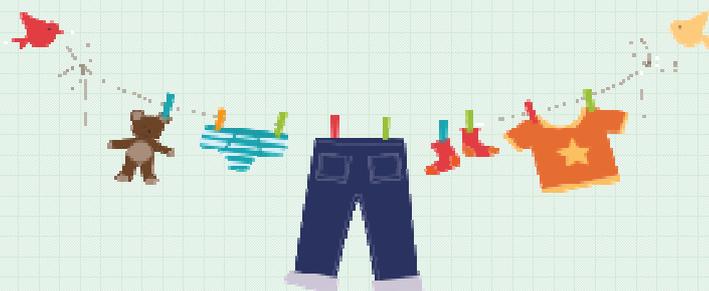
Cependant, le vent n'est pas qu'une contrainte pour l'urbanisation. Il sert également à aérer, assainir ou rafraîchir les milieux urbains et les bâtiments.

Aération et séchage

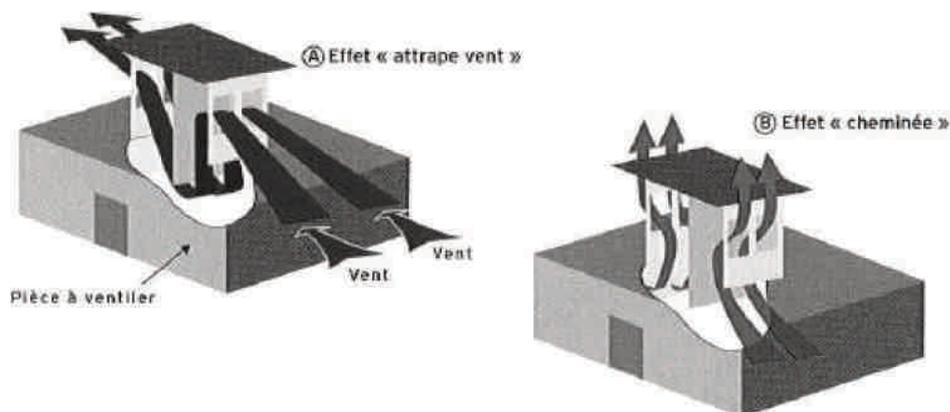
Il est probable qu'avant même l'invention de la navigation à voile, les premières utilisations du vent par l'Homme furent l'aération et le séchage !

En effet, les Hommes ont rapidement dû se rendre compte qu'un lieu où l'air stagne se charge en odeurs et permet le développement de maladies et de moisissures.

De la même façon qu'ils ont dû découvrir assez vite que des objets laissés au vent séchaient plus vite !



Ainsi, l'Homme peut se servir du vent pour refroidir les habitations, comme dans les régions chaudes du Moyen-Orient. Là-bas, depuis des siècles, les « tours des vents » assurent la climatisation des maisons. La ville de Yazd en Iran est devenue célèbre pour ses nombreux édifices de ce type. Surmontant les maisons, ces tours carrées sont munies d'ouvertures dans leur partie supérieure et reliées aux pièces du bas par des conduits. Elles fonctionnent de deux façons : elles « attrapent » le vent quand il y en a et le canalisent vers l'intérieur. L'avantage de le capter assez haut, à une quinzaine de mètres, tient dans le fait qu'il est à ce niveau à la fois plus fort et moins chargé en sable. En cas de forte chaleur, c'est l'effet « cheminée » qui entre en jeu. La montée d'air chaud dans le conduit suffit à créer un appel d'air et donc une ventilation agréable avec un renouvellement permanent, l'air chaud étant évacué par le haut.



Les tours à vent de Yazd

Un mécanisme comparable existe dans certaines habitations d'Océanie. Dotées de toits très élevés, elles favorisent la ventilation et l'évacuation de l'air chaud par le haut.

Malgré l'efficacité de ces mécanismes, les maisons modernes de ces régions n'en sont pas dotées et ne sont supportables qu'avec un recours intensif à la climatisation électrique. Mais en ces temps de disette pétrolière et de réchauffement climatique, de plus en plus d'architectes se préoccupent de redécouvrir ces vieilles recettes, voire de les améliorer. C'est l'architecture bioclimatique, qui vise à l'harmonie entre la nature et l'environnement construit.



Le marché de New Baris en Égypte

Architecte égyptien, Hassan Fathy s'est inspiré des maisons traditionnelles du Caire pour ventiler et rafraîchir de manière naturelle le marché de New Baris. Le mécanisme qu'il a ainsi mis au point lui permet d'abaisser la température intérieure de 15°C, alors que dehors elle atteint les 50°C.

4.2. Vent universel

Le vent a donc toujours été un élément d'une importance capitale pour les Hommes. S'ils craignent son pouvoir potentiellement destructeur et ont appris à s'en protéger, ils ont également su profiter de ses bienfaits. Il n'est donc pas étonnant que ce rapport ambivalent ait de tout temps imprégné de nombreux domaines de leur culture.

4.2.1. De l'influence du vent

Ce mélange de crainte et de respect s'est dans un premier temps naturellement manifesté à travers les religions. Ainsi, de nombreuses mythologies personnifient les vents, leur attribuant un caractère aimable ou coléreux, souvent imprévisible. Par la suite, s'il n'est plus divinisé, le vent n'en suscite par moins de nombreuses superstitions, légendes et autres croyances folkloriques. Il influence même le langage à travers des expressions, dictons et autres proverbes populaires lui faisant référence... Voici quelques morceaux de cultures choisis.

La tradition des Inuits d'Ammassalik

Lorsque la famille des vents se déchaîne, ce peuple tente de faire revenir le calme en mimant dehors un accouplement avec le vent. Si c'est Neqqajaq, le « père des vents », qui souffle, c'est une femme qui doit sortir pour effectuer le rite. Si la tempête est due à Pitaraq, la « mère des vents », c'est un homme qui doit faire mine de coucher avec elle.

Vent et sorcellerie

Dans le folklore, vent et sorcellerie sont étroitement liés. Les tourbillons sont fréquemment considérés comme des sorcières métamorphosées pour se déplacer et de nombreuses légendes racontent comment celles-ci commandent au vent. Une légende finlandaise, notamment, parle d'une sorcière qui vendit des vents aux marins sous la forme de trois nœuds sur une corde. Le premier nœud défait relâcha une brise légère, le second nœud une forte bise, et le troisième une tempête.

La Bataille des vents

Les dictons météorologiques concernant le vent sont légions. Parmi ceux-ci, « À la Saint-Blaise, tout s'apaise » fait référence à la bataille des vents, se déroulant entre le 25 janvier et le 3 février. Le vent qui souffle ce dernier jour, fête de Saint Blaise, maître des souffles et des vents, sort vainqueur de la lutte et dominera toute l'année.

L'oiseau-tempête

Nombreuses sont les mythologies qui évoquent un oiseau cosmique gigantesque et affirment que le vent émane du battement de ses ailes. C'est le cas de l'« oiseau-tonnerre », le Wakinyan des Dakota, ou encore de l'aigle Hraesvelgr de la mythologie scandinave.

Quelques expressions chinoises...

L'importance du vent dans les conceptions chinoises transparait à travers leur langue, où de multiples expressions font intervenir cet élément :

- « blessé par le vent », enrhumé ;
- « allure du vent », caractère d'une personne ;
- « rythme du vent », charme, séduction ;
- « vents et nuages », événements extraordinaires ;
- « feuilles dans le vent », regret, nostalgie ;
- « vent du sud », amour d'une femme ;
- « ombre du vent », beauté éphémère ; etc.

Quant au Feng-Shui, il s'agit d'un art chinois consistant à intégrer harmonieusement les édifices humains au paysage, en étudiant les secrets du vent et de l'eau.

Et de chez nous !

- « Contre vents et marées » ;
- « Quel bon vent vous amène ! » ;
- « Être ouvert aux quatre vents » ;
- « Qui sème le vent récolte la tempête » ;
- « Être dans le vent » ; etc.

4.2.2. Le vent et l'art

Naturellement, cette fascination des Hommes pour le vent s'est également exprimée, à travers les siècles, dans toutes sortes d'arts, qu'il s'agisse de dessin, de peinture ou même de sculpture.



La Nuit étoilée de Vincent Van Gogh 1889

Le mouvement impressionniste s'attache à reproduire les « impressions » suscitées par les éléments tels que la lumière, l'eau et, bien entendu, le vent.

La victoire de Samothrace IIe – IIIe s. av. J.-C.

Sur cette statue, la déesse de la Victoire (Nikè en grec) apparaît sous les traits d'une femme ailée dressée sur la proue d'un navire, résistant à l'assaut du vent qui tourmente son vêtement. Cette mise en scène spectaculaire est typique du goût hellénistique.



Le vent est aussi d'une importance primordiale dans certains romans, comme par exemple dans *La Horde du Contrevent* d'Alain Damasio, paru en 2004 et Grand Prix de l'Imaginaire en 2006. L'histoire se situe dans un monde où le vent a une importance capitale et un pouvoir destructeur. Son étude, son utilisation, et la résistance contre lui deviennent les objets principaux de l'intrigue et les nombreux personnages évoluent tous par rapport à lui. Le vocabulaire même est revu en conséquence, nos expressions usuelles, du type « *oh mon dieu !* », étant corrigées pour entrer dans ce monde dominé par le vent, et devenir « *oh mon vent !* ».

À noter, il existe également un art spécifique au vent, présent dans de nombreuses civilisations : les mobiles. Ces derniers sont faits d'un agencement de solides suspendus, destinés à accueillir le vent pour être mis en mouvement. Certains ont des fonctions symboliques comme les pièges à rêves de la culture amérindienne, censés protéger des mauvais esprits. D'autres produisent des sons comme les mobiles traditionnels ou carillons chinois.

Les instruments à vent

En français, un aérophone est aussi appelé « Instrument à vent ». C'est également vrai pour l'anglais, « *Wind instrument* » ou l'espagnol « *Instrumento de viento* », mais pas pour l'italien ou l'allemand qui basent le nom de ces instruments sur le souffle. En effet, le son de ces instruments n'est pas produit librement par le vent, mais par le souffle de l'instrumentiste.

4.2.3. Jouer avec le vent

Voilier de plaisance, planche à voile, kitesurf, cerf-volant, char-à-voile, montgolfière... De par le monde, les Hommes savent aussi utiliser le vent pour le plaisir ou pour le sport ! En voici quelques exemples.

La planche à voile, ou windsurf, est aujourd'hui un sport largement pratiqué, capable de générer une activité économique importante. De nombreux sites ont su en faire un atout. Ainsi, la commune de Hood River, au nord-ouest des États-Unis, a survécu au déclin industriel grâce à l'incroyable ventilation de sa vallée. Les milliers de mordus de windsurf ont donné un nouvel essor au tourisme, au commerce et même à l'immobilier. En France, à Leucate, c'est la Tramontane qui a permis à la station de renouveler son image de marque, créant un évènement, le Mondial du vent, entièrement dédié aux sports utilisant cette énergie. Dans un style différent, le Festiventu de Calvi regroupe chaque année artistes et sportifs venus célébrer le vent !



Il y a plus de 25 siècles, **le cerf-volant** occupait déjà une place importante dans la vie des populations d'Orient. Au cours des siècles, il a été tour à tour un objet décoratif et festif, un support de jeux ou un symbole religieux. Il a même été utilisé par des militaires et des scientifiques ! Mais la dimension ludique est toujours restée, et ce drôle d'objet volant est encore plein d'avenir, comme en témoigne la nouvelle vogue des cerfs-volants acrobatiques, confectionnés dans des matériaux modernes et capables de réaliser des figures étonnantes.



Depuis Icare, les hommes ont toujours rêvé de tenir compagnie aux oiseaux. Aujourd'hui, qui veut regarder le paysage d'en haut sans autre moyen de propulsion que l'exploitation des courants d'air a le choix entre deux types de pratique, **le vol à voile** ou **le vol libre**. Le premier concerne le planeur conventionnel, qui s'utilise au départ d'un terrain d'aviation. Pour décoller, il faut se faire tracter par un avion ou par un câble très long qui donnent la vitesse nécessaire au planeur. Ensuite, il ne reste plus qu'à exploiter au mieux les courants ascendants pour rester le plus longtemps possible en l'air. Sous l'appellation de vol libre sont regroupées les machines plus légères, tels que deltaplanes ou parapentes. Là aussi, il est nécessaire de jouer avec les ascendances pour profiter au maximum de la ballade.

5. Boîte à outils

5.1 Fabriquez un anémomètre

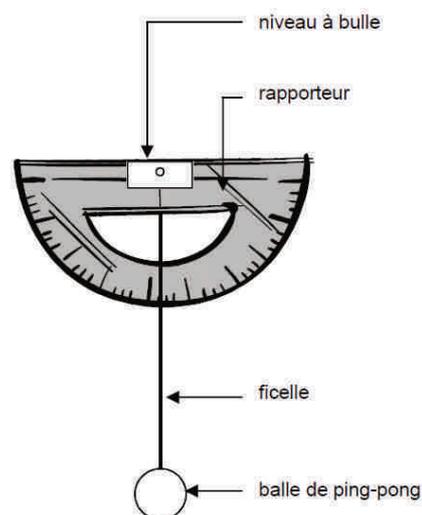
Il faut :

- 1 grand rapporteur ;
- 1 balle de ping-pong ;
- du scotch double-face ;
- 30 cm de ficelle suffisamment rigide ;
- 1 niveau à bulle ;
- 1 compas.

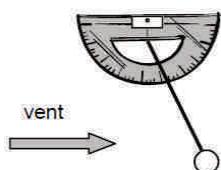
1. À l'aide de la pointe du compas, percez 2 trous de part et d'autre de la balle de ping-pong. Faites un nœud à l'une des extrémités de la ficelle de manière à bloquer la balle au bout.

2. Attachez l'autre extrémité de la ficelle à la base du rapporteur, en orientant l'arc de cercle qui comporte les graduations vers le bas et en laissant pendre la balle sous celui-ci.

3. Fixez le niveau à bulle sur la base du rapporteur à l'aide du scotch double-face. Lorsque le rapporteur est maintenu à l'horizontal (la bulle se trouvant au centre du repère), en l'absence de vent, la ficelle indique l'angle 90°.



4. Sortez l'anémomètre à l'extérieur. Maintenez le rapporteur à l'horizontal (aidez-vous pour cela du niveau à bulle) et parallèlement à la direction du vent (une girouette permettra de définir celle-ci). Sous l'effet du vent, la balle se soulève, entraînant la ficelle (attention à ne pas utiliser une ficelle trop souple qui rendrait les mesures difficiles).



5. Lisez alors l'angle indiqué par la ficelle et reportez-vous au tableau ci-dessous pour connaître la vitesse du vent correspondante.

Angle (°)	90	80	70	60	50	40	30	20
Vitesse du vent (km/h)	0	13	19	24	29	34	41	52

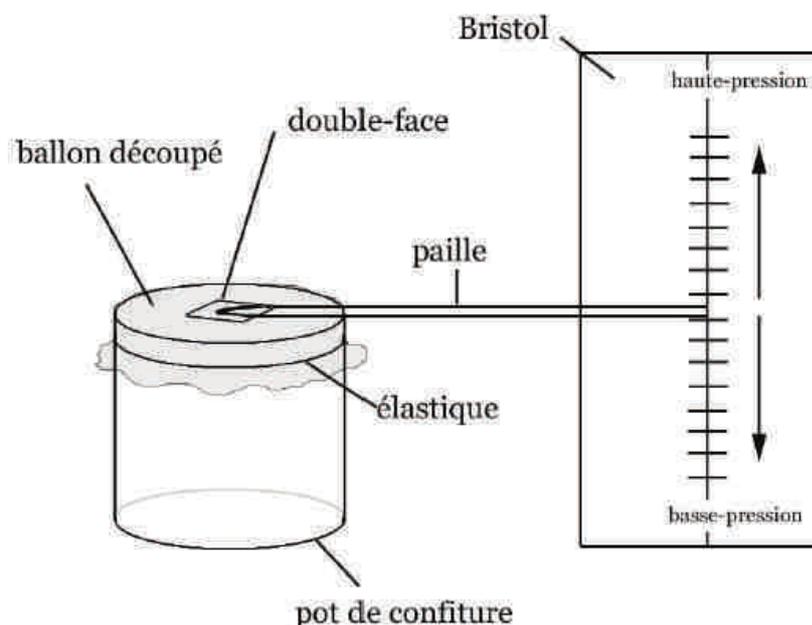
L'anémomètre est un instrument permettant de déterminer la vitesse du vent. Son nom vient du grec « anemos » signifiant vent, et « metron », c'est-à-dire « mesure ». Si les anémomètres peuvent se présenter sous différentes formes, la plus répandue reste l'anémomètre constitué de coupelles hémisphériques tournant autour d'un axe, qui a été inventé en 1846 par Thomas Romney Robinson, physicien, astronome et poète irlandais.

5.2 Fabriquez un baromètre

Il faut :

- 1 bocal de confiture en verre ;
- du bristol blanc épais ;
- 1 paille à boire simple et fine ;
- du ruban adhésif double-face ;
- de l'eau ;
- 1 ballon de baudruche ;
- 1 cutter ou une paire de ciseaux ;
- 1 stylo.

1. Découpez le ballon de manière à pouvoir recouvrir le bocal.
2. Tendez le ballon sur le bocal et fixez-le à l'aide de l'élastique (l'étanchéité doit être parfaite entre le bocal et l'extérieur).
3. Écrasez l'une des extrémités de la paille et fixez-la sur le centre du bocal à l'aide du ruban adhésif double-face.
4. Tracez une graduation sur le bristol blanc et placez-le à la verticale comme sur le schéma.
5. Observez, en fonction du temps, ce qu'indique la paille. Essayez d'étalonner votre baromètre sur vos observations.



Un baromètre mesure les variations de la pression atmosphérique, c'est-à dire du poids exercé par la colonne d'air sur la membrane (le ballon découpé) tendue sur le pot de confiture. La paille permet d'amplifier, de suivre ces variations de pression.

En condition de haute pression (anticyclone), l'extrémité de la paille monte, le temps est sec et chaud, et en condition de basse pression (dépression), elle baisse, l'air est humide et le temps pluvieux.

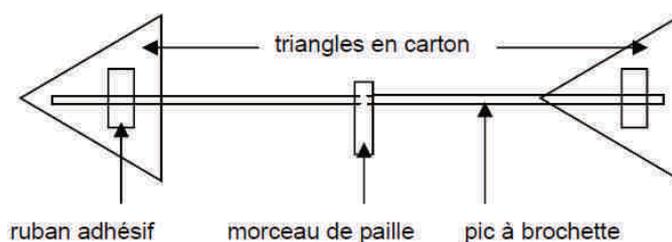
5.3 Fabriquer une girouette

Il faut :

- du carton ;
- 2 pics à brochette en bois ;
- 1 cylindre en carton ;
- 1 compas ;
- 1 boussole.
- 1 paille ;
- du ruban adhésif ;
- du sable ;
- de la colle ;

1. Coupez un segment de paille de quelques centimètres, percez le haut de celui-ci à l'aide du compas et passez transversalement dans les trous réalisés l'un des pics à brochette.

2. Découpez 2 triangles en carton et scotez-les aux 2 extrémités du pic à brochette, pointes orientées dans la même direction, comme indiqué sur le schéma ci-contre.

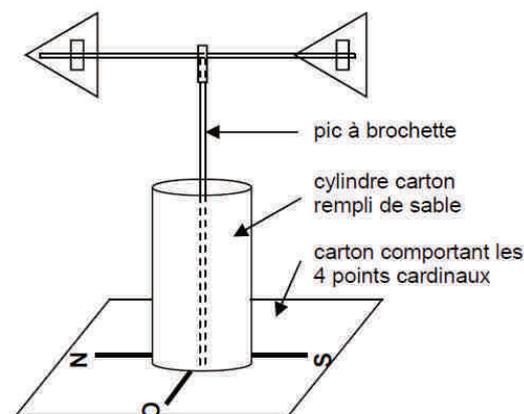


3. Découpez un carré de carton et tracez sur celui-ci une croix indiquant les 4 points cardinaux.

4. Au centre de ce carton, collez le cylindre en carton, placez-y le second pic à brochette puis remplissez le cylindre de sable de manière à maintenir solidement le pic à la verticale (à défaut, le sable peut aussi être remplacé par un gros morceau de pâte à modeler).

5. Enfilez la partie supérieure de la girouette réalisée préalablement, au niveau de la paille, sur ce pic à brochette.

6. Amenez votre girouette à l'extérieur. À l'aide de la boussole, déterminez où se trouve le nord et positionnez la girouette en conséquence afin que l'orientation des points cardinaux soit correcte. Il ne reste plus qu'à laisser faire le vent et observer dans quelle direction celui-ci souffle.



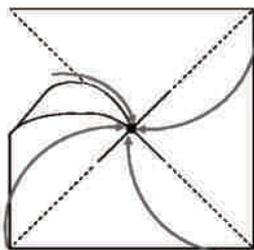
La girouette est un dispositif permettant de connaître la direction du vent, il s'agit de l'un des plus anciens instruments météorologiques. Sa pointe indique la provenance du vent, ainsi, lorsque la girouette est orientée vers le nord cela signifie que le vent souffle du nord vers le sud. Au-delà de ce rôle utilitaire, la girouette peut aussi être décorative et revêtir des formes diverses, le coq étant néanmoins le motif le plus répandu en Occident. Au cours des siècles, les girouettes ont vu leur vocation varier : du symbole du clergé et de la noblesse, à l'enseigne indiquant un métier ou une activité en passant par la dimension protectrice et conjuratoire qui leur était prêtée.

5.4 Fabriquer un moulin à vent

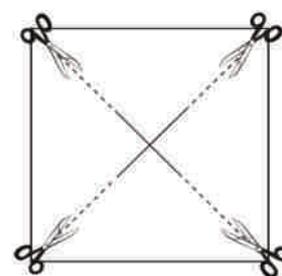
Il faut :

- 1 feuille de papier cartonné de format carré ;
- 1 crayon ;
- 1 paire de ciseaux ou un cutter ;
- 2 punaises et 1 attache-parisienne ;
- 1 paille ;
- 1 baguette fine et légère en bois (de diamètre inférieur à celui de la paille et de même longueur que celle-ci) ;
- 1 petite boîte en carton (de profondeur inférieure à la longueur de la paille) ;
- du carton épais.

1. Tracez les diagonales du carré de papier cartonné puis, en partant de chaque coin, découpez les deux tiers de la longueur de celles-ci.

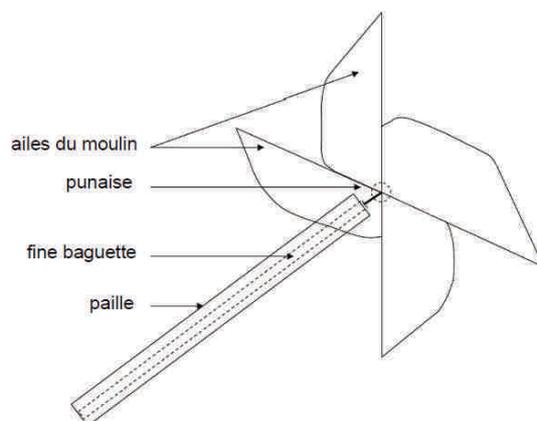


2. Rabattez les 4 coins au milieu de la feuille et fixez-les au moyen d'une punaise. Plantez ensuite celle-ci au bout de la baguette, puis glissez la baguette dans la paille.



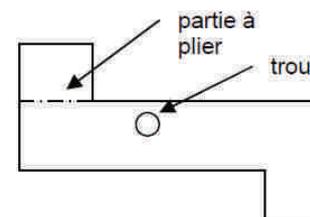
3. Faites 2 trous de part et d'autre de la boîte en carton et passez-y la paille.

4. Découpez un petit demi-cercle dans le carton épais et fixez-le à l'extrémité de la baguette à l'aide d'une punaise comme représenté sur le schéma de la page suivante. Celui-ci représente un arbre à cames (dispositif mécanique permettant de transformer un mouvement circulaire en mouvement longitudinal).



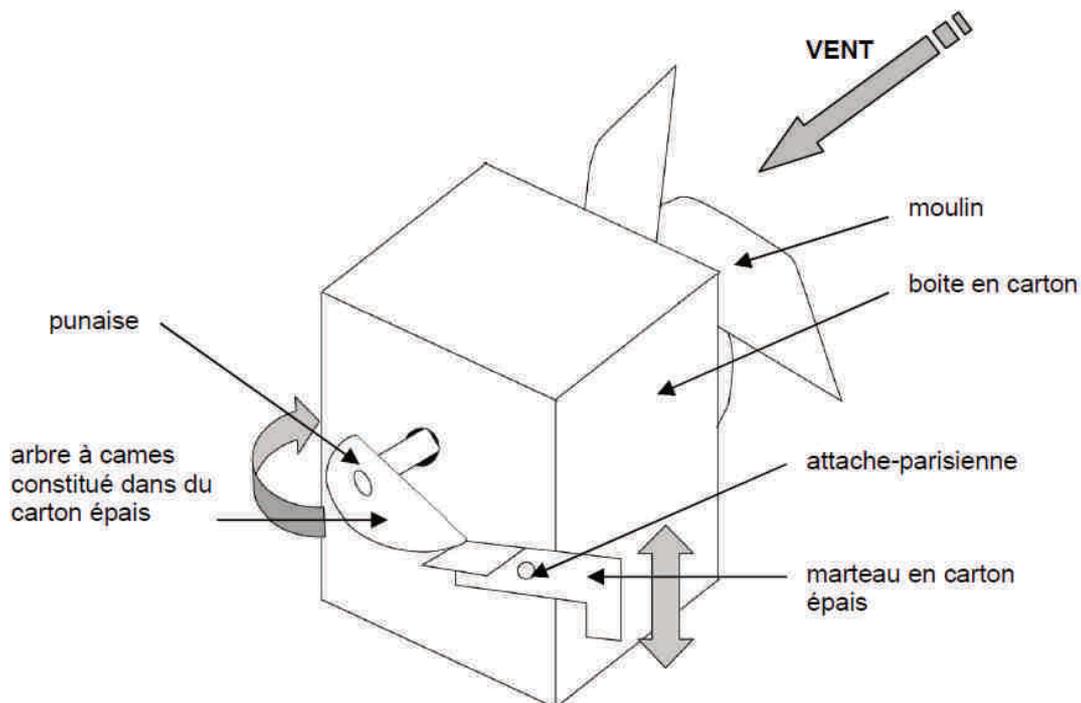
5. Découpez également dans le carton ce qui représentera un marteau, en suivant le modèle représenté à droite (non à l'échelle).

6. Fixez ce marteau en carton à l'arrière de la boîte, à l'aide d'une attache parisienne passée dans le trou réalisé dans le carton (cf. schéma de la page précédente). Positionnez-le de manière à ce que la partie pliée soit en contact avec l'arbre à cames comme représenté sur le schéma ci-dessous.



Veillez également à ce que le marteau tourne sans résistance autour de l'axe de l'attache parisienne.

7. Placez ce moulin à vent face au vent et observez ce qu'il se passe.



Sous l'effet du vent, les ailes du moulin se mettent à tourner, entraînant l'arbre à cames qui actionne alors le marteau.

Le vent représente l'une des plus anciennes sources d'énergie exploitées par l'Homme et a joué un rôle essentiel dans les activités humaines pendant des millénaires, en particulier pour faire avancer les embarcations à voile. Les Hommes ont inventé plus tard des dispositifs permettant de transformer l'énergie éolienne en énergie mécanique (moudre du grain, pomper l'eau, etc.) : les moulins à vent. Les plus anciennes traces connues d'utilisation de tels édifices remontent au VII^e siècle, en Perse. Très différents des moulins fabriqués plus tard, ceux-ci comportaient un axe vertical (et non horizontal comme celui réalisé dans cette activité) et un système de pales intégré dans la construction. En Europe, c'est au XII^e siècle qu'apparaissent les premiers moulins à vent. Au fil du temps, ces dispositifs vont être perfectionnés afin de gagner toujours plus en efficacité et en facilité de manœuvre.

Aujourd'hui, les éoliennes ont remplacé les moulins en matière d'exploitation de l'énergie du vent. Cependant, si celles-ci se basent sur le même principe : le vent entraîne le mouvement rotatif de pales, la finalité est différente : au lieu de convertir la force du vent directement en travail mécanique, les éoliennes permettent de générer de l'électricité.

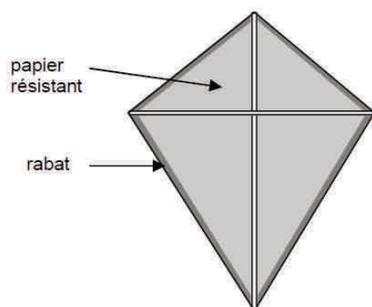
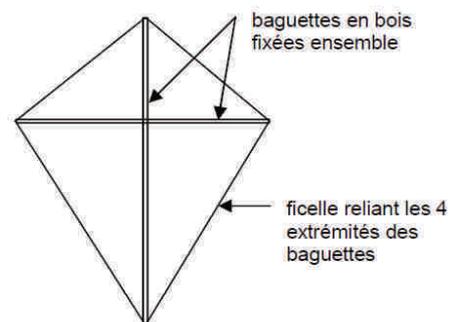
5.5 Fabriquez un cerf-volant

Il faut :

- 2 baguettes de bois légères et souples, mesurant respectivement 40 et 55 cm ;
- de la colle ;
- 1 paire de ciseaux ;
- 1 cutter.
- du fil à cerf-volant ;
- de la ficelle solide ;
- du papier résistant ;
- 1 petit anneau (fixation) ;

1. Réalisez une encoche assez profonde aux extrémités des 2 baguettes.

2. Disposez les baguettes en croix comme indiqué sur le schéma ci-contre (la baguette placée verticalement étant la plus longue) et fixez-les ensemble à l'aide de ficelle. Passez ensuite une autre ficelle dans les 4 encoches réalisées dans les baguettes de manière à les relier, puis nouez-la.



3. Découpez un losange de papier. Les dimensions de celui-ci correspondent au losange formé par la ficelle joignant les extrémités des baguettes, auxquelles il faut ajouter 1 cm sur tout le pourtour, afin de constituer des rabats.

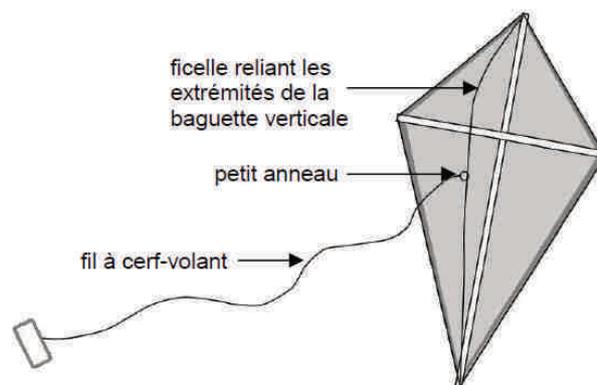
4. Avant de coller le papier sur l'armature, le papier peut être décoré selon votre imagination.

5. Positionnez le papier, repliez les rabats pardessus la ficelle et collez-les.

6. Tendez une ficelle entre les 2 extrémités de la baguette horizontale de manière à l'arquer légèrement.

7. Reliez les 2 extrémités de la baguette verticale avec une ficelle (non tendue cette fois-ci) après avoir fixé au milieu de celle-ci le petit anneau.

8. Attachez le fil à cerf-volant à l'anneau de fixation et amenez votre cerf-volant à l'extérieur un jour de vent, il est prêt à voltiger dans les airs !



Il y a plus de 25 siècles, des cerfs-volants s'élançaient déjà dans les airs !

Si de tout temps, le cerf-volant a constitué un support de jeu, il a également fait l'objet d'autres utilisations : objet festif, symbole religieux, il a également été employé à des fins militaires, mais aussi dans le cadre d'expériences scientifiques et d'observations météorologiques, ou encore comme outil de sécurité aidant à repérer des naufragés.

6. Autour de l'exposition



A l'occasion de l'exposition « Face au vent », la communauté de communes organisera le samedi 26 mai une journée festive avec notamment des animations ludiques et pédagogiques sur le thème du vent, en partenariat avec l'association « Porté par le vent ».

Un beau moment d'échanges, de découvertes et d'émerveillement en perspective !



Espace dédié au vent

Le plaisir de s'évader devant des éoliennes, des girouettes, des bannières, des manches à air...



Ateliers de fabrication de cerfs-volants et de planeurs

Percer les secrets du vent en fabriquant un objet éolien et apprendre à jouer avec.



Démonstration de vols

Participer aux vols de cerfs-volants et s'émerveiller devant des modèles géants !



Stands de musique, de jeux, de land art, de yoga...



Concert de piano sur le lac de la Découverte en soirée, suivi d'un lâcher de lanternes volantes dans le ciel.

Samedi 26 mai, à partir de 14h00 et jusqu'à 22h00

Site de la Découverte de Decazeville
(ancienne mine de charbon à ciel ouvert, gigantesque amphithéâtre)

Ateliers et stands gratuits
Concert « Le piano du lac » en participation libre



7. Liens avec les programmes scolaires

7.1 Cycle 2

Questionner le monde du vivant, de la matière et des objets

APPROCHE INITIALE	APPROCHE INTERMÉDIAIRE	APPROCHE EN FIN DE CYCLE
Mettre en œuvre des expériences simples impliquant l'air. Existence, effet et quelques propriétés de l'air (matérialité et compressibilité de l'air).		
<p>L'air existe :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Observation de phénomènes naturels : la nature, le souffle et le vent</i> - <i>Observation et utilisation d'objets : ballons, foulards, seringues, éventails, pompes à vélo, manches à air, parachute...</i> - <i>Fabrication d'objets</i> <p>L'air peut mettre en mouvement un objet.</p>	<p>L'air peut être transvasé.</p> <p>L'air peut être déplacé.</p> <p>L'air peut mettre en mouvement un objet.</p> <p>L'air peut s'opposer au déplacement d'objets.</p>	<p>L'air est compressible (<i>expériences avec des seringues permettant de faire des mesures</i>).</p> <p>L'air est de la matière : comparaison de quelques propriétés étudiées avec l'eau à l'état liquide voire à l'état solide (<i>avec des mesures</i>).</p>

Questionner l'espace et le temps

Se situer dans l'espace	
<p>Identifier des représentations globales de la Terre et du monde. Situer les espaces étudiés sur une carte ou un globe. Repérer la position de sa région, de la France, de l'Europe et des autres continents. Savoir que la Terre fait partie d'un univers très vaste composé de différents types d'astres. De l'espace connu à l'espace lointain :</p> <ul style="list-style-type: none"> • les pays, les continents, les océans ; • la Terre et les astres (la Lune, le Soleil, les planètes...). 	<p>Cartes, cartes numériques, planisphères, globe comme instruments de visualisation de la planète pour repérer la présence des océans, des mers, des continents, de l'équateur et des pôles... Cartes du système solaire ; repérage de la position de la Terre par rapport au Soleil. Saisons, lunaisons, à l'aide de modèles réduits (boules éclairées).</p>

Explorer les organisations du monde

Identifier des paysages	
<p>Reconnaitre différents paysages : les littoraux, les massifs montagneux, les campagnes, les villes, les déserts, ...</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Les principaux paysages français en s'appuyant sur des lieux de vie. ➤ Quelques paysages de la planète et leurs caractéristiques. 	<p>Photographies paysagères, de terrain, vues aériennes, globe terrestre, planisphère, films documentaires.</p>

7.2 Cycle 3

SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Matière, mouvement, énergie, information

Décrire les états et la constitution de la matière à l'échelle macroscopique	
La matière qui nous entoure (à l'état solide, liquide ou gazeux), résultat d'un mélange de différents constituants.	Les mélanges gazeux pourront être abordés à partir du cas de l'air.
Identifier différentes sources et connaître quelques conversions d'énergie	
<p>Identifier des sources d'énergie et des formes.</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'énergie existe sous différentes formes (énergie associée à un objet en mouvement, énergie thermique, électrique...). <p>Prendre conscience que l'être humain a besoin d'énergie pour vivre, se chauffer, se déplacer, s'éclairer...</p> <p>Reconnaitre les situations où l'énergie est stockée, transformée, utilisée. La fabrication et le fonctionnement d'un objet technique nécessitent de l'énergie.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Exemples de sources d'énergie utilisées par les êtres humains : charbon, pétrole, bois, uranium, aliments, vent, Soleil, eau et barrage, pile... - Notion d'énergie renouvelable. - Identifier quelques éléments d'une chaîne d'énergie domestique simple. <p>Quelques dispositifs visant à économiser la consommation d'énergie.</p>	<p>L'énergie associée à un objet en mouvement apparaît comme une forme d'énergie facile à percevoir par l'élève, et comme pouvant se convertir en énergie thermique.</p> <p>Le professeur peut privilégier la mise en œuvre de dispositifs expérimentaux analysés sous leurs aspects énergétiques : éolienne, circuit électrique simple, dispositif de freinage, moulin à eau, objet technique...</p> <p>On prend appui sur des exemples simples (vélo qui freine, objets du quotidien, l'être humain en introduisant les formes d'énergie mobilisées et les différentes consommations (par exemple : énergie thermique, énergie associée au mouvement d'un objet, énergie électrique, énergie associée à une réaction chimique, énergie lumineuse...)). Exemples de consommation domestique (chauffage, lumière, ordinateur, transports).</p>

La planète Terre. Les êtres vivants dans leur environnement

Situer la Terre dans le système solaire et caractériser les conditions de la vie terrestre	
<p>Identifier les composantes biologiques et géologiques d'un paysage.</p> <p>- Paysages, géologie locale, interactions avec l'environnement et le peuplement.</p> <p>Relier certains phénomènes naturels (tempêtes, inondations, tremblements de terre) à des risques pour les populations.</p> <p>- Phénomènes géologiques traduisant activité interne de la terre (volcanisme, tremblements de terre...).</p> <p>- Phénomènes traduisant l'activité externe de la Terre : phénomènes météorologiques et climatiques ; événements extrêmes (tempêtes, cyclones, inondations et sécheresses...).</p>	<p>Travailler avec l'aide de documents d'actualité (bulletins et cartes météorologiques).</p> <p>Réaliser une station météorologique, une serre (mise en évidence de l'effet de serre).</p> <p>Exploiter les outils de suivi et de mesures que sont les capteurs (thermomètres, baromètres...).</p> <p>Commenter un sismogramme.</p> <p>Etudier un risque naturel local (risque d'inondation, de glissement de terrain, de tremblement de terre...).</p> <p>Mener des démarches permettant d'exploiter des exemples proches de l'école, à partir d'études de terrain et en lien avec l'éducation au développement durable.</p>

Le parcours d'éducation artistique et culturelle

L'éducation artistique et culturelle répond à plusieurs objectifs :

- Eveiller la curiosité intellectuelle des élèves ;
- Permettre à tous les élèves de se constituer une culture personnelle riche et cohérente tout au long de leur parcours scolaire ;
- Permettre la fréquentation de lieux culturels.

Le parcours d'éducation artistique et culturelle a donc pour ambition de favoriser l'égal accès de tous les élèves à la culture, y compris dans sa dimension scientifique et naturaliste.

7.3 Cycle 4

SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

Thème 1 : la planète Terre, l'environnement et l'action humaine

Quelques phénomènes météorologiques et climatiques	
Expliquer quelques phénomènes météorologiques et climatiques.	<ul style="list-style-type: none"> - Météorologie; dynamique des masses d'air et des masses d'eau ; vents et courants océaniques. - Différence entre météo et climat ; les grandes zones climatiques de la Terre.- Les changements climatiques passés (temps géologiques) et actuel (influence des activités humaines sur le climat).
Risques naturels	
Relier les connaissances scientifiques sur les risques naturels (ex. séismes, cyclones, inondations) ainsi que ceux liés aux activités humaines (pollution de l'air et des mers, réchauffement climatique...) aux mesures de prévention (quand c'est possible), de protection, d'adaptation, ou d'atténuation.	<ul style="list-style-type: none"> - Les phénomènes naturels : risques et enjeux pour l'être humain - Notions d'aléas, de vulnérabilité et de risque en lien avec les phénomènes naturels ; Prévisions
Activités humaines et quelques questions environnementales	
Expliquer comment une activité humaine peut modifier l'organisation et le fonctionnement des écosystèmes en lien avec quelques questions environnementales globales.	Quelques exemples d'interactions entre les activités humaines et l'environnement.
Proposer des argumentations sur les impacts générés par le rythme, la nature (bénéfices/nuisances), l'importance et la variabilité des actions de l'être humain sur l'environnement.	

CONTRIBUTION AUX PARCOURS EDUCATIFS

Orientations possibles avec différents parcours éducatifs

PEAC : Découverte d'œuvres comme « la naissance de Vénus » de Botticelli où apparaît, Zéphir, la personnification du vent dans la mythologie grecque.

Parcours avenir : Découverte des métiers liés à la météorologie, à l'aménagement du territoire,...

Parcours citoyen : Compréhension des phénomènes météorologiques permettant d'envisager et de justifier des comportements responsables face à l'environnement et une meilleure gestion des risques pour l'Homme.

Orientations possibles avec un EPI

Transition écologique et développement durable / Sciences, technologie et société

- En lien avec la physique-chimie ; l'histoire et la géographie ; les mathématiques ; le français ; les langues vivantes et régionales ; l'éducation aux médias et à l'information.

Météorologie et climatologie ; mesures de protection, prévention, adaptation ; gestion de risques climatiques sur la santé humaine ; débat sur le changement climatique (de la controverse au consensus) ; notion de prévision ; modalités de réalisation des cartes de prévention et des PPRI des collectivités (Plan Particulier aux risques d'inondation).

- En lien avec l'histoire et la géographie ; la technologie ; la physique-chimie ; le français et les langues vivantes et régionales ; les arts plastiques.

Les paysages qui m'entourent, composantes géologiques et biologiques d'un paysage / composantes naturelles et artificielles ; l'exploitation des ressources par l'être humain (eau, matériaux, ressources énergétiques, sol et biodiversité cultivée) modèle les paysages ; paysagisme et urbanisme (réhabilitation de sites industriels, les friches et jardins dans la ville...) ; le rapport à l'eau dans différentes cultures ; histoire des techniques d'approvisionnement en eau.

- En lien avec la physique-chimie, la technologie, les langues vivantes, les mathématiques, l'éducation aux médias et à l'information.

Énergie, énergies, les flux d'énergie sur la Terre et leur exploitation par l'être humain (vents, courants, ondes sismiques, flux géothermique, etc.) ; le transfert d'énergie au sein de la biosphère ; le rapport aux énergies dans les différentes cultures...

8. Bibliographie

8.1. Livres Jeunesse

➤ Documentaires

Cataclysmes & catastrophes / Marianne Boilève ; ill. de Benjamin Bachelier. - Arles (Bouches-du-Rhône) : Actes Sud junior, 2010. - 208 p. : ill. en coul. ; 21cm. - (Encyclopédies nature)

Tempêtes, les éléments se déchaînent / M. Graf. - Paris : Fleurus, 2010. - 64 p. : ill. ; 29 x 25 cm.

Le temps / Catriona Clarke - Usborne, 2008 Georges Brassens, RDC, 551.5 CLA, Public : Jeunesse

Cyclone : les phénomènes atmosphériques violents / John Farndon ; trad. de Sylvie Deraime. - Paris : Gallimard-Jeunesse, 2007. - 65 p. : ill. en coul. ; 31 cm. - (Explorations)

Catastrophes naturelles / Claire Watts. - Paris : Gallimard-Jeunesse, 2006. - 72 p. : ill. ; 29 cm. - (Les yeux de la découverte ; 109)

La Terre se déchaîne : ouragans, séismes, tsunamis / Sabine Rabourdin ; ill. Gaëtan de Séguin. - Paris : De La Martinière Jeunesse, 2006. - 107 p. : ill. ; 23 cm. - (Hydrogène, 1284-733X)

Le vent. - Mouans Sartoux : PEMF, 2006. - 31 p. : ill. en coul. ; 24 cm. - (Bibliothèque de travail junior ; 513)

Le ciel, l'air et le vent / Jean-Pierre Verdet ; Illustrations de Henri Galeron, Pierre-Marie Valat. - Nouv. présentation. - Paris : Gallimard-Jeunesse, 2005. - 40 p. : ill. en coul. ; 23 x 14 cm. - (Découverte benjamin ; 15, 0769- 5659)

D'où viennent les tempêtes ? / Robert Sadourny. - Paris : Le Pommier, 2005. - 64 p. ; 16 cm. - (Les Petites pommes du savoir ; 66)

L'air / Philippe Nessmann ; ill. Peter Allen. - Paris : Mango-Jeunesse, 2002. - 32 p. : ill. en coul. ; 24 x 19 cm. - (Kézako ?)

Le temps, climats et météo / Scott Forbes ; ill. Richard Bonson, Robin Bouttell, Anne Bowman et al. ; trad. de l'anglais Agence média, avec la collab. de Tina Calogirou. - Paris : Larousse, 2002. - 64 p. : ill. en nb. ; 34 x 25 cm. - (Larousse explore)

Cyclones et tornades / Jack Challoner. - Paris : Gallimard, 2000. - 59 p. : ill. ; 29 cm. - (Les Yeux de la découverte ; 84)

Le jour de la tornade / Georgia Graham ; trad. Pierre Bertrand. - Paris : Ecole des loisirs, 2000. - 36 p. : ill. ; 29 x 24 cm. - (Archimède)

La nature en colère, des avalanches aux typhons / Helen Young ; trad. Et adapté par Josette Gontier. - Paris : Nathan, 1999. - 24 p. : ill. en coul. ; 21 cm. - (Miroirs de la connaissance ; 11)

Les secrets de l'air : mode d'emploi. - Paris : Albin Michel, 1998. - 322 p. : illustrations en noir et blanc ; 20 x 16 cm. - (Les petits débrouillards)

Le vent / illustré et réalisé par Donald Grant. - Paris : Gallimard, 1998. - Non paginé : ill. ; 18 cm. - (Mes premières découvertes de la nature ; 144)

Air, vent et vol / Texte de Mick Seller ; Traduit par Denis-Paul Mawet. - Paris : Gamma, 1993. - 32 p. : ill. ; 30 cm. - (Atelier science)

Les caprices de la météo / texte Claudine et Jean-Michel Masson. - Paris : Mango-Jeunesse, 2010. - 59 p. : ill. ; 31 x 26 cm. - (Qui sommes-nous ?)

La météo / textes Cathy Franco ; illustrations de et mise en page Jacques Dayan. - Nouv. éd. - Paris : Fleurus, 2009. - 27 p. : illustrations en couleur ; 30 x 24 cm. - (La grande imagerie)

Tout savoir sur la météo : tornades, tonnerre, ouragans, érosion et plus encore ! / Louise Spilsbury ; trad. de Sophie Guyon et Marie Barriet-Savev. - Bath (GB) : Parragon, 2008. - 224 p. : ill. en coul. ; 28 cm.

La météo / Anne-Sophie Baumann ; ill. Sophie Lebot. - Toulouse : Milan jeunesse, 2007. - ill. 37 p. ; 27 cm. - (J'explore la nature)

Météo. - Paris : Gallimard-Jeunesse, 2007. - 24 p. : ill. en couleur ; 20 x 20 cm. - (Mes découvertes)

Climats et météorologie / Louis-Marie Berthelot. - Paris : Fleurus, 2006. - 79 p. : ill. en coul. ; 29 cm + 1 DVD. - (Voir les sciences ; 3)

Météorologie / Texte Philip Eden, et Clint Twist. - Paris : Gallimard- Jeunesse, 2006. - 160 p. : ill. en coul., cartes ; 17 cm. - (Poche Vu junior ; 22)

Le climat à petits pas / Georges Feterman ; Ill. Gilles Lerouillois. - Actes Sud junior, 2005. - 68 p. : ill. en coul. ; 25 cm. - (A petits pas)

Peut-on croire la météo ? / Robert Sadourny. - Paris : le Pommier, 2003. - 61 p. ; 16 cm. - (Les Petites pommes du savoir ; 29)

La météo / Emmanuel Bernhard ; ill. Peter Allen. - Paris : Mango-Jeunesse, 2002. - 23 p. : ill. ; 24 cm. - (Kézako ?)

Le temps qu'il fait / Simon Adams. - Paris : Nathan Jeunesse, 2001. - 31 p. : ill. ; 28 x 24 cm. - (Mon petit monde ; 13)

La météorologie : un guide simple et clair pour comprendre le climat / Derek Elsom ; trad. Thomas Guidicelli et Nicolas Blot. - Courbevoie : Soline, 2000. - 69 p. : ill. ; 24 x 24 cm. - (Comprendre le monde)

Le temps qu'il fait / Mymi Doinet ; ill. Etienne Souppart. - Paris : Nathan, 1999. - 29 p. : ill. ; 19 cm. - (Carnet du jeune Robinson ; 09)

La météorologie / Sally Morgan ; Françoise Fauchet. - Paris : Nathan, 1997. - 63 p. : ill. ; 31 cm. - (Les clés de la connaissance ; 15)

La météo / Olivier Mandeix et Ernest Pichon ; ill. de Christian Heinrich. - Toulouse : Milan, 1995. - 31 p. : ill. ; 19 cm. - (Carnets de nature ; 07)

Le grand livre du cerf-volant / G. Spini. - Paris : De Vecchi, 2003. - 158 p. : ill. en coul. ; 25 cm.

L'énergie éolienne / Ian Graham. - Bonneuil-les-Eaux : Gamma. Ecole Active, 2000. - 48 p. : ill. ; 28 cm. - (Les Energies en questions)

La voile illustrée de A à Z / Stéphane Germain ; ill. de Riff. - Genève : Sirène, 1999. - 46 p. : ill. en coul. ; 21 cm. - (De A à Z)

Le grand livre des cerfs-volants / Sarah Kent. - Paris : Solar, 1997. - 123 p. : ill. ; 28 cm.

Les cerfs-volants / Daniel Picon ; ill. par Andrée Bienfait et Alain Korkos. - Paris : Mango, 1996. - 95 p. : ill. ; 23 cm. - (Guide nature mode d'emploi)

Fabriquer des cerfs-volants : comment les construire et les faire voler / Rhoda Baker et Miles Denyer. - Paris : Fleurus idées, 1994 (Impr. en Chine). - 80 p. : ill. en noir et en coul., couv. ill. en coul. ; 30 cm. - (Idées jeux)

Le grand livre de la voile : bateaux, matériel, gréement, marées, météo, navigation, compétition / adapt. française d'Etienne Léthel. - Paris : Gründ, 1994. - 192 p. : ill. ; 31 cm.

La voile : la tradition, la technique, la compétition / Michel Deshors ; ill. de Richard Roussel. - Toulouse : Milan, 1994. - 151 p. : ill. ; 26 cm.

La science : 175 expériences à réaliser / Pier Giorgio Citterio ; Paolo Cocco - [Paris] : Atlas ; Issy-les-Moulineaux : Glénat, 2006. - 214 p. : ill. en coul. ; 30 cm. (Atlas junior)

➤ Albums et contes

De quelle couleur est le vent ? / Anne Herbauts. - Bruxelles : Casterman, 2011. - 48 p. : ill. ; 25 x 25 cm.

Et si... le vent / Cécile White ; illustrations Silvia Baroncelli. - Bruz (Ille-et- Vilaine) : Planète Rêvée, 2011. - 40 p. : illustrations en couleur ; 25 x 25 cm.

Ninu et la mère des vents / une histoire contée par Francette Orsoni ; illustrations Véronique Joffre. - Paris : Syros jeunesse, 2010. - 37 p. : illustrations en couleur ; 33 x 21 cm. - (Paroles de conteurs)

Le soleil et le vent : une fable d'Esopé / racontée par Heather Forest ; illustrée par Susan Gaber ; traduit de l'anglais par Julie Guinard. - Paris : Circonflexe, 2010. - 32 p. : illustrations en couleur ; 29 x 22 cm.

L'ouragan / Pascale Bougeault. - Paris : Ecole des loisirs, 2009. - illustrations en couleur ; 25 x 30 cm. - (Album de l'Ecole des loisirs)

Petit-Renard à la recherche du vent / Chiaki Miyamoto ; texte Chiaki Miyamoto et Francesco Pittau. - Paris : Gallimard jeunesse, 2008. - 26 p. : illustrations en couleur ; 30 x 23 cm. - (Giboulée.)

Aliocha ou le secret du vent : conte inspiré de la tradition slave / Texte Sylvie Borten, Violetta Wowczak ; Illustrations de Sandra Desmazières. - Bruxelles : Casterman, 2005. - 48 p. : ill. en coul. ; 25 x 31 cm. - (Les Albums Duculot)

Mistral / Raphaël Thierry. - Paris : Magnard, 2001. - 32 p. : ill. en coul. ; 21 x 21 cm.

L'île aux vents / Cinzia Ruggieri. - Orange : Grandir, 1998. - Non paginé : ill. ; 21 cm.

Elmer et le vent / David Mckee ; traduit de l'anglais par Elisabeth Duval. - Paris : Kaléidoscope, 1997. - Non paginé : ill. ; 24 cm.

La légende du cerf-volant / Chen Jiang Hong et Boris Moissard. - Paris : Ecole des loisirs, 1997. - 37 p. : ill. ; 30 cm.

Le Seigneur des vents / texte de Maggie Pearson d'après une histoire de James Aggrey ; illustrations d'Helen Ong ; texte français de Claude Lager. - Paris : Ecole des loisirs, 1996. - 24 x 28 cm. - (Pastel)

8.2. Livres adultes

Climat et météo pour les nuls / John D. Cox, Jean Poitou. - Paris : First Editions, 2006. - 396 p. : ill. ; 23 cm. - (Pour les nuls)

Par vents et par mots : un dictionnaire des vents / Jean-Loïc Le Quellec. - Beauvoir-sur-Mer : Editions de l'Etrave, 2001. - 350 p. : 25 cm.

Petite encyclopédie des vents de France : leur origine et leur histoire / Honorin Victoire. - Paris : Jean Claude Lattès, 2001. - 422 p. ; 21 cm.

Les espaces du vent / Jean Riser. - Versailles : Quae, 2010. - 255 p. : ill. en noir et en coul. ; 24 x 16 cm. - (Synthèses)

L'énergie du vent : les éoliennes au service des hommes et de leur planète / sous la dir. de Philippe Rocher. - Paris : Recherche-midi, 2008. - 159 p. : ill. ; 29 cm. - (Ciels du monde)

Vents de Méditerranée : découvrir, comprendre, anticiper / Juan Rigo ; Photographies Isabelle Moureau. - Grenoble : Glénat, 2005. - 144 p. : ill. en coul. ; 20 x 20 cm. - (Neptune)

Avis de tempêtes : la nouvelle donne climatique / Jean-Louis Fellous ; préf. de Gérard Mégie. - Paris : Jacob, 2003. - 337 p. ; 24 cm. - (Sciences)

Etat d'urgence : le ciel en colère : pourquoi le temps se dérègle-t-il et pourquoi cela risque-t-il d'empirer ? / Mark Maslin. - Paris : Solar, 2003. - 144 p. : ill. en coul. ; 23 cm.

L'air et le vent / Anne Decrosse. - Paris : Ed. Du May, 1992 (54-Maxéville : Impr. J. Lamour). - 146 p. : ill. en noir et en coul. ; 32 cm.

Faire la pluie ou le beau temps : rêve ou réalité ? / Jean-Pierre Chalon. - Paris : Belin : Pour la science, 2011. - 175 p.-4 pl. : illustrations en noir et en couleur ; 23 x 15 cm. - (Regards)

La météorologie : 100 expériences pour comprendre les phénomènes météo / Yves Corboz. - Paris : Belin, 2008. - 207 p. : ill. ; 25 cm.

Petit manuel de météo montagne / Jean-Jacques Thillet. - Grenoble : Glénat, 2008. - 192 p. : ill. en coul. ; 23 cm.

Construisez votre station météo / Guy Isabel. - 2e éd. - Paris : ETSF, 2007. - XIII-160 p. : ill. ; 24 x 16 cm. - (Montages électroniques)

La météo de A à Z / Eric Diot ; collab. de Météo-France. - Nouv. éd. - Paris : Stock, 2006. - 124 p. : ill. en coul. et nb. ; 28 cm.

Techniguide de la météo / Jean-Louis Vallée ; ill. de Christian Staebler. - Paris : Nathan, 2004. - 221 p. : ill. en coul. ; 24 cm. - (Techniguides)

La météo marine / Dominique Le Brun. - Paris : Arthaud, 2002. - 142 p. : ill. en coul. ; 24 cm.

Prévoir le temps : comprendre et interpréter la météorologie / Pierre Kohler. - Genève : Minerva, 1998. - 157 p. : ill. ; 22 cm. - (En 10 leçons)

La météo de montagne / Jean-Jacques Thillet. - Paris : Seuil, 1997. - 188 p. : ill. ; 22 cm. - (Les Guides du Club alpin français)

Marées, vents et courants : en 150 photos et illustrations / Jean-Louis Guéry. - Paris : Voiles et voiliers, 2011. - 81 p. : illustrations en couleur ; 24 x 17 cm. - (Comprendre)

La bible de la voile : du débutant au skipper confirmé, un guide pratique pour tous les marins / Jeremy Evans, Pat Manley, Barrie Smith ; traduit de l'anglais par Dominique Le Brun. - Grenoble : Glénat, 2010. - 1 vol. (400 p.) : illustrations en couleur ; 24 x 20 cm.

Le grand livre des voiles et gréements / Bernard Cadoret, Claude Maho, Michèle Cadoret ; collab. du Musée National de la Marine à Paris. - Douarnenez (Finistère) : Chasse-Marée, 2009 ; Grenoble : Glénat, 2009. - 223 p. : ill. en coul. ; 37 cm.

Le vent : souffle de la terre / Olivier Le Carrer. - Paris : Aubanel, 2007. - 214 p. : ill. en nb. ; 24 cm.

Éoliennes : quand le vent nous éclaire / Philippe Ollivier - Privat, 2006

Les maîtres du vent / Publié par Voiles et voiliers. - Grenoble : Glénat, 2006 ; Paris : Voiles et voiliers, 2006. - 96 p. : ill. en coul. ; 28 x 26 cm. - (Carré voiles ; 6)

Eoliennes et aérogénérateurs : guide de l'énergie éolienne / Guy Cuntty. - Aix-en-Provence : Edisud, 2001. - 167 p. : ill. ; 23 cm.

A bord des grands voiliers / Ollivier Puget. - Paris : Chêne, 2000

Du vent au vol / Peter Lafferty, Louis Morzac. - Tournai : Gamma, 1990. - 32 p. : ill. en coul. ; 30 cm. - (Science en direct)

Manuel de la voile / Steve Sleight ; [trad. par Catherine Ceresne]. - Paris : Mango, 2000. - 319 p. : ill. ; 24 cm.

Moulins d'autrefois / Christophe Lefébure. - Paris : Arthaud, 1999. - 143 p. : ill. ; 29 cm.

Les nouvelles stratégies en voile : les nouvelles technologies au service de la performance en régates / Philippe Gouard. - Paris : Chiron, 1999. - 137 p. ; 24 cm.

Rêves de mer : des voiliers et des hommes / Daniel Gilles ; photog. De Erwan Quéméré ; préf. de Keith Beken of Cowes. - Paris : Solar, 1998. - 175 p. : ill. en coul. ; 30 cm.

La voile légère : le dériveur / Nicolas Dejean. - Paris : Ulisse, 1998. - 79 p. : ill. en coul. ; 21 cm. - (Découvrir et pratiquer)

Guide des gréements traditionnels : petite encyclopédie des voiliers anciens. - Douarnenez : Le Chasse-Marée, 1996. - 127 p. : ill. en coul. ; 22 cm.

8.3 Sélection de sites internet

Météo-France

<http://www.meteofrance.fr/prevoir-le-temps/phenomenes-meteo>

le site de Météo France présente des dossiers sur les phénomènes météorologiques extrêmes.

Dossier sur la météorologie

<http://crpal.free.fr/meteo.htm>

Les fiches de ce dossier sont destinées à aider les enseignants participant au projet «La météo des écoles».

La dynamique des masses atmosphériques

<http://www.educnet.education.fr/obter/appliped/circula/theme/accueil.htm>

Dossier qui présente la dynamique des masses atmosphériques.

L'air et le vent

<http://www.pomverte.com/themes/air-vent/>

Recueil d'activités et de ressources autour de l'air et du vent à destination des élèves et des enseignants du primaire et du secondaire.

La Main à la pâte

<http://www.fondation-lamap.org/fr>

La Main à la pâte propose différentes séquences d'activités sur l'air aux enseignants d'écoles maternelles et élémentaires.

Fédération des moulins de France

<http://www.fdmf.fr/index.php>

La Fédération Des Moulins de France se bat pour préserver et donner un avenir moderne au patrimoine que constituent les moulins.

Les moulins à vent en France

<http://www.moulins-a-vent.net/>

A travers des fiches et des photos, ce site propose un inventaire des moulins à vent par région et par département.

ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)

<http://www.ademe.fr/>

Ressources sur les énergies renouvelables et notamment sur l'énergie éolienne.

L'énergie éolienne en France et en Europe

https://www.thewindpower.net/index_fr.php

Bases de données et rapports sur la filière éolienne

Fédération française de l'énergie éolienne

<http://fee.asso.fr/>

Cette association rassemble des professionnels qui participent au développement de la filière éolienne en France.