

ESSAI DE PRÉVISION LOCALE DES CONDITIONS AÉROLOGIQUES DE SURFACE ; EXEMPLE DE LA BAIE DE SALLENELLES À OUISTREHAM EN BASSE-NORMANDIE

A. DUDOUIT

*Laboratoire GEOgraphie PHysique et ENvironnement (GEOPHEN) ILETG - UMR - CNRS 6554,
Université de Caen, U.F.R. de Géographie, Esplanade de la Paix, BP 5186 - 14032 Caen cedex.
Tel : 33 - (0)2 31 56 63 84. Fax : 33 - (0)2 31 56 63 86. E-mail : dudoit@geo.unicaen.fr*

Résumé

Ce travail s'appuie sur l'analyse des données horaires de la station météorologique de Caen-Carpique et sur l'analyse des données horaires acquises par expérimentation sur le littoral de Ouistreham. L'étude de la vitesse et de la direction du vent a permis de définir les principaux effets aérologiques rencontrés dans la baie de Sallenelles, notamment, les effets de site et les effets thermiques (brise de mer). Une adaptation des bulletins de prévision météorologique côtière pour la pratique de la voile a pu être réalisée.

Abstract

This study is based on the analysis of the hourly archived meteorological data (wind direction and velocity records) of the meteorological station of Caen-Carpique, and on the analysis of the experimental hourly archived meteorological data (wind direction and velocity) of the Normandy coast (Ouistreham). This emphasizes the thermo-topographic winds along the Sallenelles bay : the small-scales and the land heating. So, modifying coastal weather forecast to the fencing sailing is submitted.

Mots-clés : effets de site, brise, climatologie, Basse-Normandie, France.

Keywords : small-scales, breeze, climatology, Basse-Normandie, France.

Introduction

L'affluence touristique associée au développement des sports liés au vent connaît un essor sur les côtes bas-normandes. Sur les littoraux, des changements rapides de la direction et de la vitesse du vent sont fréquemment observés en raison de l'existence d'effets météorologiques d'échelle fine. La quantification de ces phénomènes locaux permettrait de renforcer la sécurité maritime et offrirait aux régatiers la possibilité d'élaborer avec plus de précisions leur stratégie. En effet, en voile sportive, la principale composante de la performance est la connaissance du vent, tant dans le choix des voiles que dans sa bonne utilisation une fois sur l'eau. Ainsi, s'attendre à un effet d'abri ou de dévent ou à une circulation de brise de mer peut améliorer sensiblement les performances.

L'objectif de cette recherche est de caractériser les différents effets éoliens et thermiques présents à l'interface terre-mer en vue d'adapter les bulletins de prévision météorologique côtière aux besoins des régatiers.

Ce travail s'appuie sur l'analyse de plusieurs paramètres météorologiques enregistrés à un pas de temps court à la station de Météo-France de Caen - Carpique (station de référence officielle) et à Ouistreham lors de campagnes de mesures complémentaires sur le terrain. La prise en considération des bulletins de prévision nous a ensuite permis d'élaborer un « modèle » de prévision locale des conditions aérologiques de la baie de Sallenelles.

1. Problématique et enjeux scientifiques

La problématique de cette recherche est de montrer l'existence de perturbations locales du vent (direction et vitesse) et de la température de l'air sur un littoral, notamment celui de Ouistreham (Figure 1). Le secteur d'étude se caractérise par l'existence d'une côte basse, rectiligne (plaine maritime d'altitude inférieure à 10 mètres) et orientée 100°-280°. La baie dans laquelle se jette l'Orne est un plan d'eau apprécié par les navigateurs. A l'ouest, l'urbanisation et l'activité agricole sont importantes. A l'est, le littoral est constitué de dunes de quinze mètres d'altitude et de bois alors que dans la partie centrale de la baie apparaît un marais maritime.

Ce travail a eu pour objet de répondre à diverses questions :

- Comment une situation synoptique se traduit-elle localement dans la baie de Sallenelles ?
- Est-il possible de prévoir en fonction d'une situation synoptique précise les phénomènes météorologiques locaux ?
- La prévision des particularités aérologiques de la baie de Sallenelles est-elle possible ?

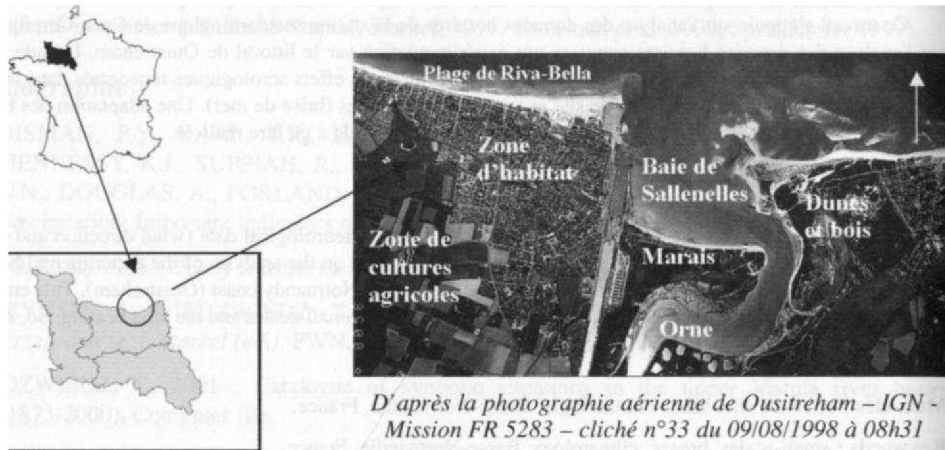


Figure 1 : Situation géographique de la baie de Sallenelles.

2. Méthodologie : acquisition d'une base de données météorologiques d'échelle fine

Comme l'objectif était de caractériser les différents effets météorologiques existants à l'interface terre-mer pour la pratique de la voile, l'étude s'est focalisée sur l'influence de la topographie selon la direction du vent au sein de la baie.

Les données utilisées dans cette recherche sont la direction et la vitesse du vent, la température de l'air et l'humidité relative enregistrées à la station de Météo-France de Caen-Carpique, à un pas de temps horaire pour la période allant de septembre 1999 à septembre 2000. D'autre part, le travail s'est appuyé sur ces mêmes paramètres météorologiques mesurés sur le terrain à Ouistreham, à un pas de temps horaire et à un pas de temps de la minute pour quantifier précisément les effets propres à la baie de Sallenelles, entre octobre 1999 et février 2000 avec deux stations automatiques Leader-Young Eole 50 (Figure 2). Il s'agit ici de définir une climatologie d'échelle fine du milieu environnant. Ces mesures ont été réalisées sur 2 sites différents (Figure 3). La station 1, sur le toit de l'école de voile, était située en bordure immédiate de la baie afin de caractériser les conditions aérologiques de la baie de Sallenelles. La station 2 était localisée sur le toit du poste de secours, en front de mer, sur la plage de Riva-Bella. Les deux stations étaient placées à une hauteur de dix mètres pour deux raisons : les données expérimentales étaient ainsi comparables avec celles mesurées par les réseaux de Météo-France et cette hauteur permettait de traduire exactement les conditions de navigation.

Par ailleurs, pour tenter de déterminer les phénomènes météorologiques locaux au regard des situations synoptiques prévues, l'étude s'est appuyée sur l'analyse des bulletins de prévision météorologique côtière de Météo-France. Ces bulletins indiquent la situation météorologique à J et J+1, le travail a donc consisté à étudier les prévisions faites pour le lendemain. La pression atmosphérique, la direction et la vitesse du vent, l'état de la mer (hauteur de la houle), les températures minimale et maximale de l'air et de la mer ont été retenues.

Les données ont ensuite fait l'objet de traitements statistiques.



Figure 2 : Station météorologique Leader-Young - Eole 50.

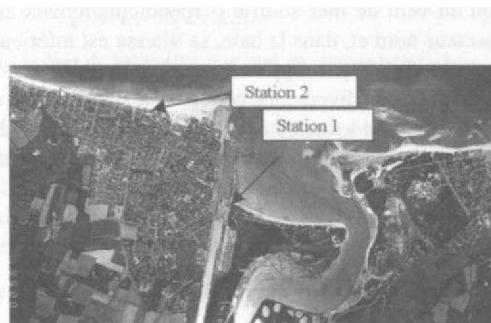


Figure 3 : Sites des mesures expérimentales.

3. Résultats et discussion

3.1. Mise en évidence des effets éoliens

Les écarts entre la prévision et les mesures de terrain concernant la direction et la vitesse du vent ont été attribués à l'existence d'effets locaux à la suite de l'analyse du vent à la station de Caen-Carpique (données Météo-France) et à Ouistreham (données expérimentales). Ces effets de site se définissent comme étant une modification locale du vent due à la topographie environnante (ESCOURROU, 1981). L'effet de site caractéristique des côtes basses, comme c'est le cas pour Ouistreham, est le frottement (BERNOT, 1994). Il se manifeste par une diminution de la vitesse du vent et une rotation de la direction du vent vers les basses pressions (Tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques aérologiques du frottement à Ouistreham (exemple de mesures à pas de temps court) - Vv : Vitesse du vent, Dv : Direction du vent, Dst : Stabilité directionnelle.

| VENT "LIBRE" : h=9m | | | | |
|---------------------|--------------|--------------|------------|------------|
| | Vv moy (nds) | Vv max (nds) | Dv moy (°) | Dv:Dst (°) |
| 15/1 1/99 9:39 | 10 | 11.2 | 74 | 3 |
| 15/11/99 9:40 | 10.1 | 13.1 | 74 | 4 |
| 15/1 1/99 9:41 | 9.2 | 11.6 | 78 | 9 |
| 15/1 1/99 9:42 | 9.3 | 10.3 | 73 | 4 |
| 15/1 1/99 9:43 | 9.1 | 10.7 | 69 | 4 |
| Moyenne | 9.5 | 10.7 | 73.6 | 4.8 |

| VENT "PERTURBE" : h=0,3m | | | | |
|--------------------------|--------------|--------------|------------|------------|
| | Vv moy (nds) | Vv max (nds) | Dv moy (°) | Dv:Dst (°) |
| 15/1 1/99 9:39 | 6.5 | 8.2 | 87 | 11 |
| 15/11/99 9:40 | 5.7 | 6.9 | 78 | 4 |
| 15/1 1/99 9:41 | 5.7 | 7.2 | 84 | 7 |
| 15/1 1/99 9:42 | 6.8 | 8 | 74 | 4 |
| 15/11/99 9 :43 | 5.9 | 7.4 | 72 | 7 |
| Moyenne | 6.1 | 7.5 | 79 | 6.6 |

Selon la direction du vent par rapport au trait de côte, le frottement entraîne quatre phénomènes météorologiques locaux particuliers (GOUARD, 1989) : l'effet de dévent, l'effet coussin, l'effet de divergence côtière et l'effet de convergence côtière.

Le dévent est une zone de faible intensité sous le vent d'une côte lorsque le vent souffle de terre perpendiculairement au littoral. Cet effet est rencontré dans la baie de Sallenelles par secteur sud. Il se caractérise par un vent plus faible en moyenne de 4 m.s^{-1} et orienté plus à gauche de 45° par rapport à la prévision (Figure 4b).

L'effet coussin est une zone calme au vent d'une côte due à un phénomène de rebondissement lorsqu'un vent de mer souffle perpendiculairement au trait de côte. Il a été observé à Ouistreham par secteur nord et, dans la baie, sa vitesse est inférieure en moyenne de 3 m.s^{-1} et la direction est plus gauche de 45° par rapport à ce que prévoit Météo-France (Figure 4a).

L'effet de divergence côtière se matérialise par une zone d'affaiblissement du vent lorsqu'il souffle parallèlement à une côte située à sa droite ; il est observable à Ouistreham par secteur est. Cet effet traduit dans la baie de Sallenelles par une vitesse inférieure en moyenne de 2.5 m.s^{-1} et une direction plus à gauche de 45° par rapport au vent prévu (Figure 4c).

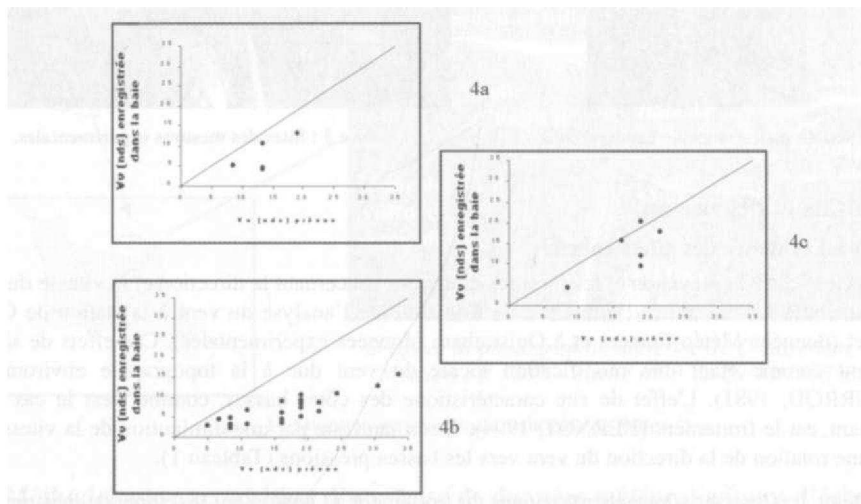


Figure 4 : Analyse de la vitesse du vent (nœuds) prévue et enregistrée dans la baie par vent de nord (4a), sud (4b) et est (4c) annoncé.

Le quatrième effet engendré par le phénomène de frottement est l'effet de convergence côtière zone de renforcement du vent lorsque ce dernier souffle parallèlement à une côte située à sa gauche. Il est présent par vent de secteur ouest à Ouistreham.

Mais si les trois premiers effets météorologiques locaux rencontrés à Ouistreham reflétaient la théorie, l'effet de convergence côtière n'a pu être mis en évidence dans la baie de Sallenelles. En effet, par vent de secteur ouest annoncé, le vent était en moyenne plus faible de $6,6 \text{ m.s}^{-1}$ et plus à gauche de 45° . Or, on aurait dû observer un vent de vitesse supérieure par rapport à la prévision, si l'effet de convergence côtière agissait. On a alors procédé à la comparaison des données enregistrées à l'école de voile avec celles mesurées sur la plage de Riva-Bella pour voir si la baie ne présentait pas de particularités aérologiques pour ce secteur de vent. En effet, par vent de secteur ouest, sa vitesse dans la baie de Sallenelles est inférieure à celle mesurée sur la plage de Riva-Bella (Figure 5), elle même supérieure à celle prévue. Par vent de secteur ouest la baie est protégée par de nombreuses habitations et les installations maritimes de Ouistreham. Il semblerait que cette "barrière topographique" efface le phénomène de convergence côtière dans la baie de Sallenelles et favorise un effet d'abri.

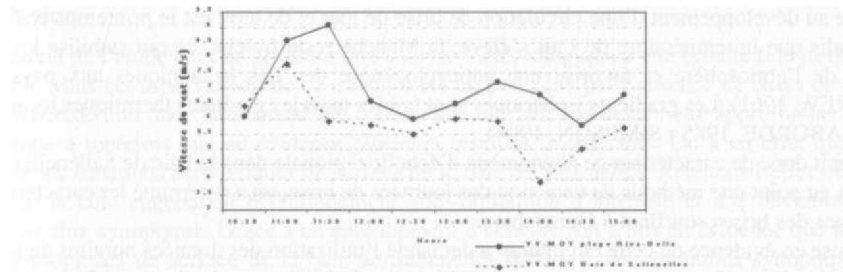


Figure 5 : Mise en évidence d'un effet d'abri dans la baie de Sallenelles par vent de secteur ouest.

Retenons que quelle que soit la direction du flux synoptique annoncé, le régatier pourra s'attendre à avoir un vent plus à gauche de 45° par rapport à la prévision. Par contre, l'écart entre la vitesse du vent prévue et celle rencontrée sur le plan d'eau variera en fonction de l'effet de site. Notons que, dans toutes les situations, le navigateur aura un vent plus faible que prévu. Un « modèle » de navigation a été déterminé à la suite de toutes ces analyses (Tableau 2).

Tableau 2 : « Mode d'emploi » pour naviguer dans la baie de Sallenelles.

| | Nord | Est | Sud | Ouest |
|-------------------------|--|---|--|--|
| Effet de site rencontré | effet coussin au vent du relief et frottements générés par l'interface terre-mer | divergence côtière et frottements provoqués par l'interface terre-mer et la topographie | effet de dévent et frottements générés par l'interface terre-mer et la topographie | <u>légèrement plus loin que le rivage</u> : convergence côtière, <u>près du rivage</u> : frottements provoqués par l'interface terre-mer et la topographie |
| Stratégie à suivre | privilégier le large et la gauche du plan d'eau en se rapprochant du rivage | éviter zone sans vent près du rivage et privilégier la gauche du plan d'eau en se rapprochant du rivage | éviter la zone de dévent proche du rivage et privilégier la gauche du plan d'eau en se rapprochant du rivage | privilégier la zone de vent plus fort en faisant attention de ne pas se trouver dans la zone sans vent et exploiter la rotation du vent à gauche en se rapprochant du rivage |

3.2. Mise en évidence des effets thermiques

Un second phénomène a été rencontré sur le littoral de Ouistreham. Il s'agit de l'effet thermique appelé brise de mer et brise de terre. La brise de mer est un vent diurne, d'échelle régionale, générée par réchauffement différentiel de l'air au-dessus de la terre et de la mer. Sur nos côtes, la période

favorable au développement d'une circulation de brise de mer et de terre est le printemps et l'été. En effet, tandis que la température de l'air s'élève, la Manche reste fraîche, ce qui stabilise les basses couches de l'atmosphère et favorise une anticyclonogenèse des Iles britanniques aux pays baltes (KENDREW, 1961). Les gradients isobariques sont faibles mais les gradients thermiques locaux forts (PEDELABORDE, 1985 ; SIMPSON, 1994).

Il s'agit donc de caractériser ce phénomène d'échelle régionale dans la baie de Sallenelles. Après avoir mis au point une méthode de détection des journées de brise, on a déterminé les caractéristiques climatiques des brises soufflant à Ouistreham.

La mise en évidence de cette circulation a demandé l'utilisation des données horaires de la direction et de la vitesse du vent, entre le mois de juillet et août 2001, enregistrées par Météo - France à Bernières, station littorale (unique) située à dix kilomètres à l'ouest de Ouistreham. Les journées de brise ont été détectées grâce à un brusque changement de la direction du vent associé à un net renforcement de sa vitesse. Ainsi, pour la journée du 17 août 2001 (Figure 6), l'apparition de la brise est identifiée par le renforcement du vent entre 2 et 4 m.s⁻¹ ainsi que par la rotation du vent de 80° en une heure. L'heure d'apparition de la brise est donc 12h30. Sa vitesse maximale est de 7 m.s.⁻¹ à 18h00. La disparition de la brise se traduit par une baisse progressive de la vitesse du vent jusqu'à 20h00 accompagnée par un retour à l'orientation du vent synoptique du matin. Ces données météorologiques numériques ont ensuite été croisées avec la situation synoptique de surface et à 850 hPa obtenue par l'analyse des bulletins météorologiques européens. La validation des journées de brise, sur une période de dix ans, entre les mois d'avril et septembre, est projetée (thèse en cours) par l'observation des images satellites recueillies sur le site du S A T M O S.

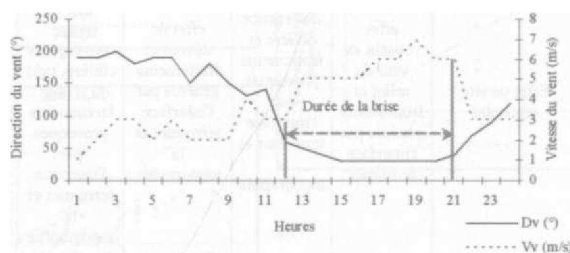


Figure 6 : Direction et vitesse du vent au cours d'une journée de brise : exemple du 17 août 2001.

Deux types de brise prédominent sur nos côtes. Le premier est de direction 30°-50° pour lequel le vent synoptique le matin est de direction 150°-170°. La seconde direction de brise observée est de 310°-330° avec un vent synoptique le matin de 190°-220°. La vitesse maximale de la brise est comprise entre 3 et 10 m.s⁻¹.

Concernant les situations synoptiques des journées de brise, trois scénarios ont été dégagés : les journées de brise par situation anticyclonique (58% des cas), par situation dépressionnaire (7% des cas) et par marais barométrique (35% des cas). Les situations anticycloniques ont davantage été analysées en raison de leur grande représentativité. Ainsi, trois types de situations anticycloniques ont été mis en évidence. Le premier type est défini lorsque l'anticyclone est situé sur l'Europe du nord, le deuxième quand l'anticyclone est sur l'Europe centrale et enfin, le troisième type est caractérisé par un anticyclone situé sur l'atlantique.

Conclusion

L'intérêt de l'étude était de proposer une analyse météorologique à une échelle fine jusqu'ici non pratiquée. Mais cet aspect inédit de ce travail a été un peu gêné par l'absence de bases de données. Cette recherche doit donc être considérée comme une introduction devant être approfondie.

L'étude a toutefois mis en évidence plusieurs résultats intéressants. On a en effet quantifié et modélisé les situations aérologiques de surface de la baie de Sallenelles. Retenons l'effet très perturbateur de la côte engendrant essentiellement une diminution d'intensité et une déviation vers la gauche du flux synoptique. Grâce à un emboîtement d'échelles, on a mis en évidence que les conditions aérologiques de surface de la baie de Sallenelles diffèrent des conditions synoptiques de la région (comparaison des bulletins de prévision avec les données enregistrées sur le littoral) d'une part, et diffèrent des conditions aérologiques de surface du milieu environnant (comparaison des données enregistrées dans la baie de Sallenelles avec celles mesurées sur la plage de Riva-Bella) d'autre part.

Remerciements

Je tiens à remercier le laboratoire GEOPHEN pour l'encadrement technique apporté (stations météorologiques de terrain), Olivier CANTAT pour m'avoir encadrée lors de ma maîtrise, Arnel COUDE et Stéphane COSTA pour leurs conseils et leurs relectures.

Bibliographie

- BERNOT, J.-Y., 1995 : *Météorologie locale*. Chiron, 351 p.
- ESCOURROU, G., 1981 : *Climat et environnement, les facteurs locaux du climat*. Masson géographie, 180 p.
- GOUARD, P., 1989 : *Voile : nouvelles techniques pour gagner*. Chiron, 255 p.
- KENDREW, W.G., 1961 : *The climates of the continents*. Oxford University Press, London, 608 p.
- PEDELAB ORDE, P., 1985 : *Les brises de mer et les brises de terre*. Géographie et recherche, 54, 55, 56.
- SIMPSON, J.-E., 1994 : *Sea breeze and local winds*. U.S.A. New York, Cambridge University Press, 234 p.