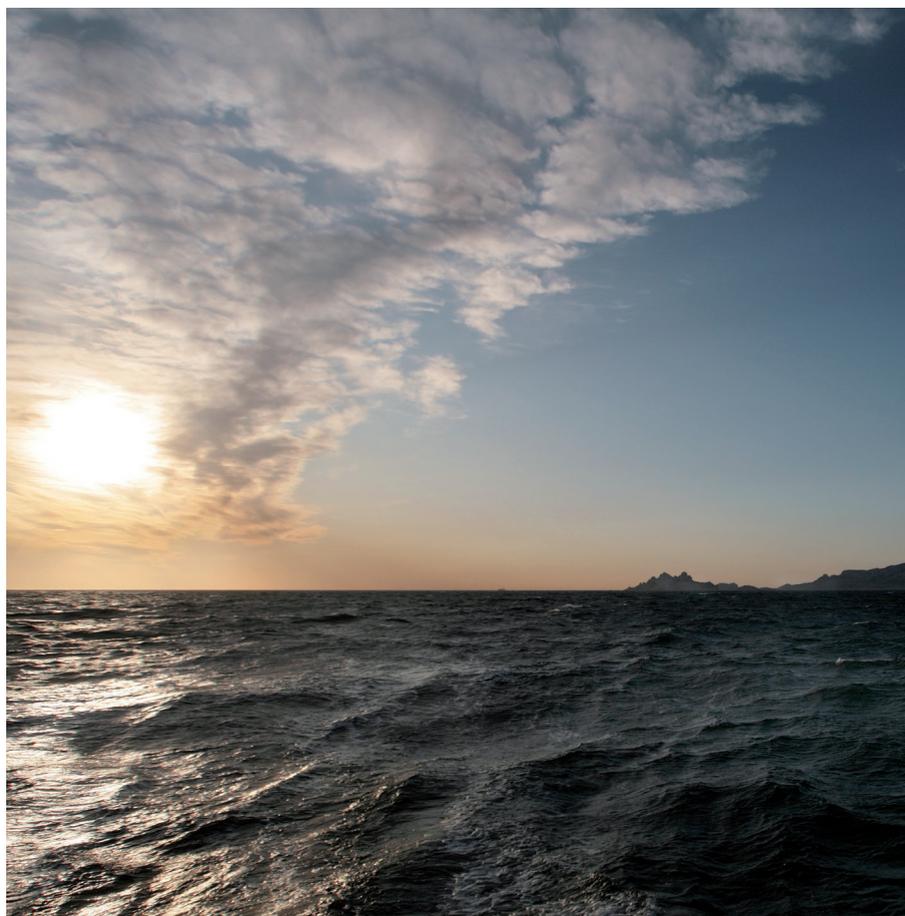


Synthèses

Les espaces du vent

Jean Riser



éditions
Quæ

Les espaces du vent



Pins sylvestres au port en drapeau sur une crête.

Les espaces du vent

Jean Riser

Collection Synthèses

Déjà parus

Les invasions biologiques, une question de natures et de sociétés
Martine Atramentowicz, Robert Barbault, coord.,
2010, 208 p.

Hétérosis et variétés hybrides en amélioration des plantes
André Gallais,
2009, 379 p.

Éthologie appliquée
Comportements animaux et humains, questions de société
Alain Boissy, Minh-Hà Pham-Delègue, Claude Baudoin, coord.,
2009, 264 p.

La forêt face aux tempêtes
Yves Birot, Guy Landmann et Ingrid Bonhême, coord.
2009, 470 p.

Génétique moléculaire des plantes
Frank Samouelian, Valérie Gaudin et Martine Boccara
2009, 224 p.

Éditions Quæ
RD 10, F-78026 Versailles cedex

© Éditions Quæ, 2010

ISBN : 978-2-7592-0625-4

ISSN : 1777-4624

Le code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction partielle du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, 75006 Paris.

Sommaire

Remerciements	8
----------------------------	---

Introduction	11
---------------------------	----

CHAPITRE I - L'ESPACE ATMOSPHERIQUE

La structure de l'atmosphère	17
---	----

La troposphère : une couche turbulente	19
--	----

La circulation atmosphérique	20
------------------------------------	----

Les vents planétaires	23
------------------------------------	----

La circulation en altitude : les courants-jets ou jet-streams	23
---	----

Les vents des climats polaires	24
--------------------------------------	----

Les westerlies : les vents d'Ouest des zones tempérées	25
--	----

Les alizés : grands courants intertropicaux	27
---	----

Le souffle saisonnier de la mousson	29
---	----

Le couloir aérologique de l'isthme de Panama	35
--	----

Mécanismes et genèse des vents régionaux	37
---	----

Les vents froids : mistral, tramontane et bora	37
--	----

Les vents chauds : vents étésiens, sirocco, chergui et khamsin	43
--	----

Les vents dépressionnaires : exemple du marin dans le bassin occidental de la Méditerranée	46
---	----

Brise de terre et de mer, brise de vallée	46
---	----

Les vents et l'effet de serre	47
--	----

L'atmosphère dans la tourmente : cyclones, tornades et tempêtes	47
--	----

Les cyclones	47
--------------------	----

La menace planétaire des tornades	52
---	----

Tempêtes des régions méditerranéennes et tempérées	53
--	----

Les oiseaux, les insectes et le vent	55
---	----

Dynamique des vents et perturbations de leurs trajectoires	57
---	----

CHAPITRE II - LES ESPACES MARITIMES ET LITTORAUX

La houle naît au large	60
-------------------------------------	----

La formation et la hauteur de la houle	60
--	----

Le phénomène des vagues scélérates	62
--	----

Les courants marins, mouvements d'origines variées	65
--	----

Les marins défient l'océan : les courses au large	70
De l'espace maritime à l'espace littoral.....	73
Les espaces littoraux	74
Les forces en présence : vagues et courants littoraux	74
Les courants littoraux : les marées et le vent pour origine.....	78
Les vagues, agent d'érosion.....	81
Les principaux types de plages.....	84
Les dunes littorales.....	85
L'homme et le vent sur les littoraux	94
Les aménagements portuaires.....	101
Le rôle du vent sur les polders	101
La mer, source d'énergie : la domestication des vagues et des courants	102
La navigation de plaisance et les sports de glisse	104
Sur les littoraux, appropriation du vent par les sociétés des pays développés.....	114

CHAPITRE III - LES ESPACES CONTINENTAUX

L'action du vent sur les étendues lacustres	118
Le transport des matériaux fins par le vent	119
Transport du sable par le vent	120
Chasse-sable, vent de sable et de poussière	123
L'érosion éolienne	126
Déflation et corrasion	126
Les dunes dans les déserts	134
La végétation et le vent dans les régions arides	149
Le comportement des animaux	151
Vents et paléovents	152
Le vent dans les déserts froids	152
L'action du vent dans les régions circumpolaires.....	152
L'érosion éolienne dans les déserts d'Asie	155
Le rôle du vent en montagne	157
Le relief, obstacle à la circulation atmosphérique : l'effet de foehn	158
Les reliefs et les effets localisés du vent	160
Le vent et le couvert végétal en montagne.....	161
Paléoformes et paléovents	164
Les éolianites dans l'histoire géologique.....	165
Les dunes fossiles	168
Enseignements paléoclimatiques des dunes anciennes et chronologie des phases arides dans les déserts et sur leurs marges.....	170
Les loess des déserts froids	179

CHAPITRE IV - L'HOMME ET LE VENT DANS LES ESPACES CONTINENTAUX

L'homme et le vent dans les déserts et les steppes des régions chaudes.....	187
L'érosion des sols, des causes surtout anthropiques	188
Les méthodes de protection des sols en Afrique sahélienne et saharienne	190
Les méthodes de défense contre l'ensablement	196
Le vent et la désertisation	199
L'Homme et le vent dans les espaces continentaux tempérés et froids.....	199
Les protections contre le vent, dans le milieu rural	199
Organisation de la lutte contre la désertification dans les déserts chinois et en Mongolie	202
L'énergie éolienne : des progrès fulgurants	203
La petite énergie éolienne	203
L'ère des aérogénérateurs	204
Le souffle du vent artificiel	213
Les souffleries	214
La centrale solaire thermique : un projet de science fiction	215
Le vent et les activités ludiques	216
Les hommes-oiseaux du parapente et du deltaplane	216
Les planeurs et le vol à voile.....	217
Montgolfières et dirigeables	218
Formes variées et couleurs éclatantes des cerfs-volants	219
Les risques causés par le vent et leurs conséquences	220
Les incendies de forêts.....	220
Les chablis.....	222
Diversifications dans l'utilisation de l'énergie éolienne	222

MODIFICATIONS DES ESPACES DU VENT ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES

L'action du vent, en filigrane, dans la description du climat depuis l'an mil..	227
Vents et réchauffement climatique.....	230
Les vents et les courants marins.....	231
Réchauffement et comportement de la mousson africaine.....	231
Réchauffement et remontée du niveau océanique.....	232
Violence des tempêtes et des cyclones	234
Modélisation et prévisions climatiques	235
Le système climatique et l'effet papillon.....	235
Les difficultés d'un modèle climatologique	235
Bibliographie	241
Glossaire	248
Index des noms.....	252

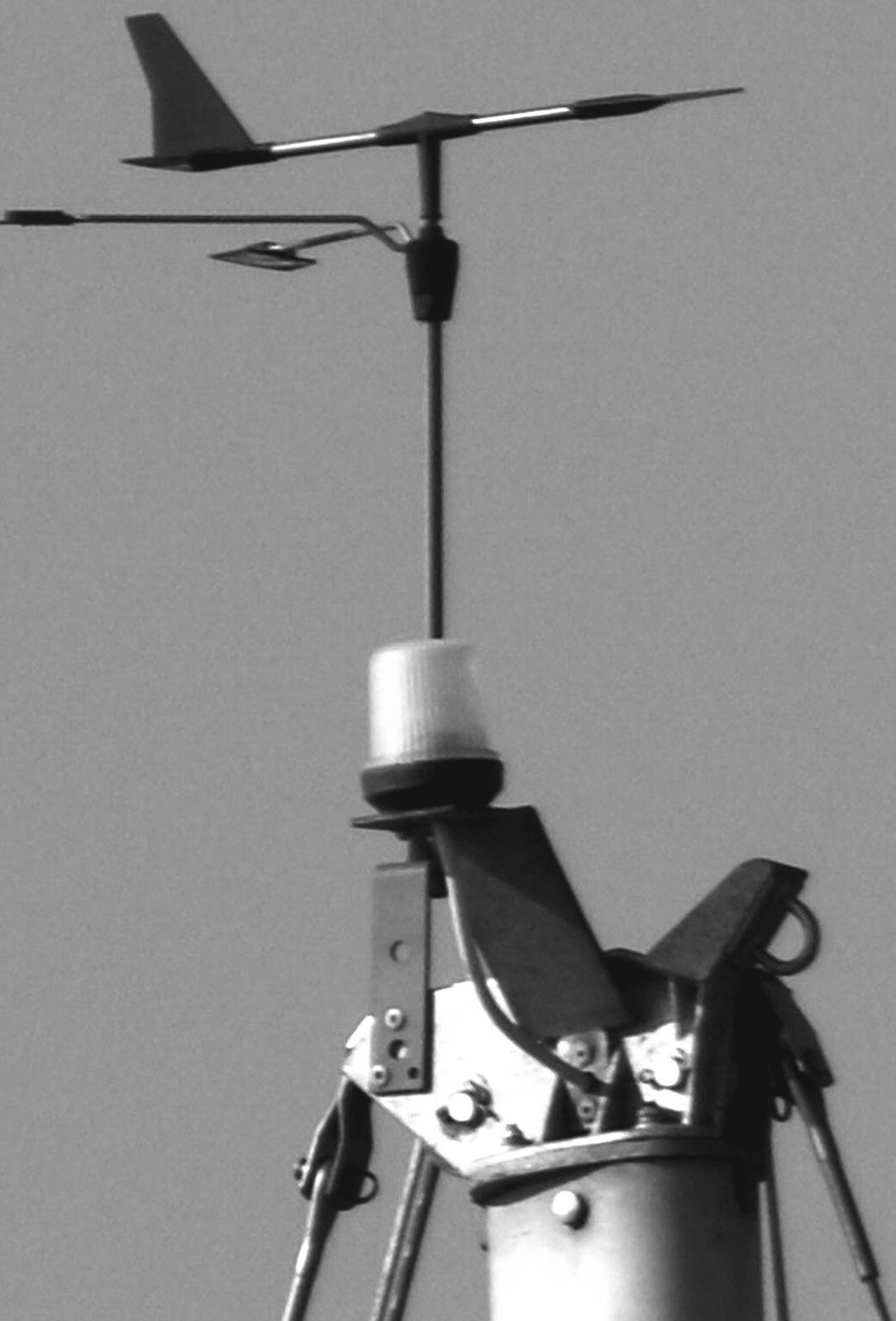
Les planches couleur sont insérées entre les pages 136 et 137.

Remerciements

Je tiens à remercier Joël Mathez, botaniste à l'Institut de botanique de Montpellier et Claude Simone, docteur en géographie physique d'avoir relu avec beaucoup d'attention et critiqué amicalement ce texte long, parfois ardu. Je remercie aussi Michel Thevenot, ornithologue pour les précieux renseignements qu'il m'a fournis sur les oiseaux et le vent. Claude Grare, grand navigateur, a su me prêter les ouvrages et me donner les conseils nécessaires pour écrire les paragraphes consacrés à la marine à voile et à la plaisance. Mon fils Frédéric, véliplanchiste, adepte du deltaplane, du char à voile et du kit surf, m'a fourni la documentation sur ces sports éoliens. Enfin, toute ma gratitude va à mes amis qui se sont souvent inquiétés de mon entreprise et de sa lente maturation.

*La nuit tombait du ciel, ensemble s'abattaient l'Euros et le Notos
et le Zéphir hurlant et le Borée qui naît dans l'Azur
et qui fait rouler les grandes houles.*

HOMÈRE, *Odyssée* v



Introduction

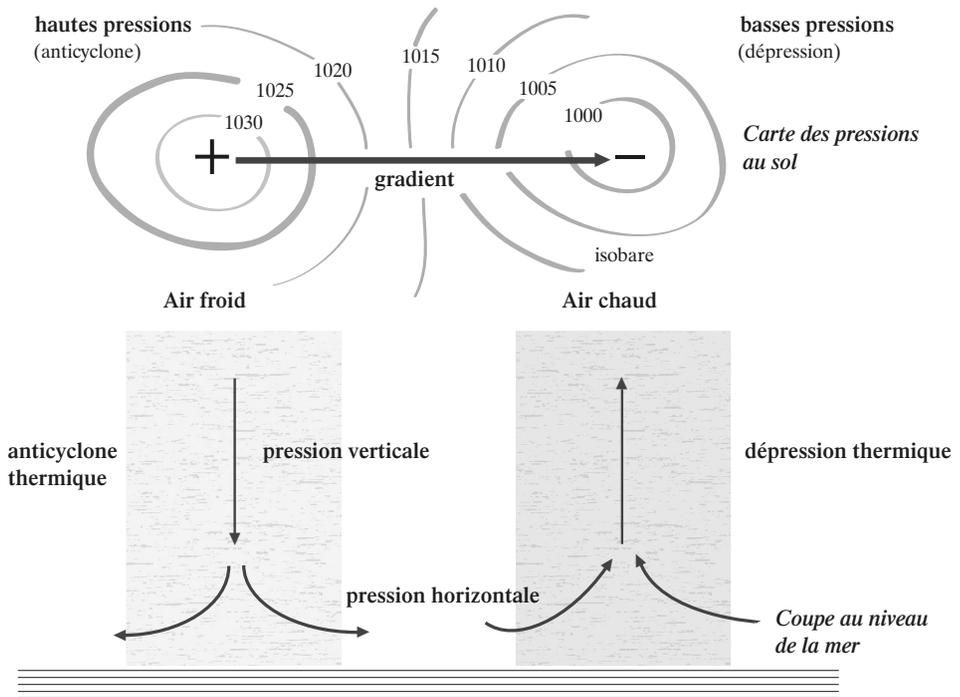
L'air est un fluide dont la manifestation naturelle est le vent. La dynamique de ce dernier fait appel à de nombreux paramètres comme la pression atmosphérique, le relief, la végétation ou les étendues lacustres et maritimes. Je me suis alors demandé s'il était possible de répartir, géographiquement, l'action du vent. Malgré leurs caractères fugaces et imprévisibles, les espaces du vent peuvent être circonscrits et décrits à la surface de la planète.

Le vent est un mouvement horizontal de l'air. Il souffle des hautes pressions vers les basses pressions. L'échauffement de la Terre par le rayonnement solaire est irrégulier et variable : plus accentué dans les régions tropicales que dans les zones tempérées ou circumpolaires, plus précoce sur les reliefs que dans les vallées, plus constant sur les adrets que sur les ubacs. Ainsi, le mécanisme, simplifié à l'extrême, est le suivant : l'air, au contact des sols ensoleillés, s'échauffe et cet air chaud, donc moins dense, s'élève en exerçant une pression moindre ou dépression. Inversement, l'air froid, plus lourd se comprime, s'affaisse et crée des zones de hautes pressions ou anticyclones. Le rôle du vent consiste à réguler les différences de pressions qui se produisent à la suite de la compression ou de la dilatation des masses d'air sous l'effet des variations de température. C'est en 1640 que Galilée eut l'intuition que l'air était pesant mais ce sont les expériences de Torricelli en 1643, de Pascal et de son beau-frère Florin Périer, au sommet du Puy de Dôme, qui le démontrèrent.

Les isobares sont les lignes d'égale pression, mesurée au sol et la vitesse du vent est fonction du gradient de pression. C'est-à-dire du resserrement plus ou moins marqué des isobares. Plus ils sont rapprochés, plus le champ des hautes pressions est proche de celui des basses pressions et plus le vent est fort comme si l'air, considéré comme un fluide, pouvait se comparer à un torrent dévalant des sommets vers les plaines. Le vent est donc présent sur l'ensemble de la planète, d'une manière saisonnière ou journalière. Il parcourt aussi bien les espaces maritimes et littoraux que l'écorce rugueuse des continents (figure 1).

La vitesse ou force du vent se mesure à l'aide d'un anémomètre. Il en existe deux types. L'anémomètre de rotation est gradué en fonction de la rotation d'un moulinet actionné par le vent. L'anémomètre de pression mesure la vitesse en fonction de la pression exercée par le vent sur une plaque mobile. La vitesse ou force du vent

Ci-contre : girouette équipant un voilier.



1020 : pression en hectopascals (hPa).

Figure 1. Schéma des pressions dans la basse atmosphère.

s'exprime en m/s, en km/h, en milles/h, en nœuds (milles marins par heure) ou en degrés Beaufort.

La direction du vent est observée par les girouettes, appareils rotatifs tournant autour d'un axe vertical, au-dessus d'un cercle gradué en degrés ou en grades, la rose des vents ou par des manches à air, cylindres de toile ouverts aux deux extrémités et utilisés sur les aérodromes et parfois sur les autoroutes. La fréquence et la durée du vent sont observées par les météorologues qui les notent en heures ou en jours et les reportent sur une rose des vents (figure 2). Les espaces parcourus par le vent sont essentiellement atmosphériques. Ils sont compris entre la limite supérieure de la troposphère et la surface du sol. L'air circule donc au-dessus des océans et des continents. Il se déplace à des vitesses variables et sur des durées, elles aussi, variables. Ces deux données étant mesurables, les espaces du vent varient en étendue, mais aussi en épaisseur, puisque la pression, en différents points de la planète, n'est pas la même. Il existe une hiérarchie des espaces du vent à cause de sa durée et de sa vitesse, de l'ordre de quelques minutes pour une bourrasque, de l'heure pour un orage, de plusieurs jours pour une dépression sur les côtes de la Manche mais aussi de saisons entières pour la mousson. La mobilité des espaces du vent peut être facilitée par l'absence de végétation comme dans les déserts. Ces espaces peuvent aussi être figés, témoins de paléoclimats arides, comme les ergs sahariens, par exemple.

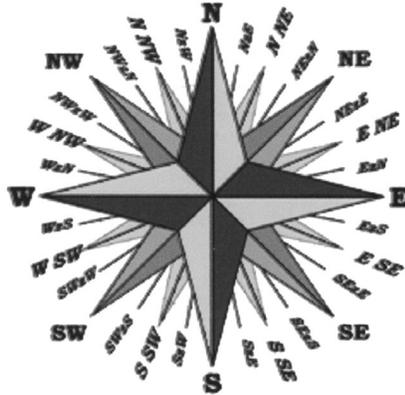


Figure 2. Rose des vents à 32 directions.

Il existe aussi des espaces dont le vent est une composante ou un acteur privilégié. En voici quelques illustrations : la basse vallée du Rhône où les haies de cyprès et de peupliers protègent les cultures contre les morsures du mistral, un champ d'éoliennes, un port de plaisance rassemblant des voiliers dans l'attente d'une traversée maritime, une régata, espace mouvant des voiliers tirant des bords.

Depuis la plus haute Antiquité, le vent est une source d'énergie. Il gonfle les voiles des navires, pousse Ulysse dans son périple autour de la Méditerranée, fait tourner les ailes des moulins. Le vent paraît si mystérieux aux anciens qu'il ne peut être que d'essence divine. Dans la Bible, il n'est autre que le souffle de Dieu : « Au commencement, Dieu créa le ciel et la Terre. Or la Terre était vide et vague, les ténèbres couvraient l'abîme, un vent de Dieu tournoyait sur les eaux ». (Genèse, Ancien Testament). Chez les Grecs, des Dieux personnifient les quatre vents principaux. Ils prennent des apparences particulières et leurs vies sont souvent aussi tumultueuses que les tempêtes. Borée, vent du Nord, froid et rigoureux, est un vieillard barbu et ailé, vêtu d'une courte tunique. Il souffle sur la Thrace. On raconte qu'il enlève Orithye, fille du roi d'Athènes Erechthée, dans un tourbillon de poussière et qu'il l'épouse de force ! Euros, le vent d'Est est un ombrageux vieillard ; Notos, le vent du Sud, est représenté par un homme en train de renverser une jarre remplie d'eau car ce sont les souffles venus de la Méditerranée qui apportent les pluies sur la Grèce. Zéphyr, enfin, personnifie le vent d'Ouest, c'est un jeune homme ailé qui glisse doucement dans l'espace et annonce l'humide printemps. Comme tous les Dieux, Zéphyr manifeste parfois sa colère. La légende raconte qu'il est jaloux de l'affection qu'Apollon porte à l'un de ses compagnons, Hyacinthe. Un jour que ce dernier s'exerce à lancer le disque, Zéphyr, d'un souffle puissant, détourne la plaque de métal qui heurte Hyacinthe au front et le tue net. Eole est cependant le plus célèbre des Dieux du vent. Fils de Poseïdon, il règne sur des sujets agités, enfermés dans des cavernes des îles Eoliennes ou retenus dans des outres. Il ne leur donne leur essor que sur ordre de Zeus. Il lui arrive parfois de désobéir et il libère alors les vents qui se déchaînent. Ulysse, qui a conquis la confiance d'Eole, reçoit la garde des fameuses outres dont l'une contient le vent qui doit

pousser le bateau vers Itaque. Hélas, les marins croyant que ces récipients sont remplis de vin, les ouvrent et libèrent les vents qui jettent Ulysse et ses compagnons sur le rivage le plus proche. Eole, furieux, abandonne alors Ulysse à son sort. Il existe une grande variété de proverbes et dictons qui prennent le vent, ou plus généralement la météorologie, pour sujet : « Petite pluie abat grand vent ». « Le vent dominant le jour de l'an reste moitié de l'an ». Certains dictons associent un animal à l'existence d'un temps venteux : « Si chat se frotte l'oreille, le mistral se réveille ». Un aspect du ciel est annonciateur du vent : « Barbes de chat aux nuages annoncent du vent grand tapage ». Enfin, plusieurs proverbes mettent le vent en cause : « À navire rompu, tous les vents sont contraires » ; « Selon le vent, la voile » ; ou le proverbe indien, « Il n'est pas d'arbre que vent n'ait secoué ».

À Istanbul souffle le vent des aubergines. Ce nom lui vient d'une ancienne coutume de l'époque ottomane. En été, saison des aubergines, les habitants allumaient imprudemment des feux devant leur porte pour faire griller leur légume préféré. Le vent, venu de la mer, dispersait souvent les braises, provoquant de nombreux incendies qui endommageaient la ville (Jeanguyot et Séguier-Guis, 2004).

Le vent parcourt donc tout l'espace terrestre puisqu'il souffle aussi bien à haute altitude, là où circulent les avions, que sur les océans traversés par les navires et sur l'ensemble des continents. L'impact du vent peut être catastrophique dans les espaces humanisés, forestiers, agricoles ou urbains et sur les littoraux. Certains milieux naturels sont presque éternellement soumis à l'action du vent. C'est le cas de la très haute montagne ou des inlandsis dont les marges sont balayées par des vents catabatiques. Cependant, dans la plupart des milieux naturels, le vent est associé à d'autres contingences ou éléments naturels. Dans certains cas, il est le principal acteur. Il a édifié, au cours des phases arides du Quaternaire, les ergs sahariens et balayé les regs dégagés, par déflation, de toutes leurs particules fines. En revanche, sur les littoraux, le vent engendre les vagues qui érodent les falaises, déclenche les dérives littorales qui charrient sables et graviers pour construire pouliers, cordons littoraux et plages. Sur ces dernières, le vent transporte le sable pour édifier des dunes sur le haut de plage. Dans les toundras circumpolaires et les déserts glacés, il charrie la farine glaciaire abandonnée par les glaciers et toutes les particules argileuses triturées par le gel. Ces matériaux fins constituent les loess que le vent accumule contre des obstacles ou dans de vastes plaines. Ils s'observent sur une longue bande zonale depuis les grandes plaines d'Amérique du Nord, d'Europe du Nord et danubienne et de la Chine du Nord-Est. Actuellement, les sociétés humaines présentent deux attitudes face à l'action du vent.

La première est une attitude ancestrale de défense. Elle se manifeste par la plantation de haies de cyprès ou de peupliers, le long des champs. L'architecture des mas provençaux présente le corps principal du logis avec la façade exposée au Sud, donnant sur une cour fermée tandis que les façades exposées au mistral sont aveugles ou seulement percées de fenestrons. Dans les oasis, les claies de branchages protègent cultures et habitations de l'ensablement, lui-même induit par l'action du vent. Sur les littoraux, la défense contre les vagues passe par la construction de digues et d'épis.

La deuxième attitude, qui prévaut depuis une cinquantaine d'années, porte sur la domestication du vent. Bien sûr, les moulins et les voiliers ont, de tout temps, utilisé l'énergie éolienne, mais elle est devenue une des principales énergies renouvelables et les champs d'éoliennes se multiplient dans tous les pays industrialisés.

La voile est aussi devenue un loisir et un sport. Les plaisanciers organisent, par beau temps, des promenades en voiliers le long des côtes, d'autres plus expérimentés traversent la Méditerranée, d'île en île, ou même se lancent dans la traversée de l'Atlantique, des Canaries aux Antilles. Ces marins, plus ou moins confirmés, se passionnent pour les courses au large. Les champions manœuvrent de grands oiseaux des mers qui volent littéralement au-dessus des vagues dans les quarantièmes rugissants. D'autres sportifs se jouent des vagues et du vent sur leurs planches à voile.

Évidemment, il faut construire, entretenir, abriter tous ces bateaux, ménager des espaces pour les véliplanchistes. Ainsi, les portions littorales, à l'abri des vents, aussi bien en bord de mer que sur de très grands lacs, comme le Léman, sont aménagées en ports de plaisance équipés de toutes les infrastructures nécessaires.

L'homme peut d'ailleurs aussi créer le vent artificiellement. Les ventilateurs brassent l'air des garages souterrains et des tunnels. Les souffleries permettent de déterminer les formes les plus aérodynamiques des avions ou des automobiles ou créer, sur des bassins, vagues, houles et tempêtes en miniature.

Cet ouvrage est destiné à tous ceux qui s'intéressent à ce phénomène associé aux types de temps planétaires ou locaux et auquel chacun de nous est confronté au quotidien, non seulement par le bulletin météorologique mais aussi par la météo marine. Il est l'élément essentiel de la vie des marins et de certains loisirs comme le véliplanchisme, le vol à voile ou le parapente. Il est contraignant dans certains sports tel que le vélo. Enfin, il peut faire basculer l'issue d'un match de rugby lorsqu'au moment crucial de la transformation d'un essai, une rafale d'un vent malin dévie le ballon ovale !

Le livre est divisé en quatre grands chapitres : le premier traite de l'espace atmosphérique. Il explique les mécanismes climatiques et météorologiques qui provoquent les vents. Dans certains espaces, ils agissent quotidiennement comme l'alizé du Nord-Est, au Sahara, dans d'autres, ils ne sont qu'un phénomène météorologique ponctuel ou d'une saisonnalité imparfaite, tel le mistral. Certains vents, enfin, sont propres à un type de climat, ils sont saisonniers, comme la mousson. Le deuxième chapitre présente l'action du vent dans les espaces océaniques et sur les littoraux. Sur les immensités marines, le vent gonfle la houle. Il est un des facteurs de mise en mouvement des courants marins. Il pousse les voiliers d'un mouillage à un autre. Sur les espaces littoraux, il projette les vagues sur les falaises et les plages et l'action de la mer est parfois si dynamique que l'homme est impuissant à la maîtriser durablement. La troisième partie décrit les espaces continentaux où soufflent les vents. Ils édifient les dunes des déserts, balaiant les toundras. Le quatrième chapitre traite des sociétés humaines et de leurs rapports aux vents. De tout temps, elles s'en sont protégées, elles ont aussi tenté de les domestiquer et de créer des vents de manière artificielle. Enfin, la conclusion aborde le réchauffement climatique et les changements qui pourraient survenir dans la répartition et la force des vents en raison des modifications du climat.



Chapitre I

L'espace atmosphérique

Cependant, le courrier de Patagonie abordait l'orage, et Fabien renonçait à le contourner. Il l'estimait trop étendu car la ligne d'éclairs s'enfonçait vers l'intérieur du pays et révélait des forteresses de nuages.

Saint-Exupéry, *Vol de nuit*

Entre le sommet de la tropopause et la surface du sol, l'atmosphère est constamment sous l'influence des vents caractérisés par leur vitesse, leur durée, leur fréquence ou leur soudaineté.

Il existe d'abord des vents planétaires, violents, localisés à très haute altitude, un peu en dessous de la tropopause (figure 3), ce sont les courants-jets ou jet-streams. Le vent peut être aussi un élément quotidien du climat comme l'alizé au Sahara. Il est souvent un simple fait météorologique qui se reproduit irrégulièrement lorsque les conditions de pression sont favorables à son déclenchement : c'est le cas du mistral ou de la bora, au Nord du Bassin méditerranéen. Comme il a déjà été mentionné en introduction, certains vents sont saisonniers, liés à des mécanismes climatiques planétaires. La mousson asiatique ou africaine est de ceux-là. Enfin, s'observent des vents violents et localisés comme les tornades.

» La structure de l'atmosphère

L'atmosphère est la couche gazeuse qui enveloppe la Terre. Elle fait partie intégrante de notre planète et se décompose en quatre enveloppes concentriques : la troposphère, la stratosphère et la haute atmosphère divisée en mésosphère et en thermosphère.

C'est évidemment la couche inférieure, la troposphère, qui joue le rôle climatique essentiel car elle est le siège des principaux mouvements atmosphériques qui régissent le temps et le climat. Elle est épaisse de 17 km environ à l'équateur, 12 km dans les zones tempérées et 9 km aux pôles. Les avions long-courriers volent souvent dans la partie supérieure de la troposphère et utilisent les courants-jets qui se manifestent à cette altitude. Le flux des courants-jets est de direction ouest-est suivant la rotation de la Terre.

Ci-contre : ciel zébré de cirrus indiquant la présence de la « mer de vent ».

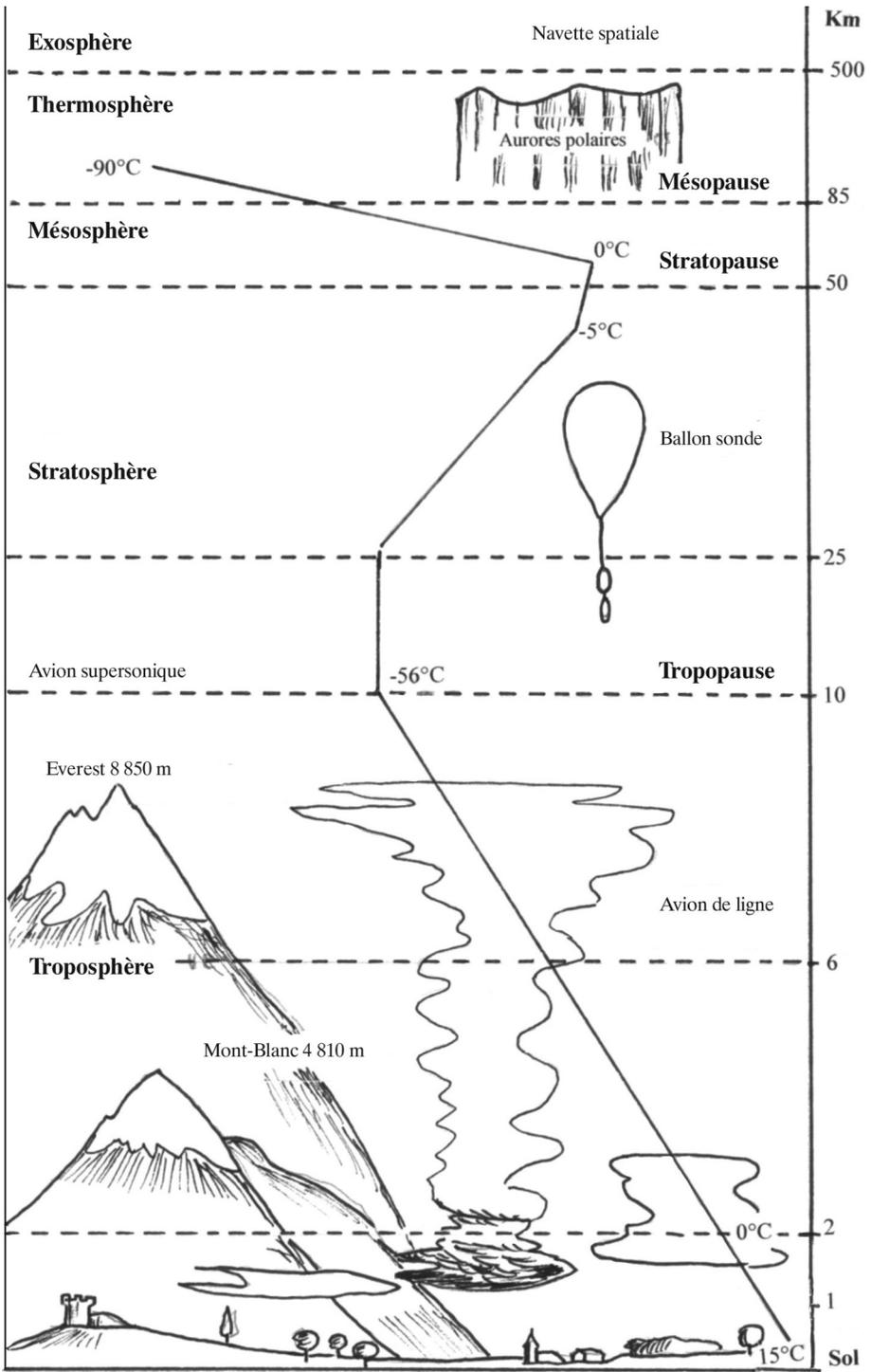


Figure 3. Coupe schématique de l'atmosphère.