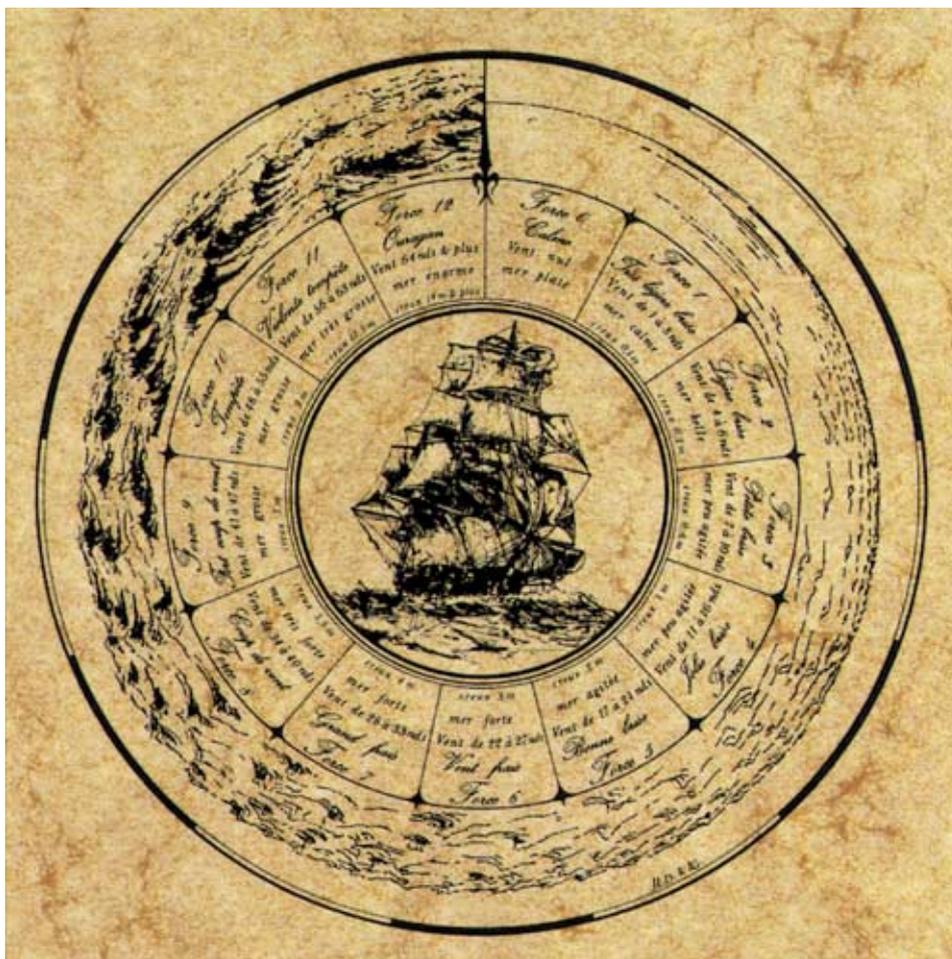


Échelle Beaufort et mesure du vent

Au cours du XX^e siècle, les météorologistes se sont attachés à compléter l'échelle Beaufort en définissant une correspondance entre degrés de l'échelle, vitesse du vent en nœuds et état de la mer. Pas si simple.



Quand l'amiral sir Francis Beaufort imagina la célèbre échelle d'estimation du vent qui porte son nom (voir *Sir Francis Beaufort, histoire de l'homme et de son invention*, *Met Mar* n° 188), il utilisa la frégate qu'il commandait comme instrument de mesure : de force 0 à force 5, la force du vent était estimée d'après la vitesse du navire portant toute sa toile au près ; de force 6 à force 11, la voilure établie servait d'indicateur, la frégate étant menée au maximum de ses possibilités comme elle pouvait l'être lorsqu'il s'agissait de poursuivre un ennemi ; à force 12, la frégate était en fuite à sec de toile. L'échelle Beaufort s'arrête donc à l'échelon 12, faute de critère disponible pour évaluer la vitesse du vent au-delà.

L'échelle Beaufort aurait été imaginée et mise au point en 1805, mais elle n'apparaît formellement par écrit qu'en 1831. En 1874, l'utilisation de l'échelle Beaufort dans les observations météorologiques en mer est adoptée par le comité permanent international de météorologie, récemment créé. Elle sera utilisée jusqu'en 1946, date à laquelle l'Organisation météorologique mondiale décide que les observateurs en mer utiliseront le nœud comme unité de mesure de la vitesse du vent.

L'échelle telle que nous la connaissons

Mais, bien avant ce changement, les scientifiques s'étaient posé la question de la correspondance entre les degrés de l'échelle Beaufort, la vitesse du vent et l'état de la mer. En effet, à la fin du XIX^e siècle, l'avènement de la vapeur rendait inutilisable la correspondance entre force du vent et voilure établie, d'où l'idée de codifier une correspondance avec l'état de la mer. D'autre part, pour établir des calculs de type climatologique ou physique, il faut pouvoir exprimer la vitesse du vent dans les unités habituelles (m/s, nœud, km/h)¹. C'est pourquoi diverses expériences consistant à confronter l'estimation du vent faite par des marins expérimentés à des mesures furent menées. Probablement la plus importante d'entre elles fut réalisée par G. C. Simpson qui en publia les résultats en 1906. Après avoir étudié plusieurs années d'enregistrement du vent effectué dans les stations météorologiques anglaises, soit manuellement à l'aide de

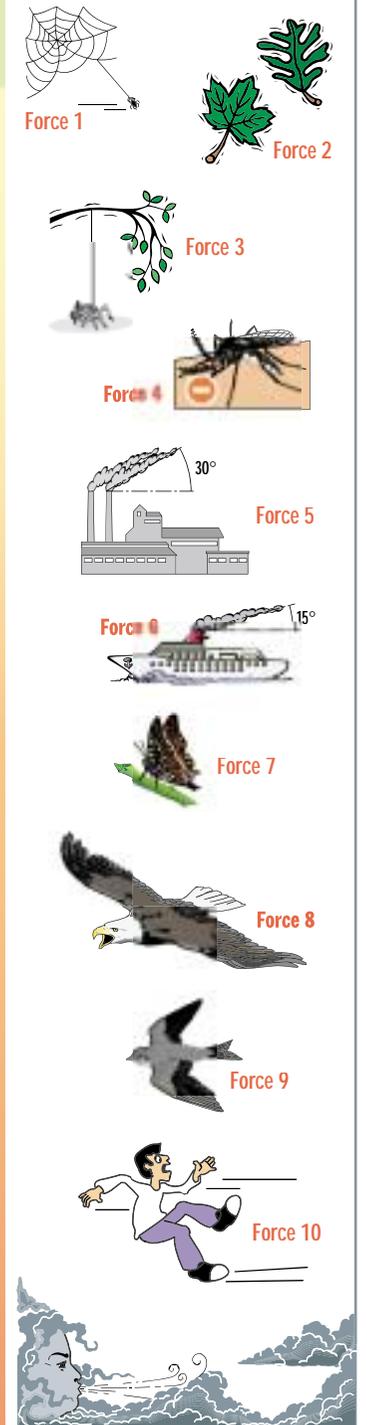
1. L'échelle Beaufort n'étant pas linéaire, le calcul d'une vitesse moyenne du vent ne donnera pas le même résultat si la vitesse est exprimée en Beaufort ou en nœuds.

Degrés Beaufort	Termes descriptifs français (anglais)	Vitesse* en nœuds	Vitesse* en km/h	Vitesse* en m/s	État de la mer au large	Activités humaines	Végétaux	Oiseaux et invertébrés
0	calme (calm)	< 1	< 1	0 - 0,2	La mer est comme un miroir.	La fumée s'élève verticalement.	Immobilité.	Tous en vol. Fils de la Vierge dans l'air.
1	très légère brise (light air)	1 à 3	1 à 5	0,3 - 1,5	Il se forme des rides ressemblant à des écailles de poisson, mais sans aucune crête d'écume.	Dérive de la fumée à peine perceptible.	Immobilité.	Les oiseaux planent dans les ascendances thermiques. Pucerons en vol ; les araignées décollent.
2	légère brise (light breeze)	4 à 6	6 à 11	1,6 - 3,3	Vaguelettes, courtes encore mais plus accusées ; leurs crêtes ont une apparence vitreuse, mais elles ne déferlent pas.	Vent tout juste perçu au visage. Fumée à 80°.	Les feuilles frémissent.	Toutes les espèces en vol.
3	petite brise (gentle breeze)	7 à 10	12 à 19	3,4 - 5,4	Très petites vagues ; les crêtes commencent à déferler ; écume d'aspect vitreuse ; parfois quelques moutons épars.	Fumée à 70°. Poussière soulevée.	Brindilles agitées.	Sauterelles, pucerons et araignées au sol.
4	jolie brise (moderate breeze)	11 à 16	20 à 28	5,5 - 7,9	Petites vagues devenant plus longues ; moutons franchement nombreux.	Fumée à 50°. Cheveux dérangés et vêtements qui claquent.	Petites branches agitées.	Pic d'activité pour le vol plané en mer. Coléoptères au sol ; les moustiques cessent de piquer.
5	bonne brise	17 à 21	29 à 38	8,0 - 10,7	Vagues modérées prenant une forme plus nettement allongée ; naissance de nombreux moutons (éventuellement des embruns).	Fumée à 30°. Yeux gênés par les suspensions dans l'air. Sensation de picotement sur le visage si température négative. La grément commence à siffler.	Petits arbres feuillus agités.	Arrêt des oiseaux migrateurs nocturnes. Mouches au sol, sauf les taons.
6	vent frais	22 à 27	39 à 49	10,8 - 13,8	Des lames commencent à se former ; les crêtes d'écume blanche sont partout plus étendues (habituellement quelques embruns).	Fumée à 15°. Manches gonflées par les côtés.	Grandes branches agitées.	Peu de petits percheurs en vol. Abeilles au sol.
7	grand frais	28 à 33	50 à 61	13,9 - 17,1	La mer grossit ; l'écume blanche qui provient des lames déferlantes commence à être soufflée en traînées qui s'orientent dans le lit du vent.	Fumée à 5 ou 10°. Picotement au visage par température inférieure à 3° C. La marche devient difficile.	Arbres entiers agités.	Petits percheurs au sol. Papillons au sol.
8	coup de vent	34 à 40	62 à 74	17,2 - 20,7	Lames de hauteur moyenne et plus allongées ; du bord supérieur de leurs crêtes commencent à se détacher des tourbillons d'embruns ; l'écume est soufflée en très nettes traînées orientées dans le lit du vent.	Progression impossible en général.	Les brindilles cassent.	Martinets, coraons, hirondelles et quelques rapaces encore en vol. Parmi les invertébrés, seules les libellules sont en vol.
9	fort coup de vent	41 à 47	75 à 88	20,8 - 24,4	Grosses lames ; épaisses traînées d'écume dans le lit du vent ; les crêtes des lames commencent à vaciller, s'écrouler et déferler en rouleaux ; les embruns peuvent réduire la visibilité.	Enfants renversés.	Les branches cassent.	Martinets seuls en vol. Tous les insectes au sol.
10	tempête	48 à 55	89 à 102	24,5 - 28,4	Très grosses lames à longues crêtes en panache ; l'écume produite s'agglomère en larges bancs et est soufflée dans le lit du vent en épaisses traînées blanches ; dans son ensemble, la surface des eaux semble blanche ; le déferlement en rouleaux devient intense et brutal ; la visibilité est réduite.	Adultes renversés.	Arbres déracinés.	Tous au sol.
11	violente tempête	56 à 63	103 à 117	28,5 - 32,6	Lames exceptionnellement hautes (les navires de petit et de moyen tonnage peuvent par instants être perdus de vue) ; la mer est complètement recouverte de bancs d'écume blanche élongés dans la direction du vent ; partout le bord des crêtes des lames et donne de la mousse ; la visibilité est réduite.			
12	ouragan	≥ 64	≥ 118	32,7 et plus	L'air est plein d'écume et d'embruns ; la mer est entièrement blanche du fait des bancs d'écume dérivante ; la visibilité est très fortement réduite.			

Effets du vent sur la mer au large, sur les activités humaines, sur les végétaux et sur le monde animal.

Les équivalences degrés Beaufort, nœuds, km/h et m/s, ainsi que l'effet du vent sur la mer proviennent des documents de l'OMM. Les effets sur les activités humaines, les végétaux et le monde animal sont extraits de *Le souffle d'Éole*, Lyall Watson, L'Érudition, Les effets du vent sur la fumée et sur le visage sont extraits d'une étude effectuée à bord d'un navire militaire canadien, parue dans *The Marine Observer* n° 152, 1951.

*. Les vitesses indiquées concernent le vent moyen sur 10 minutes (et non les rafales) mesuré à 10 mètres de hauteur



l'échelle Beaufort, soit par anémomètre, il en vint aux conclusions suivantes :

- La mesure du vent varie considérablement selon le type d'instrument. Simpson utilisa à la fois des anémomètres à coupelles bien adaptés à la mesure du vent moyen sur une heure et des anémomètres par tube de pression permettant de mesurer les rafales.

- Bien que l'échelle Beaufort ait été établie en prenant pour référence les réactions d'un type de voilier qui n'existait plus au début du xx^e siècle, son utilisation par des observateurs chevronnés conduisait à des résultats cohérents, ceux-ci se basant sur l'observation de l'état de la mer, le bruit du vent ou son effet sur la végétation.

Aux stations météorologiques côtières de Scilly, Yarmouth et Holyhead, les estimations du vent étant faites indépendamment de la mesure à l'aide d'anémomètre, il put établir une correspondance entre échelle Beaufort et vitesse du vent, donnant pour chaque échelon un intervalle de vitesse du vent. De cette étude, on retiendra la formule suivante :

$$- V = 1,62 B^{3/2},$$

- V : vitesse du vent en nœuds,

- B : degré de l'échelle Beaufort

En remplaçant B par les valeurs 1, 2, 3, etc. on trouve une vitesse du vent s'inscrivant dans la fourchette indiquée par la table officielle de l'échelle Beaufort.

Cette formule simple met en évidence que la pression du vent exercée sur une surface, qui est proportionnelle au carré de la vitesse du vent, est aussi proportionnelle au cube du degré Beaufort. Ou, pour être plus pratique, quand le vent passe de force 2 à force 4 Beaufort, la pression exercée sur les voiles est multipliée par 8.

D'autres études de ce type ont été effectuées, avant et après Simpson. Elles donnèrent des résultats parfois un peu différents, les instruments de mesure n'étant pas tout à fait les mêmes, ni toujours placés à la même hauteur.

En 1946, l'activité météorologique internationale, interrompue au cours de la Seconde guerre mondiale, reprit de plus belle. Au cours des années de guerre, l'aéronautique avait progressé. L'Europe, en pleine reconstruction, et les USA étaient prêts à établir des liaisons aériennes transatlantiques commerciales. Du point de vue météorologique, tout était à reconstruire. Au cours d'une première réunion à Paris en 1946, puis d'une seconde en 1947 à Toronto, il fut décidé que la hauteur normalisée de la mesure du vent serait de dix mètres. Pour la correspondance entre degré Beaufort et vitesse du vent, on adopta celle établie aux îles Scilly par G. C. Simpson. Enfin, on ajouta à l'échelle Beaufort une description de l'état de la mer, ainsi que les hauteurs moyenne et maximale probables des vagues, valeurs issues des travaux de Peterson en 1927. Ainsi fut adoptée l'échelle

Beaufort et ses différentes correspondances (vitesse du vent en nœuds, mètres par seconde, miles par heure, description de l'état de la mer) que nous connaissons aujourd'hui.

Une histoire de moutons

Depuis, cette échelle Beaufort a été reproduite dans tous les documents officiels et officieux et dans toutes les langues : documents de l'OMM, manuels de météorologie, encyclopédies... Une reproduction à la lettre, erreurs comprises ! En effet, l'échelle Beaufort actuelle présente deux contradictions.

La première est une histoire de moutons. Dans la version française, on peut lire à force 4, description de l'état de la mer, « *moutons franchement nombreux* » et à force 5 « *naissance de nombreux moutons* ». Difficile de croire que les moutons au sommet des vagues puissent être plus nombreux à force 4 qu'à force 5. En fait, l'examen de la version anglaise de l'échelle Beaufort apporte l'explication. À force 4, on trouve l'expression « *fairly frequent white horses* » qui se traduit par « *moutons assez peu fréquents* », ou plus simplement « *rare moutons* ». Il s'agit donc bien d'une imprécision de traduction reconduite depuis plus de 50 ans.

La seconde contradiction nous avait été mentionnée par un lecteur (voir *Courrier des Lecteurs de Met Mar* n°170 paru en mars 1996). Ce dernier avait constaté que les intervalles de vitesse croissent régulièrement d'un degré Beaufort à l'autre, excepté à force 4 qui présente une discontinuité : force 3 (7 à 10 nœuds) correspond à un intervalle de 3 nœuds, force 4 (11 à 16 nœuds) à un intervalle de 5 nœuds et force 5 (17 à 21 nœuds) à un intervalle de 4 nœuds. En examinant l'échelle Beaufort officielle, on s'aperçoit que les échelles en km/h, en m/s et en miles par heure sont cohérentes (aux arrondis près) mais que, manifestement, il y a une erreur dans l'échelle en nœuds. La limite supérieure de force 4 devrait être 15 nœuds (au lieu de 16) et la limite inférieure de force 5, 16 nœuds (au lieu de 17). Ainsi l'étagement des intervalles serait plus régulier et l'on serait plus près des échelles dans les autres unités.

Voilà qui apporte de l'eau aux moulins des climatologues qui, depuis 1946, n'ont eu de cesse de réclamer une nouvelle échelle Beaufort. Pour ceux là, il importe de savoir au plus juste à quelle vitesse de vent correspond un force 4 ou un force 8 estimé par un observateur du début du xx^e siècle, pour pouvoir déterminer, par exemple, si pour telle zone le vent souffle en moyenne plus fort aujourd'hui qu'il y a 50 ou 100 ans.

Pour quelques nœuds de plus

En 1964, les climatologues faillirent l'emporter. Suite à de nouvelles études menées par les Britanniques, les Allemands, les Hollandais, sur des navires de guerre ou des bateaux-feu, une nouvelle échelle Beaufort, mieux étagée (pas d'anomalie à force 4), avec des correspondances entre unités plus rigoureuses, fut proposée par la Commission de météorologie maritime de l'OMM. Malheureusement, cette nouvelle échelle faisait débiter les degrés les plus élevés de l'échelle un peu plus tôt : 32 nœuds pour force 8 (au lieu de 34 nœuds pour l'échelle actuelle), 44 nœuds pour force 10 (au lieu de 48) et 58 nœuds pour force 12 (au lieu de 64). Or ces modifications n'auraient pas été sans conséquence en matière d'avis de coup de vent, de tempête ou d'ouragan. En adoptant cette nouvelle échelle Beaufort, on gagnait peut-être une meilleure cohérence avec les observations anciennes mais on introduisait de fait une discontinuité dans les statistiques concernant le nombre de coups de vent, de tempêtes et d'ouragan. Devant les conséquences, cette nouvelle échelle ne fut jamais adoptée. Et on peut affirmer sans crainte d'être démenti que, malgré la généralisation de l'électronique et de l'informatique, l'échelle Beaufort telle que nous la connaissons, vieille déjà de 200 ans, a encore de beaux jours devant elle.

Bibliographie

- *L'échelle Beaufort de force du vent, aspects techniques et opérationnels* - rapport n° 3 de l'OMM, 1970
- *Sir Francis Beaufort, histoire de l'homme et de son invention* - Blair Kinsman, *Met Mar* n° 188, 2000
- *À propos de l'échelle Beaufort* - *Met Mar* n° 75, 1971
- *Météorologie marine* - René Mayençon, Éditions maritimes et d'outre-mer, 1982, 1992
- Rapports de la commission de météorologie maritime de l'OMM depuis 1946
- *The Beaufort scale of win-force, report of the director of the Meteorological office* - G. C. Simpson, 1906
- *The relation between Beaufort force wind speed and wave height* - R. Frost, Meteorological office, paper n° 25, 1966.