

Zeitschrift: Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg
Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles
Band: 64 (1975)
Heft: 2

Artikel: Contribution à l'étude du climat urbain et suburbain de Fribourg
Autor: Roten, Michel
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-308520>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 30.01.2026

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

Contribution à l'étude du climat urbain et suburbain de Fribourg

par MICHEL ROTEN
Institut de Géographie de l'Université de Fribourg

Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. 64 (2), 65–124 (1975)

Table des matières

| | |
|---|-----|
| Introduction | 67 |
| I. Situation et description du site de Fribourg | 72 |
| II. Le vent | 74 |
| 1. Répartition annuelle et saisonnière | 76 |
| A. Moyennes annuelles sur Fribourg et le Moyen-Pays occidental ... | 76 |
| B. Les vents au gré des saisons | 84 |
| a) en hiver | 84 |
| b) en été | 85 |
| 2. Les vents sur l'agglomération fribourgeoise | 87 |
| A. Rose des vents annuelle de Fribourg | 89 |
| B. Variations en fonction des saisons | 95 |
| a) directions dominantes | 95 |
| b) situations calmes | 96 |
| c) directions secondaires | 96 |
| C. Variations en fonction de l'heure et du mois | 101 |
| 3. Les microcourants au niveau de la rue en période de H.P. hivernale... | 107 |
| A. Les microcourants moyens | 108 |
| B. Microcourants pendant 3 journées typiques | 110 |
| a) le 8.2.1975 | 115 |
| b) le 22.2.1975 | 116 |
| c) le 28.2.1975 | 121 |
| Résumé | 122 |
| Zusammenfassung | 123 |
| Summary | 123 |
| Bibliographie | 124 |

Introduction

Chacun a pu expérimenter que la vie à l'intérieur d'une ville est plus agréable qu'en rase campagne lorsque règne ce qu'il est convenu d'appeler le «mauvais temps». Le problème n'est-il que psychologique, ou les zones urbanisées jouissent-elles de conditions climatiques qui leur sont propres?

De nombreuses recherches ont été entreprises sur ce sujet depuis que KRATZER, dans son ouvrage de base, a essayé de cerner et de décrire le climat urbain. Pour KRATZER, le milieu urbain possède un mésoclimat typique non défini ou aussi «ein Menschen-Klima innerhalb eines begrenzten Raumes». Il souligne également l'influence que les grandes agglomérations peuvent avoir sur le macroclimat des régions dans lesquelles elles s'inscrivent et sur les microclimats qu'elles cachent en leurs murs. Il admet donc trois échelles différentes de recherche en climatologie, soit :

- celle concernant une vaste région, un pays, une partie de continent : l'échelle du macroclimat ;
- puis celle du mésoclimat auquel s'identifie le climat urbain ; et enfin
- celle du microclimat qui se distingue nettement des deux autres par les méthodes de travail qu'elle exige.

Son opinion diverge de celle de nombreux chercheurs de son époque sur ce dernier point. Ainsi, ALISSOV et ses collaborateurs englobent dans le terme microclimat toutes les particularités locales d'un climat, provoquées par les structures changeantes du sol ; GEIGER y voit les conditions propres aux basses couches atmosphériques (en-dessous de 2 mètres) ; cette définition est celle qui aujourd'hui est généralement admise au plan international.

Plus récemment, ERIKSEN définissait le climat urbain comme un mésoclimat qui présente des caractères influencés surtout par les contraintes locales, plus particulièrement par les constructions et autres surfaces urbaines aménagées et cela au-dessous et au-dessus d'une couche d'air de 2 mètres. Cette définition offre l'avantage d'inscrire le concept du microclimat de Geiger dans le climat urbain ; elle permet de comprendre pourquoi les méthodes d'investigation du microclimat et du climat urbain concordent souvent.

Il ressort aujourd'hui des nombreux travaux de recherche effectués, que les villes présentent, par rapport aux régions non bâties qui les entourent, des particularités climatiques importantes; ce sont ces conditions originales qui ont été résumées dans le contexte «climat urbain».

Certains auteurs (ERIKSEN, EDMONDS), en plus de l'analyse des valeurs moyennes portant sur de nombreuses années d'observation, se sont appliqués à suivre l'évolution du climat d'une cité en fonction de la succession des types de temps. Durant une année, ils ont étudié la suite des situations météorologiques, afin de déterminer pour chaque cas l'interdépendance et l'interaction des différents éléments. Ces travaux ont montré que la répartition spatiale des isothermes obéissait tout à la fois à des conditions de topographie locale, de densité de la construction, de nature de la couverture du sol, et qu'elles s'orientaient différemment selon les types de temps considérés. Ils ont également souligné que les dispositions temporelles et spatiales des courbes

| Elément | Grandeur caractéristique | Comparaison avec une zone non bâtie |
|-------------------------|--|---|
| Température | moyenne annuelle minimum hivernal réchauffement diurne | + 0 ^o 5 à 1 ^o C + 1 à 2 ^o C - 10 % |
| Rayonnement | rayonnement global " ultra-violet hiver " " " été durée de l'ensoleillement | - 15 à 20 % - 30 % - 5 % - 5 à 15 % |
| Humidité relative | hiver été | - 2 % - 8 % |
| Précipitations | lame totale annuelle jours avec moins de 5mm pluie " " " " 5mm neige | + 5 à 10 % + 10 % + 5 % |
| Nuages | couverture du ciel brouillard d'hiver " d'été | + 5 à 10 % + 100 % + 30 % |
| Vitesse du vent | moyenne annuelle fréquence des calmes | - 10 à 20 % + 5 à 20 % |
| Pollution atmosphérique | noyaux de condensation pollutions gazeuses | X 10 X 5 à 25 |

Tabl. 1

isothermes découlaient d'échanges d'air locaux d'origine thermique ou topographique.

On s'accorde généralement à reconnaître qu'une grande agglomération urbaine peut modifier les éléments suivants du climat: température, rayonnement, humidité relative, précipitations, nébulosité, vitesse du vent et pollution atmosphérique. Le tableau 1 tiré de l'ouvrage de H. E. LANDSBERG donne une estimation des variations concernant chacun de ces points.

Une meilleure connaissance des conditions climatiques régnant à l'intérieur et aux environs immédiats d'une agglomération est devenue aujourd'hui très importante puisqu'elle apporte aux planificateurs des références qui peuvent infléchir certaines décisions. Il n'est pas indifférent de connaître la fréquence, la direction et la puissance moyennes des vents dominants pour choisir soit un site résidentiel, soit un site appelé à recevoir des complexes industriels susceptibles d'émettre des poussières, des vapeurs ou des gaz incommodants pour la population. Il n'est pas non plus inutile de connaître la fréquence des situations calmes favorables à la stagnation de l'air et, par voie de conséquence, à l'accumulation dans les basses couches atmosphériques d'éléments polluants.

Les brises de campagne, à peine perceptibles mais régulières parce que dépendant directement du climat urbain ou sub-urbain, peuvent aussi intéresser l'urbaniste. Circulant à basse altitude, elles ajoutent leur effet à celui des subsidences locales qui rabattent vers le sol des aérosols ou des gaz que les cheminées avaient projetés dans l'atmosphère; elles ramènent ainsi vers la ville des inconvénients que l'on avait voulu éloigner définitivement en bâtissant tel complexe industriel en banlieue.

Il va sans dire que l'analyse des microcourants glissant à basse altitude devrait, pour être efficace, s'appuyer également sur une étude de la structure verticale de l'atmosphère urbaine. Ne disposant pas des appareils d'investigation nécessaires, nous avons dû nous contenter d'observer ce qui se passe au niveau du sol. Peut-être nous sera-t-il possible un jour de pénétrer dans cette troisième dimension qui, vu nos moyens modestes, nous est actuellement inaccessible.

Il est superflu de souligner la nécessité de connaître le régime pluviométrique pour dimensionner les différentes canalisations; on s'y réfère depuis longtemps.

Une bonne connaissance des conditions thermiques moyennes et extrêmes est aussi utile, voire nécessaire, aux architectes; mais en tient-on vraiment compte chez nous, en période de forte sollicitation de l'industrie du bâtiment? La pénurie d'énergie soulignera sans doute un jour l'importance de cet élément climatique et la baisse de la demande dans l'industrie du bâtiment permettra peut-être qu'on s'y intéresse! Quant à la répartition des courbes isothermes, elle peut retenir l'attention d'un architecte soucieux du détail; les écarts thermiques qui se présentent à l'échelle d'une cité et de ses faubourgs ne nous semblent cependant pas, dans la conjoncture actuelle, de nature à influencer une décision d'implantation, ceci d'autant plus que le fait de construire modifiera à brève échéance les conditions microclimatiques de la zone en question. Il convient toutefois de souligner qu'à l'intérieur de la ville une légère économie de chauffage est possible, puisque la moyenne des minima pour une grande agglomération atteint 3 à 5° de moins qu'en banlieue!

L'ensoleillement a toujours été un facteur attractif pour l'implantation de zones résidentielles; on a constaté cependant que l'avantage considéré au départ allait s'amenuisant au fur et à mesure de l'extension de la cité, à cause de l'augmentation de la fréquence des brumes ou des brouillards. Enfin, avec l'intensification des émissions nuisibles dans l'atmosphère urbaine, dues aussi bien aux chauffages domestiques qu'aux voitures ou aux usines, il est devenu urgent de déterminer les menaces qui pèsent sur la qualité de l'air que respire le citadin; une meilleure compréhension du climat urbain permet de connaître avec plus de précision le cadre dans lequel les phénomènes de pollution atmosphérique peuvent se manifester; elle permet aussi de cerner les causes qui vont contribuer à l'accentuation ou à l'atténuation du phénomène.

La ville de Fribourg n'est sans doute pas menacée comme d'autres grandes métropoles par ce dernier fléau de notre temps; il nous est cependant paru intéressant de la connaître également sous son aspect climatique avant que cela ne devienne nécessaire, et ceci tout en préparant de jeunes géographes à réaliser de façon indépendante une telle recherche.

Au cours de l'année académique 1973/1974, nous avons donc à notre tour entrepris des investigations climatiques sur l'agglomération fribourgeoise en nous préoccupant plus particulièrement des

En plus de ses dimensions restreintes, capables de modifier des données applicables à d'autres grandes villes, Fribourg possède une topographie qui en fait déjà un cas spécial. L'agglomération, en effet, est coupée en sa partie orientale par le profond canyon de la Sarine dont la profondeur atteint 100 mètres et la largeur 5 à 600 mètres. Cette vallée, bordée de surcroît de collines dominant le thalweg de plus de 200 mètres, est susceptible de modifier d'une façon particulière les conditions mésoclimatiques de l'agglomération. (Fig. 1.)

I. Situation et description topographique de Fribourg

Située dans la partie occidentale du Moyen-Pays suisse, au sud de Berne, Fribourg occupe sur la Sarine une position comparable à celle de la capitale fédérale par rapport à l'Aare. La ville s'étend des rives de la Sarine qui coule à 540 mètres d'altitude, jusqu'aux collines de *Cormanon*, *Bertigny*, *Bonnes Fontaines* ou *Schönberg* culminant entre 680 et 700 mètres. La plus grande partie de l'agglomération est bâtie sur la rive gauche de la rivière; l'extension vers le sud est interrompue par une série de méandres orientés d'ouest en est. La partie essentielle de la cité s'étage sur trois replats successifs entre les cotes 550 et 650. La terrasse supérieure large de 500 à 800 mètres, rendue plus ou moins horizontale par des travaux de remblaiement, n'est plus découpée aujourd'hui que par un petit vallon suspendu qui s'étire de *La Chassotte* aux *Neigles*; elle porte l'essentiel de la ville moderne. L'extension vers l'ouest a suivi jusqu'à ce jour la zone basse déterminée par la prolongation de la dépression citée plus haut, ainsi que deux autres vallons, remblayés ceux-là, près de leur débouché dans le canyon, et qui descendent l'un du *Guintzet*, l'autre du quartier *St-Jacques* en direction de *La Maigrange*. Un troisième axe de développement longe les bords de la Sarine en direction des *Daillettes*. L'accès au fond du canyon est difficile en dehors du site de l'ancienne cité. La vieille ville fortifiée, *Le Bourg*, occupe la terrasse intermédiaire à une cinquantaine de mètres au-dessus du niveau de la rivière. La Basse-Ville, construite de part et d'autre de la Sarine sur la terrasse inférieure, se partage en quatre quartiers¹ aux dimensions modestes:

¹ Le mot quartier est employé dans son sens géographique; il se réfère aux lieux-dits du plan de la ville de Fribourg.

La Neuveville sur la rive gauche, à l'ouest du vieux bourg, *Les Planches* au sud, sur la rive droite, *L'Auge* à gauche de la Sarine, dans le prolongement du vieux bourg et à l'est, sur la rive droite, le quartier de la *Porte-de-Berne*. Le fond plat de la vallée à l'est n'est que peu ou pas bâti sauf à la partie intérieure du méandre de la *Goz-de-la-Torche*, où sont édifiées l'usine d'incinération des ordures ménagères et la station d'épuration des eaux usées. Le reste de l'agglomération s'étage sur la colline du *Schönberg*; l'extension de ce quartier se fait en direction de l'est, bloquée qu'elle est en direction du sud par la *gorge du Gottéron*. Le développement de la zone bâtie est peu important autour du hameau ancien de *Bourguillon* placé au débouché nord d'un petit ensellement reliant les ravins de la Sarine et du Gottéron.

Des falaises vives bordent la plus grande partie du canyon de la Sarine qui déroule ainsi un large ruban de verdure à l'intérieur et en bordure de la cité. Dans le cadre de l'agglomération, deux ponts sont jetés par-dessus la vallée creusée par la Sarine, l'un au sud, l'autre à l'est; un troisième franchit le Gottéron du nord au sud, et un quatrième la Glâne selon la même direction.

Nous nous proposons d'étudier le climat fribourgeois de façon analytique en abordant successivement chacun des éléments essentiels qui le constituent: le vent, la nébulosité et l'ensoleillement, les précipitations, la température et l'humidité relative.

Dans la première partie de chaque chapitre, nous essayerons de placer notre cité dans le contexte climatique auquel sa position géographique semble la rattacher: le Moyen-Pays suisse ou plus précisément la région comprise entre le Jorat et le Napf.

Dans une deuxième partie nous essayerons de mieux connaître certains aspects propres au climat de Fribourg. Nous tenterons ensuite, dans la mesure du possible, d'inscrire les particularités fribourgeoises dans la dynamique du climat d'Europe occidentale; nous choisirons pour cela l'un ou l'autre exemple précis parmi les plus typiques.

II. Le vent

Dans les agglomérations, au niveau du sol, les vents violents sont moins fréquents qu'en rase campagne. Cela tient soit aux sites choisis pour l'édification des cités, soit au fait urbain lui-même. La ville se présente en effet face aux basses couches atmosphériques, comme une surface à rugosité élevée, comparable à celles que peuvent créer, dans les campagnes, des forêts coupées de clairières, des bosquets, des haies ou des arbres isolés. Cette rugosité ralentit les courants de surface et accentue les turbulences locales qui peuvent créer, au-dessus et dans l'agglomération, un coussin d'air qui fait de la ville, placée dans un flux d'air généralisé, une zone aérologique à part. Par vent violent intéressant un vaste territoire, ce coussin d'air peut, au-dessus de l'agglomération, provoquer une accélération de l'écoulement. En revanche, quand un puissant courant d'ensemble fait défaut, ces turbulences, alliées à des déplacements d'air d'origine thermique peuvent, à l'intérieur et aux confins d'une ville, donner naissance à une brise de campagne orientée généralement vers le centre thermique de la cité, qui y apporte, selon les conditions locales, de l'air frais et pur de la campagne ou aussi, y ramène l'air pollué que la dispersion atmosphérique avait momentanément éloigné de l'agglomération (fig. 2).

Comparée aux roses des vents des régions voisines du Moyen-Pays, celle de Fribourg n'offre pas de différences fondamentales puisque l'ensemble de ce territoire est soumis en sa partie ouest à des conditions macroclimatiques comparables et que les particularités ne peuvent tenir qu'à des contingences locales (fig. 3).

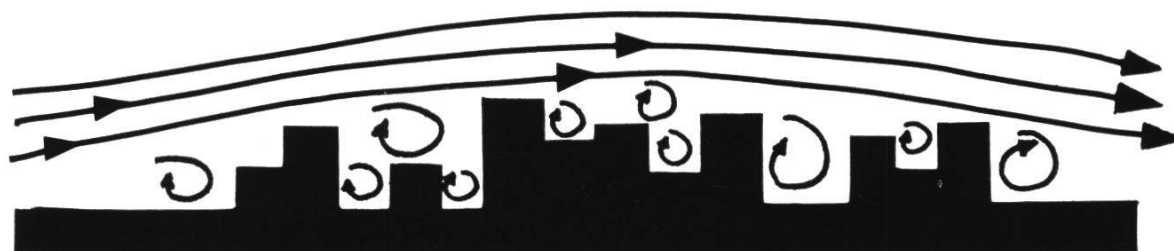
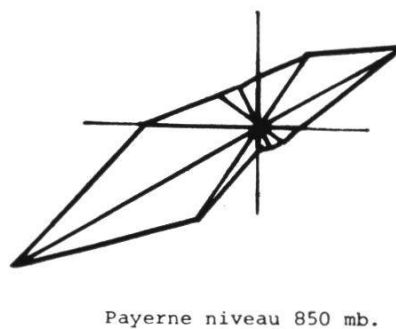
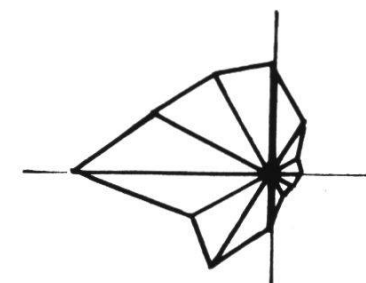
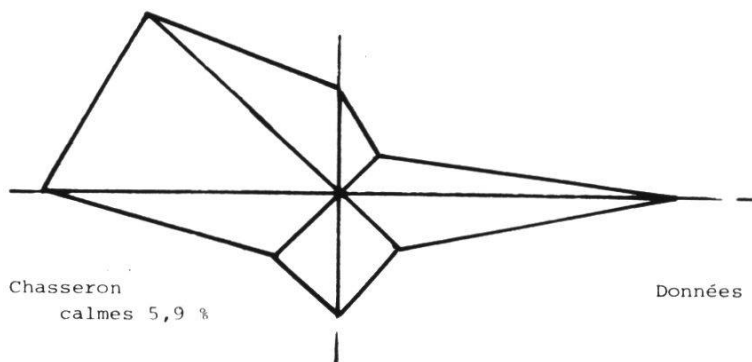
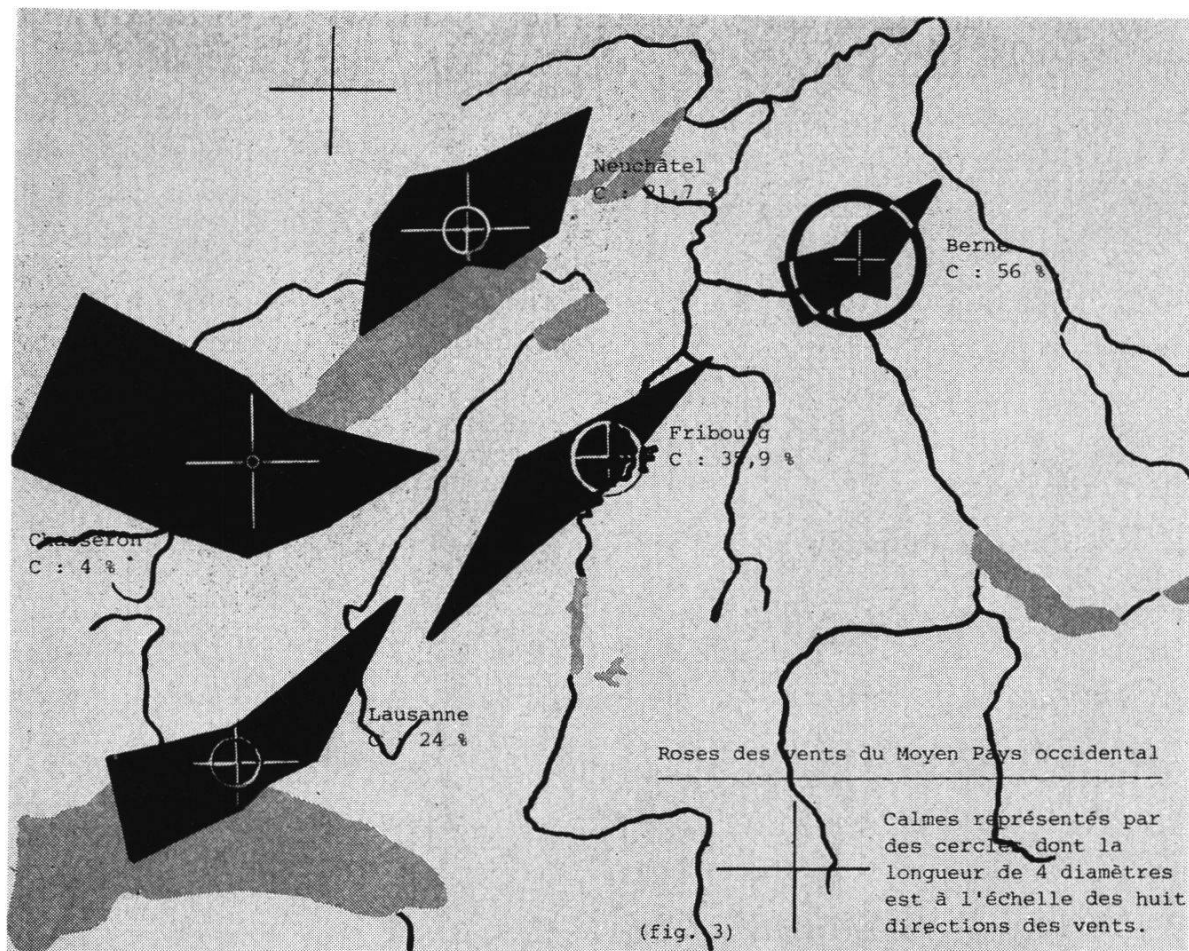


Fig. 2: Représentation schématique de l'écoulement d'une masse d'air par-dessus une zone bâtie. La rugosité de la surface provoque des turbulences locales.



Une portion importante de Fribourg étant bâtie en-dessous du niveau moyen du Plateau fribourgeois environnant, la ville occupe un site particulièrement abrité des vents généralisés balayant le Moyen-Pays suisse. La topographie se présente en outre de telle façon qu'elle peut favoriser une circulation orientée en gros du sud-ouest vers le nord-est ou inversement; elle peut également entraver le libre écoulement des courants soufflant de l'ouest vers l'est et diriger parallèlement à l'axe de la Sarine les couches inférieures des moins puissants d'entre eux.

1. Répartition annuelle et saisonnière des vents

A. *Les vents à Fribourg et sur le Moyen-Pays occidental* (moyennes annuelles) (fig. 4)

Les roses des vents moyennes de Fribourg, Berne, Neuchâtel et Lausanne ont en commun une orientation générale plus ou moins parallèle aux reliefs des Alpes et du Jura. Les directions dominantes sont celles du sud-ouest ou du nord-est. L'ordre d'importance de ces deux axes n'est cependant pas partout le même. A Fribourg, les courants du sud-ouest sont les plus nombreux alors qu'à Berne, Neuchâtel et Lausanne ceux du nord-est viennent en tête, suivis de peu par ceux du sud-ouest.

Les situations calmes auxquelles s'ajoutent les vents cotés $V = 0$, sont en nombre à peu près équivalent à Neuchâtel (21,9%) et à Lausanne (24%). Elles se présentent un peu moins de deux fois plus souvent à Fribourg (35,9%); à Berne, elles sont largement majoritaires (55%).

Les caractéristiques des roses des vents du Moyen-Pays occidental nous apparaissent en partie comme des conséquences de la topographie d'ensemble et de positions géographiques locales particulières.

En effet, si nous observons ce qui se passe au Chasseron, sur la ligne de faite du Jura, nous constatons que les advections d'ouest et du nord-ouest passent en tête, alors que celles qui étaient les plus nombreuses au niveau du Plateau y deviennent les plus rares. Au-dessus de Payerne en revanche, au niveau 850 mb (altitude 1500 mètres), les directions maîtresses qui règnent sur le Plateau fribourgeois sont

perceptibles. Les Alpes, grâce à leur plus grande proximité, y maintiendraient-elles un flux d'air orienté parallèlement à l'ensemble de la chaîne? Ces courants, conformes aux grandes lignes du relief, s'affaiblissent fortement au niveau de 500 mb (altitude voisine de 5000 mètres); ils y font place à des flux dominants, soufflant comme au Chasseron d'ouest ou du nord-ouest (fig. 4b).

La relative faiblesse des situations calmes, à Lausanne et à Neuchâtel, tient sans doute à la position riveraine des deux cités; les contrastes thermiques existant entre les lacs et les terres environnantes entraînent des courants locaux plus contrastés que ceux naissant entre la ville et la campagne.

Les documents disponibles auprès de l'ISMZ et publiés par MAX SCHÜEPP ne permettent pas une comparaison absolue des stations retenues. A Fribourg, en effet, la direction et la force des vents ont été déterminées à l'aide d'un fanion girouette fixé sur le toit d'une maison; d'après M. SCHÜEPP, la force des courants y a été surestimée. Il n'est donc pas possible de comparer les vitesses relevées à Fribourg à celles de Berne, Neuchâtel et Lausanne dont les observatoires étaient équipés d'anémographes. Nous nous limiterons donc dans cette analyse à une comparaison relative basée sur des pourcentages seulement. Nous nous arrêterons d'abord aux moyennes annuelles.

Répartition des vents violents (force supérieure à 45km/h, échelle Beaufort 8) (fig. 5A)

A Fribourg, ils soufflent surtout du secteur sud-ouest: 86% des cas (soit: SW: 70%, W: 10%). 12% sont originaires du nord-est (11%), de l'est ou du nord (1%).

A Berne, la répartition est très voisine de celle de Fribourg: 82% pour le secteur sud-ouest (SW: 46%, W: 36%) contre 13% à celui du nord-est (NE: 8%, E: 3%, N: 2%).

A Neuchâtel, nous ne retrouvons pas l'écrasante majorité des vents du sud-ouest. 59% des courants rapides s'inscrivent dans le secteur ouest (SW: 40%, W: 9%, NW: 10%) et 38% dans celui du nord-est (NE: 22%, E: 11%, N: 5%).

Lausanne connaît un régime très différent; 59% soufflent du nord-est et 38% seulement du sud-ouest (SW: 26%, W: 12%). Il semble

que la fréquence plus grande de la bise soit responsable de l'accentuation nord-est et est de Neuchâtel, ainsi que du renversement des valeurs de Lausanne où l'on enregistre une nette primauté du secteur nord-est.

Répartition des vents de force moyenne (27 à 45 km/h, échelle Beaufort 5 à 7 (fig. 5B)

A Fribourg, les vents du secteur sud-ouest restent prépondérants: 74 % (SW: 59 %, W: 15 %). 24 % soufflent du nord-est (NE 23 %, N: 1 %.)

Berne présente à nouveau une image voisine de celle de Fribourg: 68 % s'inscrivent dans le secteur ouest (SW: 38 %, W: 28 % et NW: 2 %); l'accentuation de la direction ouest est cependant à souligner.

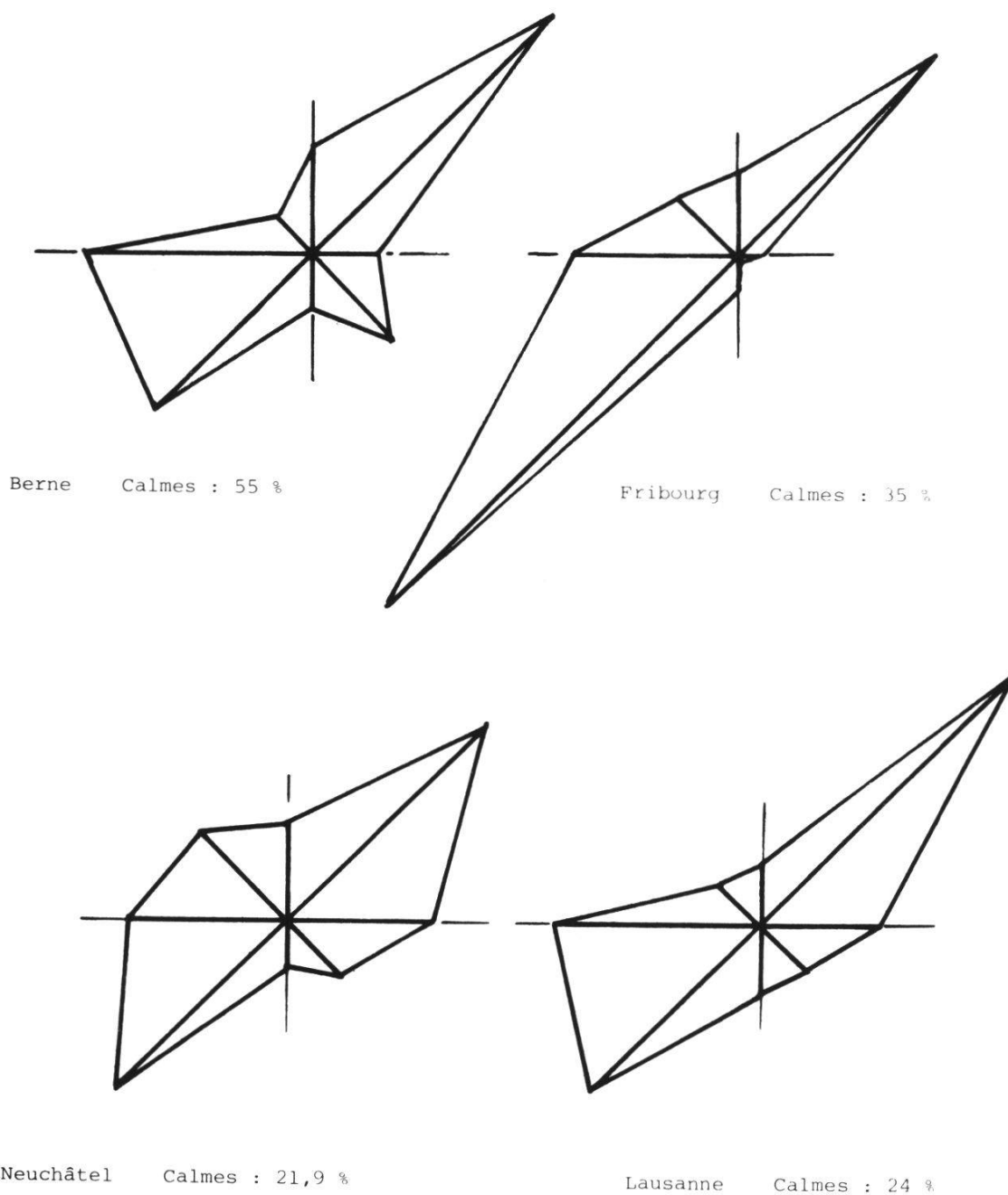
Neuchâtel présente encore une dominante ouest très atténuée 58 % (SW: 32 %, W: 15 %, NW: 11 %), ainsi qu'un renforcement du secteur nord-est 41 % (NE: 21 %, E: 14 %, N: 6 %).

A Lausanne, nous notons la même opposition qu'en ce qui concerne les vents violents; ceux du nord-est sont prépondérants 59 % (NE 57 %, E: 2 %); les courants du sud-ouest 39 % semblent s'orienter parallèlement à la dépression lémanique (SW: 12 %, W: 26 %, NW: 1 %).

De cette deuxième approche nous pouvons déduire que l'influence du relief du Moyen-Pays occidental se remarque dans la répartition des vents de force moyenne.

L'accentuation de la direction ouest de Berne, au détriment de celle du sud-ouest, ne serait-elle pas une conséquence de l'abaissement progressif vers le nord-est de la barrière jurassienne et de l'ouverture du large sillon de la vallée de l'Aare en direction de l'est sud-est? (cf. la rose des vents du Chasseron). La dépression lémanique prolongée par la haute vallée du Rhône semble également canaliser une part considérable des vents issus du secteur sud-ouest à ouest. A Neuchâtel et à Fribourg, où les grandes lignes topographiques favorisent un écoulement sud-ouest nord-est, la distribution des vents de force moyenne reste comparable à celle des vents forts.

Les vents faibles (échelle Beaufort 3 et 4, vitesse: 13 à 27 km/h) (fig. 5C)

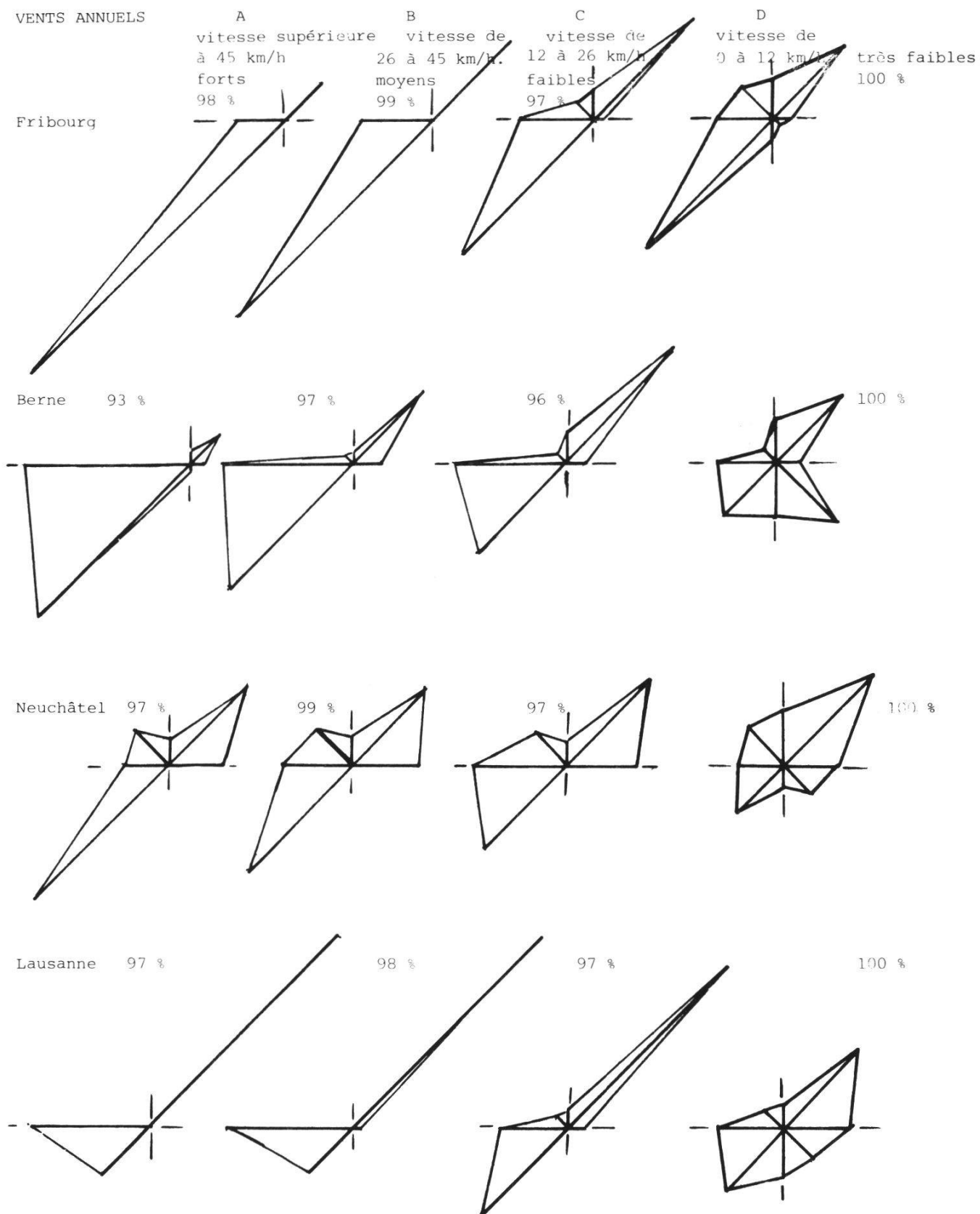


ROSE DES VENTS DES VITESSES (1 à 12 : ECHELLE BEAUFORT)

SANS LES VENTS 0 (NI LES CALMES POUR FRIBOURG)

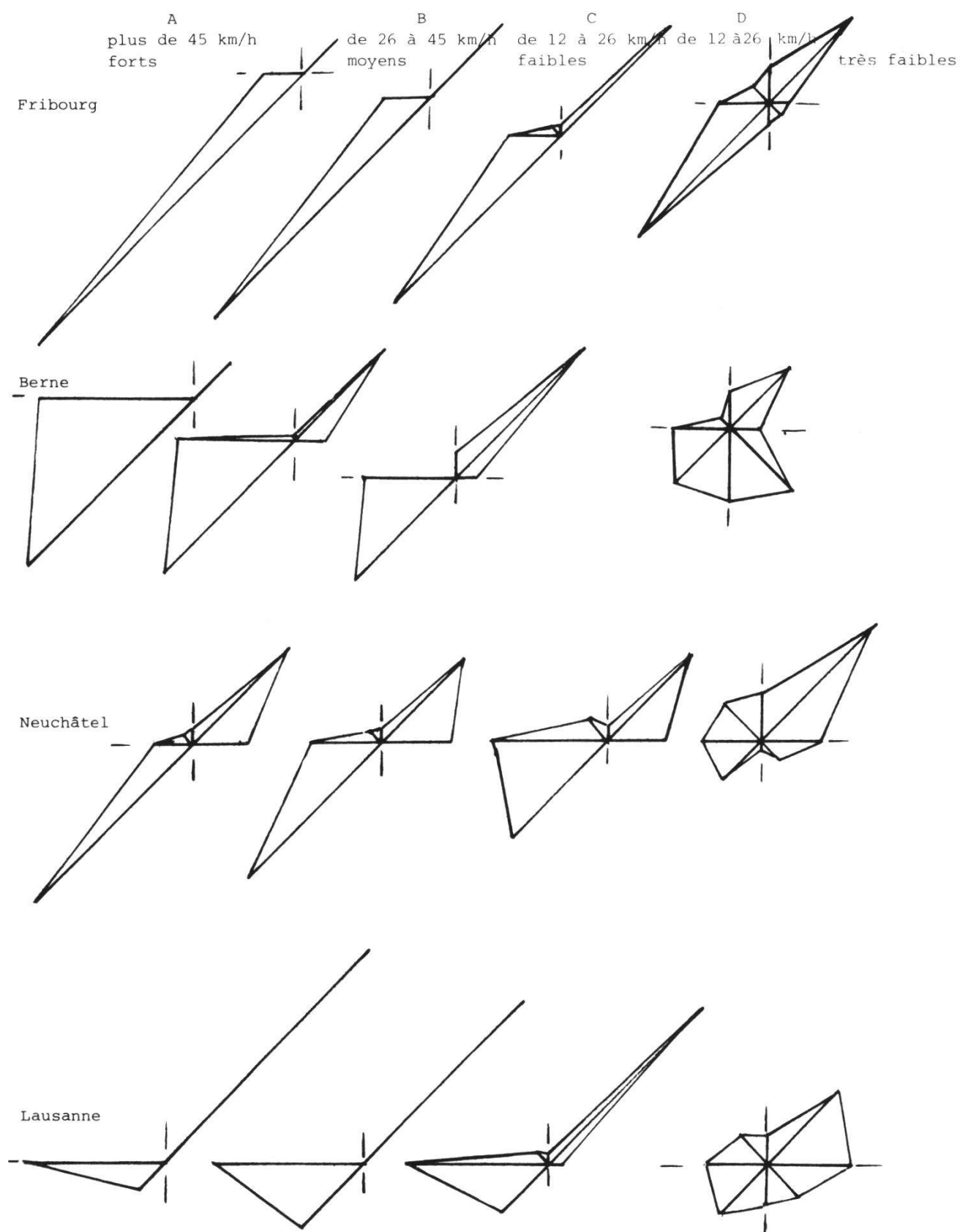
(fig. 4)

VENTS ANNUELS



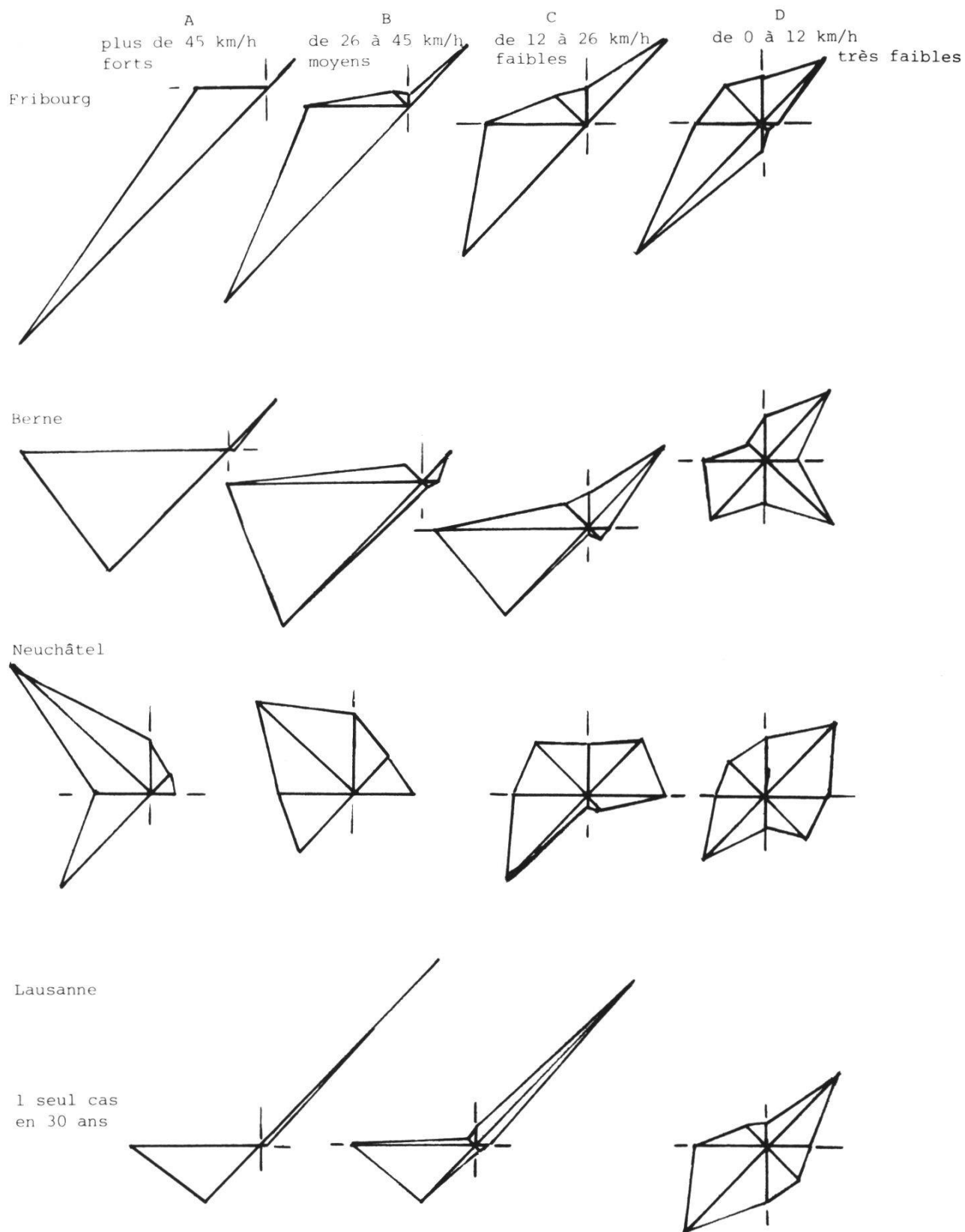
LES VENTS MOY. AN. SUR LE MOYEN-PAYS OCCIDENTAL

(fig. 5)



LES VENTS EN HIVER SUR LE MOYEN-PAYS OCCIDENTAL

(fig. 6)



LES VENTS EN ETE SUR LE MOYEN - PAYS OCCIDENTAL

(fig. 7)

A Fribourg, la prédominance du secteur sud-ouest est moins caractéristique que pour les échelles Beaufort supérieures; avec 61 % des cas, il demeure cependant majoritaire (SW: 40 %, W: 16 %, NW: 5 %). Le secteur nord-est 36 % est nettement accentué comparative-ment à ce que nous avons vu plus haut; la direction nord se renforce au détriment de celle de l'est (NE: 29 %, N: 6 %, E: 1 %).

A Berne, nous constatons le même affaiblissement du secteur sud-ouest qui tombe de 68 à 54 % (SW: 27 %, W: 24 %, NW: 3 %); l'accentuation de la direction ouest se confirme. Le secteur nord-est 42 %, parallèle aux grandes lignes topographiques, se renforce (NE: 32 %, N: 6 %, E: 4 %).

A Neuchâtel, en revanche, l'importance des deux grandes directions demeure presque inchangée: 54 % des cas intéressent le secteur ouest (SW: 25 %, W: 20 %, NW: 9 %) et 43 % celui du nord-est (NE: 23 %, E: 15 %, N: 5 %).

A Lausanne, la même opposition existe toujours; le secteur nord-est demeure prépondérant 54 % (NE: 41 %, E: 3 %, N: 3 %); celui du sud-ouest (43 %) est beaucoup plus varié (W: 26 %, SW: 14 %, NW: 3 %).

En ce qui concerne l'influence de la topographie sur les vents faibles, les mêmes remarques pourraient être faites qu'à propos des courants de force moyenne.

Les vents très faibles et nuls (inférieurs à 13 km/h, échelle Beaufort 1 et 2) (fig. 5D) ne s'orientent plus selon les schémas que nous venons de décrire; ils obéissent à des contingences locales. Nous ne retrouvons les directions dominantes que là où elles concor- dent avec la topographie du site ou avec d'autres facteurs régionaux tels que présence de vallées ou de lacs, etc.

A Fribourg, les directions est et sud demeurent faibles, mais leur fréquence est proportionnellement plus forte; nous y reviendrons plus loin.

A Berne, les directions sud-est et sud sont favorisées de façon excep- tionnelle: elles sont surtout fréquentées par les vents très faibles; sans doute faut-il y voir une corrélation entre la large vallée de l'Aare

qui s'ouvre au sud et au sud-est de la capitale fédérale, et le long de laquelle des brises de vallées peuvent régulièrement se manifester.

A *Neuchâtel*, les courant faibles soufflant du lac (sud et sud-est) s'ajoutent également à la rose dessinée par les courants de vitesse peu accentuée. Un renforcement de la tendance nord est aussi à signaler. Nous sommes vraisemblablement, ici, confrontés à des phénomènes de brises du lac et de montagne qui apparaissent régulièrement et indépendamment des advections généralisées.

En ce qui concerne Lausanne, la brise du lac s'inscrit assez vigoureusement dans les directions sud et sud-est; nous remarquons aussi une très faible accentuation des secteurs nord-ouest et nord-est, peut-être provoquée par la brise de terre (ou de montagne puisque nous sommes sur le versant sud du Jorat).

Il semble donc que la topographie locale joue à Fribourg et à Berne, sur les vents faibles et très faibles, un rôle plus grand qu'à Lausanne et à Neuchâtel où les lacs nous paraissent être les éléments déterminants des faibles déplacements d'air régionaux.

B. *Les vents sur Fribourg et le Moyen-Pays occidental au gré des saisons*

a) *Les vents en hiver (fig. 6)*

En ce qui concerne les courants rapides, Fribourg se différencie nettement des trois autres cités. 80 % des vents supérieurs à 45 km/h y soufflent du sud-ouest contre 50 % à Berne, 48 % à Neuchâtel et 8 % seulement à Lausanne. La part de la direction ouest se trouve par conséquent considérablement amoindrie sur les bords de la Sarine où sa fréquence (8 %) est comparable à celle de Neuchâtel (9 %); à Berne (33 %) et Lausanne (30 %), la part de cet axe est plus élevée. Il nous semble raisonnable d'attribuer ces contrastes à l'influence de la topographie sur les advections rapides hivernales, puisque les conditions météorologiques générales du Plateau suisse-occidental sont les mêmes, alors qu'une différence aussi grande apparaît entre les divers observatoires. La rose de Lausanne révèle en outre un renforcement exceptionnel de la bise (62 %) sur le versant sud du Jorat. Celle-ci est déjà plus forte à Neuchâtel

(28 %) qu'à Berne (10 %) et à Fribourg (10 %). Il nous semble également intéressant de souligner que seule la station de Neuchâtel relève des vents rapides du secteur est (11 %); ceux-ci, canalisés par la chaîne jurassienne, poursuivent leur route en tournant au nord-est le long du sillon subjurassien; ils contribuent sans doute à l'accentuation exceptionnelle de cette direction sur le bassin lémanique. Nous aurions ainsi pour Neuchâtel $(28 + 11) = 39\%$ de vents violents dus à la bise, soit une proportion se rapprochant plus encore de celle de Lausanne.

La distribution des courants de force moyenne (fig. 6B) est dans l'ensemble assez voisine de la première; nous constatons cependant un léger affaiblissement nord-est. A Neuchâtel on pourrait en outre relever une accentuation des secteurs est et ouest.

Les vents faibles ne présentent une rose (fig. 6C) aux différences sensibles que pour Neuchâtel. La direction ouest y prend une place aussi importante que celles du nord-est ou du sud-ouest. Berne et Fribourg notent à nouveau un affaiblissement de l'axe du sud-ouest au profit, toujours, du nord-est; la bise y est encore peu accentuée.

L'étude des vents très faibles (fig. 6D) nous permet de souligner quelques petites modifications que l'hiver apporte aux roses des vents annuelles. A Fribourg, l'axe sud-ouest est légèrement affaibli (37 % au lieu de 41 %) au profit de celui du nord-est (24 % au lieu de 21 %). A Berne, c'est la direction sud-ouest qui prend une place plus grande (16 % au lieu de 12 %) sans qu'aucune direction ne soit visiblement affaiblie. A Lausanne, l'axe sud-ouest tombe de 19 à 14 % et celui d'est se renforce de 14 à 18 %. C'est à Neuchâtel que se présentent les contrastes les plus importants; les brises du sud tombent de 5 à 2 % et celles du sud-est de 9 à 5 %, alors que se renforcent les courants du nord-est qui s'élèvent de 27 à 35 %; ne serait-ce pas à cause de l'origine essentiellement thermique de ces faibles déplacements d'air?

b) *Les vents en été* (fig. 7)

En été, sur Fribourg, les vents violents soufflent également du sud-ouest (74 %); ceux d'ouest ne sont que 15 % et ceux du nord-est 7 %. A Berne, la direction ouest (43 %) est dominante

alors que celle du sud-ouest est faible (35 %) comparativement à Fribourg. Les rafales violentes du nord-est balaient deux fois plus souvent le ciel bernois (14 %) que celui de Fribourg.

La direction nord-ouest (39 %) est prépondérante à Neuchâtel, alors que l'axe sud-ouest est encore plus affaibli qu'à Berne (28 %). Une fréquence inusitée y caractérise également la direction nord (11 %), alors que les advections d'ouest sont en gros aussi fréquentes qu'à Fribourg (11 %). A Lausanne, un seul cas de vent supérieur à 45 km/h a été signalé en été de 1930 à 1960.

Les vents de vitesse moyenne (fig. 7B) balayant le ciel fribourgeois soufflent en majorité du sud-ouest (55 %). La diminution se fait au profit de ceux d'ouest (21 %), plus favorisés qu'en hiver, et du nord-est (17 %). A Berne la répartition est comparable à celle qui régit les vents supérieurs à 45 km/h; les axes ouest (40 %) et sud-ouest (41 %) se taillent la part principale. Nous relevons particulièrement l'importance de l'axe ouest qui en hiver se situe aux environs de 26 %. A Neuchâtel, la direction nord-ouest reste la principale (27 %), celles du sud-ouest, de l'ouest, et du nord sont de valeurs égales (16 à 17 %). Les vents du nord et du nord-est sont plus nombreux que dans la rose des courants violents. La différence entre les répartitions estivales et hivernales est aussi importante qu'en ce qui concerne les vents supérieurs à 45 km/h. A Lausanne, la direction nord-est (54 %) l'emporte à nouveau, comme en hiver, devant celle d'ouest dont la valeur rappelle celle de Fribourg (25 %).

Les vents faibles soufflent sur Fribourg d'abord du sud-ouest (37 %). La direction ouest est à nouveau plus fréquente qu'en saison froide (21 %). La rose estivale de cette catégorie s'écarte cependant assez nettement de celle de l'hiver; les deux axes principaux sont moins écrasants et les directions ouest (21 %) nord-ouest (8 %) et nord (7 %) y jouent un rôle croissant, ces deux dernières directions étaient presque inexistantes en hiver!

Les mêmes remarques s'appliquent aux variations hiver été de Berne: la perte d'importance des axes principaux, sud-ouest (24 %) et nord-est (22 %) permet à l'axe ouest de passer en tête. Comme à Fribourg, les directions nord-ouest (7 %) et nord (7 %) prennent pendant cette saison une place appréciable.

A Neuchâtel, la rose des vents faibles est assez voisine de celle des vents moyens; nous relevons cependant une raréfaction des cas nord-ouest (15 %) et un renforcement de ceux du nord (16 %), du nord-est (15 %) et du sud-ouest (25 %).

En été les très faibles déplacements d'air (fig. 7D) se répartissent à Fribourg, en gros, comme en hiver; nous trouvons cependant un affaiblissement des deux axes principaux (ouest: 7 % et nord-est: 7 %) qui se fait au profit de directions secondaires, celle du nord-ouest plus particulièrement. A Berne, la ressemblance des roses estivales et hivernales est encore plus grande; nous ne soulignons qu'une relative faiblesse du secteur sud (9 %) compensée par un accroissement équitablement réparti des autres directions. La ressemblance qui existe entre les roses des vents faibles de Fribourg et de Berne (fig. 7d) n'existe plus du tout en ce qui concerne les courants très faibles: le facteur relief local y devient prépondérant.

La rose des vents très faibles de Neuchâtel diffère de celle des vents faibles; les directions sud et sud-est qui étaient nulles prennent dans cette catégorie une place appréciable: 7 % pour la première et 12 % pour la seconde. Leur renforcement se fait au détriment des axes ouest, nord-ouest et nord. Si nous comparons les statistiques estivales et hivernales, nous soulignons, comme à Berne et à Fribourg, un renforcement du secteur sud à sud-est qui se manifeste parallèlement à une raréfaction des courants du nord-est.

A Lausanne, le contraste entre vents faibles et très faibles est encore plus grand. L'axe sud-ouest (24 %) prend la tête devant ceux du nord-est (19 %) et d'ouest (15 %). Les autres directions, presque inconnues des vents faibles, prennent une place importante dans le secteur qui va du sud à l'est (30 %) et plus modeste dans celui du nord-ouest nord (11 %). Il n'y a que peu de changements par rapport à l'hiver, si ce n'est un affaiblissement de la direction est (— 9 %) et un renforcement du sud-ouest (+ 10 %).

2. Les vents dans l'agglomération fribourgeoise

Cette étude ne concerne pas les microcourants perçus au niveau de la rue; elle se base sur les documents enregistrés pour le compte de l'ISMZ et publié par MAX SCHÜEPP.

Pour cette analyse de l'aérologie de notre ville, nous pouvons compter sur une longue série d'observations. Mise en place au début du siècle, la station climatologique de Fribourg a fait des observations aérologiques régulières à partir de 1937. Depuis 1960, elle a dû changer deux fois de point d'observation; si ces déplacements sont un handicap lorsqu'on désire comparer les conditions moyennes de la cité avec celles d'autres lieux de Suisse, ils nous ont en revanche été d'un gros avantage quand il s'est agi d'étudier le climat à l'intérieur de l'agglomération. Ils nous a été possible de découvrir non seulement les conditions d'ensemble auxquelles est soumise l'agglomération, mais aussi, en procédant par comparaisons, de déterminer l'influence de l'orographie et de la zone bâtie sur l'apparition de courants locaux.

Nous avons, pour cette analyse, pu compter sur les enregistrements faits jusqu'en 1964 dans le quartier de Gambach aux flancs de la colline du Guintzet, à 677 mètres d'altitude (dans la suite du travail nous utiliserons l'une ou l'autre appellation); pendant les 3 premiers mois de 1964, l'Institut de Bertigny s'est chargé des contrôles. Une deuxième série de mesures utilisables a été faite dans la région de Cormanon, à Notre-Dame-de-la-Route (altitude 696 mètres), de 1964 à 1971 (même remarque que pour Gambach!); actuellement, la station est installée à Posieux (Grangeneuve). Le deuxième lieu d'observation se trouve aux confins sud-ouest de l'agglomération, au nord du quartier des Daillettes; contrairement au premier observatoire, la topographie ne constitue en aucune façon un obstacle face à de faibles écoulements d'air qui se feraient d'ouest, du sud-ouest ou du nord-ouest en direction de Fribourg. Quand on compare les deux roses des vents moyennes, on est frappé par la similitude existant entre la rose des vents du Guintzet pour les années 1938 à 1960, et celle de Notre-Dame-de-la-Route pour 1964 à 1970. En revanche, les observations faites de 1957 à 1963 au Guintzet s'écartent sensiblement des deux premières en ce qui concerne les directions secondaires: E, SE, S et W, NW (fig. 8). Ce contraste est signalé à partir du début de l'année 1957 (tabl. 2) il correspond à une amélioration apportée à la station d'observation: modification de l'emplacement et révision des instruments utilisés; la deuxième série de mesures paraît donc être plus proche de la réalité.

A. La rose des vents annuelle de Fribourg

Si on analyse la rose des vents sans référence aucune à l'heure, au mois ou à la saison d'observation, on constate que les vents du sud-ouest sont largement dominants. Ils représentent au Guintzet le 41 % des cas de vents supérieurs à $V = 0$ et à Cormanon le 46 %. Le deuxième rang est tenu par les courants du nord-est qui représentent pour le premier point d'observation le 20 % des cas et le 21 % pour le deuxième. Ces deux directions, en harmonie avec la topographie régionale fribourgeoise tout comme avec celle de l'ensemble géographique plus grand dans lequel la cité s'inscrit (le Plateau suisse), sont donc largement dominantes puisqu'elles représentent en gros les 2/3 des cas dans l'un et l'autre lieu. Si nous tenons compte de la totalité des mesures, c'est-à-dire également des vitesses cotées 0, les vents d'ouest ou du nord-est se présentent une fois sur deux à Notre-Dame-de-la-Route: ($38 \% + 12 \% = 50 \%$) et deux fois sur cinq

| Année | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW | CALMES |
|----------------|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|--------|
| 1953 | 64 | 127 | 5 | 1 | 4 | 208 | 102 | 65 | 519 |
| 1954 | 45 | 126 | 2 | 0 | 1 | 298 | 124 | 74 | 425 |
| 1955 | 58 | 128 | 2 | 0 | 5 | 211 | 112 | 67 | 520 |
| 1956 | 37 | 137 | 2 | 0 | 0 | 271 | 117 | 67 | 494 |
| 1957 | 49 | 156 | *15 | *11 | *49 | 200 | *78 | *29 | 415 |
| 1958 | 33 | 145 | 22 | 11 | 63 | 280 | 61 | 29 | 451 |
| 1959 | 33 | 191 | 39 | 40 | 86 | 220 | 25 | 17 | 444 |
| 1960 | 26 | 125 | ▼59 | ▼42 | ▼85 | 265 | ▼32 | ▼19 | 445 |
| 1961 | 24 | 120 | 30 | 43 | 73 | 280 | 33 | 38 | 454 |
| 1962 | 35 | 172 | 29 | 27 | 56 | 270 | 26 | 51 | 429 |
| 1963 | 31 | 134 | 36 | 29 | 51 | 248 | 38 | 28 | 500 |
| Total 57-63 | 231 | 1043 | 230 | 203 | 463 | 1763 | 293 | 211 | 3138 |

(Tabl. 2) LE VENT AU GUINTZET DE 1953 à 1963

* modifications importantes

au Guintzet: ($24\% + 17\% = 41\%$). Le nombre des journées calmes est en revanche très différent pour les deux observatoires; il concerne le 41% des observations au Guintzet et le 17% seulement à Cormanon. Les deux roses des vents présentées ci-contre (fig. 8) portent à leur partie centrale une étoile à huit branches dont la somme des longueurs des axes, dessinée à la même échelle que les différents vents, représente l'importance des situations calmes additionnées aux vents de vitesse nulle.

Dans les directions secondaires, nous relevons au contraire une opposition totale entre les deux stations. A Gambach viennent d'abord les courants du *sud*: 10% , puis ceux d'*est*: 6% et enfin ceux du *sud-est*: 5% , alors qu'à Cormanon s'échelonnent dans l'ordre, ceux d'*ouest*: 13% , du *nord-ouest*: 7% et du *nord*: 5% . Les cas les plus rares sont pour Gambach ceux du *nord*: $4,5\%$, du *nord-ouest*: $5,4\%$ et d'*ouest*: $4,9\%$, alors que pour Cormanon les directions *sud*: $2,4\%$ *sud-est*: $2,7\%$ et *est*: $1,6\%$ ferment la marche (tableau 3).

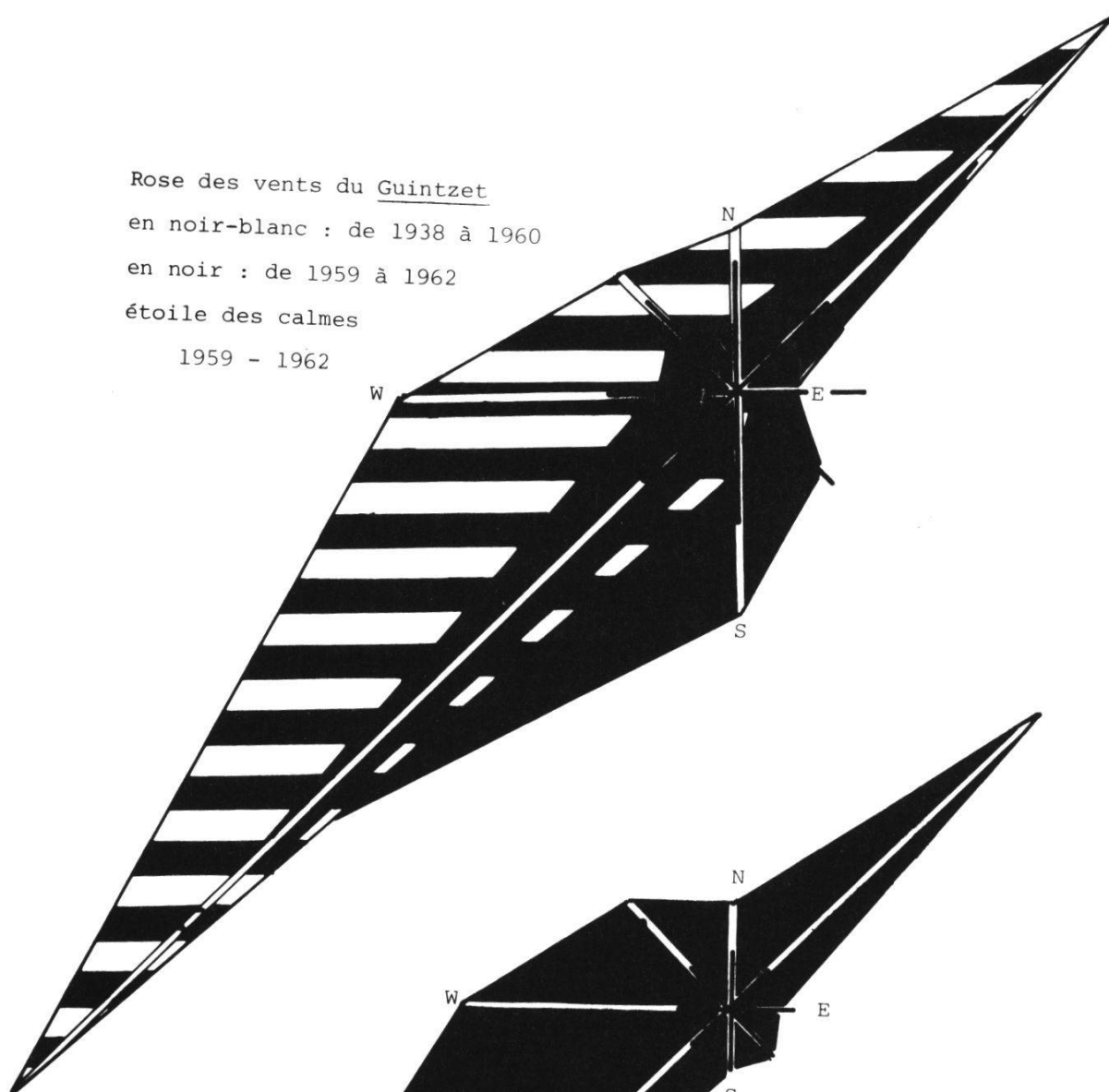
Cette inversion des moyennes, en ce qui concerne les cas les moins fréquents, est remarquable; elle est due sans doute aux conditions topographiques locales, ainsi qu'à la situation des deux observatoires par rapport à la cité.

Si nous poussons plus loin notre enquête et relevons la force des vents soufflant de l'ouest, du nord-ouest ou du nord, ainsi que de ceux venant du sud, de l'est ou du sud-est, nous constatons qu'ils sont ordinairement faibles à très faibles; nous sommes tentés de les attri-

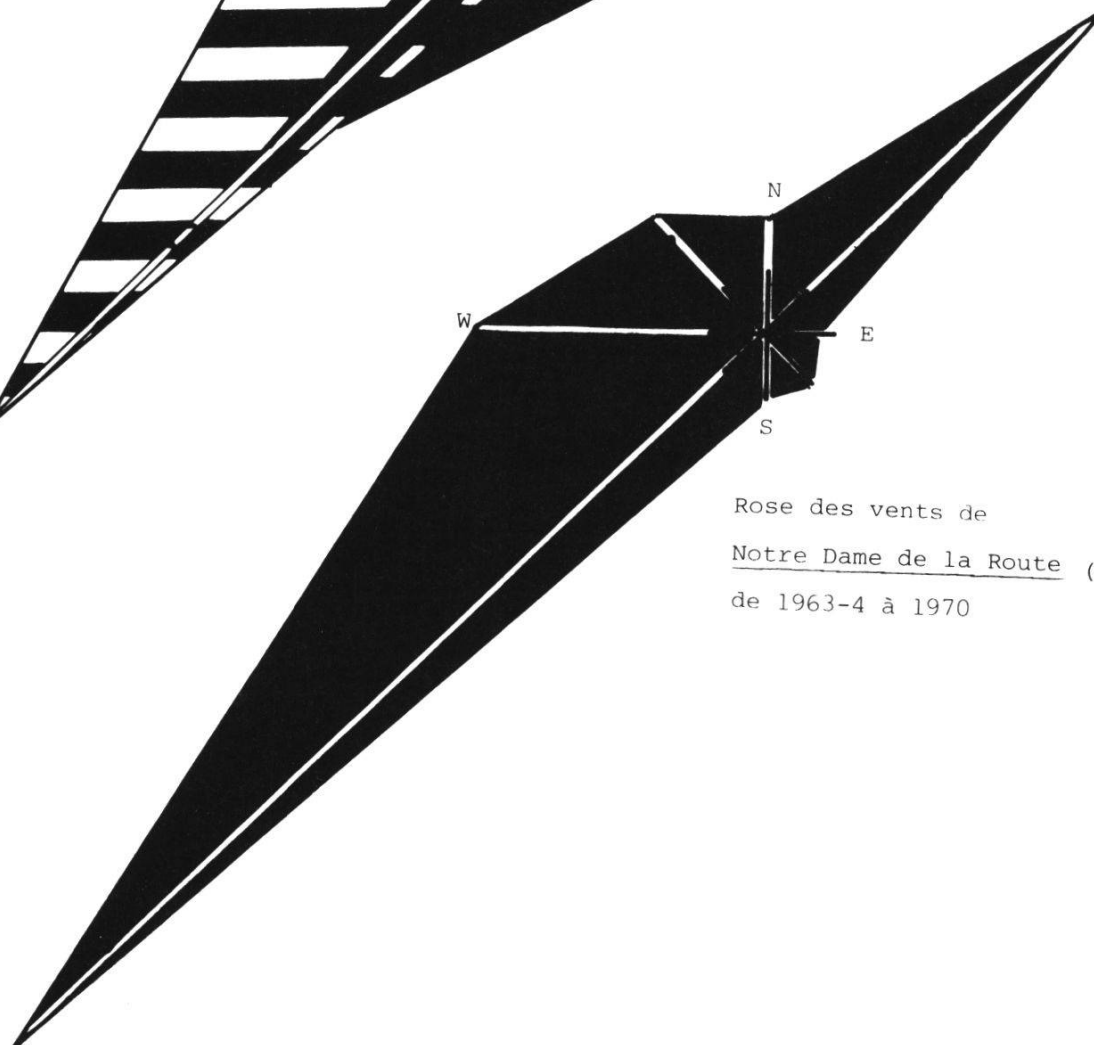
| | Directions | Cormanon (N.D. de la Route) | Gambach (Guintzet) | Cas indépendants des courants généraux |
|---|--------------|--------------------------------|-------------------------|---|
| Directions dominantes | SW NE | 46 % 20 % | 41 % 21 % | |
| Directions <u>secondaires</u> maximum de N.Dame de la Route | W NW N | 13 % 7 % 5 % | 4,9 % 5,4 % 4,5 % | 8,1 % 1,6 % 0,5 % } 10,2 % |
| Directions <u>secondaires</u> maximum du Guintzet | S E SE | 2,4 % 1,6 % 2,2 % | 10 % 6 % 5 % | 7,6 % 4,4 % 2,8 % } 14,8 % |

Tabl. 3^R CE TABLEAU NE TIENT PAS COMPTE DES OBSERVATIONS PORTANT
MENTION "CALMES", AINSI QUE DES VENTS COTES 0

Rose des vents du Guintzet
 en noir-blanc : de 1938 à 1960
 en noir : de 1959 à 1962
 étoile des calmes
 1959 - 1962



Rose des vents de
Notre Dame de la Route (fig. 8)
 de 1963-4 à 1970



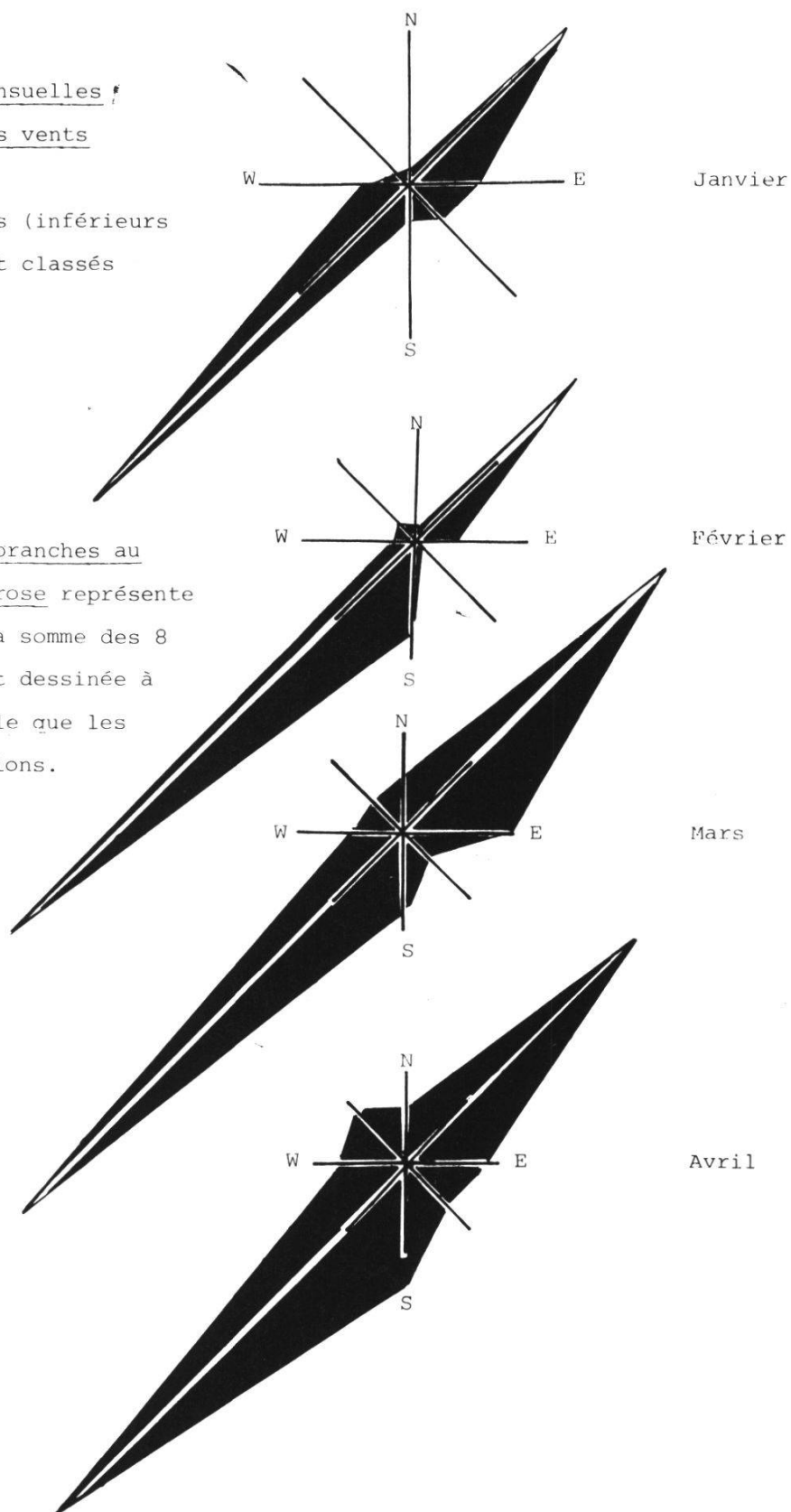
Variations mensuelles

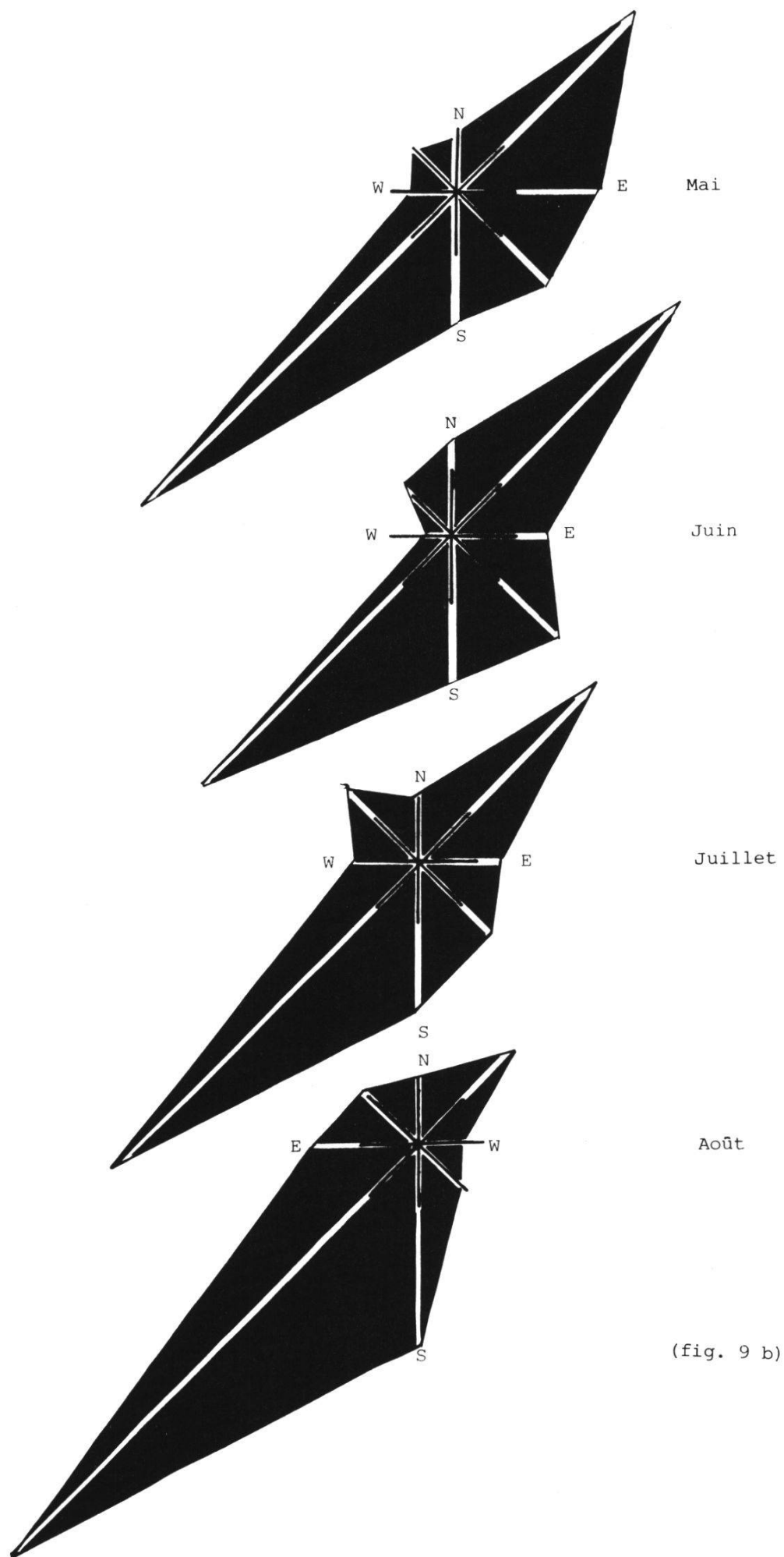
de la rose des vents

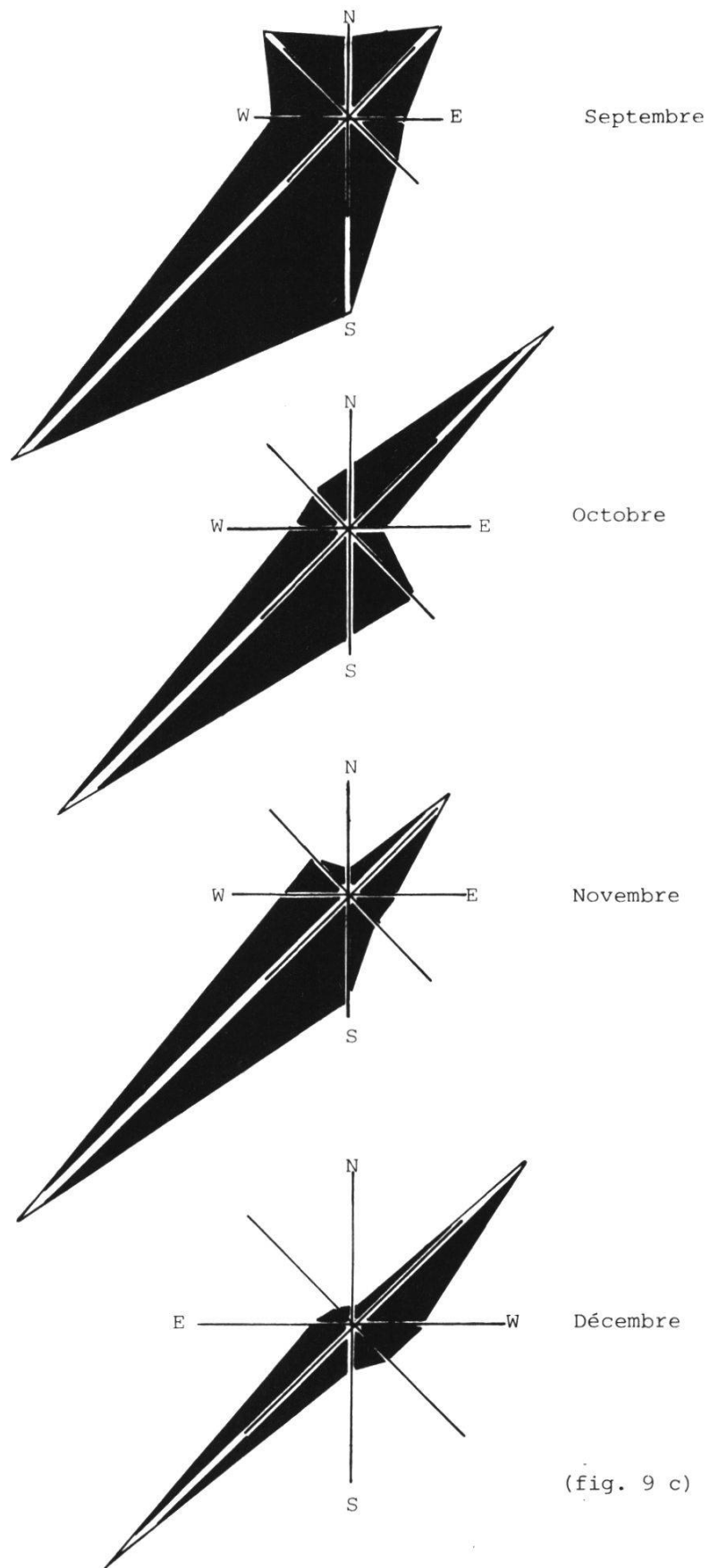
de Gambach

Les vents nuls (inférieurs
à 1 km/h) sont classés
comme calmes

L'étoile à 8 branches au
centre de la rose représente
les calmes. La somme des 8
diagonales est dessinée à
la même échelle que les
autres directions.
(fig. 9 a,b,c)







buer en grande partie à des effets aérologiques urbains qui viendraient s'ajouter aux cas classés comme calmes, mais relevés par l'observateur comme courants du S, SE, E, W, NW ou N avec vitesse 0. En effet, si nous éliminons des cas S, SE et E de Gambach le nombre moyen de cas qui se présentent aussi dans l'autre observatoire, c'est-à-dire ceux qui vraisemblablement appartiennent à des courants généralisés, nous constatons, comme le montre le tabl. 3, colonne 3, que 14,8 % des cas S, SE, et E peuvent être attribués à des causes locales puisqu'ils ne concernent qu'une partie de l'agglomération.

Si nous faisons la démarche inverse pour les directions W, NW, et N à Cormanon, et éliminons le nombre de cas moyens qui se présentent également à Gambach, nous relevons (tableau 3) que 10,2 % des situations seraient attribuables à des causes locales pour Notre-Dame-de-la-Route, puisqu'elles ne concernent que cette partie de l'agglomération. Ainsi, les situations où seules des contingences locales déterminent la présence ou l'absence de courants atteindraient (41 % + 10,2 %) 51,2 % du total à Gambach et (17,6 % + 14,8 %) 32,4 % à Cormanon.

B. *Evolution des vents en fonction de la saison et du mois*

Les roses des vents mensuelles moyennes sont dessinées selon les mêmes principes que celles concernant l'année; elles portent également au centre une étoile à huit branches dont la longueur totale des axes représente, à l'échelle exacte, la fréquence des situations dépourvues de vent.

a) *Les directions dominantes* (comparer les figures 9 abc et 10 abc)

Les deux directions dominantes se retrouvent dans l'un et l'autre observatoire en toutes saisons. Un deuxième élément qui frappe au premier coup d'œil est l'importance beaucoup plus grande que prennent au Guintzet les situations dépourvues de courants; la constatation que nous faisons plus haut est donc le résultat d'une accentuation des calmes tout au long de l'année. La série de roses des vents de Notre-Dame-de-la-Route nous permet de repérer une intensification très nette des courants du sud-ouest pendant les mois d'avril, mai, juin, juillet et août; ils sont en revanche à leur fréquence la plus

faible de septembre à janvier. Quant aux vents du nord-est, ils marquent une forte recrudescence de février à juin; à partir de ce mois, leur fréquence diminue progressivement jusqu'en janvier, moment où ils sont les plus rares. A Gambach, les vents d'ouest soufflent très souvent, de février à août, avec cependant une étonnante régression en juin. A partir de la fin de l'été, leur fréquence décroît plus ou moins régulièrement jusqu'en décembre; la reprise se fait à partir de janvier. Les vents du nord-est sont au Guintzet beaucoup moins réguliers qu'à Notre-Dame-de-la-Route; relativement fréquents de décembre à juillet, ils se font rares en août, septembre et novembre: une accentuation surprenante s'inscrit dans la rose d'octobre.

b) *Les situations calmes*

Les situations calmes semblent, à Cormanon, évoluer inversement à la fréquence des courants d'ouest; elles prennent une place importante de septembre à janvier, leur période dominante se présentant en décembre. De mars à août, mois où se situe leur minimum, elles sont en revanche assez rares; février inscrit une irrégularité dans la décroissance amorcée en décembre.

Les situations calmes à Gambach sont moins dépendantes des deux vents dominants; elles semblent, au contraire, être en relation très étroite avec les éléments thermiques du climat. Très nombreuses en saison froide, elles le sont beaucoup moins en été; le minimum se présente en juillet, puis la croissance d'abord régulière jusqu'à fin septembre s'accroît fortement en octobre; la fréquence atteint son maximum en décembre et en janvier; à partir de ce mois, la décroissance se fait régulièrement jusqu'en juillet.

c) *Les directions secondaires*

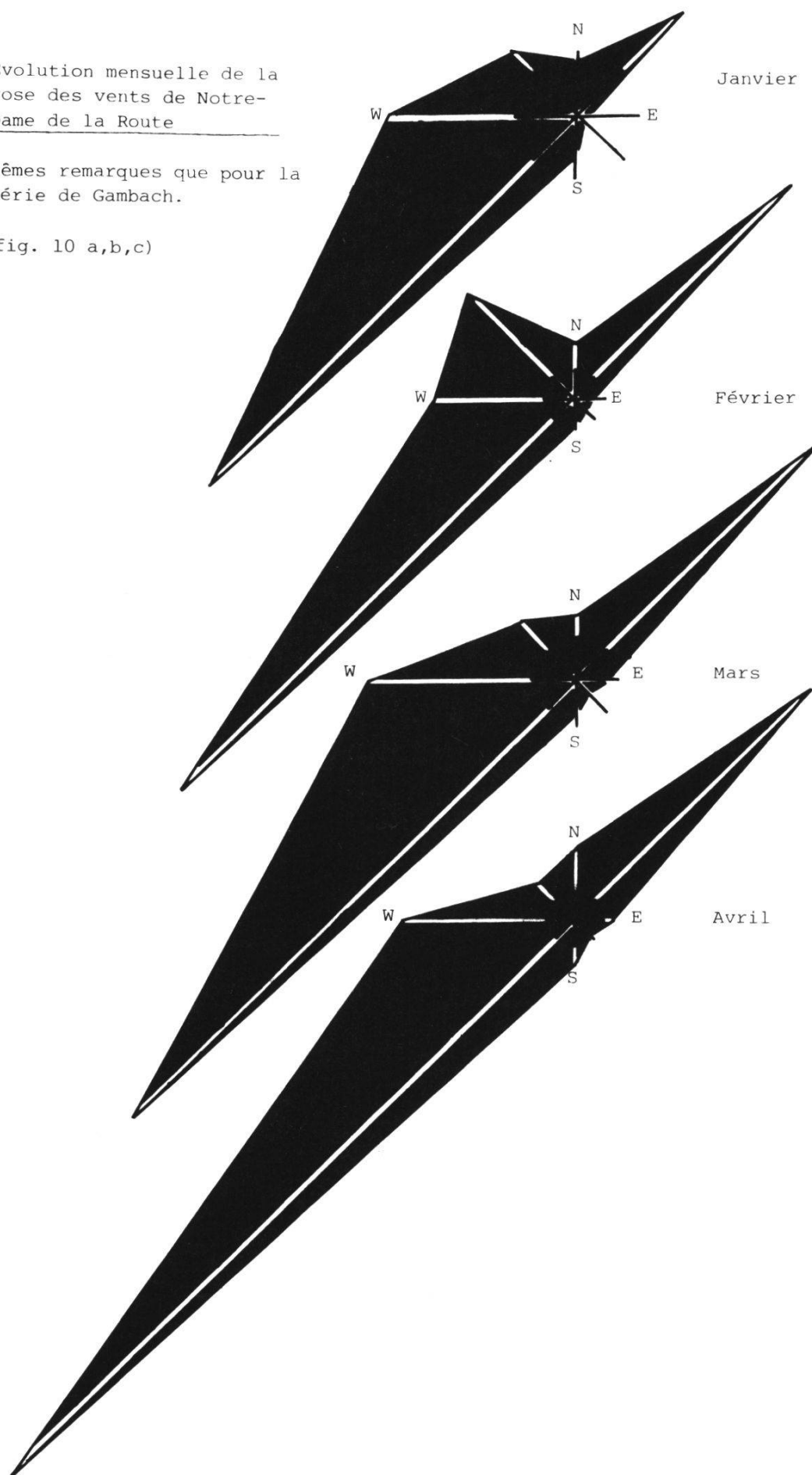
Quant aux directions secondaires, celles d'ouest sont les plus nombreuses (13 % à Notre-Dame-de-la-Route), elles se présentent très régulièrement tout au long de l'année; une accentuation en août rompt à peine cette monotonie.

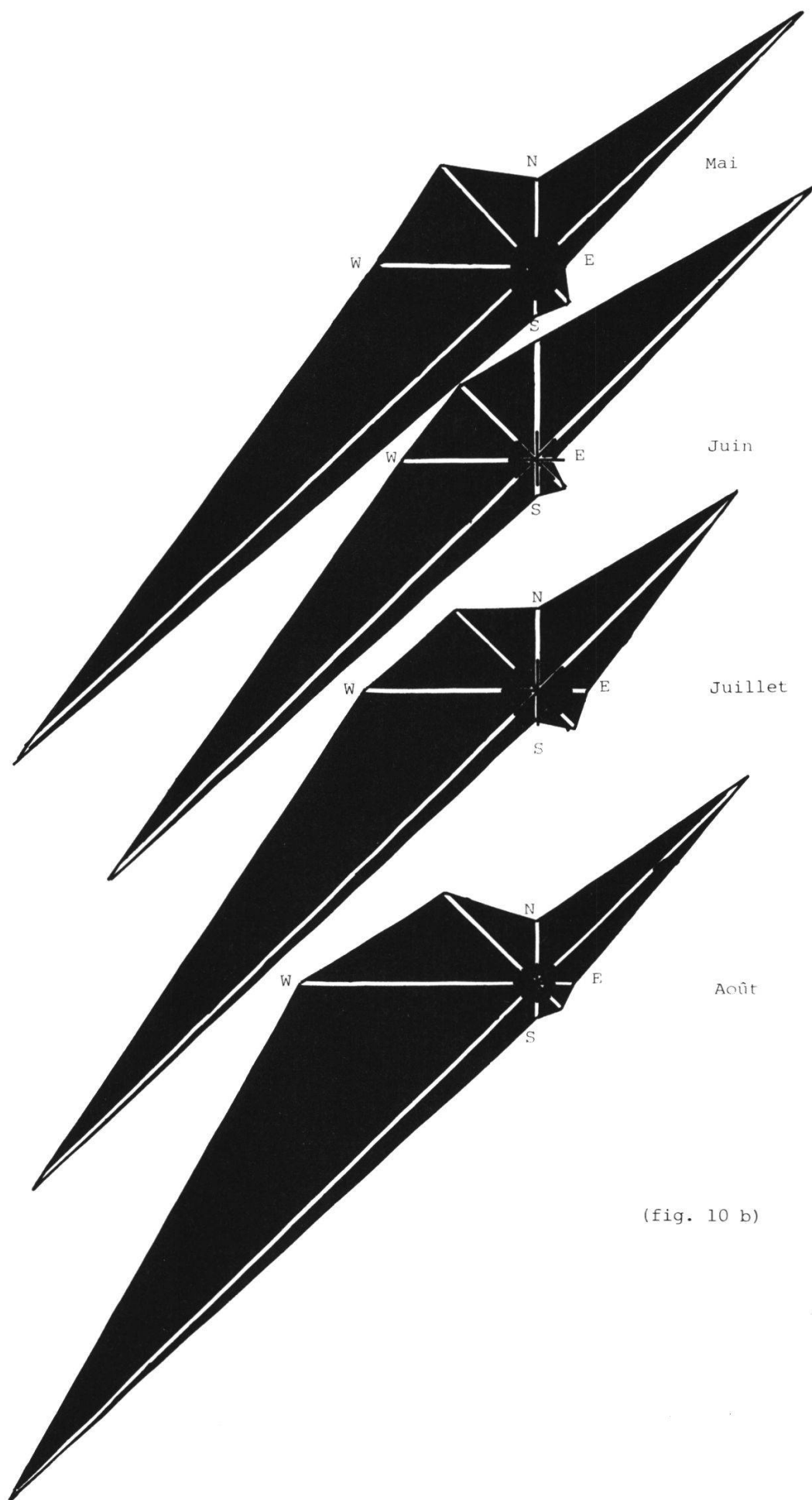
A Gambach, la part des courants d'ouest est beaucoup plus faible; ils sont largement majorisés par ceux de l'est et surtout du sud; nous retrouvons cependant la légère accentuation ouest du mois d'août, mais fondue dans un faible maximum de fin d'été. La principale direction secondaire y est celle du sud, suivie de près par celle

Evolution mensuelle de la
rose des vents de Notre-
Dame de la Route

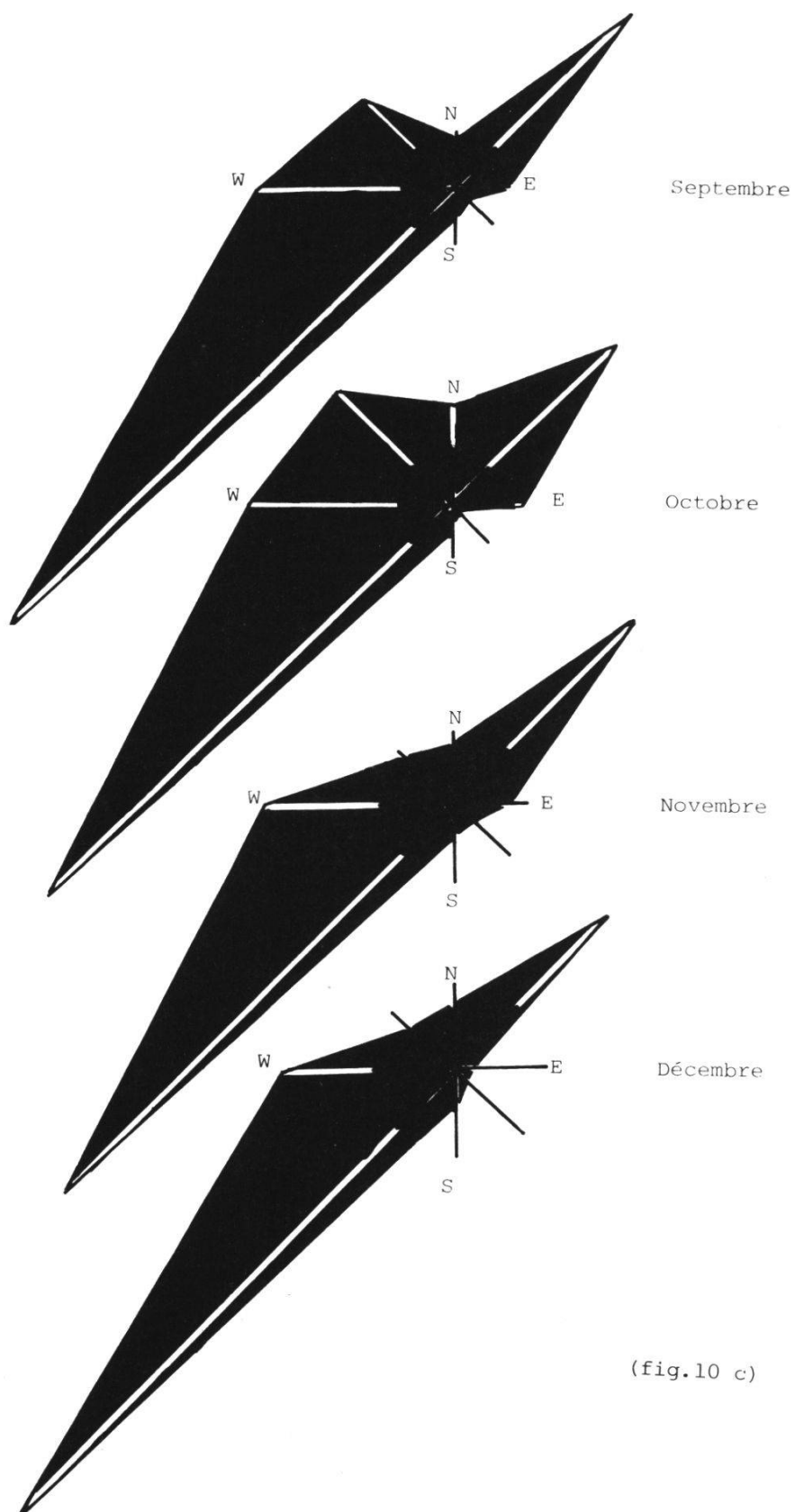
mêmes remarques que pour la
série de Gambach.

(fig. 10 a,b,c)





(fig. 10 b)



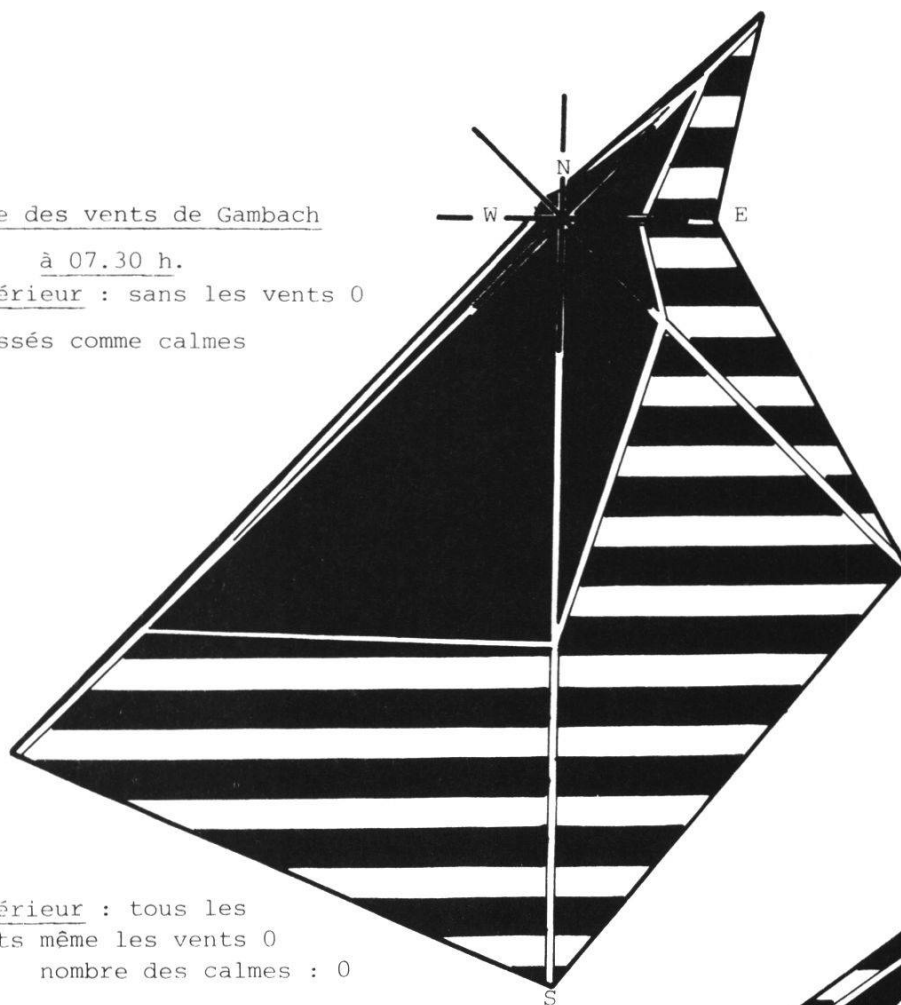
(fig.10 c)

a) Rose des vents de Gambach

à 07.30 h.

intérieur : sans les vents 0

classés comme calmes



extérieur : tous les
vents même les vents 0
nombre des calmes : 0

b) Rose des vents de Gambach

à 13.30 h.

même remarques que pour a)

(fig. 11 a,b)



du sud-est; elle se présente relativement souvent pendant la saison chaude, de mai à octobre, avec un maximum placé en août, puis elle décroît pour parvenir à son point le plus bas en décembre et janvier, la reprise se faisant progressivement dès février. A Cormanon, cette direction est en revanche très rare, et nous pouvons en outre difficilement parler d'une accentuation qui va d'avril à août puisque la plus forte densité mensuelle ne concerne jamais plus de 1 % des observations. Les autres directions intermédiaires accusent les retards que nous avons soulignés plus haut quand on passe de l'une à l'autre station; à un maximum du nord-ouest pour février à Cormanon ne correspond qu'une très faible augmentation du même axe à Gambach alors qu'à l'inverse, à une pointe vers le sud-est pour Gambach en mai, correspond un très faible saillant dans la même direction pour le premier observatoire. Les contrastes vont même plus loin, jusqu'à l'opposition manifeste. Ainsi, au développement des vents du sud-est d'octobre, à Gambach, s'oppose la très forte régression du même mois à Cormanon; à la faiblesse du secteur sud de Cormanon, en septembre, s'oppose une forte poussée dans la même direction au Guintzet: ce qui semble confirmer notre hypothèse concernant les causes des vents soufflants des directions secondaires.

C. Evolution des vents en fonction de l'heure et du mois

Pour cette analyse des vents enregistrée en fonction du moment de la journée, mais indépendamment du calendrier, nous disposons des relevés originaux de la station de Gambach contrôlée par Mme Gokkel pour les années 1959 à 1963 (tableau 4). Nous savons les limites des conclusions s'appuyant sur un laps de temps aussi court; nous pensons, toutefois, que l'étude de ces données est intéressante puisque avant longtemps il ne nous sera pas possible de compter sur des documents plus riches. Il convient tout d'abord de souligner que les moyennes de ces quatre années ne s'écartent, en ce qui concerne les directions principales, que très peu de celles établies par MAX SCHÜEPP pour les années 1937–1960 avec la même station. L'importance des directions secondaires est en revanche très différente (voir à ce sujet la remarque faite à la fin de l'introduction au chapitre 2: Les vents dans l'agglomération fribourgeoise. Renseignements fournis par le prof. Dr E. NICKEL) (Fig. 11).

FREQUENCE DES VENTS EN FONCTION DU MOMENT DE LA JOURNEE 1959/3 (GUINZET)

| DIRECTIONS | | | NE | E | SE | S | SW | W | NW | N | Calme |
|------------|--------------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-------|
| 07h.30 | Tous les cas | 1959 | 49 | 22 | 59 | 136 | 86 | 7 | 1 | 3 | 0 |
| | | 1960 | 32 | 33 | 72 | 125 | 84 | 8 | 4 | 3 | 0 |
| | | 1961 | 22 | 20 | 99 | 123 | 94 | 3 | 3 | 1 | 0 |
| | | 1962 | 56 | 21 | 63 | 79 | 133 | 1 | 5 | 7 | 0 |
| | T o t a l | | 159 | 96 | 293 | 463 | 397 | 19 | 13 | 14 | 0 |
| | Vents nuls classés com- me calmes | 1959 | 15 | 9 | 41 | 68 | 13 | 2 | 0 | 0 | 148 |
| | | 1960 | 9 | 16 | 52 | 52 | 14 | 0 | 0 | 0 | 141 |
| | | 1961 | 5 | 7 | 70 | 61 | 3 | 0 | 0 | 0 | 141 |
| | | 1962 | 17 | 15 | 59 | 40 | 31 | 0 | 1 | 3 | 156 |
| | T o t a l | | 46 | 47 | 212 | 221 | 61 | 2 | 1 | 3 | 586 |
| | Vents supérieurs à 0 | | 113 | 49 | 81 | 242 | 336 | 17 | 12 | 11 | - |
| ===== | | | | | | | | | | | |
| DIRECTIONS | | | NE | E | SE | S | SW | W | NW | N | Calme |
| 13h.30 | Tous les cas | 1959 | 146 | 36 | 27 | 19 | 90 | 10 | 11 | 30 | 0 |
| | | 1960 | 99 | 52 | 41 | 24 | 117 | 7 | 13 | 18 | 0 |
| | | 1961 | 107 | 35 | 32 | 19 | 98 | 11 | 41 | 22 | 0 |
| | | 1962 | 133 | 22 | 21 | 9 | 105 | 8 | 38 | 29 | 0 |
| | T o t a l | | 479 | 145 | 121 | 66 | 410 | 36 | 103 | 105 | 0 |
| | Vents nuls classés com- me calmes | 1959 | 28 | 18 | 12 | 4 | 5 | 0 | 0 | 1 | 68 |
| | | 1960 | 12 | 21 | 23 | 13 | 5 | 0 | 0 | 0 | 74 |
| | | 1961 | 26 | 11 | 15 | 9 | 3 | 0 | 8 | 2 | 73 |
| | | 1962 | 24 | 12 | 6 | 1 | 3 | 0 | 0 | 6 | 52 |
| | T o t a l | | 85 | 61 | 56 | 27 | 16 | 0 | 8 | 9 | 267 |
| | Vents supérieurs à 0 | | 394 | 84 | 65 | 39 | 394 | 36 | 95 | 96 | - |
| ===== | | | | | | | | | | | |
| DIRECTIONS | | | NE | E | SE | S | SW | W | NW | N | Calme |
| 21h.30 | Tous les cas | 1959 | 70 | 13 | 11 | 16 | 67 | 10 | 2 | 1 | 174 |
| | | 1960 | 26 | 26 | 13 | 20 | 87 | 18 | 2 | 1 | 172 |
| | | 1961 | 27 | 14 | 14 | 15 | 98 | 19 | 8 | 9 | 161 |
| | | 1962 | 36 | 16 | 10 | 16 | 78 | 15 | 11 | 7 | 176 |
| | T o t a l | | 159 | 69 | 48 | 67 | 330 | 62 | 23 | 18 | 683 |
| | Vents nuls classés com- me calmes | 1959 | 23 | 0 | 3 | 3 | 6 | 0 | 0 | 0 | 35 |
| | | 1960 | 8 | 9 | 4 | 6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 30 |
| | | 1961 | 7 | 6 | 9 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 33 |
| | | 1962 | 4 | 2 | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 13 |
| | T o t a l | | 42 | 17 | 19 | 17 | 11 | 0 | 0 | 2 | 111 |
| | Vents supérieurs à 0 | | 117 | 52 | 29 | 50 | 319 | 62 | 23 | 16 | 572 |

Tabl. 4

L'étude de ces documents nous révèle une grande régularité des vents du sud-ouest tout au long de la journée; ils ne sont pratiquement pas influencés par des contingences locales. Les vents du *sud* et du *sud-est* sont en revanche fortement accentués aux premières heures du jour: 7 h. 30; à ce moment, leur moyenne annuelle est de 115 pour les premiers (30 %) et 74 pour les seconds (20 %), puis elle tombe à 17 (4 %) et 30 (8 %) à 13 h. 30; la décroissance se prolonge au-delà de midi pour les deuxièmes: 12 à 21 h. 30! (tableau 5)¹.

Nous relevons une évolution inverse pour les vents d'est, du nord-est, du nord et du nord-ouest. Ils sont peu fréquents le matin à 7 h. 30, puis se manifestent nombreux au milieu du jour pour se faire très rares le soir à 21 h. 30.

La moyenne totale des quatre directions allant du secteur est à nord-ouest est de 70 (19 %) à 7 h. 30, elle s'élève à 208 (56 %) à 13 h. 30. En tête viennent les vents du nord-est qui progressent de 40 (10 %) à 120 (30 %) suivis de ceux d'est de 24 (6 %) à 36 (9 %) puis ceux du nord-ouest et du nord avec chacun 3 (— de 1 %) qui passent à 26 (7 %) à 13 h. 30. Si nous éliminons de notre analyse des directions les courants cotés à la vitesse 0 (moins de 1 km/h) pour les classer comme

MOYENNES ANNUELLES DES VENTS AU GUINTZET (1959/63)

| | | N.E. | E. | S.E. | S. | S.W. | W. | N.W. | N. | calmes | vents 0 |
|-------------------------------|-------------|------|----|------|-----|------|----|------|----|--------|---------|
| avec v. 0 | 07 h. 30 a) | 40 | 24 | 74 | 115 | 99 | 5 | 3 | 3 | 0 | --- |
| sans v. 0 | b) | 28 | 12 | 20 | 60 | 84 | 4 | 3 | 3 | - | 146 |
| avec v. 0 | 13 h. 30 c) | 120 | 36 | 30 | 17 | 103 | 9 | 26 | 26 | 0 | --- |
| sans v. 0 | d) | 98 | 21 | 16 | 10 | 99 | 9 | 24 | 24 | 0 | 67 |
| avec v. 0 | 21 h. 30 e) | 40 | 18 | 12 | 17 | 82 | 16 | 6 | 5 | 171 | -- |
| sans v. 0 | f) | 29 | 13 | 7 | 13 | 80 | 16 | 6 | 4 | 171 | 28 |
| variations | | | | | | | | | | | |
| stable: max. matin: max. midi | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

tabl. 5

¹ Les pourcentages sont arrondis à l'unité la plus proche.

calmes, nous constatons que la diminution importante qui touchait les vents du sud-est n'est plus perçue qu'avec difficulté: 20 à 7 h. 30 contre 16 à 13 h. 30 et 7 à 21 h. 30; celle concernant les vents du sud s'est aussi considérablement amenuisée: 60 (16 %) contre 10 (2 %); les variations concernant les vents du nord-est, nord-ouest et nord demeurent au contraire tout aussi nettes. Pour les autres directions, les variations de la rose des vents sont moins frappantes. Nous déduisons de ces considérations que les vents du sud-est et du sud sont avant tout de très faibles brises.

Au cours des années retenues dans cette analyse, les situations notées comme calmes par l'observateur (171) *ne se présentent que le soir* à 21 h. 30, moment où ils représentent 46 % des cas. Si nous leur assimilons les vents nuls (inférieurs à 1 km/h), leur nombre moyen par année passe de 171 à 411, ce qui représente le 37 % de l'ensemble de l'année, soit une augmentation de 146 (40 %) à 7 h. 30, de 67 (18 %) à 13 h. 30 et de 28 (7 %) à 21 h. 30; pour la fin de journée, on aurait ainsi 199 calmes, soit le 54 % des cas.

L'étude de ces documents nous a donc également permis de constater que la direction des courants très faibles (cotés 0) varie en fonction des saisons et du moment de la journée. Ils se manifestent surtout le matin, soit environ 60 % des observations, puis à midi (27 %), et enfin le soir (moins de 11 %). Ce sont les brises venant des secteurs sud et sud-est qui sont les plus typiques et les plus fréquentes; le matin, elles représentent près de trois cas sur quatre (109 sur 146!); à midi, ce sont celles soufflant des secteurs nord-est et est qui viennent en tête, leur part ne dépasse guère le 50 %.

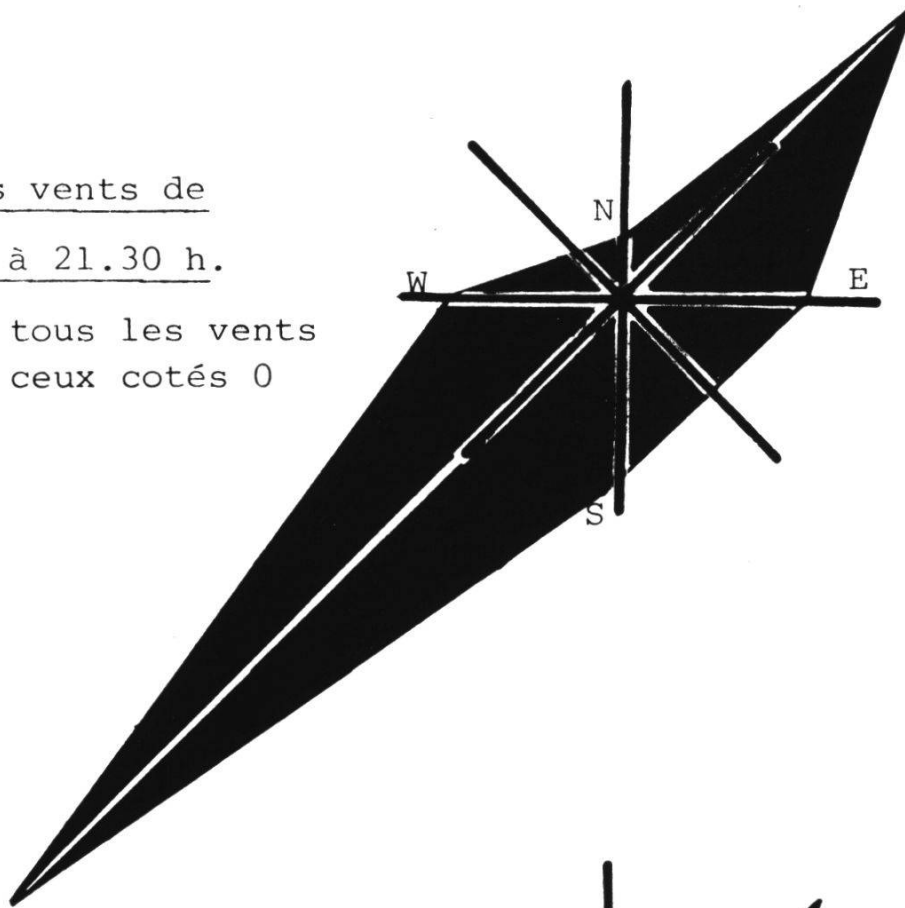
Les vents nuls de la direction sud-ouest sont très rares et ne représentent même pas 1 %, alors que cette direction constitue l'axe principal des vents balayant le ciel fribourgeois (près de 25 %).

Quelles peuvent être les causes des particularités que nous avons découvertes dans cette analyse aérologique de la cité des Zähringen?

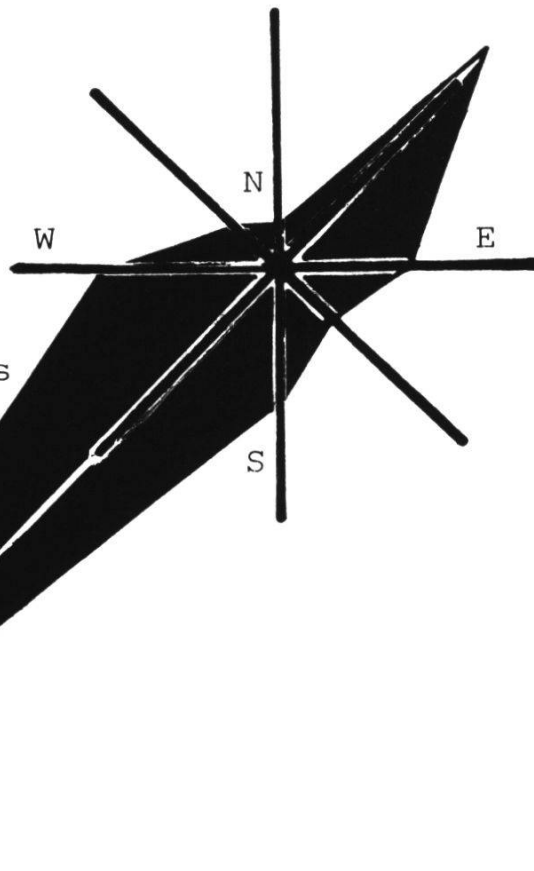
Les calmes sont beaucoup plus nombreux en saison froide (fig. 9–10), sans doute à cause de la stabilité plus grande des masses d'air qui recouvrent le Moyen-Pays suisse en hiver; cette stabilité est encore accentuée par le refroidissement nocturne qui crée souvent des inversions thermiques dans les basses couches atmosphériques baignant l'ensemble de l'agglomération. Nous avons en outre souligné plus haut que pendant les années retenues pour notre analyse mensuelle et

Rose des vents de
Gambach à 21.30 h.

a) Avec tous les vents
même ceux cotés 0



b) Avec les vents cotés
0 classés comme
calmes



(fig. 11 c)

horaire des vents, toutes les situations calmes ont été relevées le soir à 21 h. 30 et qu'une légère accentuation de cette tendance apparaît au cours des mois d'hiver (fig. 9–10), d'octobre à mars, période pendant laquelle les calmes (avec les vents nuls) représentent le 60 % des observations de 21 h. 30, alors que pendant le reste de l'année ils concernent moins de 50 %. Il semble que cette heure-là soit un moment où l'équilibre thermique est réalisé entre la zone bâtie et les régions vertes périphériques ; le bénéfice thermique urbain est en effet beaucoup plus faible pendant la journée qu'au cours de la nuit ; cette caractéristique peut s'accroître encore en hiver, à cause de l'angle d'incidence faible des rayons solaires qui ne pénètrent même pas dans certaines rues, alors que sur les collines orientées vers le sud ou le sud-est la concentration du rayonnement solaire est plus grande.

Si pendant la période retenue aucun calme n'a jamais été relevé le matin ou à midi, il n'en va pas de même des vents nuls ; à 7 h. 30, ils sont en nombre presque aussi grand que les calmes du soir, soit 146 pour les premiers, contre 171 pour les seconds. Nous pensons que cela est dû à des effets thermiques, topographiques et urbains jouant au petit jour sur les versants sud et sud-est de la colline du Guintzet, avec comme centre d'ascendance les quartiers à l'époque plus ou moins densément bâtis de Beauregard et du Jura qui bénéficient entre autre en toute saison d'une bonne insolation dès les premières heures du jour. Une ascendance thermique matinale très faible peut s'y manifester, qui conduit du sud ou du sud-est un flux d'air à peine perceptible vers la colline du Guintzet. La topographie et la position en revers ne permettent pas un déplacement comparable selon l'axe Givisiez-Guintzet.

Quant à l'accentuation des vents du nord-est, elle s'exprime aussi bien lorsqu'on tient compte de toutes les observations que lorsqu'on élimine les vents nuls ; il s'agit le plus souvent de déplacements d'air mesurables : légers courants locaux se glissant de la campagne vers la zone d'ascendance créée par la ville, et s'orientant en tournant de droite à gauche vers le centre thermique de la cité (fig. 12) ; ce sont surtout des brises de campagne du milieu du jour.

Cette esquisse des microcourants en ville de Fribourg n'est que partielle, nos observations approfondies n'ayant été faites que pendant le semestre d'hiver 1974/1975. Nous nous proposons d'étendre



ces recherches au reste de l'année, ainsi que d'enrichir nos connaissances concernant la saison froide. Notre campagne d'observation nous a permis de couvrir une longue période hivernale de beau temps qui a duré en gros de janvier à mars 1975. Or c'est précisément en saison froide, lorsque la stabilité verticale de l'air persiste, que les déplacements d'air locaux sont les plus faibles et peuvent avoir une influence prépondérante sur la répartition des éléments polluants de l'atmosphère de la cité.

Les observations ont été faites par des étudiants dans le cadre d'un séminaire de climatologie. Nous avons choisi seize points de l'agglomération où devaient s'effectuer trois contrôles par jour: le premier entre 7 et 8 heures, le deuxième entre midi et 14 heures et le troisième entre 18 et 20 heures. Onze postes seulement nous ont donné satisfaction; il s'ensuit de nombreuses lacunes dans notre étude spatiale concernant l'ensemble de l'hiver; nous nous proposons de les combler à l'occasion de prochaines recherches dans le terrain (fig. 13).

Notre objectif était avant tout de relever les faibles déplacements d'air s'écoulant au sol en-dessous de deux mètres. Le repérage de ces microcourants s'est fait en observant le déplacement de fumées ou, à défaut, d'un fil de soie attaché au bout d'une baguette. Les indications concernant une même semaine étaient rassemblées, pour chacun des postes, sur une même formule.

Un complément important à ces données a été apporté par quatre équipes de deux étudiants effectuant, dans le cadre de cette étude climatique de la ville, des mesures thermiques et hygrométriques itinérantes. Leur contribution temporaire nous a fourni, pour plusieurs journées typiques des périodes froides et calmes de l'hiver 1974-75, un tissu de données beaucoup plus dense que nous étudierons plus loin.

A. Les microcourants en période de beau temps hivernal

Une longue période de beau temps ayant persisté au début de l'année 1975, nous avons pu rassembler une série importante de documents sur la circulation de l'air au niveau de la rue par temps calme. Nous n'avons retenu pour cette analyse que des journées où les vents généraux sur l'ensemble du Moyen-Pays occidental étaient

inférieurs à 3 km/h (mesures de Posieux et Payerne des stations de l'ISMZ). Il s'agit donc de journées pendant lesquelles les brises urbaines pouvaient s'organiser librement en fonction de contingences locales.

– Notre première constatation est qu'en un même lieu apparaissent toujours des directions prioritaires, mais celles-ci ne sont que rarement vigoureuses. Souvent, elles s'organisent en fonction de l'alignement d'une rue ou de l'orientation d'une topographie locale; nous décelons alors une direction secondaire opposée à la première. Il ne nous est pas possible avec les documents dont nous disposons actuellement de déterminer les causes qui conduisent à ces changements de direction, alors que la situation météorologique générale présente les mêmes caractéristiques. Des variantes tout à fait insolites se présentent également pour la plupart des points d'observation; nous n'en connaissons pas non plus la raison. Les tourbillons locaux souvent observés, rendent parfois la détermination d'une direction difficile; ils sont peut-être à l'origine de quelques erreurs d'appréciation de nos observateurs.

– Les trois schémas reproduits ci-contre (fig. 14 et 15) représentent (pour le matin entre 7 et 8 heures, pour midi entre 12 et 14 heures et pour le soir entre 18 et 20 heures), les directions qu'empruntent, au moins une fois sur deux, les brises urbaines. Il s'agit d'une moyenne établie pour vingt-cinq journées de situation anticyclonique stable centrée soit sur la mer du Nord, soit sur la péninsule européenne. Pour les raisons énoncées plus haut, le réseau d'observation manque d'homogénéité et ne donne pas une image de l'écoulement prioritaire des brises pour l'ensemble de la cité. Des pôles d'attraction semblent cependant se dessiner qui ne correspondent pas exactement, quant à leurs limites, à ceux que nous verrons dans les cas précis étudiés plus loin.

– Au lever du jour et à midi apparaissent trois zones vers lesquelles les courants ont tendance à se diriger. La première, sise entre le Guintzet, Les Grand-Places et La Vignettaz, est active aussi bien le matin qu'au milieu de la journée. La deuxième occupe la vallée de la Sarine au sud-ouest du vieux bourg; elle apparaît nettement décalée vers l'ouest par rapport à la zone de convergence

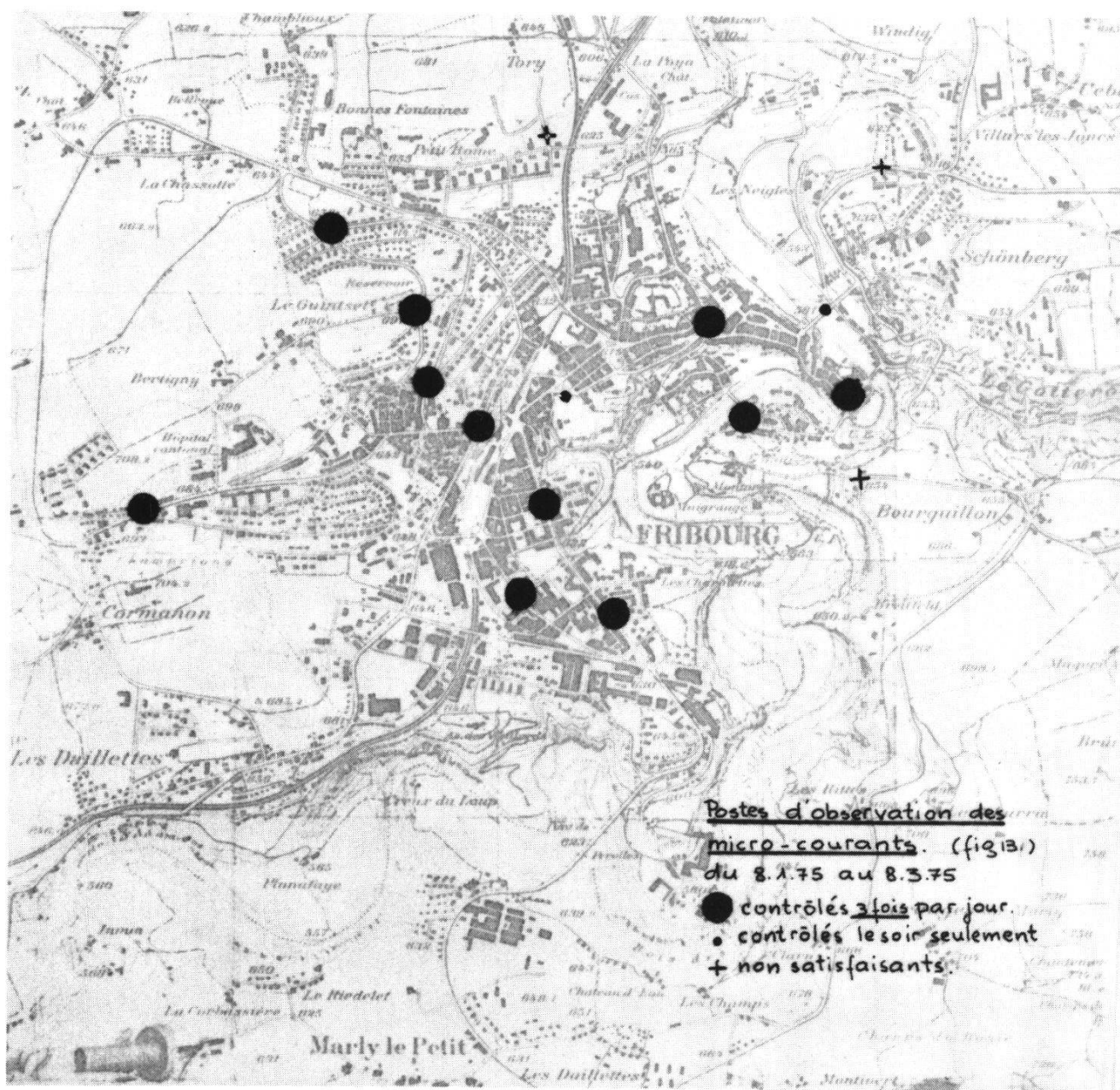
que nous révéleront les observations itinérantes. Un troisième pôle d'attraction persiste du matin jusqu'au soir entre Le Guintzet et Bonnes Fontaines; il ne nous est pas possible d'estimer son extension puisqu'il ne nous est révélé que par deux postes dont les directions dominantes sont opposées.

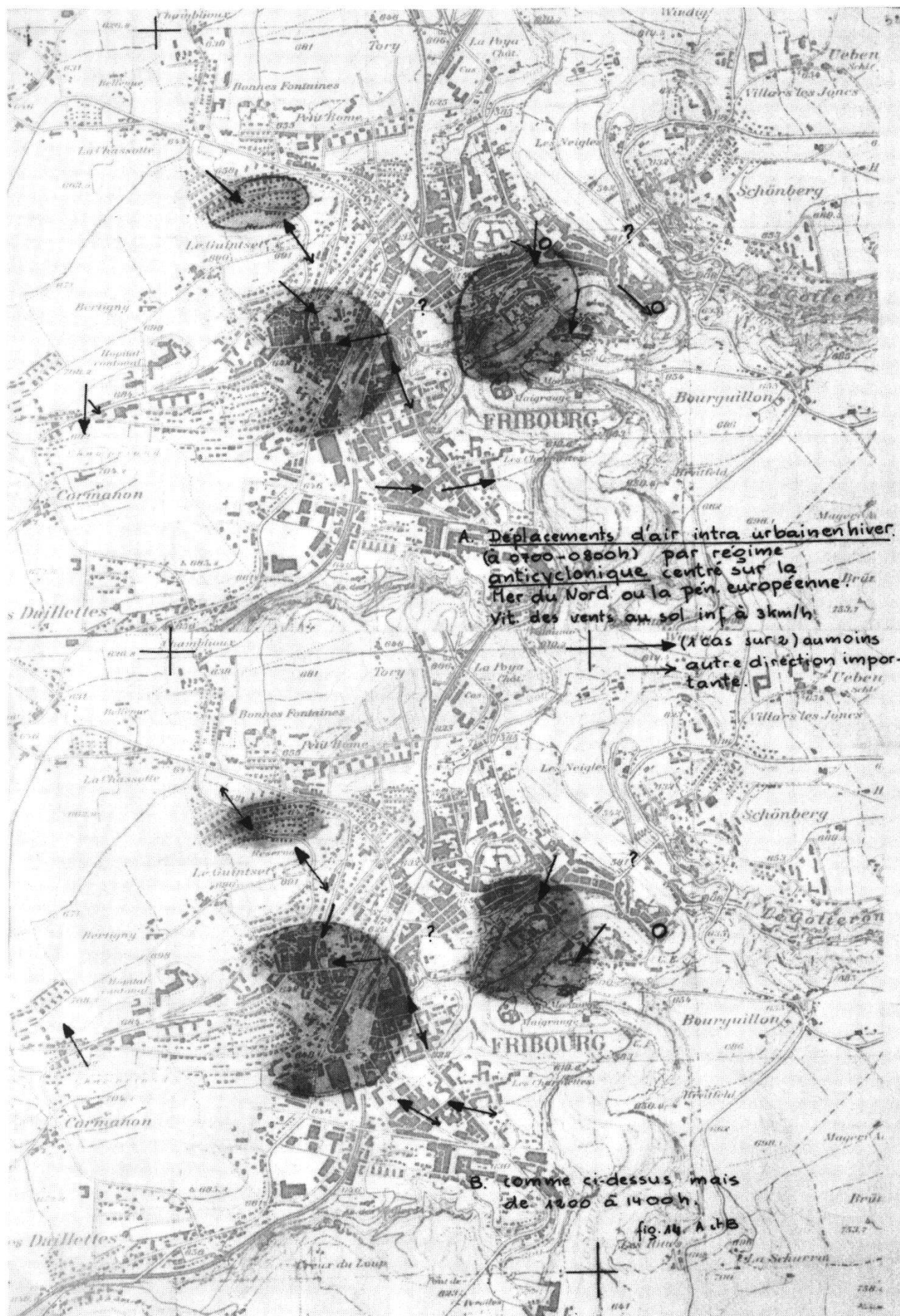
A la périphérie ouest de la ville, entre l'hôpital cantonal et Cormanon, ainsi que dans le quartier de Pérolles, les brises matinales semblent décrire un arc de cercle autour du centre de la cité en tournant à l'inverse des aiguilles d'une montre comme en un vaste tourbillon. A midi, dans le quartier de Pérolles, les courants prioritaires changent d'orientation et se dirigent vers la zone principale de convergence. Quant aux brises soufflant entre Cormanon et l'hôpital, elles s'en vont vers le nord-ouest pour une raison qui nous échappe. Dans le quartier de L'Auge, ce sont les situations calmes qui sont majoritaires; quelques cas de très faible courant sont cependant signalés aux premières heures de la journée. A midi, on constate à nouveau une absence totale d'écoulement d'air au niveau de la place St-Jean; ce calme persiste jusqu'à la fin de la journée. A la tombée de la nuit, les brises de la périphérie ouest et sud retrouvent leurs trajectoires du matin; leur mouvement tourbillonnaire d'ensemble se confirme à la partie orientale de la cité (pont de Zähringen) où notre observateur note une nette orientation vers l'aval de la vallée de la Sarine; notre arc de cercle devient ainsi un demi-cercle autour de la cité.

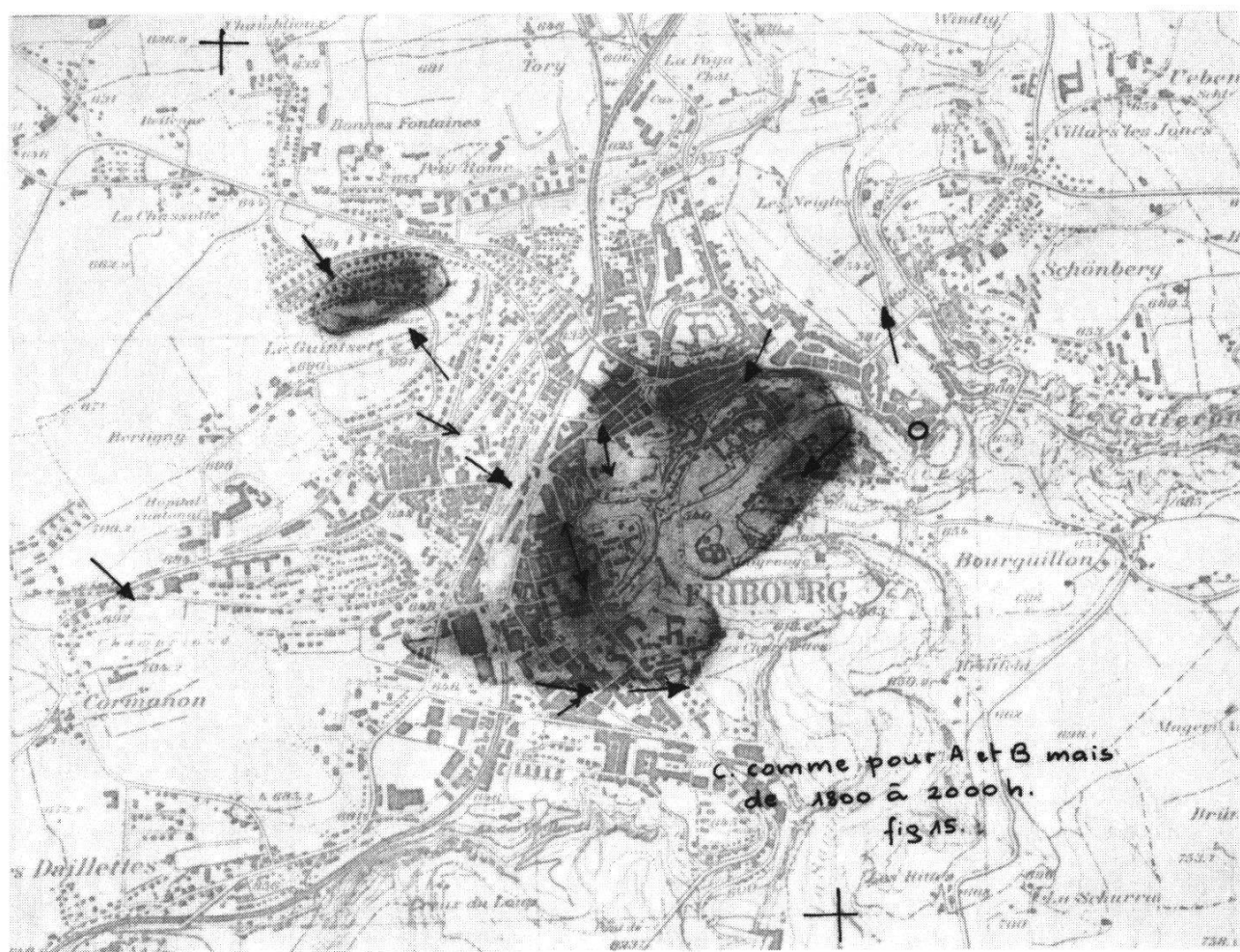
B. Les microcourants pendant trois journées typiques

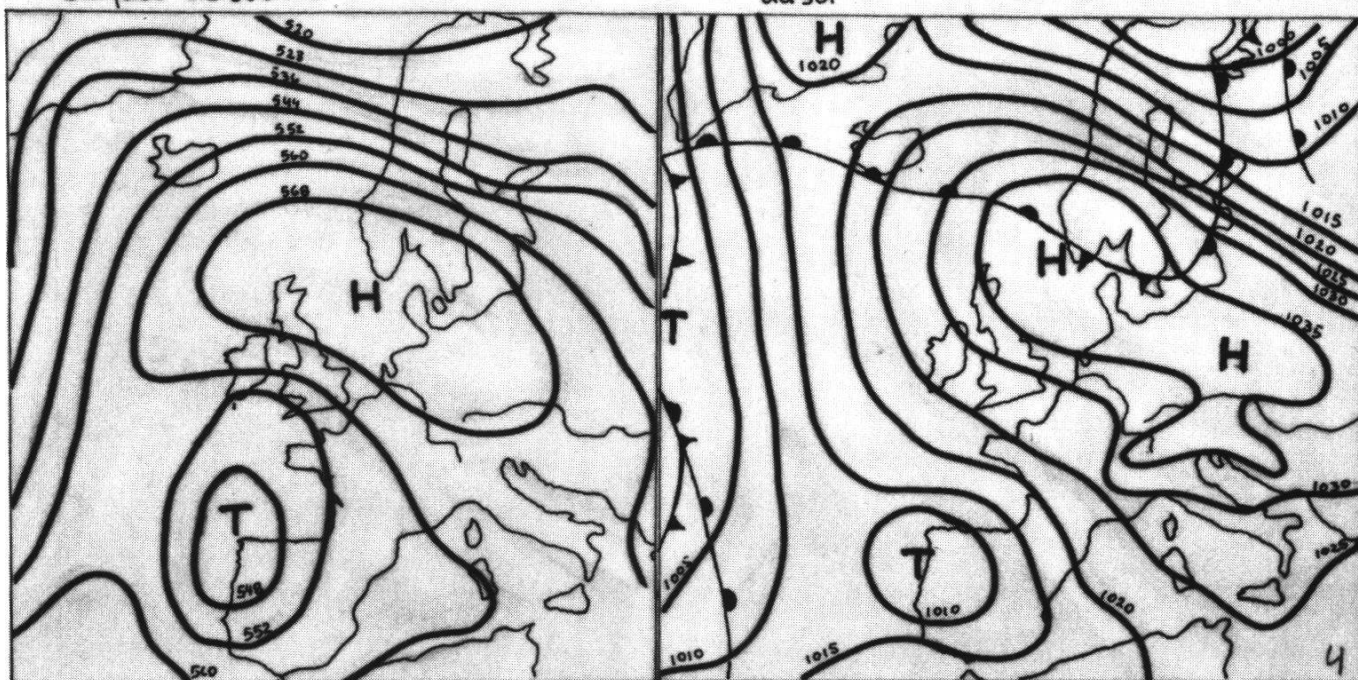
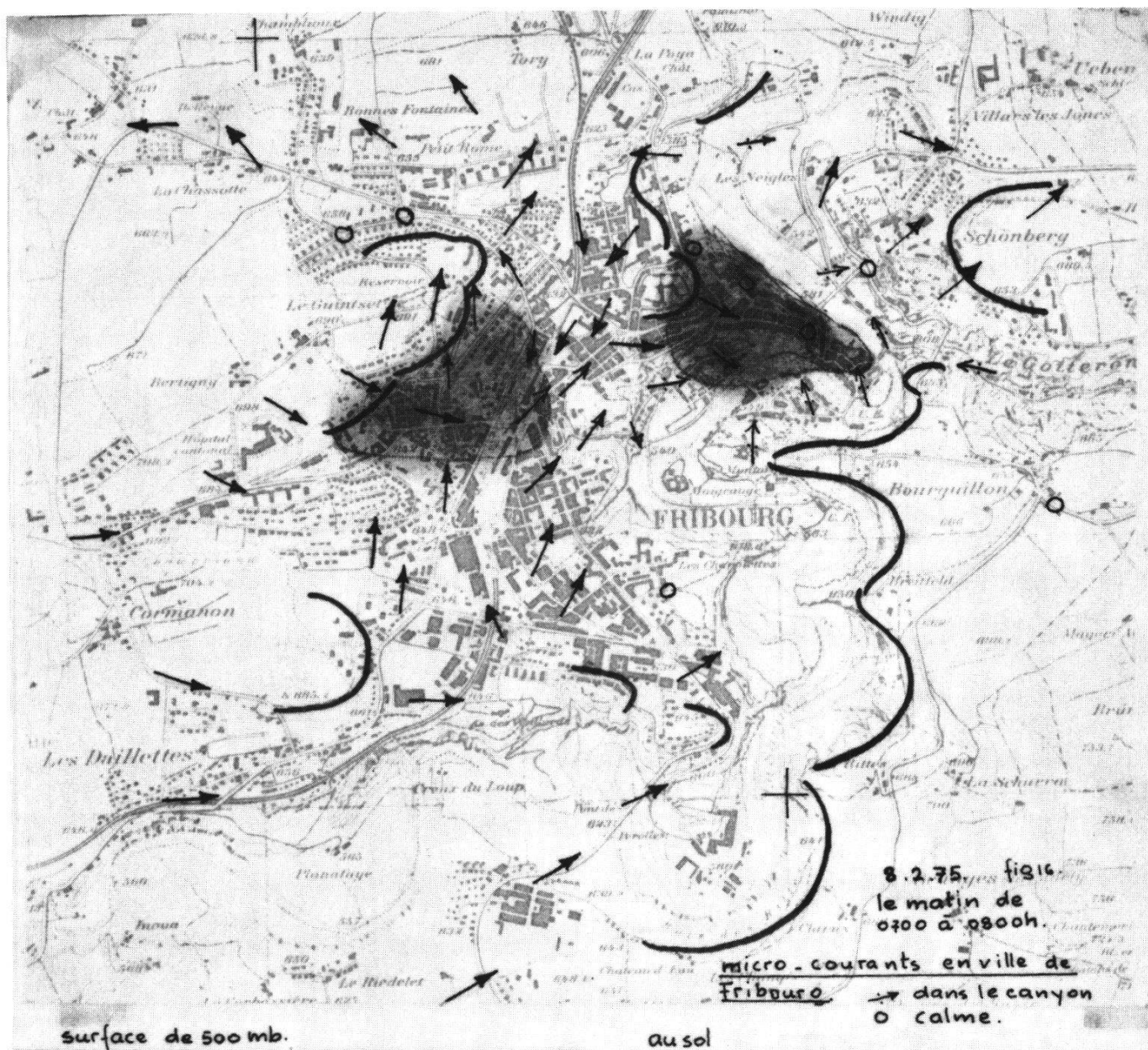
Les trois journées que nous présentons ci-dessous, choisies dans la longue série de beaux jours du début de l'année 1975, concernent des cas de stabilité atmosphérique verticale caractérisés par des inversions thermiques situées à trois niveaux parmi les plus typiques pour le versant nord des Alpes. Il s'agit donc de journées pendant lesquelles la ventilation, très faible au niveau du sol, est propice à une accentuation de la pollution atmosphérique. La densité des données tient au fait que, pour ces trois exemples, les observations itinérantes (voir ci-dessus) se sont ajoutées aux postes fixes d'observation.

– Le 8.2.1975. L'inversion se situe entre 600 et 1100 mètres; le brouillard se traîne au niveau du sol tout au long de la gouttière du Moyen-Pays, son niveau supérieur oscillant entre 800 et 900 mètres.









– Le 22.2.1975. L'inversion existe de 1500 à 2500 mètres; une couche de stratus couvre partiellement le Moyen-Pays entre 1500 et 1800 mètres.

– Le 28.2.1975. L'inversion s'établit à partir du sol et jusqu'à 2200 mètres; des nappes de stratus couvrent partiellement le Moyen-Pays entre 800 et 1200 mètres. Nous étudierons tout d'abord pour chacune des journées l'écoulement de l'air au sol entre 7 et 8 heures du matin; nous nous intéresserons ensuite à ce qui se passe entre 12 et 14 heures.

a) *le 8.2.1975.* L'ensemble de l'Europe est sous l'influence d'une vaste zone de haute pression s'étirant entre l'Islande, la Norvège et le sud de l'Italie. Les vents sont très faibles en Suisse au-dessous de 1000 mètres; leur vitesse est inférieure à 10 km/h et leurs directions imprécises. Une inversion thermique importante règne sur le Plateau suisse. A l'altitude de 1200 mètres, on mesure au-dessus de Payerne 5°C, alors qu'au sol on enregistre –2°C tout comme aux environs immédiats de Fribourg. A Posieux, station ISMZ, le thermomètre indique –4°C le matin et le ciel est découvert (fig. 16).

En ville de Fribourg, les brises matinales s'orientent généralement vers le centre de la cité. A partir de Marly-le-Petit, du quartier des Daillettes et de Cormanon, elles s'écoulent en gros de l'ouest ou du sud-ouest; dans la région de Montorge, Planche-Supérieure, Gottéron, elles prennent une orientation sud à sud-est en direction du Bourg.

Sur le flanc ouest du Schönberg et sur le versant nord de la colline du Guintzet, nous ne retrouvons plus en périphérie cet écoulement en direction du centre urbain.

Une brise ascendante, orientée d'abord vers le nord-est et tournant ensuite vers l'est, souffle au Schönberg; sur le flanc nord du Guintzet, l'air s'écoule en direction du nord, puis diverge vers le nord-ouest et vers l'est.

Au fond du ravin de la Sarine, dans la région des Neigles, l'air qui se glisse vers l'aval est canalisé en direction de l'est ou de l'ouest; il s'échappe ainsi en faible courant ascendant le long des deux ravins, en direction de La Chassotte ou de Villars-les-Joncs.

A l'intérieur de la cité se dessinent deux zones d'attraction vers le centre desquelles les courants ont tendance à se diriger, tout en subissant les déviations que les axes routiers leur imposent. Une

première recouvre le versant sud de la colline du Guintzet jusqu'aux environs de la voie ferrée (fig. 16); une deuxième englobe l'ensemble du quartier du Bourg; ses limites sont plus difficiles à tracer parce que la topographie y joue un rôle important.

b) *Le 22.2.1975.* L'ensemble de l'Europe est sous l'influence d'un anticyclone centré sur la Pologne. En Suisse, les vents sont nuls au-dessous de 2000 mètres et leurs directions sont à nouveau imprécises. Une très importante inversion thermique se présente entre 1500 et 2500 mètres: on enregistre -7°C à 1500 mètres et $+3^{\circ}\text{C}$ à 2500, alors qu'au sol les températures oscillent entre -2°C et -3°C (fig. 17 et 18).

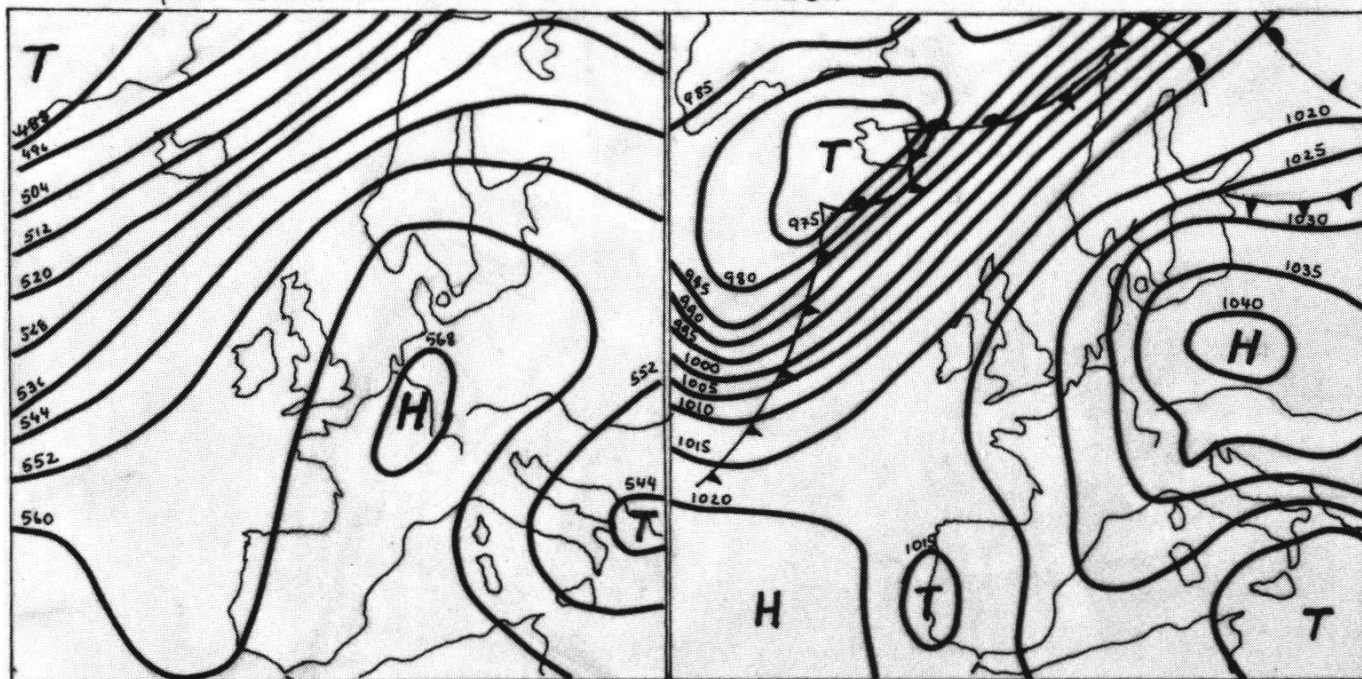
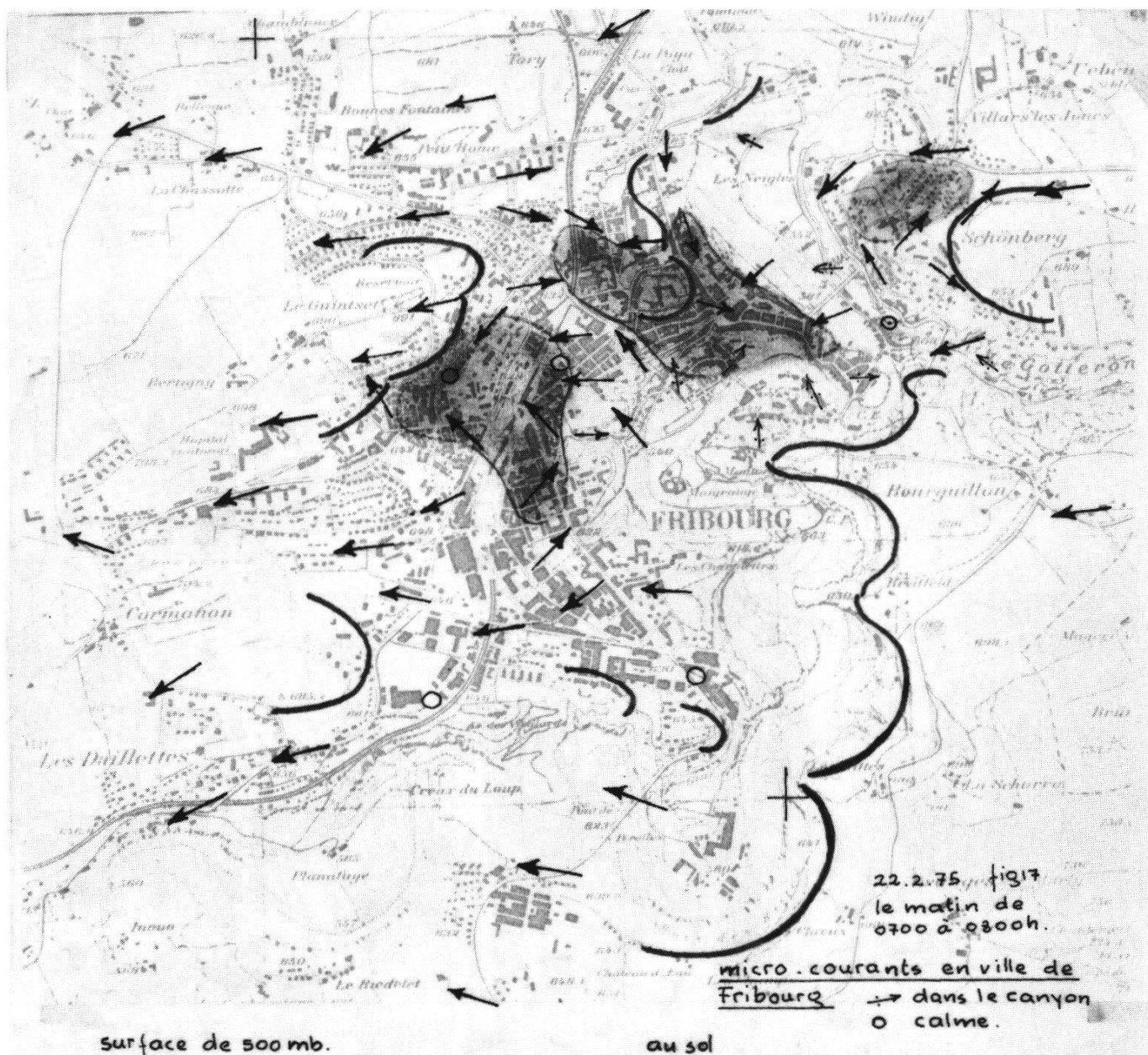
Une nappe de stratus recouvre la gouttière du Moyen-Pays en dessous de 1500 mètres.

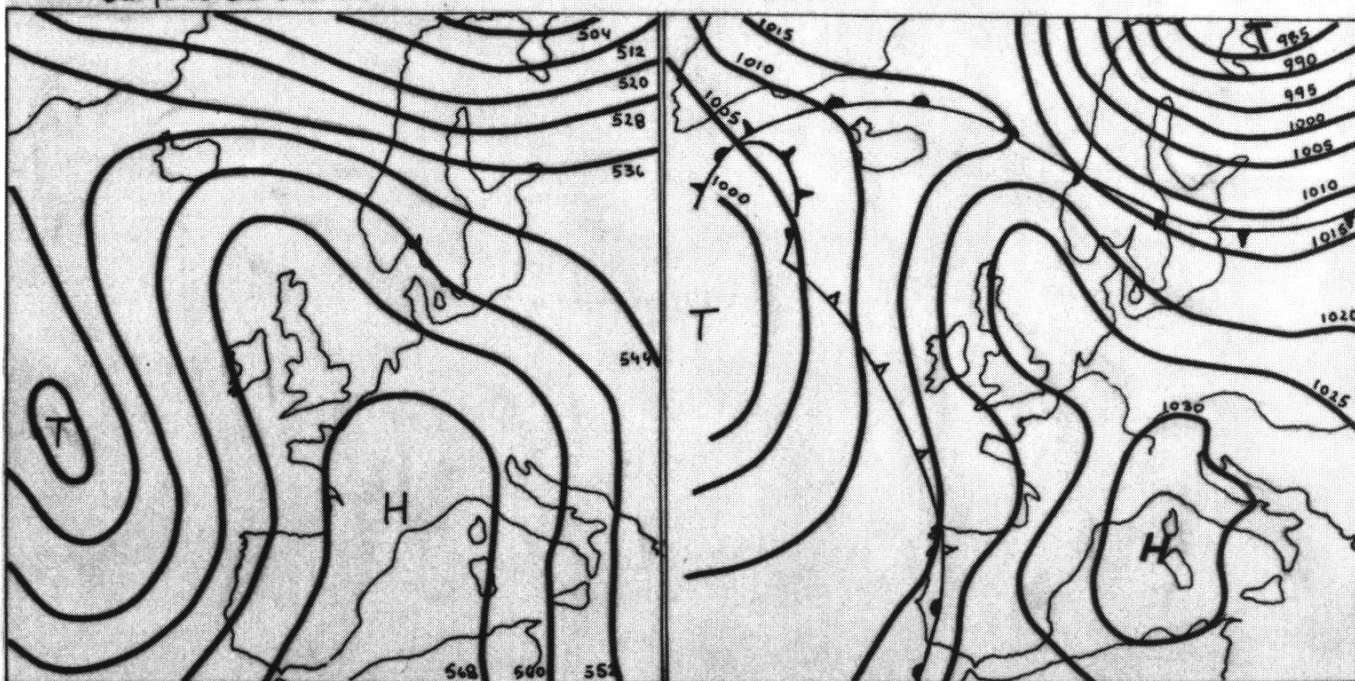
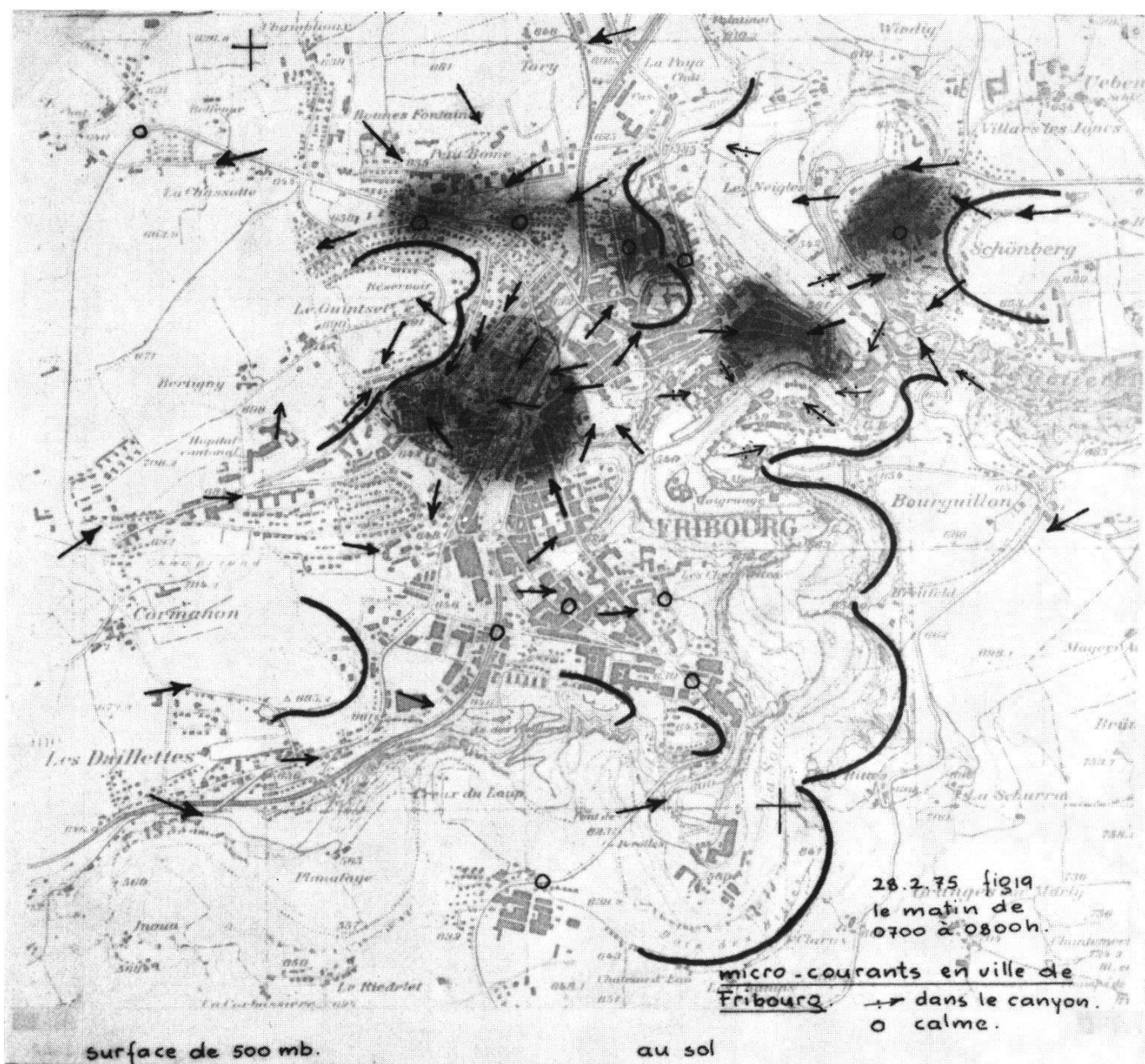
– Le matin à 7 heures, dans la campagne fribourgeoise (Posieux, station ISMZ), le vent est inférieur à 2 km/h; il a une légère tendance à s'orienter au nord-est. Dans la périphérie immédiate de Fribourg, le léger flux venant du nord-est est partout perceptible. Cet écoulement est nettement perturbé dans l'agglomération; des directions irrégulières, voire contraires, se présentent en plusieurs endroits de la cité.

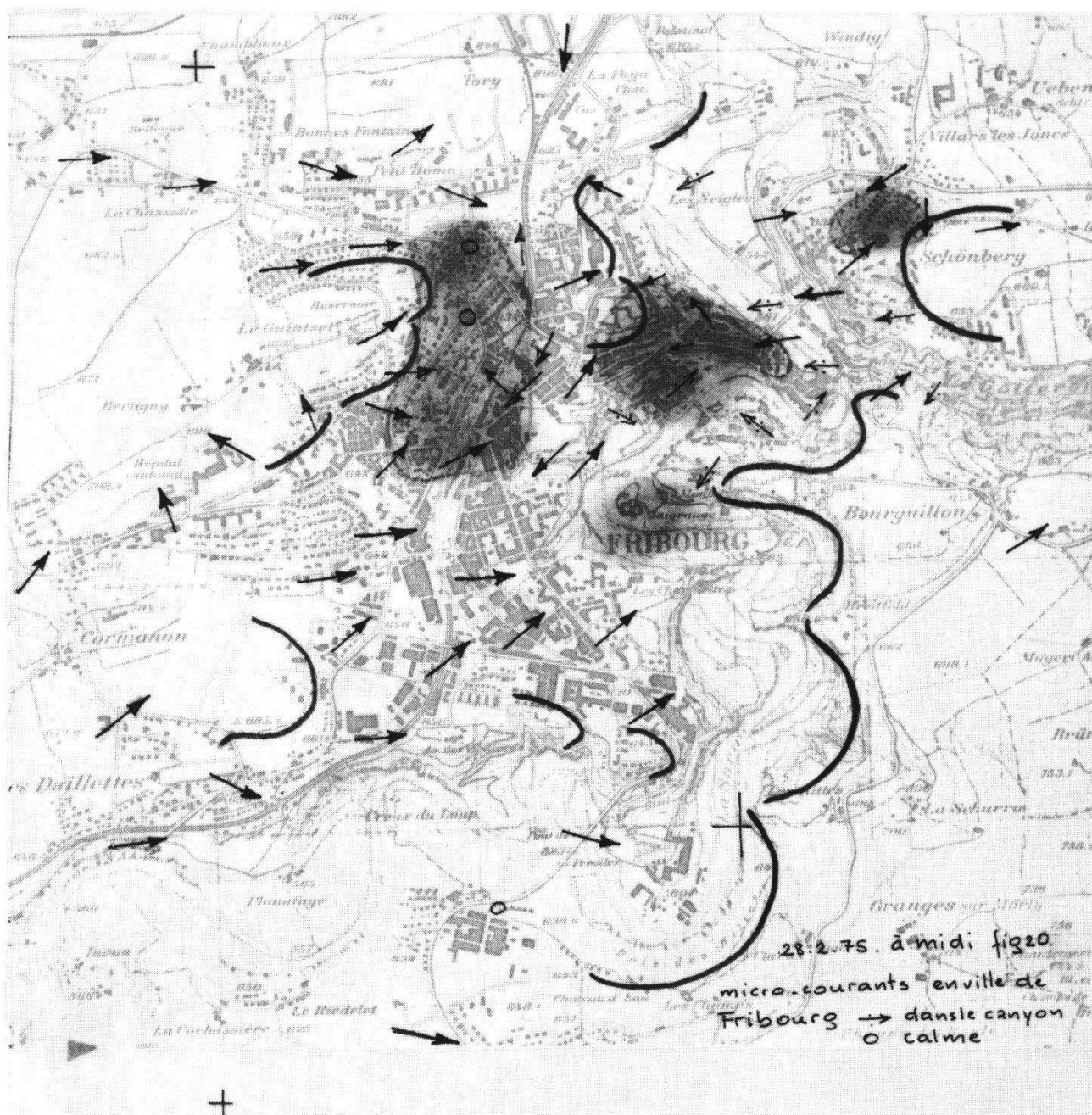
Sur le versant ouest du Schönberg, des courants ascendants se dirigent vers l'est ou le nord-est. Le quartier du Bourg constitue à nouveau une zone de convergence; celle-ci apparaît plus vaste que dans l'exemple précédent; elle recouvre également la colline de Belsex où se trouve le Collège St-Michel, et s'étend jusqu'à Miséricorde.

Le versant sud du Guintzet est lui aussi, à nouveau, un lieu de convergence. La zone intéressée déborde aujourd'hui la gare en direction du sud-est; elle englobe le quartier traversé par la première partie du boulevard de Pérolles.

– A midi, la tendance générale de l'écoulement à la périphérie de la ville est moins régulière que le matin. Les brises se dirigent vers l'est sur la rive droite de la Sarine, vers le nord-ouest à la limite nord de la ville, et vers l'ouest en sa partie sud et sud-ouest. Des collines de Cormanon et Bertigny, l'air s'écoule vers Fribourg en se dirigeant vers l'est ou le sud-est. A l'intérieur même de l'agglomération, les orientations sont aussi variées qu'aux premières heures du jour. Les







deux zones de convergence perçues ci-dessus réapparaissent, mais avec quelques petits décalages: seul l'ensemble du Bourg est cette fois inclus dans la première. La deuxième au contraire s'est légèrement étalée vers le sud-ouest. Les directions des courants apparaissent à nouveau convergentes sur le flanc nord-ouest du Schönberg, alors que la topographie n'est que peu favorable à cet écoulement.

c) *Le 28.2.1975*. Le matin, un vaste anticyclone centré sur le golfe de Gênes recouvre la péninsule européenne, ainsi que la Méditerranée occidentale. Les vents sont très faibles au-dessous de 1000 mètres; ils ont tendance à s'orienter au sud-ouest sur le Plateau suisse (fig. 19 et 20). Une très importante inversion thermique règne jusqu'à 2100 mètres; on enregistre -2°C au sol à Payerne et $+5^{\circ}\text{C}$ à 2100 mètres. L'air est saturé à 1000 mètres; la nappe de stratus qui s'élève jusque vers 1200 mètres recouvre partiellement la gouttière du Moyen-Pays au nord du Jorat.

Dans la campagne fribourgeoise (station ISMZ de Posieux), le thermomètre est descendu jusqu'à -4°C et le vent, inférieur à 3 km/h, s'écoule du nord-est, contrairement à ce que nous signalons ci-dessus et qui concerne Payerne.

Aux environs immédiats de la ville, les minimums thermiques ne dépassent pas -3°C . Au niveau du sol, la brise matinale converge de toutes parts vers l'agglomération avec, pour l'ensemble de la périphérie urbaine, une tendance à tourner de droite à gauche amorçant un tourbillon de grandes dimensions.

A l'intérieur même de la cité, les mouvements de l'air sont beaucoup moins uniformes et en plusieurs endroits le calme est même absolu; c'est le cas dans le quartier du Bourg et sur la colline du Belsex, sur le versant nord-ouest du Schönberg, au nord de la colline du Guintzet, ainsi qu'à la partie ouest du quartier de Pérolles. Ces espaces de calmes semblent constituer de faibles centres de convergence pour les microcourants des alentours; ils viennent s'ajouter aux deux zones que nous retrouvons régulièrement: celle du Bourg et celle du versant sud de la colline du Guintzet jusqu'aux environs de la gare CFF.

– A midi, la convergence généralisée vers la ville est perturbée; sur la colline de Bertigny, l'air se glisse vers le nord ou le nord-ouest; sur le Schönberg, il se dirige vers l'est.

Les principales zones de convergence se maintiennent. Celle du Guintzet s'est légèrement décalée vers le sud; elle englobe maintenant le quartier bordant à l'ouest le boulevard de Pérolles; celle du Bourg se maintient dans les limites qui étaient les siennes le matin. Le point de convergence du Schönberg se limite au flanc nord-ouest de la colline, comme dans les cas précédents. Le quartier de Pérolles est mieux ventilé qu'au début du jour: un courant du sud-ouest se glisse le long de ses rues transversales.

Ces trois exemples, typiques des jours les moins ventilés de l'hiver, nous montrent qu'il existe de faibles déplacements d'air intra-urbains qui dirigent la couche inférieure de l'atmosphère vers trois ou quatre points de la cité. C'est dans cette couche que peuvent, pendant les périodes froides et calmes de l'hiver, se concentrer les gaz d'échappement des voitures qui rendent parfois si désagréable le séjour dans les rues de nos villes.

Au vu de la topographie urbaine, nous pensons que cette convergence est sans importance pour le quartier du Schönberg. En revanche, les zones sises au sud de la gare CFF, ainsi qu'entre la voie ferrée et la colline du Guintzet, nous semblent être plus exposées aux désagréments que peut causer une concentration inopportune de polluants atmosphériques et cela malgré les larges brèches en direction du canyon que constituent les Grands-Places ou la Route-Neuve.

Souvent, en effet, l'écoulement d'air a lieu en direction de l'amont du versant. Pour le quartier du Bourg, la place Notre-Dame, peu ventilée et en légère dépression, est sans doute le point le plus menacé par la stagnation d'air au niveau du sol; mais comme elle n'est un lieu de convergence que pour l'air s'écoulant au niveau de quelques rues seulement, la concentration des désagréments dus aux moteurs ou aux installations de chauffage y est déterminé surtout par les sources nocives qui s'y trouvent.

Résumé

Cette étude des vents, balayant le Moyen-Pays occidental et la ville de Fribourg en particulier, démontre la grande variabilité des courants dans cet espace géographique pourtant restreint. Elle permet de souligner le rôle important joué par la topographie sur cet élément du climat.

La ville de Fribourg y apparaît avec un visage qui lui est propre, en partie semblable à celui de Berne, mais très différent de ceux de Lausanne ou Neuchâtel.

L'approche des microcourants soufflant à l'intérieur de la ville, au niveau de la rue, s'est faite surtout pendant des périodes de stabilité verticale généralisée et en l'absence de vents importants sur l'ensemble du pays. Elle nous a donc permis de déterminer entre autre l'écoulement des brises de campagne. Celles-ci convergent régulièrement vers certaines zones de la ville qui réapparaissent, avec des extensions variables, sur presque toutes les cartes et cela aussi bien le matin qu'au milieu de la journée. Le manque de moyens financiers ne nous a pas permis de procéder simultanément à l'étude de la dimension verticale qui nous paraît nécessaire pour tirer des conclusions définitives.

Zusammenfassung

Diese Studie der Winde, die das westliche Mittelland und insbesondere Freiburg bestreichen, zeigt die große Variabilität der Strömungen in diesem doch beschränkten geographischen Raum. Sie erlaubt es, die wichtige Rolle, welche die Topographie für dieses Klimatelement spielt, zu unterstreichen.

Die Stadt Freiburg zeigt hier ein ihr eigenes Gesicht, teilweise ähnlich dem von Bern, aber sehr unterschiedlich denen von Lausanne oder Neuenburg.

Die Betrachtung der Mikro-Strömungen innerhalb der Stadt, auf der Ebene der Straße, wurde vor allem während Perioden allgemeiner vertikaler Stabilität und beim Fehlen größerer Windbewegungen über dem ganzen Land durchgeführt. Sie hat uns also unter anderem erlaubt, das Abfließen der Landbrisen festzuliegen. Diese strömen regelmäßig nach gewissen Zonen der Stadt, welche auf fast allen Karten, mit unterschiedlichen Ausdehnungen, erscheinen. Dies trifft ebenso für den Morgen wie für den Mittag zu. Die beschränkten finanziellen Mittel erlaubten es uns nicht, gleichzeitig eine Studie der vertikalen Ausdehnung durchzuführen. Dies erscheint uns jedoch notwendig, um definitive Schlußfolgerungen zu ziehen.

Summary

This study of winds blowing over the western Midland and the city of Fribourg in particular, shows the big variety of the currents in this limited geographical area. It emphasizes the important roll played by topography over the element of the climate.

The city of Fribourg has a peculiarity of its own, which is partly similar to that of Bern, but very different from that of Lausanne and Neuchâtel.

The approach of the micro-currents blowing inside the city at street level was made chiefly during periods of generalised vertical stability and with the lack of important winds over the whole country. This allowed then us to determine among other things the passage of the land breezes. These converge regularly to some zones of the city, reappearing with variable extensions, on nearly all the maps and appear in the morning as well as in the middle of the day. Lack of financial means did not allow us to study at the same time the vertical dimension which seems necessary to us to draw definite conclusions.

Bibliographie

- ALISSOV, B., DROSDOV, D., und RUBINSTEIN, E.: Lehrbuch der Klimatologie. Berlin 1956.
- Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt Zürich 1920–1973.
- BERG, H.: Die Stadt und ihr Klima. «Grün und Wasser in der Stadt». Schriftenreihe der VDG 2, 28–35 (1957).
- CACHERA, P.: Effet du vent sur les constructions. *La Météorologie* 4, 519–530 (1960).
- EDMONDS, H.: Das Bonner Stadtklima. *Arb. Rhein. Landeskunde (Bonn)* H. 7 (1954).
- ERIKSEN, W.: Beiträge zum Stadtklima von Kiel. *Svg. Geogr. Inst. Univ. Kiel* H. 29 (1964).
- Frankfurter Arbeitsbericht: Lufthygienisch-meteorologische Modelluntersuchungen in der Region Untermain. Regionale Planungsgemeinschaft Untermain (Frankfurt a. M.) H. 2 (1971).
- GEIGER, R.: Das Klima der bodennahen Luftschicht. *Die Wissenschaft*, Bd. 78, 4. Aufl. Vieweg: Braunschweig 1961.
- KRATZER, A.: Das Stadtklima. *Die Wissenschaft*, Bd. 90. Vieweg: Braunschweig 1956.
- LANDSBERG, H. E.: *Climates and urban planning. Symposium on Urban Climates and Building Climatology. O.M.M.: Brüssel* 1968.
- MESSERLI, P.: Windstatistik der klimatologischen Station Bern 1965/1969. *Informationen und Beiträge zur Klimaforschung, 1/14. Geogr. Inst. Univ. Bern* 1970–1974.
- MÜLLER, T.: Lufthygienische Untersuchungen in Siedlungsgebieten der Region Zürich. *Diss. ETH Zürich* 1969.
- PERRET, R.: *Classification des types de temps. Centre météorologique de Cointrin* 1973.
- PRIMAULT, B.: *Etude mésoclimatique du canton de Vaud. Cahiers de l'aménagement régional (Lausanne)* 14 (1972).
- – *Le climat, élément du plan d'aménagement. Publ. Inst. Suisse Météorol. Zürich* 24 (1973).
- SCHÜEPP, M.: *Atlas de la Suisse. Serv. topogr. féd.: Bern* 1965 et suiv.
- – *Wind 1–3. Beih. Ann. S.M.Z.A.* 1971.