

Zeitschrift: Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg

Band: 73 (1984)

Heft: 1-2

Artikel: Influence de la ville de Fribourg (CH) sur les écoulements atmosphériques

Autor: Ruffieux, Dominique

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-308632>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 04.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Influence de la ville de Fribourg (CH) sur les écoulements atmosphériques

par DOMINIQUE RUFFIEUX, Institut de Géographie,
Université de Fribourg

1. Introduction

Les résultats décrits dans cet article font partie d'un projet de climatologie urbaine de l'Institut de Géographie de l'Université de Fribourg financé par le Fonds national suisse de la recherche scientifique (projet N° 2.447-1.82).

Cette étude a pour but d'approfondir notre connaissance du climat urbain de l'agglomération fribourgeoise et d'étudier plus précisément les types de temps pouvant entraîner une forte concentration en polluants atmosphériques dans la ville.

Le phénomène de l'îlot de chaleur urbain de grandes métropoles comme Londres, Athènes ou Los-Angeles est actuellement bien connu. Une ville de taille moyenne (à l'échelle suisse) peut-elle, elle aussi, sous certaines conditions, former une cellule chaude? Les mesures effectuées à Fribourg montrent que, favorisée par des particularités régionales et locales, une cité de cette taille peut exercer une influence sensible sur les écoulements atmosphériques.

2. Le site urbain de l'agglomération

Les particularités qui vont avoir une importance, au point de vue de la ventilation de la ville de Fribourg, sont de trois types:

a) *Situation régionale*: Située dans la grande cuvette du Moyen-Pays suisse, le site de Fribourg est protégé au N-NW par la chaîne du Jura et au S-SE par celle des Alpes. Ces remparts naturels vont favoriser l'apparition de phénomènes météorologiques dont l'extension spatiale est limitée. Ainsi, des brises de pente et des écoulements de drainage peuvent se développer et influencer régionalement la circulation atmosphérique synoptique dans les basses couches.

b) *Le site urbain et sa topographie*: Construite au XII^e siècle sur un méandre de la Sarine, la ville s'est progressivement développée jusque sur les collines avoisinantes. L'orographie de la ville est dominée par le canyon de la Sarine, une tranchée de 50 à 70 mètres de profond. La dénivellation maximale entre le fond de la vallée et les sommets proches atteint 150 mètres (Fig. 1). Cette configuration tourmentée exercera une grande influence sur les écoulements:

- La vallée de la Sarine va canaliser les vents catabatiques descendant des bassins versants préalpins et favoriser l'apparition de calmes dans certains quartiers abrités de son influence.
- Les pentes exposées au Sud vont être le siège de vents locaux ascendants qui pourront soit dévier l'écoulement régional, soit le bloquer.

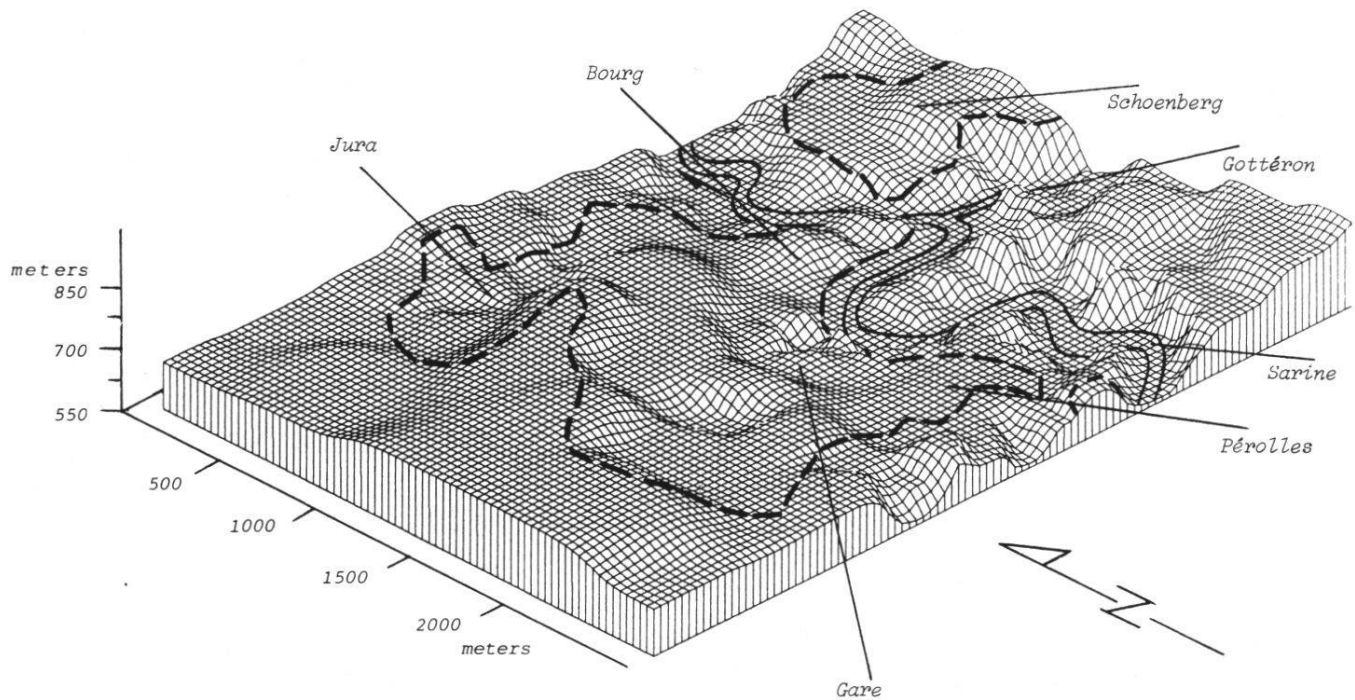


Fig. 1: Topographie de la ville de Fribourg.

c) *L'occupation du sol*: Une densité du bâti forte est la caractéristique des cités suisses; Fribourg ne fait pas exception à la règle. La vieille-ville est composée essentiellement de maisons serrées les unes contre les autres et de rues étroites; les quartiers du centre ne possèdent que peu d'immeubles très élevés et les grandes avenues aérées sont rares. Les quartiers industriels et résidentiels sont accolés à la ville et ces derniers s'étendent principalement sur les pentes bien exposées. La forte densité du construit et les espaces verts (parcs) relativement peu nombreux, ajoutés aux pentes bien exposées sont autant de facteurs qui vont entraîner une augmentation diurne de la température au niveau du sol.

3. L'îlot de chaleur urbain estival

L'influence urbaine de la ville de Fribourg peut revêtir différents aspects:

- influence urbaine sur les écoulements descendants; ces courants de gravité apparaissent régulièrement la nuit toute l'année et ils peuvent se maintenir plusieurs jours en hiver;
- influence urbaine par la formation d'un îlot de chaleur hivernal. Les rejets thermiques dans l'atmosphère – le chauffage essentiellement – peuvent engendrer la formation d'un îlot de chaleur; ce phénomène, pour le cas de Fribourg, semble être peu important;
- influence urbaine par la formation d'un îlot de chaleur estival.

Seuls les résultats concernant le dernier type d'influence urbaine sont présentés dans cet article. Les deux autres aspects ne sont cependant pas à négliger et leur influence – surtout du premier – est tout aussi déterminante dans l'optique de l'étude globale de la ventilation de l'agglomération.

A) Techniques de mesure

La connaissance de la circulation atmosphérique au-dessus d'une ville, dans les trois dimensions de l'espace, exige l'utilisation de techniques de mesure particulières. Dans le cadre de ce projet, nous avons eu recours à deux méthodes de relevé.

- D'une part, nous disposons, pour l'agglomération de Fribourg, d'un réseau fixe de mesure du vent (force et direction) en six endroits et un de mesure de la température à deux mètres du sol en quatre endroits. Ces deux réseaux, mis en place par l'institut de géographie, ont enregistré les données en continu pendant deux ans.
- D'autre part, nous effectuons, lors de situations météorologiques intéressantes quant à la ventilation, des campagnes intensives. Pendant trente heures, différentes équipes procèdent à des relevés réguliers – toutes les deux heures environ – en ville et en banlieue ¹. Les groupes mesurent simultanément les paramètres météorologiques grâce aux techniques suivantes:

Mesures itinérantes: Une automobile équipée d'un capteur de température suit un itinéraire préalablement fixé et enregistre la température à 2 mètres, en une cinquantaine de points.

Poursuite de ballons stabilisés: Un groupe gonfle à l'hélium un ballon en mylar et l'équilibre pour qu'il reste à un niveau de pression constant. Livré à lui-même, il va être emporté par les courants locaux. Sa trajectoire au-dessus de la ville est relevée au télémètre par un second groupe.

Sondages verticaux de température: Une sonde météorologique est fixée sous un ballon et lâchée. La température de l'air, aux différents niveaux d'altitude, est envoyée par la sonde au sol et enregistrée. Il est ainsi possible de tracer le profil vertical de celle-ci.

Mesures de la température du sol: Un avion équipé d'un radiomètre effectue des passages au-dessus de la ville et mesure la température du sol qu'il survole.

B) Résultats

L'étude comparative de toutes les données permet d'aboutir à une estimation correcte des phénomènes atmosphériques qui naissent et évoluent dans et au-dessus de la ville.

Toutes les données recueillies sur le terrain sont traitées automatiquement; ensuite l'ordinateur dessine les résultats sous forme cartographique. Les paragraphes qui suivent illustrent, à partir d'une campagne intensive de mesures, un type de phénomène engendré, en été, par l'agglomération.

¹ Cette technique de mesure a été rendue possible par la disponibilité des étudiants en géographie, que je remercie.

a) *Champs de températures à deux mètres*

Grâce au dépouillement des mesures itinérantes en voiture, il est possible de dresser la carte des isothermes à deux mètres. A partir de données ponctuelles (points de mesure), l'ordinateur va interpoler et calculer la température pour toute la région. Les figures 2 à 4 illustrent ainsi l'évolution du champ de température du 8 juin 1983, respectivement à 7, 10 et 14 heures.

Les isothermes dans la fig. 2 (7 h du matin) suivent approximativement la dénivellation; les quartiers proches du canyon de la Sarine et du Gottéron sont sous influence de l'air froid descendant des Préalpes. La température a tendance à augmenter si l'on s'éloigne de la vallée de la Sarine (effet d'inversion, cf. ROTEN et al., 1983). Le quartier de la Gare échappe à cette règle et est légèrement plus chaud – environ 0.5 degré – que ce qu'il devrait être.

La carte de 10 heures (Fig. 3) laisse apparaître la présence d'un îlot de chaleur, sensible dans le quartier de la Gare, une seconde cellule étant visible au Schoenberg.

Dans l'après-midi (Fig. 4), l'îlot de la Gare se développe avec un centre principal au N de celle-ci et un secondaire au S-SW.

La ville de Fribourg, grâce aux particularités décrites précédemment, peut par conséquent créer un îlot de chaleur complexe, de plus de deux degrés. Les cellules se développent dans la journée et tendent à disparaître la nuit. Ce phénomène typique des journées chaudes, ensoleillées et faiblement ventilées, se retrouve régulièrement au niveau du sol. Mais qu'en est-il au-dessus? Grâce aux trajectoires de ballons stabilisés, il est possible de visualiser l'extension verticale de ces cellules chaudes.

b) *Extension verticale des cellules chaudes*

Les trois trajectoires synchrones avec les mesures itinérantes décrites ci-dessus, illustrent l'évolution de l'îlot de chaleur au-dessus de la ville.

La première (Fig. 5), typique d'une situation nocturne avec écoulement du S, confirme l'influence de la vallée de la Sarine sur la ventilation. Le ballon, lâché au S de Beaumont voit sa trajectoire canalisée par la colline du Guintzet (Hôpital-Beauregard) d'une part, par le canyon de la Sarine d'autre part. Le profil correspondant n'illustre la présence sensible, en altitude, d'aucune cellule chaude.

A dix heures, beaucoup de choses ont changé (Fig. 6). La direction de l'écoulement du S est passé à l'W; de plus, la vallée de la Sarine n'exerce plus l'influence qu'elle avait tôt le matin. L'îlot de chaleur est visible sur le profil; son extension verticale est déjà d'environ 200 mètres et ce n'est qu'une fois le canyon franchi que le ballon reprend son niveau de stabilisation.

Deux types de cellules chaudes sont visibles grâce à la trajectoire de 13 heures 30 (Fig. 7). Un premier pallier est atteint au-dessus de Pérolles; cette montée de 100 mètres est probablement due au type de couverture du sol. Le second niveau correspond au passage du ballon au-dessus de la vallée; dans ce cas l'exposition favorable des pentes semble être la cause de cette ascension de plus de 600 mètres. Le dépouillement et l'étude des données recueillies par les autres méthodes de mesure ne font qu'appuyer la thèse de la présence en ville de Fribourg de plusieurs cellules chaudes qui apparaissent le matin et disparaissent presque complètement la nuit, dès que le temps est beau et que le vent synoptique est faible dans les basses couches de l'atmosphère.

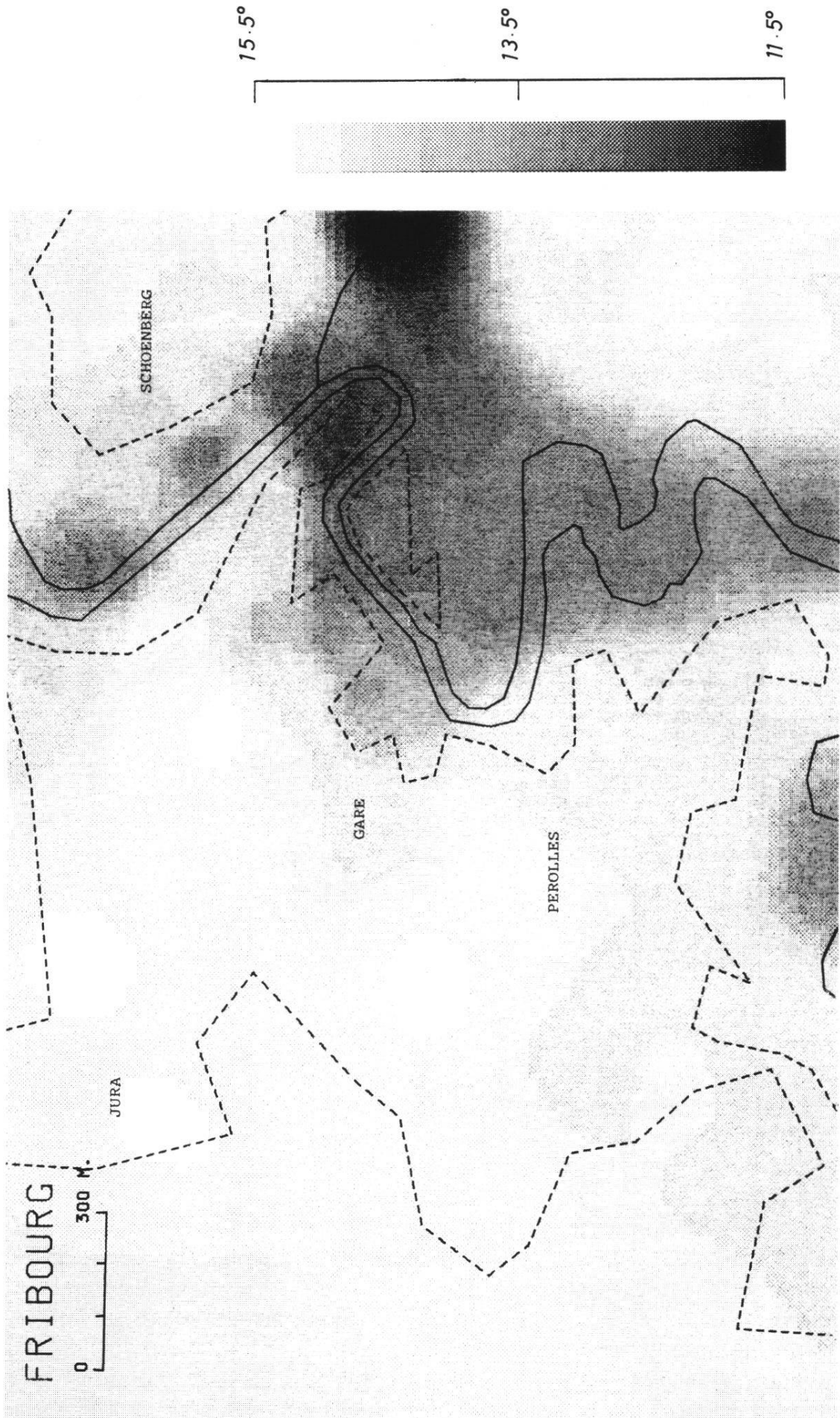


Fig. 2: Fribourg, champ de températures le 8 juin 1983 à 7 h.

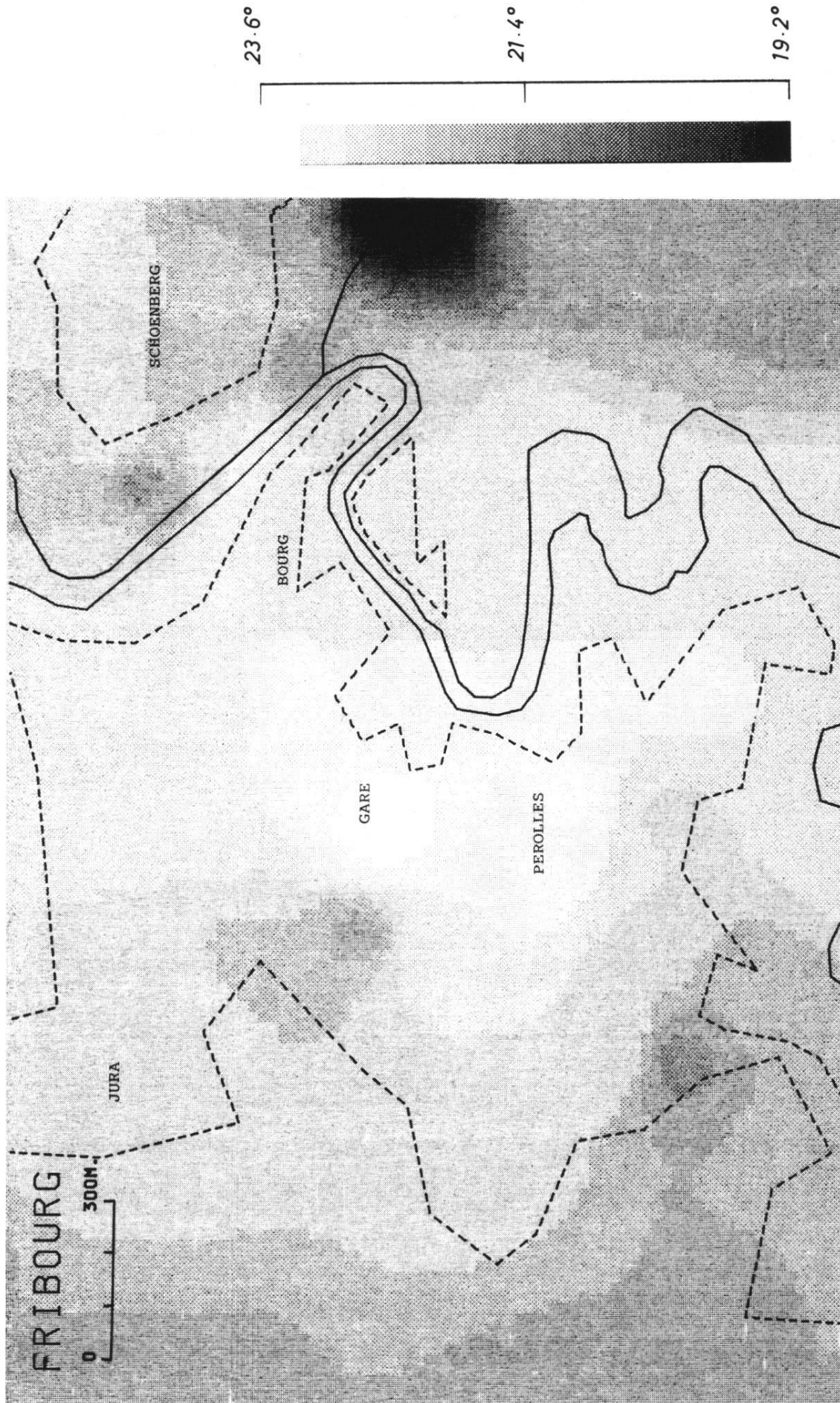


Fig. 3: Fribourg, champ de températures le 8 juin 1983 à 10 h.

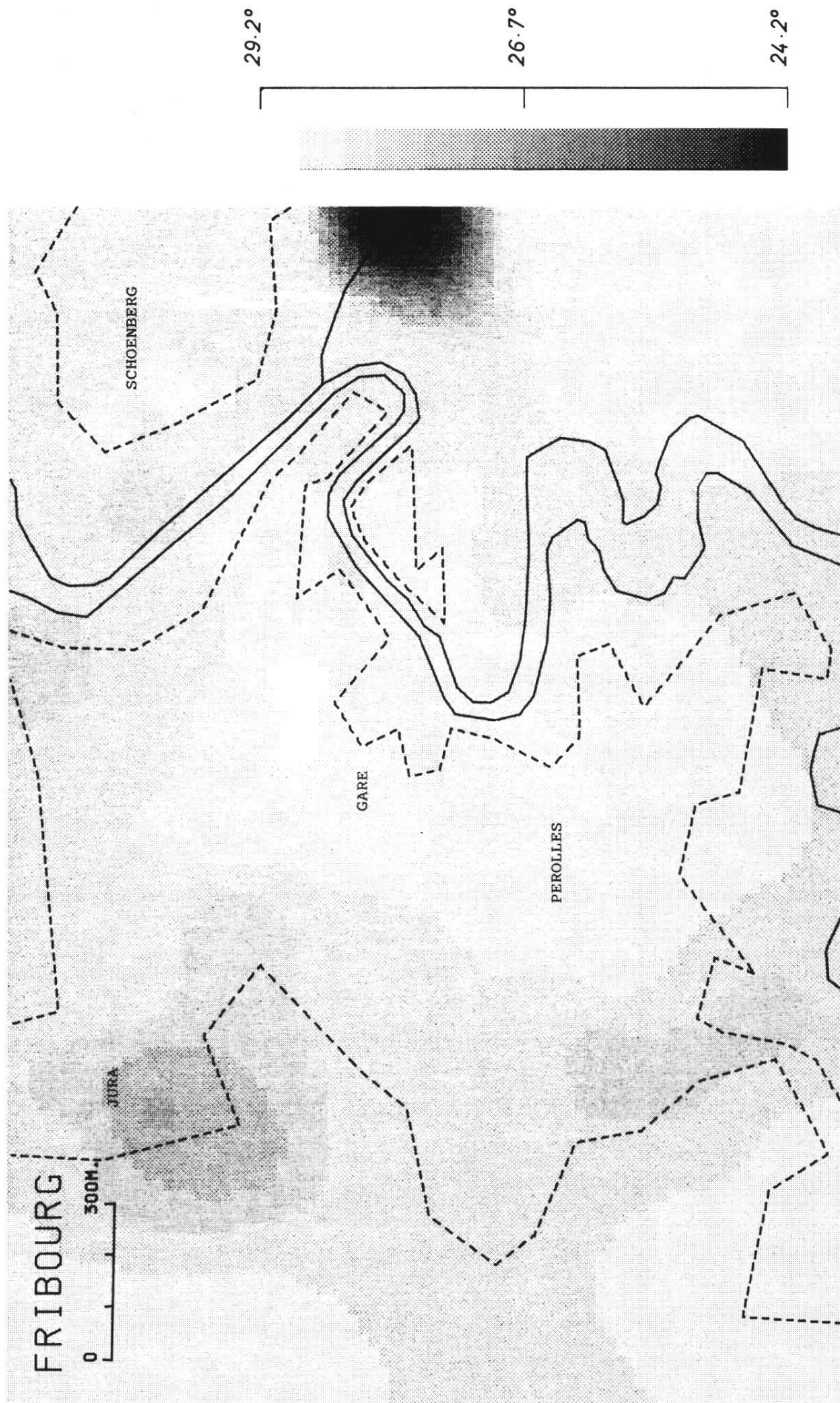


Fig. 4: Fribourg, champ de températures le 8 juin 1983 à 14 h.

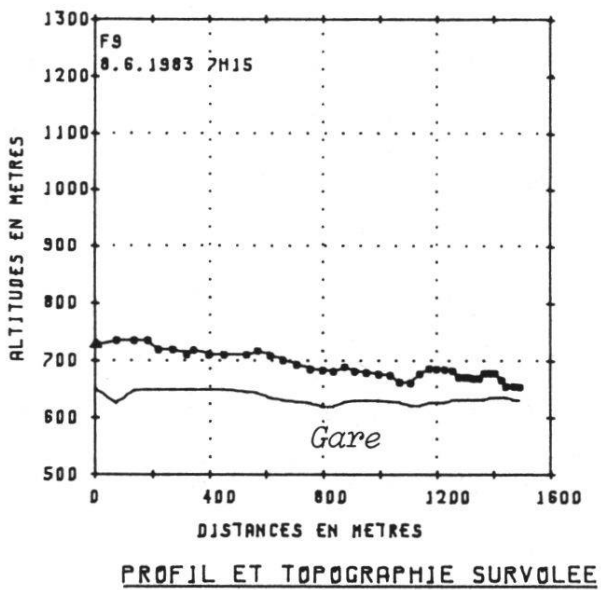
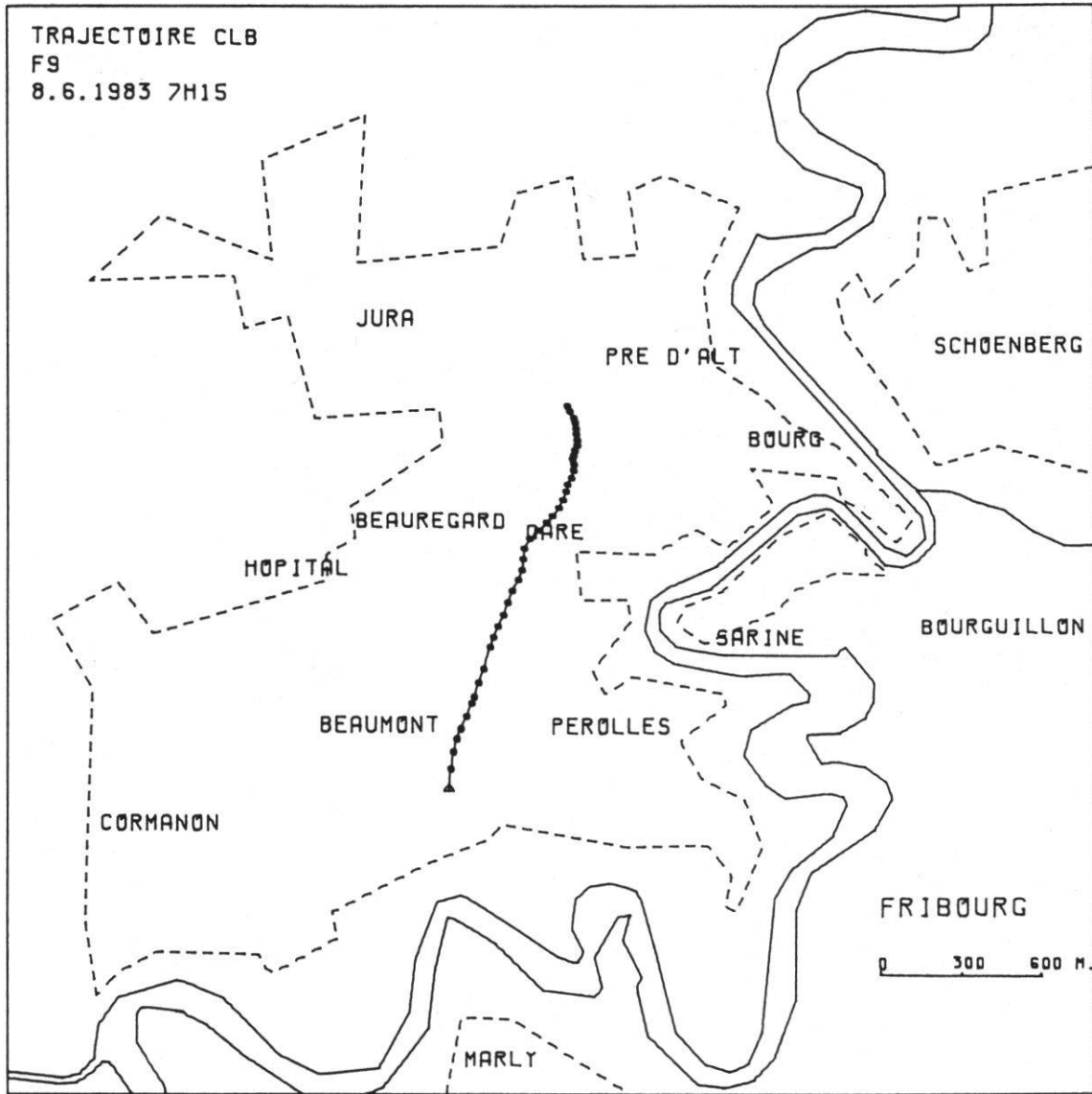
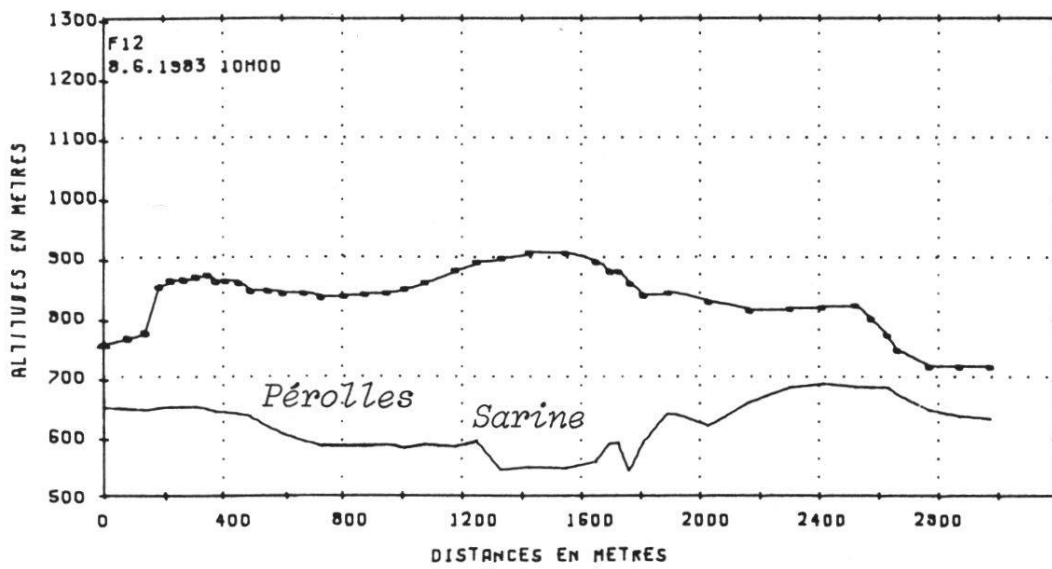
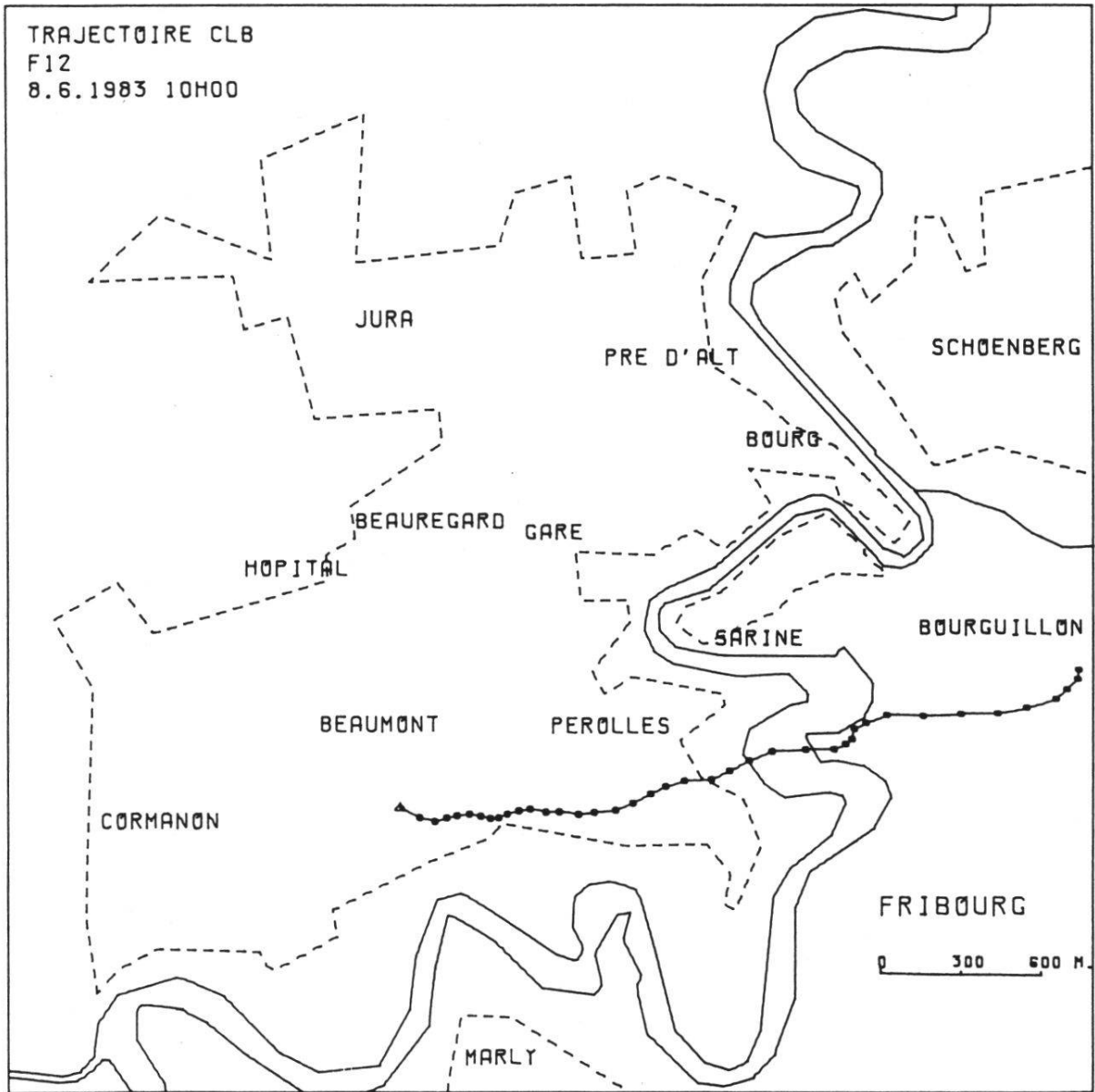
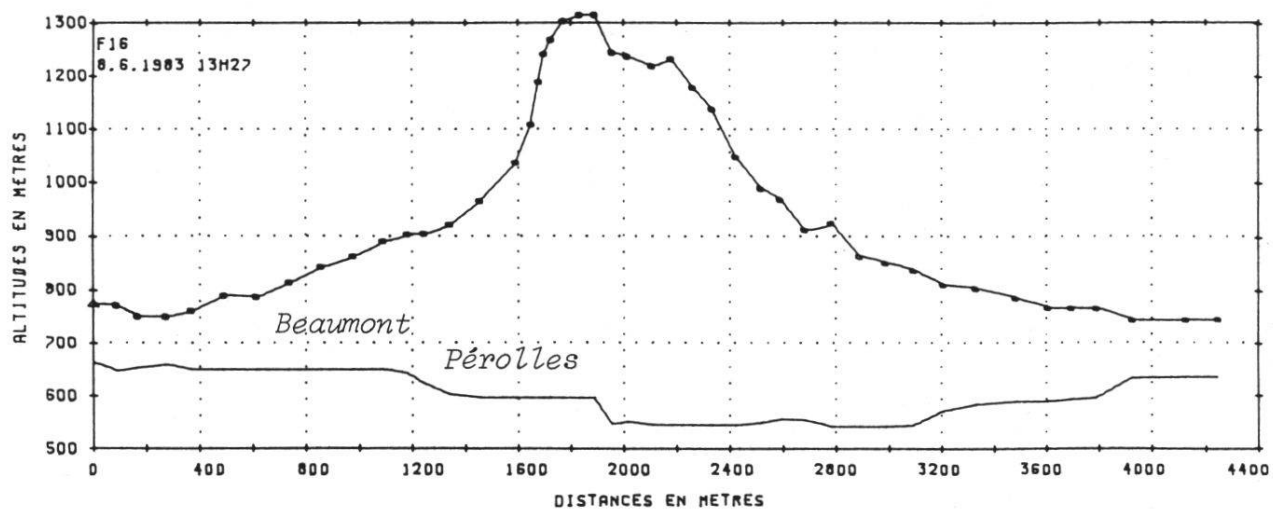
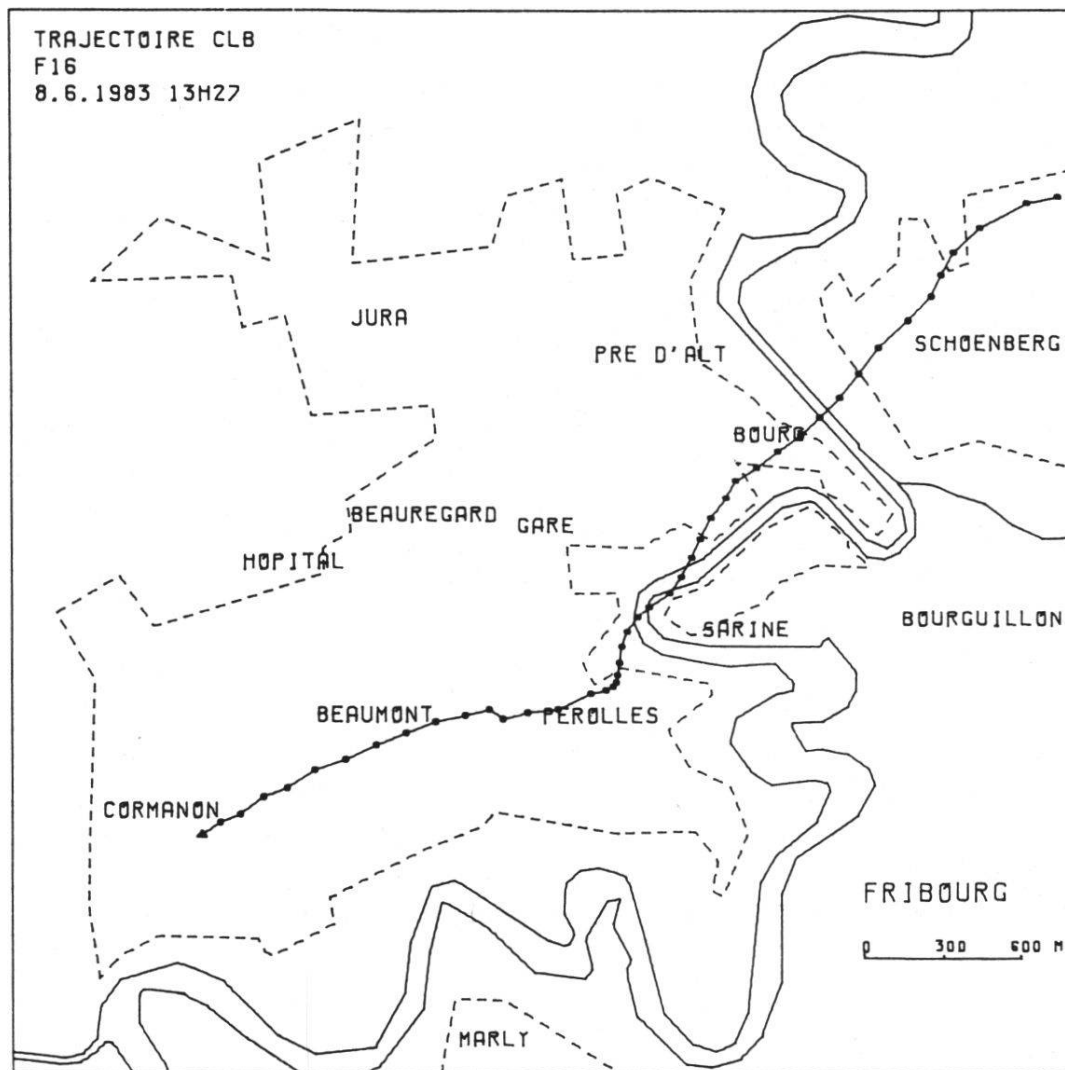


Fig. 5: Trajectoire de ballon stabilisé du 8 juin 1983 à 7 h 15.



PROFIL ET TOPOGRAPHIE SURVOLÉE

Fig. 6: Trajectoire de ballon stabilisé du 8 juin 1983 à 10 h.



PROFIL ET TOPOGRAPHIE SURVOLÉE

Fig. 7: Trajectoire de ballon stabilisé du 8 juin 1983 à 13 h 30.

c) Types de cellules et leur incidence sur la ventilation

Le cas de Fribourg présente certains aspects originaux ; le principal est la présence d'un *îlot de chaleur complexe* composé de plusieurs cellules. L'origine de ces cellules peut être, soit l'exposition pour certaines, soit le type d'occupation du sol pour d'autres, enfin et surtout, la juxtaposition des deux éléments. Leur extension en plan et en vertical est variable ainsi que leur durée de vie.

Si l'on se place dans le contexte de la ventilation, il est important de savoir si ces cellules sont ouvertes ou fermées. En effet, si l'écoulement montant (ascendant) diverge par la suite vers la campagne environnante, la ventilation de la ville n'est pas compromise ; ce serait le cas d'une cellule ouverte (Fig. 8). Par contre, si l'écoulement montant était réinjecté en direction de la base, il se formerait une cellule fermée ou rotor (Fig. 9). Toute émission d'agents polluants dans l'atmosphère serait ainsi piégée dans la cellule et la régénération de l'air fortement entravée.

Le gros problème, c'est de déterminer en présence de quel type de cellule nous nous trouvons, pour le cas de Fribourg. Il est pratiquement impossible de tracer la configuration interne de la cellule à partir de mesures in situ. Dans cette optique, la modélisation physique peut apporter des renseignements intéressants. Des conditions analogues à celles trouvées dans la nature sont reproduites, en souffleries, sur une maquette de la ville. Des fumées injectées au-dessus du modèle permettent de visualiser, dans les trois dimensions, l'effet produit par un réchauffement des surfaces construites. Des essais de ce type sont en cours, en collaboration avec le laboratoire du Dr J. Hertig, à l'IEENER (Ecole polytechnique fédérale de Lausanne).

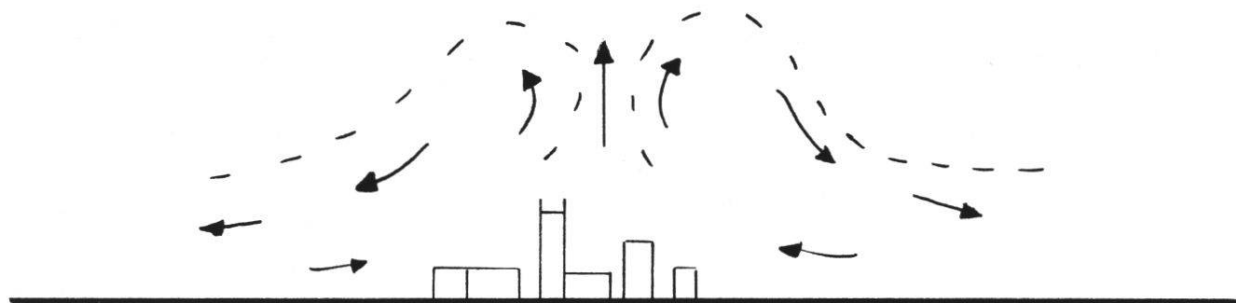


Fig. 8: Cellule chaude ouverte.

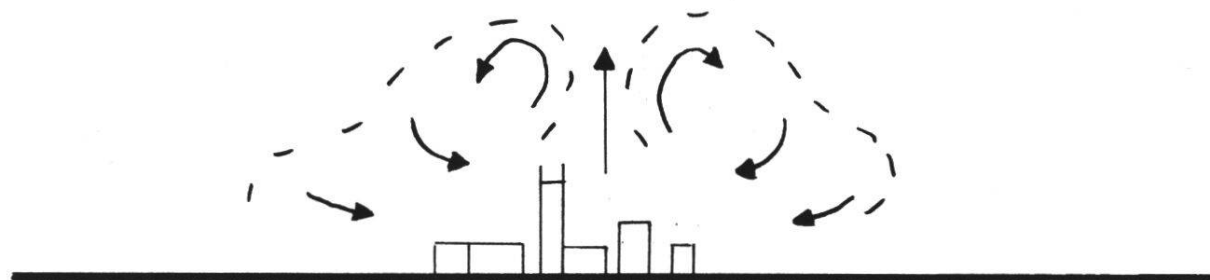


Fig. 9: Cellule chaude fermée.

4. Conclusion

La formation d'un îlot de chaleur estival au-dessus de la ville de Fribourg est un exemple d'effet urbain sur un écoulement d'air. Ce type d'étude, météorologique avant tout, doit pouvoir apporter une connaissance aussi précise que possible du transport des polluants atmosphériques à l'échelle régionale et locale. Il peut devenir un outil utilisable par les pouvoirs publics, lors de travaux touchant au problème actuel de la pollution atmosphérique.

Résumé

La ville de Fribourg (CH) peut exercer, en été surtout, une influence sur la ventilation régionale. Plusieurs types de mesure ont été utilisés afin de déterminer l'extension spatiale et l'évolution dans le temps du système complexe de cellules chaudes formant l'îlot de chaleur urbain de la ville.

Zusammenfassung

Die Stadt Freiburg (CH) kann, vor allem im Sommer, die regionale Durchlüftung beeinflussen. Um die räumliche Ausdehnung und die zeitliche Entwicklung des komplexen Wärmeszellensystems, welches die städtische Wärmeinsel bildet, zu bestimmen, wurden verschiedene Meßmethoden verwendet.

Summary

The town of Fribourg (CH) may exert, mainly in summer, an influence on the regional airflows. Several types of measurements were applied to determine the spatial extension and the evolution in the time of the complex system of heat cells, which form the urban heat island over the town.

Bibliographie

- COLLET, C., et RUFFIEUX, D.: Utilisation d'un microsysteme dans le cadre d'une recherche climatologique: élaboration, analyse et représentation graphique des données. Actes du 2^e colloque de micro-informatique, Rouen 1982.
- ROTEN, M.: Le climat urbain et suburbain de Fribourg. Presses universitaires de Fribourg (CH) 1978.
- - , RUFFIEUX, D., et FALLOT, J. M.: Le climat de Fribourg. Démarches récentes. UKPIK 1. Cahiers de l'Institut de Géographie, Fribourg 1983.
- RUFFIEUX, D.: Utilisation de ballons stabilisés dans un milieu urbain à topographie tourmentée. Actes des journées de climatologie de Lille, Lille (France) 1983.
- - : The influence of the agglomeration of Fribourg (CH) on the local winds. 25. Internat. Geogr. Congr., Symposium Nr. 18: Applied geography. Zürich 1984.