

**Zeitschrift:** Jahrbuch der Geographischen Gesellschaft Bern  
**Band:** 57 (1991)

**Artikel:** Les vents dans le Vallon de St-Imier = Die Winde im Vallon de St-Imier  
**Autor:** Rickli, Ralph  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-960392>

### **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:** 19.10.2024

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

## Les vents dans le Vallon de St-Imier

## Die Winde im Vallon de St-Imier

Ralph RICKLI<sup>1</sup>

### Résumé

Les études d'impact sur l'environnement des projets routiers de la N16 et de la J30 ont fourni des données spatiales très détaillées sur les conditions du vent. Conjointement avec des mesures de l'Institut de géographie de l'Université de Berne, les données des stations de Pierre-Pertuis et de La Heutte sont exploitées comme exemple. Elles servent à la présentation des structures fréquentes des courants dans le Vallon de St-Imier. L'influence mécanique et thermique de la topographie sur le champ de vent est bien perceptible. Une comparaison avec la charge de NO<sub>2</sub> sur le Moyen-Pays démontre bien l'importance des sources proches du sol.

### 1. Introduction

Jusqu'à un passé récent, les conditions de courant au sol dans les vallées du Jura bernois et neuchâtelois n'ont à peine été analysées. Depuis peu, la situation par rapport aux données a changé. En particulier des questions liées à l'hygiène de l'air sont à l'origine des mesures du vent et d'analyses au moyen de ballons captifs. Les données saisies servaient avant tout à des prévisions d'émissions dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement pour les projets routiers de la N16 (Transjurane) et la J30 (jonction Renan – Les Convers).

### Zusammenfassung

Die Umweltverträglichkeits-Prüfungen der Strassenbauprojekte N16 und J30 führten zu einem räumlich hochaufgelösten Winddatensatz. Zusammen mit Messungen des Geographischen Instituts der Universität Bern werden die Daten der Messstellen Pierre-Pertuis und La Heutte exemplarisch herausgegriffen. Sie dienen zur Darstellung wiederkehrender Strömungsmuster im Vallon de St-Imier. Die mechanische und thermische Beeinflussung des Windfeldes durch die Topographie tritt dabei deutlich in Erscheinung. Ein Vergleich mit der NO<sub>2</sub>-Belastung im Mittelland zeigt die Bedeutung bodennaher Quellen für das mittlere Belastungsbild.

### 1. Einleitung

Bis vor kurzem blieben die bodennahen Strömungsverhältnisse in den Tälern des Berner und Neuenburger Jura weitgehend unerforscht. Mittlerweile hat sich die Datenlage geändert. Insbesondere lufthygienische Fragestellungen haben als Motor für Windmessungen und Einzeluntersuchungen mittels Fesselballonen gewirkt. Die erhobenen Daten dienen primär Immissionsprognosen, die im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfungen für die Strassenbauprojekte N16 (Transjurane) und J30 (Verbindung Renan – Les Convers) erstellt wurden.

<sup>1</sup> Maison METEOTEST,  
Fabrikstrasse 29, CH-3012 Berne

<sup>1</sup> Firma METEOTEST,  
Fabrikstrasse 29, CH-3012 Bern

Ce qui manque encore, ce sont des études systématiques sur l'influence des vents de hauteur dans le cadre du régime de la circulation atmosphérique à travers la vallée, sur le développement de vents de montagne et de vallée, sur leur étendue verticale et sur l'échange de masses d'air entre vallées jurassiennes et le Moyen-Pays. Dans le cadre des conditions de l'hygiène de l'air, les questions relatives au développement dans le temps et à l'épaisseur du lac d'air froid dans les différentes parties de la vallée seraient aussi intéressantes.

Le but de cet article est une présentation, par l'exemple du Vallon de St-Imier, des principes de circulation locale et régionale, élaborés à partir des expériences acquises jusqu'à présent.

## 2. Situation topographique

Les plis du Jura limitent le Moyen-Pays helvétique au nord-ouest. Ils représentent un rempart impressionnant qui n'est interrompu par des cours d'eau qu'en quelques endroits. Parmi les percements les plus importants, il y a celui de l'Areuse entre Noiraigue et Boudry, celui de la Suze entre Péry-Reuchenette et Boujean (Gorges du Taubenloch) et celui de la Dünnern dans la cluse de Balsthal. Au sud, le Moyen-Pays est relié aux Préalpes et aux Alpes centrales par de nombreuses vallées, situation bien différente à celle de la limite septentrionale. Le foehn du sud pénètre par ces larges vallées vers le nord et glisse sur de l'air froid situé dans le Moyen-Pays. L'écoulement nocturne d'air froid le long de cette ligne depuis les Alpes vers le bas du Moyen-Pays est encore plus régulier. Depuis le printemps jusqu'en automne, des vents de vallée montent dès midi et déplacent de l'air du Moyen-Pays en sens inverse.

Systematische Untersuchungen zum Einfluss der Höhenwinde auf das Strömungsregime im Talquerschnitt, zur Entwicklung von Berg- und Talwinden und deren vertikalen Erstreckung und zum Luftmassenaustausch zwischen Juratälern und dem Mittelland stehen weiterhin aus. Im Zusammenhang mit der lufthygienischen Situation interessiert auch die Frage nach der zeitlichen Entwicklung und der Mächtigkeit von Kaltluftseen in einzelnen Talabschnitten.

Ziel dieses Aufsatzes ist es, am Beispiel des Vallon de St-Imier lokale und regionale Zirkulationsmuster vorzustellen, die sich aus den bisherigen Untersuchungen ableiten lassen.

## 2. Topographische Situation

Die Faltenzüge des Juras begrenzen das Schweizer Mittelland im Nordwesten. Sie bilden einen markanten Wall, der nur an wenigen Stellen vom Gewässernetz durchbrochen wurde. Zu den bedeutendsten Durchbrüchen gehören jener der Areuse zwischen Noiraigue und Boudry, jener der Schüss zwischen Péry-Reuchenette und Bözingen (Taubenlochschlucht), sowie derjenige der Dünnern in der Klus von Balsthal. Im Gegensatz zu seinem Nordrand ist das Mittelland gegen Süden hin durch eine Vielzahl von Tälern mit dem Voralpen- und zentralen Alpenraum verbunden. Durch diese Täler dringt der Südföhn nach Norden vor und gleitet auf die im Mittelland liegende Kaltluft auf. Regelmässiger noch fliesst nachts entlang dieser Leitlinien Kaltluft aus dem Alpenraum in die Senken des Mittellands. Bei mittlerem und hohem Sonnenstand (Frühling bis Herbst) entwickeln sich ab Mittag regelmässig Talwinde und transportieren Luft aus dem Mittelland in umgekehrter Richtung.

On peut aussi admettre des mécanismes de circulation semblables entre le Jura et le Moyen-Pays. Contrairement aux Alpes du nord, le Jura ne débouche qu'avec peu de vallées jurassiennes dans le Moyen-Pays. La direction prépondérante de l'écoulement est nord-nord-est. L'effet des plis montants et plongeants subdivise les vallées en bassins individuels, dont le plus grand est celui de Delémont. Mais la région de Moutier ainsi que des parties de la Vallée de Tavannes et du Vallon de St-Imier ont la forme de bassins et barrent aussi des lacs d'air froid. Le réseau hydrographique indique que seulement une partie de l'air autochtone froid s'écoule vers le Moyen-Pays. Le reste atteint vraisemblablement le haut Rhin en direction nord par la vallée de la Birse, ou Montbéliard par le Doubs. Par la suite, il sera question du régime éolien dans la vallée et de l'échange de l'air entre le Jura et le Moyen-Pays. Ces conditions sont présentées à l'aide des données de vent du Vallon de St-Imier.

Le pendage du Vallon de St-Imier, dans sa partie supérieure et moyenne, est d'environ 60 degrés et correspond à celui des chaînes de montagnes voisines du Mont-Soleil et de Chasseral. Le versant gauche de la vallée est d'environ 150 à 300 mètres inférieur au versant droit et représente une longueur moyenne moins importante. Puisque le versant droit de la vallée est plutôt orienté nord-nord-ouest, il produit vraisemblablement plus d'air froid que les versants du Mont-Soleil.

Du point de vue topoclimatologique, le Vallon de St-Imier peut être subdivisé en quatre parties. La première va des Convers jusqu'à St-Imier. La différence d'altitude par rapport aux hauteurs avoisinantes varie entre 100 et 400 mètres. La largeur de la vallée est presque constante avec 1 à 1.5 km. En-dessous de St-Imier, la vallée s'élargit jusqu'à Sonceboz et ressemble à un bassin allongé,

Es ist davon auszugehen, dass ähnliche Zirkulationsmechanismen auch zwischen Jura und Mittelland spielen. Im Gegensatz zu den Nordalpen münden jedoch nur wenige Juratäler ins Mittelland. Die vorherrschende Entwässerungsrichtung ist Nord-Nordost. Das Wechselspiel von auf- und abtauchenden Faltenzügen unterteilt die Täler in einzelne Becken, von denen das grösste das Delsberger Becken ist. Aber auch der Raum von Moutier sowie Abschnitte des Vallée de Tavannes und des Vallon de St-Imier wirken als Becken und somit auch als Kaltluftsammegebiete. Das Gewässernetz deutet darauf hin, dass nur ein Teil der autochthonen Kaltluft ins Mittelland fliesst. Der Rest dürfte entweder entlang der Birs nordwärts zum Hochrhein oder via Doubs Richtung Montbéliard gelangen. Anhand von Winddaten aus dem Vallon de St-Imier soll nachfolgend das Windregime im Tal und der Luftaustausch zwischen Jura und Mittelland näher vorgestellt werden.

Die Streichrichtung des Vallon de St-Imier beträgt im oberen und mittleren Abschnitt rund 60 Grad und entspricht derjenigen der flankierenden Höhenzüge Mont Soleil und Chasseral. Die linke Talflanke ist zwischen 150 und 300 Meter niedriger als die rechte und weist auch eine geringere mittlere Hanglänge auf. Da die rechte Talflanke zudem nach Nord-Nordwesten orientiert ist, dürfte sie stärker zur Kaltluftproduktion im Tal beitragen als die Hänge des Mont-Soleil.

Aus geländeklimatologischer Sicht lässt sich das Vallon de St.-Imier in vier Abschnitte unterteilen. Der erste reicht von Les Convers bis St.-Imier. Die Höhendifferenz zu den unmittelbar angrenzenden Höhen schwankt zwischen 100 und 400 Metern. Die Talbreite ist mit 1 bis 1.5 km nahezu konstant. Unterhalb von St.-Imier weitet sich das Tal bis Sonceboz und gleicht einem langgezogenen Becken, obschon der Tal-

même si le fond de vallée ne présente aucune grande surface plane. La courbe de niveau des 800 m marque la transition entre les surfaces agricoles utilisées et les versants maintenus boisés à cause de leur inclinaison. D'ailleurs, c'est dans cette partie que se présentent les plus grandes différences entre le fond de vallée et les crêtes: une dénivellation d'environ 700 m. L'engorgement de la vallée en-dessous de Sonceboz sépare la deuxième de la troisième partie entre La Heutte et Péry-Reuchenette. Comme dernière partie on peut considérer les coupures antécédentes, principalement les gorges de la Suze, dans les premiers plis du Jura apparaissant sous la couverture molassique.

### 3. Les bases de données

La figure 1 montre les emplacements des stations de mesure pour les projets routiers de la N16 et de la J30, où le vent a été mesuré durant un an. Les coordonnées et la période de mesure des stations figurent dans la table 1. L'Office des ponts et des chaussées du canton de Berne est propriétaire des données. Des mesures du vent ont été effectuées auparavant par l'Institut de géographie de l'Université de Berne, à la sortie des gorges du Taubenloch à Bienne-Boujean, dans le cadre d'un projet interdisciplinaire «Climat et hygiène de l'air de la région de Bienne» (WANNER, H. *et al.*, 1990). Cette station figure aussi dans la table 1. Les données de vent ont servi aux calculs de diffusion pour l'appréciation de la future situation d'émission le long du tronçon prévu. Puisque ces calculs sont standardisés, aucune exploitation supplémentaire n'a été effectuée dans le cadre de ces projets. A cause de la haute densité spatiale des stations et de la fréquence de mesure de 10 minutes (vitesse moyenne du vent, maximum des coups de vent, déviation standard des fluctuations horizontales de la direction du

boden keine grossen Verflachungen aufweist. Die 800 m Höhenlinie markiert den Übergang zwischen den landwirtschaftlich genutzten Flächen und den wegen ihrer Steilheit mit Wald belassenen Talflanken. Zudem treten hier mit rund 700 m die grössten Differenzen zwischen Talgrund und Kretenhöhe auf. Die Talverengung unterhalb von Sonceboz trennt den zweiten vom dritten Abschnitt zwischen La Heutte und Péry-Reuchenette. Als letzter, zumeist schluchtartiger Teil sind die antezedenten Einschnitte der Schüss in die ersten Faltenzüge des unter Molassebedeckung auftauchenden Juras zu nennen.

### 3. Datengrundlage

Figur 1 zeigt die Standorte, an denen für die Strassenbauprojekte N16 und J30 jeweils während einem Jahr Windmessungen durchgeführt wurden. Die Standortkoordinaten, sowie der Zeitraum der Messungen sind in Tabelle 1 dargestellt. Eigentümerin der Daten ist das Tiefbauamt des Kantons Bern. Bereits früher führte das Geographische Institut der Universität Bern am Taubenlochausgang in Biel-Bözingen Windmessungen durch, dies im Rahmen des interdisziplinären Projektes «Klima und Lufthygiene im Raum Biel» (WANNER, H. *et al.*, 1990). Diese Messstelle ist ebenfalls aufgeführt. Die Winddaten dienen für Ausbreitungsrechnungen zur Beurteilung der künftigen Immissionsituation entlang der geplanten Strassenabschnitte. Da diese Berechnungen auf standardisierten Verfahren beruhen, sind im Rahmen der einzelnen Projekte keine weiteren Auswertungen vorgenommen worden. Wegen der hohen räumlichen Dichte der Messstellen und einer zeitlichen Auflösung von 10 Minuten (mittlere Windgeschwindigkeit, Böenmaxima, Standardabweichung der horizontalen

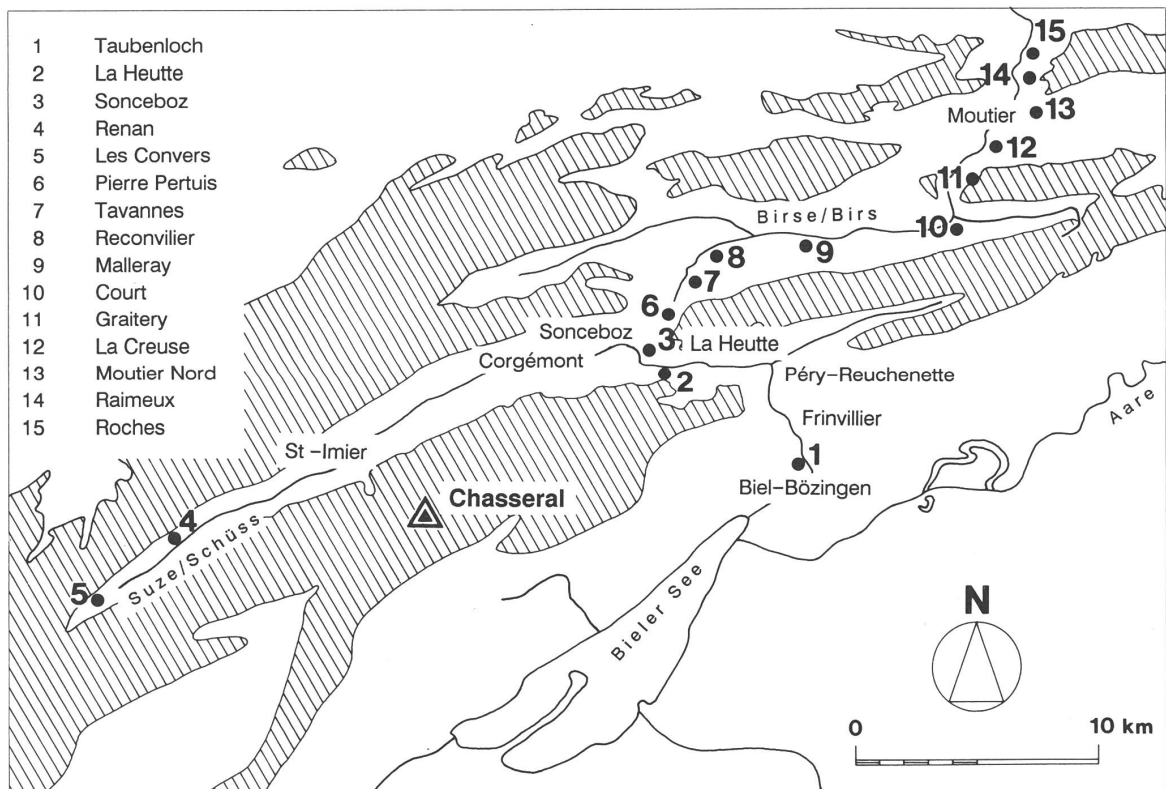


Fig. 1: Stations d'anémomètre des réseaux de mesure de l'Office des ponts et des chaussées du canton de Berne et de l'Institut de géographie de l'Université de Berne dans les vallées de la Suze et de la Birse entre 1980 et 1990. Les altitudes supérieures à 1000 m sont hachurées.

Abb. 1: Anemometerstandorte der Messnetze des Tiefbauamtes des Kantons Bern und des Geographischen Instituts der Universität Bern in den Tälern von Schüss und Birs zwischen 1980 und 1990. Höhenlagen oberhalb von 1000 m ü.M. sind schraffiert dargestellt.

vent), ces données se prêtent aussi à d'autres études et à une modélisation physique et numérique.

#### 4. Les conséquences de la topographie sur les conditions de vents locaux

En-dessus de la mer ouverte et sur un terrain presque plat, comme par exemple au Danemark ou en Allemagne du Nord, la direction et la vitesse du vent ne sont influencées que par la rugosité locale de la surface et la sta-

Windrichtungsfluktuation) eignen sich die Daten auch für weitere Untersuchungen und für den Einbezug in physikalische und numerische Modelle.

#### 4. Auswirkungen der Topographie auf die lokalen Windverhältnisse

Über dem offenen Meer und nahezu ebenem Gelände, wie beispielweise in Dänemark oder Norddeutschland, werden Windrichtung und -geschwindigkeit nur durch die lokale Oberflächenrauigkeit und die Stabi-

Station Mess- stelle	Nom Name	Coordonnées Koordinate	Altitude Höhe in m ü. M.	Période Zeitraum
1	Taubenloch	586'930 / 222'410	463	Nov 80 – Mrz 82
2	La Heutte	581'650 / 226'300	630	Aug 88 – Jul 89
3	Sonceboz	580'700 / 227'370	775	Aug 88 – Jul 89
4	Renan	560'550 / 219'220	920	Aug 89 – Jul 90
5	Les Convers	557'450 / 216'830	950	Aug 89 – Jul 90
6	Pierre-Pertuis*	581'470 / 228'650	840	Sep 88 – Aug 89
7	Tavannes	582'400 / 229'550	810	Aug 88 – Jul 89
8	Reconvilier	583'350 / 230'900	800	Aug 88 – Jul 89
9	Malleray	587'130 / 231'380	745	Aug 88 – Jul 89
10	Court	593'360 / 232'400	690	Sep 88 – Aug 89
11	Graitery*	594'160 / 234'160	970	Dez 88 – Nov 89
12	La Creuse	594'660 / 235'600	580	Aug 88 – Jul 89
13	Moutier Nord	596'480 / 236'750	565	Aug 88 – Jul 89
14	Raimeux*	596'580 / 238'820	800	Dez 88 – Nov 89
15	Roches	596'530 / 239'860	510	Sep 88 – Aug 89

Tab. 1: Mesures du vent dans les vallées de la Suze et de la Birse de 1980 à 1990. Aux stations désignées d'un astérisque les mesures du vent ont été effectuées en forêt, sur une tour de 30 m de haut. A Bienn-Boujean, le vent du Taubenloch a été mesuré à une hauteur de 4 m en-dessus d'un toit (station 1). Aux autres emplacements les mesures ont été effectuées selon la norme OMM<sup>1</sup> à 10 m du sol.

Tab. 1: Windmessungen in den Tälern von Schüss und Birs zwischen 1980 und 1990. An den mit einem Stern versehenen Messstellen erfolgten die Windmessungen in bewaldeter Umgebung auf 30 m hohen Gerüsttürmen. In Biel-Bözingen wurde der Taubenlochwind in einer Höhe von 4 m über Dach erfasst (Messstelle 1). An den übrigen Standorten wurde nach WMO<sup>1</sup> Norm in 10 m über Grund gemessen.

<sup>1</sup> OMM Organisation météorologique mondiale

<sup>1</sup> WMO World Meteorological Organization

bilité de l'atmosphère proche du sol (*couche de Prandtl* ou *Surface Layer*). Dans une situation topographique complexe, les influences sont plus variées. Elles peuvent être dissociées en gros en une composante mécanique et une composante thermique. L'influence mécanique la plus évidente est la canalisation. Elle crée – selon la stabilité – des rotors et des vagues.

Sur le versant nord des Alpes, les vents de gradient en-dessous de 3000 m sont généralement contraints à contourner le massif alpin par l'est ou le sud-ouest. Voici l'origine d'une division distincte de la répartition moyenne de la direction sur le Moyen-Pays helvétique. Elle sera accentuée dans les couches atmosphériques inférieures par l'orientation du Jura. La canalisation diminue avec la distance du versant nord des Alpes. La figure 2 montre la répartition moyenne de la direction à Chasseral et en-dessus de Payerne (1700 m). Les données de Payerne proviennent des radio-sondages à 00 et 12, heure universelle (HU<sup>2</sup>). Par besoin de comparabilité, pour Chasseral, les données de 11, 12, 22 et 23, heure universelle, sont utilisées. Des analyses supplémentaires ont montré que la distribution ne diffère que peu de celle qui inclue toutes les données de vent d'une station de sommet (PFEIFFER 1988). A Chasseral, la direction du vent des secteurs sud-ouest à nord-ouest varient plus qu'à Payerne. Hormis des influences locales, ainsi qu'elles se manifestent pour toutes les stations de sommet, il pourrait s'agir en premier lieu de l'influence du terrain ouvert sur l'ouest.

Dans la figure 3 est présentée la répartition de la distribution du vent à La Heutte par rapport à la classe de diffusion. La classification est basée sur le schéma *AT Luft' 86*,

lität der bodennahen Atmosphäre (*Prandtl-Schicht* oder *Surface Layer*) beeinflusst. In komplexer Topographie ist die Beeinflussung vielfältiger. Sie lässt sich grob in eine mechanische und eine thermische Komponente auftrennen. Der mechanische Einfluss der Topographie auf das Windfeld zeigt sich am augenfälligsten in dessen Kanalisierung. Weiter induziert er in Abhängigkeit von der Stabilität die Bildung von Rotoren und Wellen.

Auf der Alpennordseite werden die Gradientwinde unterhalb von 3000 m ü.M. regelmässig gezwungen, den Alpenkörper im Osten oder Südwesten zu umströmen. Dies führt zu einer markanten Zweiteilung der mittleren Richtungsverteilung über dem Schweizer Mittelland. Sie wird in den unteren Luftschichten zusätzlich akzentuiert durch die Streichrichtung des Juras. Mit zunehmender Entfernung vom Alpennordhang nimmt die Kanalisierung ab. Figur 2 zeigt die mittlere Richtungsverteilung auf dem Chasseral und über Payerne (1700 m ü.M.). Die Daten von Payerne entstammen den Sondenaufstiegen um 00 und 12 Uhr Weltzeit (UTC<sup>2</sup>). Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurden von den Chasseraldaten nur jene von 11, 12, 22 und 23 Uhr Weltzeit verwendet. Zusätzliche Auswertungen ergaben jedoch, dass sich die Verteilung nur unwesentlich von jener unterscheidet, welche sich unter Einbezug aller Winddaten der Gipfelstation ergibt (PFEIFFER, 1988). Deutlich kommt zum Ausdruck, dass die Windrichtung aus den Sektoren Südwest bis Nordwest auf dem Chasseral stärker streuen als über Payerne. Abgesehen von lokalen Einflüssen, wie sie auf Gipfelstationen immer auftreten, dürfte dafür in erster Linie das sich nach Westen öffnende Gelände sein.

<sup>2</sup> HU heure universelle

<sup>2</sup> UTC Universal Time Coordinated



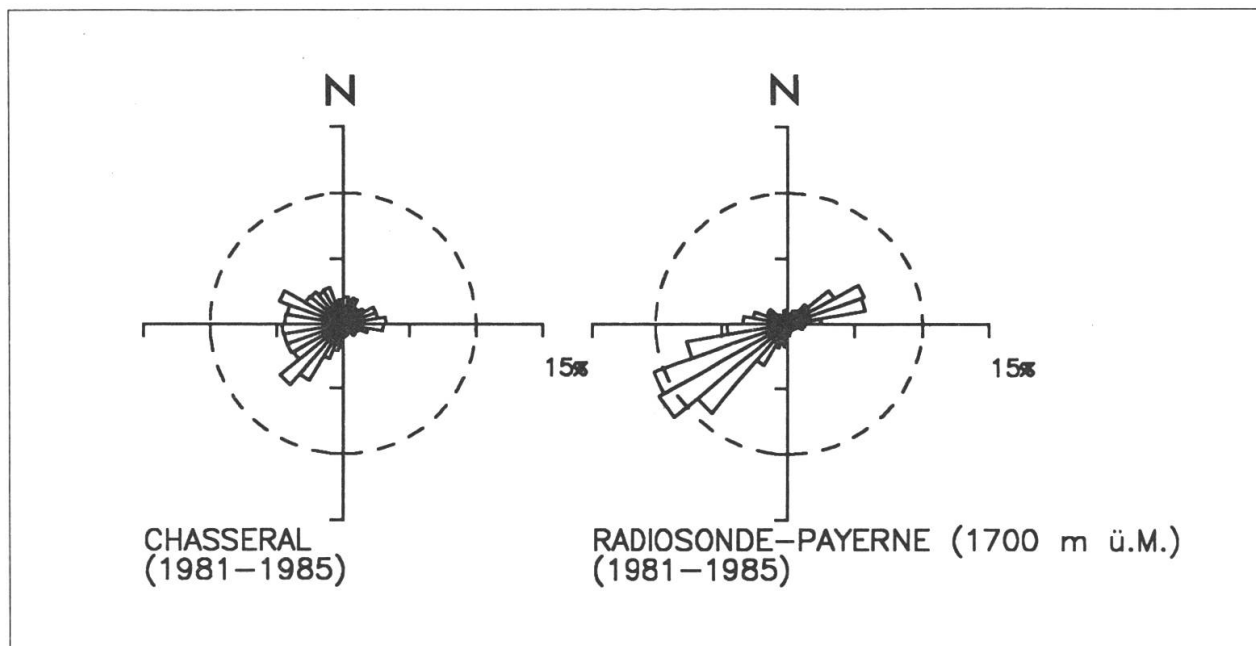


Fig. 2: Répartition moyenne de la distribution du vent à Chasseral et à l'altitude de 1700 m en-dessus de Payerne (PFEIFFER 1988).

Abb. 2: Mittlere Windrichtungsverteilung auf dem Chasseral und in einer Höhe von 1700 m ü.M. über Payerne (PFEIFFER 1988).

elle admet simplement un degré de couverture constant de  $5/8$ . Ceci correspond au degré de couverture moyen annuel de La Chaux-de-Fonds (SCHÜEPP 1963). En réalité, le degré de nébulosité varie d'une heure à l'autre. Les stations les plus proches enregistrant la nébulosité par intervalle de trois heures sont La Chaux-de-Fonds (uniquement durant la journée) et Fahy. Cela signifie que pour Fahy on ne dispose de données de nébulosité que pour les 33% du temps, pour le reste des 67%, il faut extrapoler. Puisque, à part le degré de couverture apparaissent dans la classification, le jour de l'année, l'heure et la vitesse moyenne horaire du vent, l'erreur due à un degré de couverture constant est peu importante. Puis il y a lieu de constater que le schéma de classification n'est pas très sensible au degré de couverture durant les heures de nuit.

Puisque des mesures de température ne sont pas disponibles, ce procédé rend possible au moins une corrélation qualitative entre le champ de vent et la stabilité de l'atmosphère

In Figur 3 ist die Windrichtungsverteilung bei La Heutte in Abhängigkeit von der Ausbreitungsklasse dargestellt. Die Klassifikation basiert auf dem Schema der *TA Luft' 86* und setzt vereinfachend einen konstanten Gesamtbedeckungsgrad von  $5/8$  voraus. Dies entspricht dem mittleren jährlichen Bedeckungsgrad von La Chaux-de-Fonds (SCHÜEPP 1963). In Wirklichkeit variiert der Bewölkungsgrad von Stunde zu Stunde. Die nächstgelegenen Ortschaften, bei denen die Bewölkung in dreistündigen Intervallen beobachtet wird, sind La Chaux-de-Fonds (nur tagsüber) und Fahy. Das bedeutet, dass bei Fahy lediglich während 33% der Zeit Bewölkungsdaten vorliegen und diese für die restlichen 67% extrapoliert werden müssen. Da nebst dem Bedeckungsgrad auch der Jahrestag, die Tageszeit und die mittlere stündliche Windgeschwindigkeit in die Klassifikation eingehen, ist der Fehler klein, der durch die Vorgabe eines konstanten Bedeckungsgrades entsteht. Hinzu kommt, dass besonders während den Nachtstunden das Klassifikationsschema wenig sensitiv auf den Bedeckungsgrad reagiert.

de la vallée. Comme il sera démontré, les résultats correspondent aux prévisions théoriques.

Da keine Temperaturmessungen vorliegen ermöglicht dieses Vorgehen zumindest qualitativ eine Verbindung zwischen dem Windfeld und der Stabilität der Talatmosphäre. Wie nachfolgend gezeigt wird, entsprechen die Resultate auch den von der Theorie her zu erwartenden Mustern.

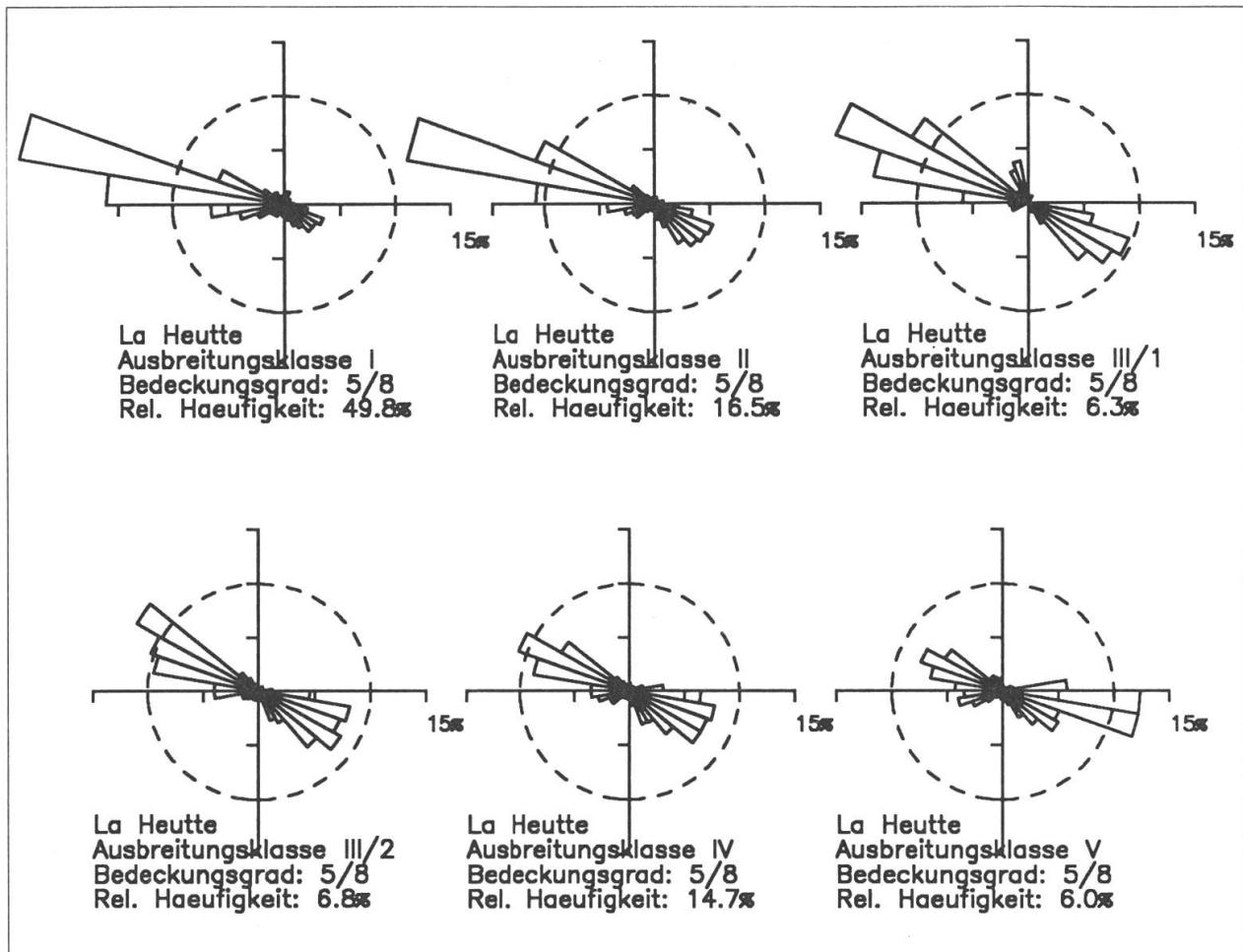


Fig. 3: Répartition par classe de la distribution du vent près de La Heutte. La classification est basée sur le schéma AT Luft'86 (I = très stable jusqu'à V = très instable).

Abb. 3: Windrichtungsverteilung bei La Heutte in Abhängigkeit von der Ausbreitungsklasse. Die Klassifikation basiert auf dem Schema TA Luft'86 (I = sehr stabil bis V = sehr labil).

Par conditions de diffusion très stables, ce sont avant tout des vents du secteur ouest qui dominant. Ils sont équivalents à des vents de montagne durant une grande partie du temps. Les classes de diffusion III/1 et III/2 représentent des conditions de stratification neutres. Ils sont liés en règle générale à des vitesses importantes, provoquant un mélange régulier de l'atmosphère à proximité du

Bei sehr stabilen Ausbreitungsbedingungen treten vornehmlich Winde aus Sektor West auf. Sie sind während einem Grossteil der Zeit mit Bergwinden gleichzusetzen. Die Ausbreitungsklassen III/1 und III/2 markieren neutrale Schichtungsverhältnisse. Sie sind in der Regel auch mit höheren Windgeschwindigkeiten verbunden, da diese zu einer gleichmässigen Durchmischung der bo-

sol. Par rapport aux conditions stables, la distribution du vent de secteur ouest est tourné de 10 degrés vers le nord. Ceci indique un apport de vent de plus en plus transverse à l'arête au sud de Sonceboz, tandis que par conditions stables le courant suit le relief. Une situation semblable peut être observée lorsque le vent de vallée atteint son maximum.

Comment la direction du vent se comporte-t-elle dans une vallée par rapport à la direction du vent géostrophique? WIPPERMANN (1984) analysa la canalisation du courant dans la plaine du Rhin supérieur de manière très détaillée. Il conclut par une théorie en deux dimensions pour une description de la direction du courant en fonction du vent géostrophique. FIEDLER (1983) se préoccupa du même sujet dans le même espace. Il a réparti le gradient de pression négatif en une composante perpendiculaire à la vallée et une autre parallèle et a pu expliquer le courant opposé au vent géostrophique souvent observé. Puisque des données de températures manquent, le principe de FIEDLER a été appliqué pour l'analyse suivante.

La figure 4 montre schématiquement les courants dans la région de Corgémont-Péry et vers Pierre-Pertuis par rapport à la direction du vent géostrophique selon FIEDLER (1983). Elle sert comme aide d'interprétation pour les champs de vent mensuels présentés par la suite.

L'influence thermique se manifeste localement par la circulation des vents de versant, laquelle réagit immédiatement à des modifications du bilan thermique du versant (VERGEINER et DREISEITL 1987). De manière retardée et à l'échelle régionale, la circulation des vents de vallée et de montagne sera ainsi déclenchée. En comparaison avec une région plate (Moyen-Pays helvétique), par unité de volume il y a une surface plus im-

dennahen Atmosphäre beitragen. Gegenüber den stabilen Fällen ist die Windverteilung aus Sektor West um 10 Grad gegen Norden gedreht. Dies weist darauf hin, dass die Anströmung vermehrt quer über den Geländesporn südlich von Sonceboz erfolgt, während im stabilen Fall die Strömung stärker der Topographie folgt. Ein ähnliches Verhalten tritt im labilen Fall in Erscheinung, wenn der Talwind seine maximale Ausprägung erfährt.

Wie verhält sich nun die Windrichtung in einem Tal in Abhängigkeit von der geostrophischen Anströmrichtung? WIPPERMANN (1984) untersuchte die Kanalisierung der Strömung in der oberrheinischen Tiefebene sehr detailliert. Er leitete daraus eine zweidimensionale Theorie zur Beschreibung der Strömungsrichtung in Funktion der geostrophischen Anströmung ab. FIEDLER (1983) beschäftigte sich im selben Raum mit dem gleichen Thema. Er teilte den negativen Druckgradienten in eine tal senkrechte und eine talparallele Komponente auf und konnte damit die wiederholt beobachtete Gegenströmung zur geostrophischen Windrichtung erklären. Da Temperaturdaten fehlen, wurde zur nachfolgenden Analyse der Ansatz von FIEDLER verwendet.

Figur 4 zeigt in Anlehnung an FIEDLER (1983) schematisiert die aufgrund der geostrophischen Windrichtung zu erwartenden Strömungen im Raum Corgémont - Péry und bei der Pierre-Pertuis. Sie dient als Interpretationshilfe für die nachfolgend dargestellten Monatswindfelder.

Der thermische Einfluss zeigt sich lokal in Form der Hangwindzirkulation, welche unverzüglich auf Änderungen des Wärmehaushalts am Hang reagiert (VERGEINER und DREISEITL 1987). Zeitlich verzögert und in regionalem Massstab wird dadurch die Berg- und Talwindzirkulation ausgelöst. Im

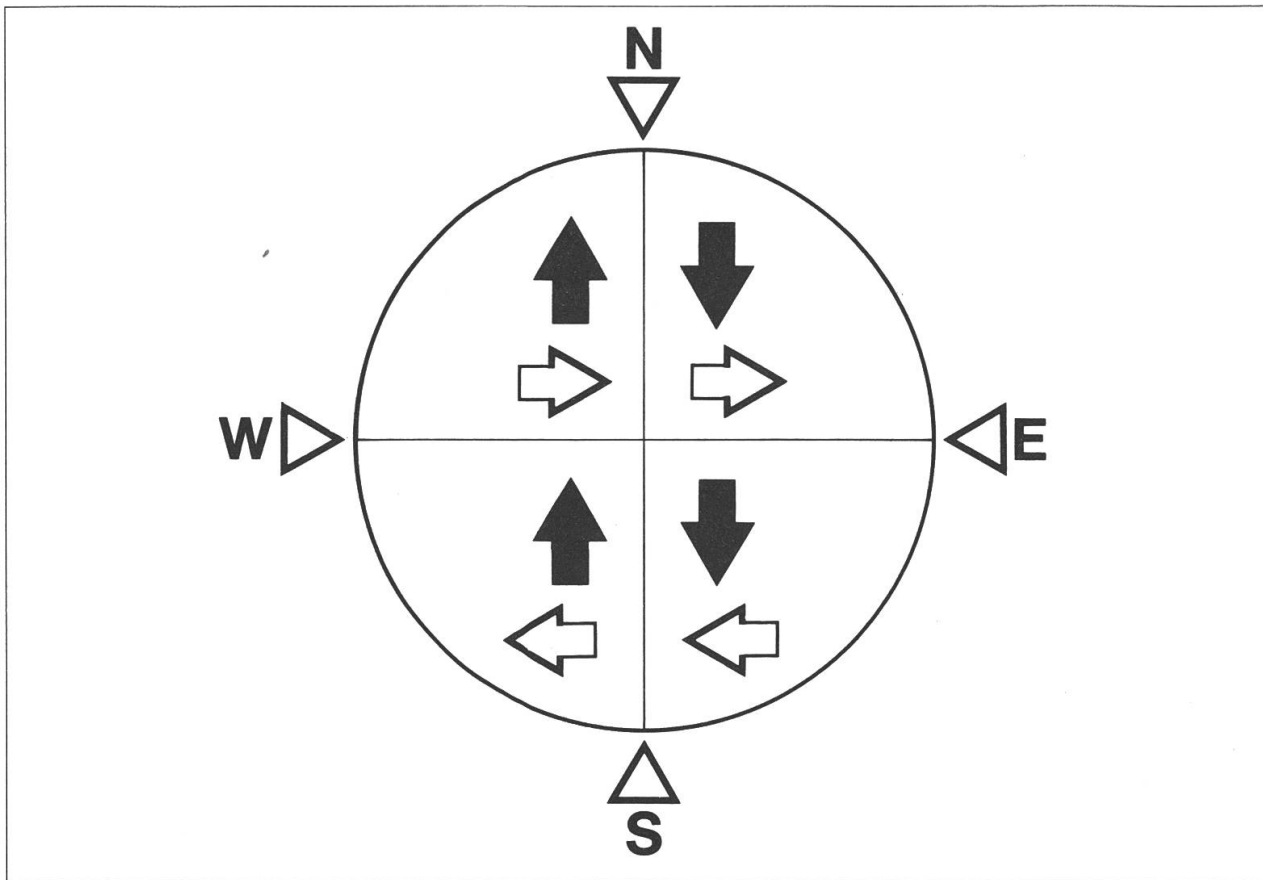


Fig. 4: Direction dominante du vent entre Corgémont et Péry (flèches blanches à l'intérieur des quatre secteurs) et vers Pierre-Pertuis (flèches noires) par rapport au vent géostrophique (d'après FIEDLER 1983, simplifié). Ce dernier est marqué par les flèches à l'extérieur du cercle.

Abb. 4: Vorherrschende Windrichtung zwischen Corgémont und Péry (weisse Pfeile innerhalb der vier Richtungssektoren) und bei der Pierre-Pertuis (schwarze Pfeile) in Abhängigkeit von der geostrophischen Anströmung (nach FIEDLER 1983, vereinfacht). Diese wird durch die Pfeile ausserhalb des Kreises markiert.

portante à disposition pour le déploiement de chaleur. La température moyenne à altitude constante est soumise à une amplitude plus forte que sur une plaine. Il en résulte des différences de pression horizontale, lesquelles créent une circulation diurne dans l'axe longitudinal de la vallée. STEINACKER (1984) a prouvé pour la vallée de l'Inn que les vents de vallée sont les plus forts, quand la radiation ainsi que le flux thermique sensible sont intenses et l'inversion à la surface supérieure de la couche planétaire est relativement basse. Ceci est probable par situation de haute pression et inversion de subsidence. Toute convection élevée affaiblit sensiblement les vents de vallée. Cette atténuation devrait aussi se trouver dans le Vallon de St-Imier,

Vergleich zu ebenem Gelände (Schweizer Mittelland) steht pro Einheitsvolumen eine grössere Fläche für den Wärmeumsatz zur Verfügung. Die über eine konstante Höhe gemittelte Temperatur unterliegt im Tal einer grösseren Schwankung als über dem Vorland. Daraus resultieren horizontale Druckunterschiede, welche zur tagesperiodischen Zirkulation in der Längsachse des Tals führen. STEINACKER (1984) wies für das Inntal nach, dass die Talwinde am stärksten ausgebildet sind, wenn nebst hohen Strahlungswerten und entsprechendem sensiblem Wärmefluss die Inversion an der Obergrenze der Planetaren Grenzschicht vergleichsweise tief liegt. Dies ist bei Hochdrucklagen mit einer ausgeprägten Subsidi-

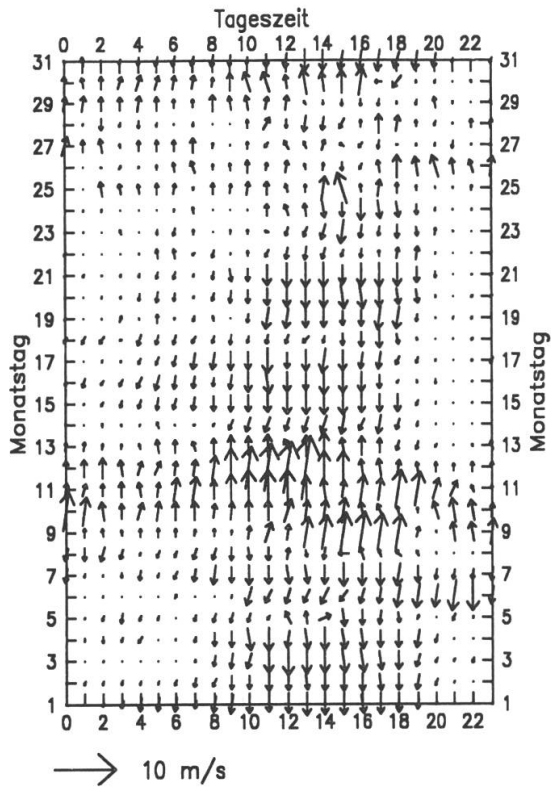
puisque le Mont-Soleil et Chasseral font régulièrement partie de régions créant une nébulosité jaillissante en hauteur, qui perce l'inversion de la surface limite.

La figure 5 représente les données de vent mesurées par les stations de Pierre-Pertuis et de La Heutte durant les mois de mai et de juillet 1989. En mai les différences de vitesse entre les champs de vents diurnes et nocturnes à deux emplacements apparaissent distinctement. L'étagement nocturne stable des températures amortit les turbulences et réduit en même temps la vitesse moyenne du vent. Cela signifie que de nuit, même le col entre le Vallon de St-Imier et la Vallée de Tavannes est inclu dans les masses d'air stable stratifié et est donc généralement soustrait aux vents de gradients. Ceci est aussi reflété par des mesures de températures en automne 1985 qui accusent pour une même station un rafraîchissement continu durant la nuit, tandis qu'à une altitude de 1000 m les températures restent plus ou moins constantes après minuit (RICKLI 1988: 108). Les jours avec de forts vents d'altitude représentent une exception. Les vents d'altitude peuvent pénétrer de manière affaiblie jusqu'au niveau du sol. La canalisation extrême d'un vent du nord ou du sud à Pierre-Pertuis est frappante. Selon la figure 3, par un courant géostrophique des secteurs nord-est et sud-est, il faut s'attendre surtout à des vents du nord, ce que confirme une comparaison avec des mesures du vent de La Dôle. En simplifiant, il faut admettre que ceux-ci correspondent en première approximation aux courants géostrophiques. A cause de l'influence de la topographie dans une situation de sommet, les champs de vent peuvent causer une déviation des directions du vent de l'ordre de grandeur de  $\pm 20$  degrés. Cela signifie qu'à Pierre-Pertuis, par une direction de 340 degrés, on peut déjà observer un vent du nord. La même chose est valable pour un changement du vent dans le

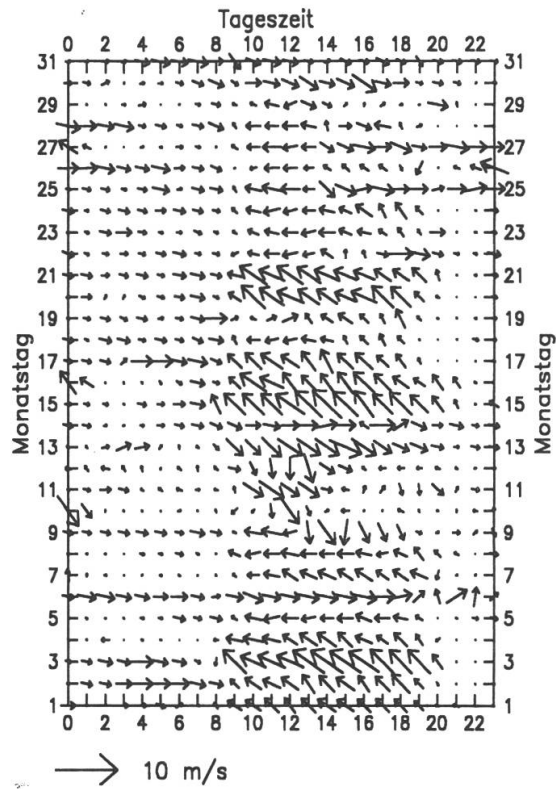
denzinversion zu erwarten. Hochreichende Konvektion schwächt die Talwinde deutlich ab. Diese Abschwächung müsste auch im Vallon de St-Imier nachweisbar sein, gehören doch der Mont-Soleil und der Chasseral regelmässig zu den Entstehungsgebieten hochreichender Quellbewölkung, welche die Grenzschichtinversion durchstösst.

In Figur 5 sind die an den Messstellen Pierre-Pertuis und La Heutte erhobenen Winddaten der Monate Mai und Juli 1989 dargestellt. Im Mai treten die Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen dem Tages- und Nachtwindfeld an beiden Standorten deutlich in Erscheinung. Die stabile nächtliche Temperaturschichtung wirkt turbulenzdämpfend und reduziert gleichzeitig die mittlere Windgeschwindigkeit. Das bedeutet, dass nachts auch die Passlage zwischen dem Vallon de St-Imier und dem Vallée de Tavannes in stabil geschichtete Luftmassen zu liegen kommt und regelmässig vom Gradientwind entkoppelt wird. Darauf hin weisen auch Temperaturmessungen im Herbst 1985, welche am selben Standort im Verlauf der Nacht eine fortlaufende Abkühlung zeigen, während in einer Höhe von knapp 1000 m ü.M. die Temperatur nach Mitternacht mehr oder weniger konstant geblieben ist (RICKLI 1988: 108). Ausgenommen davon sind Tage mit starken Höhenwinden, welche sich abgeschwächt bis ins Bodenniveau durchzusetzen vermögen. Augenfällig ist bei der Pierre-Pertuis die extreme Kanalisierung in einen Nord- oder Südwind. Gemäss Figur 3 ist zu erwarten, dass Nordwinde vornehmlich bei einer geostrophischen Anströmung aus den Sektoren Nordost und Südost auftreten, was ein Vergleich mit Winddaten von La Dôle bestätigt. Dabei wird vereinfachend davon ausgegangen, dass diese in erster Näherung der geostrophischen Anströmung entsprechen. Wegen dem Einfluss der Topographie auf das Windfeld in Gipfelage streuen die für eine Drehung des Windfeldes

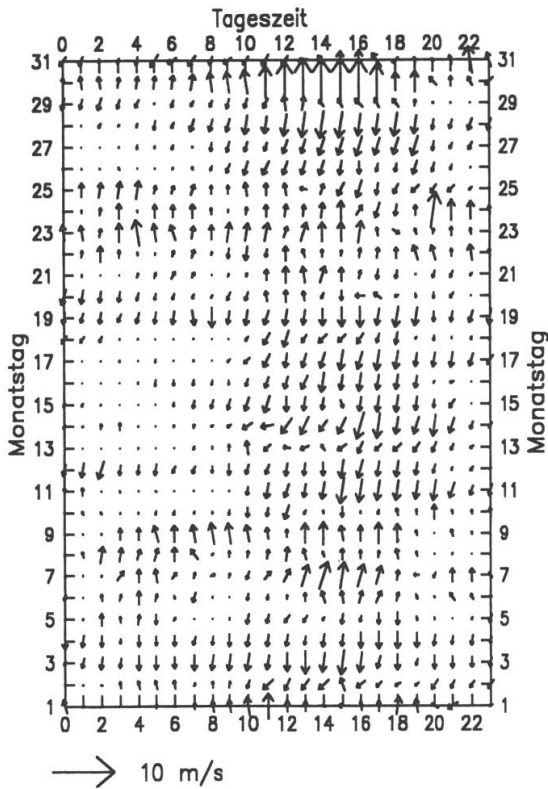
Pierre Pertuis Mai 1989



La Heutte Mai 1989



Pierre Pertuis Juli 1989



La Heutte Juli 1989

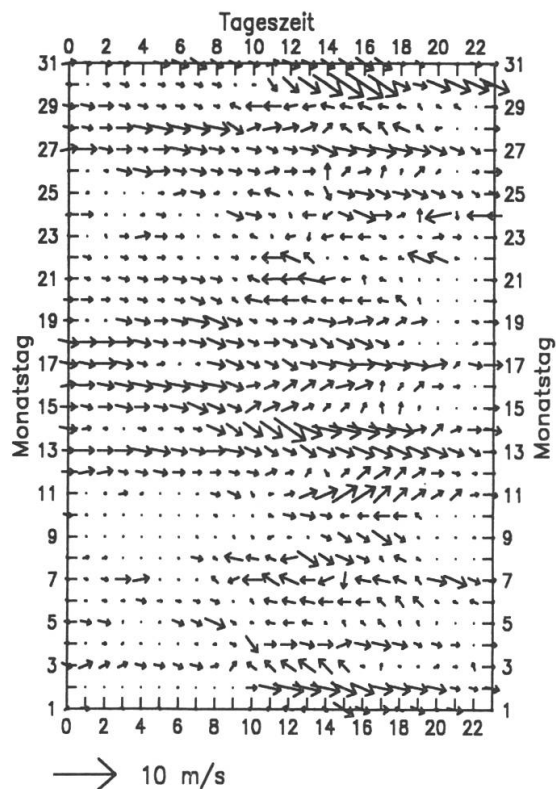


Fig. 5: La distribution du vent aux stations de Pierre-Pertuis et de La Heutte durant les mois de mai et de juillet 1989.

Abb. 5: Die Windverteilung an den Stationen Pierre-Pertuis und La Heutte in den Monaten Mai und Juli 1989.

Vallon de St-Imier. Par un courant quasi-geostrophique, un vent de 80 degrés souffle dans la vallée en direction ESE. Dans certains cas, même durant la journée, une circulation inverse d'ouest a été observée. Les 16 et 19 juillet constituent des exemples. Ces jours, les stations suivantes annonçaient à 13 heures HEC<sup>3</sup> de la bise: La Dôle (3.5 ms<sup>-1</sup>), La Chaux-de-Fonds (2 ms<sup>-1</sup>), Neuchâtel (4 ms<sup>-1</sup>), Fahy (3 ms<sup>-1</sup>). Près de La Heutte, le vent soufflait vers l'aval, malgré un ciel sans nuages. Cela signifie que le gradient de pression en parallèle au talweg était capable d'arrêter la naissance d'une circulation thermique.

Comme il était à prévoir, les vents de montagne nocturnes sont très réguliers. Les graphiques de vitesse près de La Heutte de juillet 1989 indiquent que le vent de gradient du nord-ouest renforce les vents de montagne par des composantes de chute de pression parallèles au talweg. Si l'accélération de la vitesse du vent n'était causée que par l'échange des impulsions verticales, on devrait aussi mesurer à Pierre-Pertuis des vitesses élevées, ce qui n'est pas le cas (p. ex. le 16 juillet).

Le vent de montagne en provenance du Vallon de St-Imier accède au Moyen-Pays par les gorges du Taubenloch près de Bienne-Boujean. Le dit vent du Taubenloch cesse régulièrement le matin entre 6 et 7 heures, de mai à octobre. Les données de vent de La Heutte n'indiquent toutefois que vers 9 heures le changement du champ de vent nocturne au champ diurne. Cela signifie qu'en été, dans la partie moyenne du Vallon de St-Imier, le vent de montagne dure environ 3 heures de plus qu'à la sortie du Taubenloch. Cette observation semblant contradictoire pourrait être expliquée par la

im Tal verantwortlichen kritischen Anströmrichtungen im Bereich von  $\pm 20$  Grad. Das bedeutet, dass bei der Pierre-Pertuis bereits bei Winden aus Richtung 340 Grad eine Drehung auf Nord erfolgt. Gleiches gilt für den Windwechsel im Vallon de St-Imier. Bei einer quasi-geostrophischen Anströmung aus 80 Grad wehen im Tal vornehmlich Winde aus Richtung ESE. In Einzelfällen werden aber sogar tagsüber Gegenströmungen aus Richtung West beobachtet. Beispiele dafür sind der 16. und der 19. Juli. An letzterem meldeten um 13 Uhr MEZ<sup>3</sup> die folgende Stationen Bise: La Dôle (3.5 ms<sup>-1</sup>), La Chaux-de-Fonds (2 ms<sup>-1</sup>), Neuchâtel (4 ms<sup>-1</sup>), Fahy (3 ms<sup>-1</sup>). Bei La Heutte wehte der Wind trotz wolkenlosem Himmel talabwärts. Das bedeutet, dass der talachsenparallele Druckgradient die Entstehung einer thermischen Zirkulation zu unterbinden vermochte.

Erwartungsgemäss treten die nächtlichen Bergwinde mit grosser Regelmässigkeit auf. Die Geschwindigkeitsbilder bei La Heutte im Juli 1989 deuten darauf hin, dass die Bergwinde bei Gradientwinden aus Nordwest durch die talachsenparallele Komponente des Druckgefälles noch verstärkt werden. Kämen die höheren Windgeschwindigkeiten allein durch den vertikalen Impulsaustausch zustande, so müssten auch bei der Pierre Pertuis höhere Windgeschwindigkeiten auftreten, was aber nicht der Fall ist (z.B. am 16. Juli).

Der Bergwind aus dem Vallon de St-Imier erreicht das Mittelland durch die Taubenlochschlucht bei Biel-Bözingen. Der sogenannte Taubenlochwind kommt von Mai bis Oktober morgens regelmässig zwischen 6 und 7 Uhr zum Erliegen. Die Winddaten von La Heutte zeigen den Wechsel vom Nacht-

<sup>3</sup> HEC Heure d'Europe centrale

<sup>3</sup> MEZ Mitteleuropäische Zeit

répartition verticale des températures de l'atmosphère de la vallée.

Des sondages au ballon captif de septembre 1985 indiquent un écoulement d'air froid gravitatif suivant la pente générale durant la première moitié de la nuit. Au cours de la deuxième moitié, de l'air provenant d'une hauteur de 150 à 200 m sur Sonceboz et La Heutte s'écoule par le Taubenloch. Cela signifie que l'air froid proche du sol, en provenance du Vallon de St-Imier, reste piégé dans les cavités du relief à cause de sa viscosité (v. figure 6). Après le levé du soleil ce sont d'abord les plus hautes parties du versant qui sont réchauffées, puis les parties plus basses. Comme très rapidement, des vents ascendants des versants se mettent à souffler, de plus en plus d'air provenant des parties de l'atmosphère supérieure et moyenne de la vallée est inclus dans la circulation des vents de versant, entraînant de l'air écoulé avant le levé du soleil. Au fond de la vallée entre Sonceboz et La Heutte, l'écoulement de l'air froid continue puis se perd entre Péry-Reuchenette et Frinvillier dans une zone de cisaillement éolien diffuse.

Il semble que la courbe de niveau des 800 m joue un rôle important dans la partie moyenne du Vallon de St-Imier. En automne et partiellement aussi durant le semestre d'hiver, une couverture locale de brouillard avec une surface supérieure entre 800 et 830 m peut se développer entre St-Imier et Sonceboz avec interruption à l'est de Sonceboz. Le débordement du détroit sous Sonceboz cause un réchauffement adiabatique suffisant pour augmenter la différence de point de rosée au-delà de la valeur de formation de brouillard. Cette observation indique aussi une division de l'atmosphère stable de la vallée, comme le laissaient supposer les conditions thermiques du vent du Taubenloch. Un troisième et dernier indice de ces faits est l'apparence de bassins d'air froid

zum Tageswindfeld jedoch erst um 9 Uhr. Das bedeutet, dass im mittleren Abschnitt des Vallon de St-Imier der Bergwind im Sommer rund 3 Stunden länger andauert als am Taubenlochausgang. Eine Erklärung für diese widersprüchlich erscheinende Beobachtung dürfte in der vertikalen Temperaturverteilung der Talatmosphäre liegen.

Fesselballonsondierungen im September 1985 zeigen, dass in der ersten Nachthälfte die Kaltluft gravitativ, dem allgemeinen Gefälle folgend, abfließt. In der zweiten Nachthälfte strömt Luft durch das Taubenloch, die sich bei Sonceboz und La Heutte in einer Höhe von 150 bis 200 m über dem Talboden befunden hat. Das bedeutet, dass die bodennahe Kaltluft aus dem Vallon de St-Imier wegen ihrer Viskosität in der Kammerung des Reliefs stecken bleibt und Luft aus dem mittleren Abschnitt der Talatmosphäre abfließt (vgl. Figur 6). Bei aufgehen der Sonne werden zuerst die obersten Hangpartien, später auch tiefere Tallagen von der Erwärmung erfasst. Da sehr rasch Hangaufwinde einsetzen, wird vermehrt Luft aus dem oberen und mittleren Teil der Talatmosphäre in die Hangwindzirkulation einbezogen, also jene Luft, die vor Sonnenaufgang durch das Taubenloch ins Mittelland ausgeflossen ist. Im Talgrund zwischen Sonceboz und La Heutte dauert der Kaltluftabfluss jedoch noch weiter an und verliert sich zwischen Péry-Reuchenette und Frinvillier in einer Zone diffuser Windscherung.

Es scheint, dass die 800 m Höhenlinie im mittleren Abschnitt des Vallon de St-Imier eine wichtige Rolle spielt. Im Herbst und teilweise auch im Winterhalbjahr kann sich zwischen St-Imier und Sonceboz eine lokale Nebeldecke mit einer Obergrenze zwischen 800 und 830 m ü.M. bilden, die sich östlich von Sonceboz nicht mehr weiterzieht. Das Überströmen des Engnisses unterhalb von Sonceboz ist mit einer adiabatischen Er-



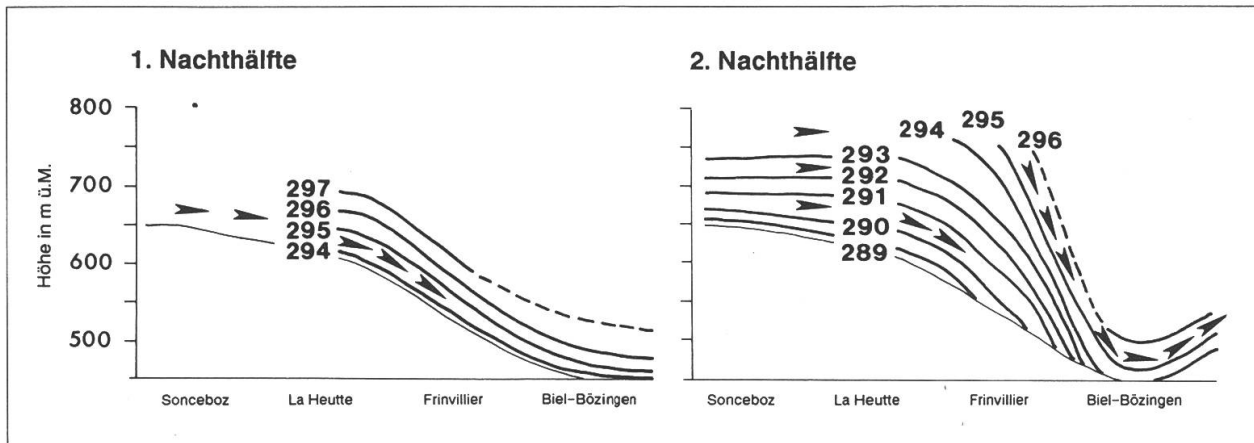


Fig. 6: Représentation d'isentropes des conditions thermiques dans le Vallon de St-Imier inférieur durant une nuit radiative typique (23/24 septembre 1985).

Abb. 6: Isentropendarstellung der Temperaturverhältnisse im unteren Vallon de St-Imier während einer ausgeprägten Strahlungsnacht (23./24. September 1985).

dans les images de satellites. Durant des nuits sans nuages, les fonds du Vallon de St-Imier et de la Vallée de Tavannes apparaissent régulièrement comme surfaces particulièrement froides, tandis que le fond de la vallée entre La Heutte et Péry est plus chaud (NEJEDLY 1986: 115). Là aussi, l'écoulement d'air froid (sans stagnation) et l'échauffement adiabatique consécutif pourraient fournir l'explication.

Pour terminer, il y a lieu de relever une structure de courant, ainsi qu'elle s'est présentée vers La Heutte les 25 et 27 mai 1989. On remarque distinctement l'écoulement de l'air froid qui sera remplacé vers 9 heures du matin par un fort vent de vallée. Dès 14 heures, le vent tourne vers l'ouest et fraîchit. Les prévisions de l'Institut suisse de météorologie indiquent les deux jours vers 13 heures des orages et de la pluie dans la région de La Chaux-de-Fonds. L'air froid produit par des précipitations et le rafraîchissement conséquent a coulé en direction est, en suivant la pente de la vallée. L'air froid coulant sous le Cumulonimbus a écarté les masses d'air stratifiées labiles et humides et a renforcé leur ascendance. Ce processus peut générer une cellule active d'orage durant assez longtemps. Par vents faibles dans la troposphère

wärmung verbunden die ausreicht, die Taupunktdifferenz über den zur Nebelbildung notwendigen Bereich zu vergrössern. Auch diese Beobachtung weist darauf hin, dass innerhalb der stabilen Talatmosphäre eine Zweiteilung der Luftmassen auftritt, wie bereits das thermische Erscheinungsbild des Taubenlochwindes vermuten liess. Ein drittes und letztes Indiz für einen entsprechenden Sachverhalt ist das Erscheinungsbild von Kaltluftammelgebieten in Satellitenbildern. In wolkenlosen Nächten treten die Talböden des Vallon de St-Imier und des Vallée de Tavannes regelmässig als besonders kalte Flächen in Erscheinung, während der Talboden zwischen La Heutte und Péry vergleichsweise wärmer temperiert ist (NEJEDLY 1986: 115). Auch hier könnte der Kaltluftabfluss (fehlende Stagnation) und die damit verbundene adiabatische Erwärmung die Erklärung liefern.

Zuletzt sei auf ein Strömungsbild hingewiesen, wie es bei La Heutte am 25. und 27 Mai 1989 zu beobachten war. Deutlich ist darin der Kaltluftabfluss zu erkennen, der um 9 Uhr vormittags durch einen kräftig entwickelten Talwind abgelöst wird. Ab 14 Uhr kehrt der Wind unter gleichzeitigem Auffrischen auf West. Die Wetterberichte der

moyenne, la cellule d'orage peut se déplacer en direction de l'écoulement d'air froid le plus fort. Il est aussi imaginable que dans le Jura plissé, l'écoulement de l'air froid en direction du réseau hydrographique canalise les cellules d'orage de la même manière que des vents de hauteur faible à moyenne.

Schweizerischen Meteorologischen Anstalt zeigen an beiden Tagen um 13 Uhr Gewitter und Regen im Raum La Chaux-de-Fonds. Die durch den Niederschlag und die dadurch verbundene Abkühlung erzeugte Kaltluft fliesst ostwärts, dem Talgefälle folgend ab. Die unter dem Cumulonimbus ausströmende Kaltluft verdrängt die umgebenden, feuchtlabil geschichteten Luftmassen und regt sie verstärkt zum Aufsteigen an. Dieser Prozess kann eine aktive Gewitterzelle über längere Zeit hin regenerieren. Bei schwachen Winden in der mittleren Troposphäre kann sich die Gewitterzelle in Richtung des kräftigsten Kaltluftausbruchs bewegen. Es ist daher denkbar, dass das im Faltenjura das Gewässernetz durch die Kanalisierung der Kaltluft die Verlagerungsrichtung von Gewitterzellen gleicherweise bestimmt, wie schwache bis mässige Höhenwinde.

## 5. Situation de l'hygiène de l'air

Dans le cadre du programme de mesure cantonal KANOX du bureau de l'hygiène de l'air du OCIAMT<sup>4</sup>, ainsi que pour la RIE<sup>5</sup> des projets routiers N16 et J30, des mesures de NO<sub>2</sub> avec collecteur passif ont été effectuées durant un an. Ces données ont permis de comparer les concentrations moyennes de NO<sub>2</sub> aux valeurs limites à longue échéance de 30 µgm<sup>-3</sup> figurant dans l'Ordonnance sur la protection de l'air. Les résultats indiquent une dépendance notable entre l'altitude et le polluant NO<sub>2</sub> actuellement utilisé comme substance indicatrice. Comme on pouvait s'y attendre, au pied sud du Jura l'atteinte est maximale. Mais il faut noter qu'à Moutier les concentrations atteignent déjà les valeurs limites.

## 5. Lufthygienische Situation

Im Rahmen des kantonalen Messprogramms KANOX der Fachstelle für Luftreinhaltung des KIGA<sup>4</sup>, sowie für die UVB<sup>5</sup> der Strassenbauprojekte N16 und J30 wurden jeweils während einem Jahr NO<sub>2</sub>-Messungen mit Passivsammelern durchgeführt. Diese Daten ermöglichen die mittleren NO<sub>2</sub>-Konzentrationen dem Langzeitgrenzwert der Luftreinhalte-Verordnung von 30 µgm<sup>-3</sup> gegenüberzustellen. Die Resultate zeigen eine deutliche Höhenabhängigkeit des heutigentags als Leitsubstanz verwendeten Schadstoffs NO<sub>2</sub>. Erwartungsgemäss ist die Belastung am Jurasüdfuss am grössten. Zugleich ist aber anzumerken, dass bereits in Moutier die Konzentrationen im Bereich des Grenzwertes liegen.

<sup>4</sup> OCIAMT Office cantonal de l'industrie, des arts et métiers et du travail

<sup>5</sup> RIE Rapport sur l'impact sur l'environnement

<sup>4</sup> KIGA Kantonales Amt für Industrie und Gewerbe

<sup>5</sup> UVB Umweltverträglichkeits-Berichte

Emplacement Standort	Altitude en m Höhe in m ü.M.	Moyenne annuelle des concentr. NO <sub>2</sub> Jahresmittel der NO <sub>2</sub> -Konz.
Les Convers	950	6 – 8
Renan	900	14 – 18
Courtelary	720	11 – 16
Frinvillier	540	28
Taubenlochschlucht/Gorges d. Taubenl.	540	43
Biel-Bözingen/Boujean	450	33 – 36
Biel-Zentrum/Bienne centre	440	39 – 49
Biel-Hafen/Bienne port	430	33
Magglingen/Macolin	900	13
Bantiger	950	12
Ulmizberg	940	11
Gurten-Kulm/sommet	860	14
Gurten-Nordseite/versant nord	680	19
Grauholz	790	20

Tab. 2: Comparaison de la charge du NO<sub>2</sub> dans le Vallon de St-Imier et des stations dans le Moyen-Pays bernois (KIGA 1990 et TIEFBAUAMT DES KANTONS BERN, 1990).

Tab. 2: Vergleich zwischen der NO<sub>2</sub>-Belastung im Vallon de St-Imier und Standorten im Berner Mittelland (KIGA 1990 und TIEFBAUAMT DES KANTONS BERN, 1990).

Selon la table 2, la valeur limite est respectée sur toute la longueur du Vallon de St-Imier jusqu'aux gorges du Taubenloch. Les émissions importantes des transports et les conditions topographiques font que ces limites sont dépassées en aval de Frinvillier. En vertu de la charge polluante autochtone modérée dans le Vallon de St-Imier, on peut admettre que le vent du Taubenloch dans la région de Bienne-Boujean agit comme apport d'air frais et abaisse momentanément, de nuit, la concentration de NO<sub>2</sub>. Sa zone d'influence ne peut toutefois pas être suffisamment dissociée d'autres facteurs de la pollution de Bienne-Boujean telle que la densité de construction modérée et de plus

Laut Tabelle 2 wird der Langzeitgrenzwert auf der gesamten Länge des Vallon de St-Imier bis zur Taubenlochschlucht eingehalten. Die hohen Verkehrsemissionen und die engen topographischen Verhältnisse führen unterhalb von Frinvillier zum Überschreiten des Grenzwertes. Aufgrund der mässigen autochthonen Schadstoffbelastung im Vallon de St-Imier ist davon auszugehen, dass der Taubenlochwind im Raum Biel-Bözingen als Frischluftzubringer wirkt und nachts vorübergehend ein Absinken der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen zur Folge hat. Sein Einflussbereich lässt sich jedoch im Belastungsbild von Biel-Bözingen nicht deutlich genug von anderen Fak-

grandes distances par rapport à des routes très fréquentées.

Par-contre, l'atteinte variable apparaît distinctement à des altitudes de 900 à 1000 m en-dessus du Moyen-Pays et dans le Jura. Tandis qu'aux Convers, la moyenne annuelle du  $\text{NO}_2$  est de 6 à 8  $\mu\text{g m}^{-3}$ , une coupe à travers du Moyen Pays reflète presque le double (11 à 14  $\mu\text{g m}^{-3}$ ). Malgré les inversions de hauteur sur le Moyen-Pays qui ne sont pas arrêtées par le Jura, mais passent sur les moyennes montagnes, il semble qu'il existe un gradient de polluants du Jura au Moyen-Pays. Ni les conditions thermiques estivales (transport de polluants du Moyen-Pays vers le Jura) ni les situations de bise ne peuvent réduire ce gradient.

## 6. Conclusions

L'influence de la topographie sur le champ de vent à proximité du sol apparaît distinctement dans l'exemple du Vallon de St-Imier. L'influence mécanique se manifeste surtout par la canalisation du courant et par la retenue d'air froid dans des parties renfermées du paysage. En comparaison avec le Moyen-Pays, l'important roulement de chaleur par volume unitaire en une coupe à travers la vallée produit régulièrement une circulation de vents de montagne et de vallée. Celle-ci sera renforcée, retenue ou même complètement arrêtée par la composante du gradient de pression parallèle au talweg. Comme le prouve l'exemple des 16 et 19 juillet 1989, il n'est pas nécessaire que l'après-midi, par un ciel sans nuages, il y ait un vent de vallée.

Le cloisonnement de la vallée dans l'axe longitudinal retient de nuit de l'air froid, en particulier entre Sonceboz et St-Imier, ainsi que près de Frinvillier. Les bassins d'air froid apparaissent régulièrement sur les ima-

toren wie abnehmende Bebauungsdichte und grössere Entfernung zu verkehrsreichen Strassenzügen trennen.

Deutlich tritt jedoch die unterschiedliche Belastung in Höhenlagen von 900 bis 1000 m ü.M. über dem Mittelland und im Jura in Erscheinung. Während in Les Convers das  $\text{NO}_2$ -Jahresmittel 6-8  $\mu\text{g m}^{-3}$  beträgt, ist es im Mittellandquerschnitt mit 11-14  $\mu\text{g m}^{-3}$  beinahe doppelt so gross. Obschon Höheninversionen über dem Mittelland nicht am Jura Halt machen, sondern über das Mittelgebirge hinwegziehen, scheint ein Schadstoffgradient vom Jura zum Mittelland hin zu bestehen. Offensichtlich vermögen weder sommerliche Thermik (Schadstofftransport vom Mittelland in den Jura) noch Bisenlagen diesen Gradienten abzuschwächen.

## 6. Schlussfolgerungen

Der Einfluss der Topographie auf das bodennahe Windfeld tritt am Beispiel des Vallon de St-Imier deutlich in Erscheinung. Der mechanische Einfluss zeigt sich vor allem an der Kanalisierung der Strömung und dem Stau von Kaltluft in einzelnen Geländekammern. Im Vergleich zum Mittelland führt der pro Einheitsvolumen grössere Wärmeumsatz im Talquerschnitt regelmässig zur Ausbildung einer Berg- und Talwindzirkulation. Diese wird durch die talachsenparallele Komponente des grossräumigen Druckgradienten je nach Vorzeichen verstärkt, gedämpft oder sogar vollständig unterbunden. Wie am Beispiel des 16. und 19. Juli 1989 gezeigt, ist es nicht zwingend, dass bei wolkenlosem Himmel am Nachmittag ein Talwind weht.

Die Kammerung des Tales in der Längsachse führt nachts wiederholt zum Stau von Kaltluft, insbesondere zwischen Sonceboz und St-Imier, sowie bei Frinvillier. Die Kalt-

ges satellites. Ils indiquent, entre autre, que la limite supérieure de l'air froid dans le Vallon de St-Imier et de la Vallée de Tavannes atteint une altitude de 1000 m. Ceci est confirmé par un rythme accentué quotidien des vitesses du vent à Renan et aux Convers. L'étagement stable des températures dissocie, de nuit, l'atmosphère de la vallée par rapport aux conditions éoliennes au niveau des crêtes. Les jours avec une situation météorologique advective sont une exception, puisqu'aucune stabilité verticale ne peut se développer vu la nébulosité et l'échange vertical. Autrement il y a dans les parties moyennes et inférieures du Vallon de St-Imier un vent de montagne qui débouche vers Bienne-Boujean comme le vent du Taubenloch dans le Moyen-Pays. Des ballons-sondages démontrent que ce vent de montagne à proximité du sol se compose d'air froid durant la première moitié de la nuit. Durant la deuxième moitié, il contient toutefois de l'air provenant de la partie moyenne de la coupe à travers la vallée. Cela signifie que le vent du Taubenloch à Bienne-Boujean ne fonctionne comme apport d'air frais que pendant la deuxième moitié de la nuit. Durant la première moitié, les polluants des gorges du Taubenloch sont évacués. Ainsi l'on comprendra que l'influence du vent du Taubenloch ne se répercute pas sur la charge de NO<sub>2</sub> à Bienne-Boujean.

Des mesures de NO<sub>2</sub> avec un collecteur passif indiquent que la charge locale et régionale de l'air est fortement influencée par des émetteurs proches du sol et par la capacité de dispersion de l'air. L'exemple de Moutier prouve que, même dans le Jura, une densité élevée de trafic et une situation de bassin font dépasser les limites à long terme de la charge de NO<sub>2</sub>. Dans la Vallée de Tavannes et le Vallon de St-Imier par-contre les systèmes éoliens avec un rythme diurne sont assez importants pour que la charge de NO<sub>2</sub>

luftsammelgebiete treten im Satellitenbild regelmässig in Erscheinung. Sie zeigen unter anderem, dass die Kaltluftobergrenze im Vallon de St-Imier und im Vallée de Tavannes bis in Höhenlagen von 1000 m ü.M. reicht. Dies wird durch den ausgeprägten Tagesgang der Windgeschwindigkeiten in Renan und Les Convers bestätigt. Die stabile Temperaturschichtung entkoppelt nachts die Talatmosphäre vom Windgeschehen in Kretenniveau. Eine Ausnahme bilden Tage mit advektiven Wetterlagen, bei denen sich die Vertikalstabilität wegen der Bewölkung und dem vertikalen Impulsaustausch nicht entsprechend stark entwickeln kann. Sonst aber setzt im mittleren und unteren Abschnitt des Vallon de St-Imier Bergwind ein, der bei Biel-Bözingen als Taubenlochwind ins Mittelland mündet. Ballonsondierungen zeigen, dass dieser Bergwind in der ersten Nachthälfte aus bodennaher Kaltluft besteht. In der zweiten Nachthälfte setzt er sich jedoch aus Luft zusammen, die aus dem mittleren Talquerschnitt stammt. Das bedeutet, dass dem Taubenlochwind in Biel-Bözingen erst in der zweiten Nachthälfte die Funktion eines Frischluftzubringers zukommt. In der ersten Nachthälfte werden die Verkehrsemissionen aus der Taubenlochschlucht ausgeräumt. So wird auch verständlich, dass sich der Einflussbereich des Taubenlochwindes im NO<sub>2</sub>-Belastungsbild von Biel-Bözingen nicht abzeichnet.

NO<sub>2</sub>-Messungen mit Passivsammlern zeigen, dass die lokale und regionale Belastung der Luft stark durch bodennahe Quellen und die Verdünnungskapazität der bodennahen Luft bestimmt wird. Das Beispiel Moutier belegt, dass eine hohe Verkehrsdichte gepaart mit einer Muldenlage die NO<sub>2</sub>-Belastung auch im Jura in den Bereich des Langzeitgrenzwertes ansteigen lässt. Im Vallée de Tavannes und im Vallon de St-Imier hingegen bewirken die tagesperiodischen Windsysteme eine ausreichende Verdünnung,

reste en-dessous des valeurs limites. Les données des collecteurs passifs indiquent aussi que les crêtes du Jura se distinguent des régions de même altitude dans le Moyen-Pays par une charge de NO<sub>2</sub> plus faible. Malgré le fait que des inversions de hauteur traversent le Jura et le Moyen-Pays et, par bise, importent dans le Jura des masses d'air du Moyen-Pays, on remarque très bien une charge polluante régionale restreinte. Cela signifie que sur les hauteurs jurassiennes on rencontre presque des conditions d'air pur.

welche die NO<sub>2</sub>-Belastung deutlich unter dem Grenzwert belassen. Die Passivsammlerdaten zeigen auch, dass sich die Jurakreuzen durch eine geringere NO<sub>2</sub>-Belastung von Gebieten gleicher Höhenlage im Mittelland abheben. Obschon sich Höheninversionen quer über Jura und Mittelland hinwegziehen und insbesondere bei Bise auch Luft aus dem Mittelland in den Jura gelangt, vermag sich die regional geringere Schadstoffbelastung deutlich abzuzeichnen. Das bedeutet auch, dass auf den Jurahöhen bezüglich NO<sub>2</sub> nahezu Reinluftverhältnisse herrschen.

### Bibliographie

- FIEDLER, F., 1983: Einige Charakteristika der Strömung im Oberrheingraben. *Wiss. Ber. Meteor. Inst. Univ. Karlsruhe*, 4: p. 113–123.
- KIGA, 1990: Massnahmenplan zur Luftreinhaltung in der Region Biel – Immissionsübersicht. Kantonales Amt für Industrie, Gewerbe und Arbeit, Fachstelle Luftreinhaltung, Bern: 102 p.
- KIGA, 1990: Massnahmenplan zur Luftreinhaltung in der Region Bern – Immissionsübersicht. Kantonales Amt für Industrie, Gewerbe und Arbeit, Fachstelle Luftreinhaltung, Bern: 122 p.
- NEJEDLY, G., 1986: Wettersatellitendaten in der Geländeklimatologie. Dissertation an der phil. nat. Fakultät der Univ. Bern, 167 p.
- PFEIFFER, R., 1988: Zur Koppelung der Strömungsverhältnisse an Höhenstandorten im Jura im Hinblick auf die Windenergienutzung. Diplomarbeit am Geogr. Inst. der Univ. Bern: 84 p.
- RICKLI, R., 1988: Untersuchungen zum Ausbreitungsklima der Region Biel. *Geographica Bernensia* G32, Bern: 120 p.
- SCHÜEPP, M., 1963: Bewölkung und Nebel. *Klimatologie der Schweiz*, Teil H. Beiheft zu den *Annalen der Schweiz. Meteor. Anst.*, Zürich: 68 p.
- STEINACKER, R., 1984: Area-Height Distribution of a Valley and its Relation to the Valley Wind. *Beitr. Phys. Atmosph.*, Vol. 57, No. 1: p. 64–70.
- TA Luft'86: Technischer Kommentar. Verlag des Vereins Deutscher Ingenieure, Düsseldorf: 774 p.
- TIEFBAUAMT DES KANTONS BERN, 1990: J30 Jonction Les Convers – Renan, Resultate der örtlichen NO<sub>2</sub>-Messungen. Bern: 8 p.
- VERGEINER, I.; DREISEITL, E., 1987: Valley Winds and Slope Winds – Observations and Elementary Thoughts. *Meteor. Atmos. Phys.*, 36: p. 264–286.
- WANNER, H., et al., 1990: Studie Biel – Klima und Luftverschmutzung einer Schweizer Mittelstadt. Verlag Paul Haupt, Bern: 520 p.
- WIPPERMANN, F., 1984: Air flow over and in broad valleys: Channeling and counter-current. *Beitr. Phys. Atmosph.*, Vol. 57, No. 1: p. 92–104.

