3.2.4.5 Est-ce que les vallées sont différentes ?

QUESTION 9 : *Etude pour déterminer si une similitude de comportement des polluants et/ou de la météorologie peut être mise en évidence dans les 3 entités.*

Nous avons détecté des différences dans les concentrations moyennes, les quotients de COV et les flux dans les 3 vallées. Il semble que le niveau de pollution (précurseurs et ozone) soit le plus élevé dans le Val d'Aoste, mais pas beaucoup plus élevé que dans la vallée du Rhône. Entre Chamonix et Sallanches, les concentrations étaient plus basses en été, mais remarquablement plus élevées que dans les autres vallées en hiver. Le rapport toluène/benzène se comporte de la même manière : très bas en été ce qui souligne l'absence de source de pollution fraîche, mais élevé en hiver.

Pour Aoste, nous avons observé un cas clair de transport de pollution venant de la vallée du Pô (11 août). Ce phénomène apparaît avec moins d'indices en Valais (12 août) mais n'est pas du tout évident pour Chamonix.

Les mesures de CO au cours des vols d'hiver qui correspondent bien avec les valeurs mesurées aux stations de surface en Valais indiquent des concentrations remarquablement plus élevées dans la Vallée du Rhône par rapport aux autres vallées. Cette observation unique d'hiver n'est peut être pas significative, mais peut-être que des différences relatives aux émissions de CO sont connues (éventuellement une source de CO près de Martigny ou dans les environs).

Au cours d'une analyse préliminaire, nous avons eu l'impression que le rapport tol/bz était systématiquement plus élevé près d'Aoste que dans les 2 autres vallées. Ce qui aurait été en accord avec les conclusions de Dommen et al. (2000) où la région de Milan montre un rapport tol/bz significativement plus élevé parmi 6 régions analysées avec la même méthode (entre-temps 2 autres régions ont suivi, résultats non publiés). Nous avons en outre appris que le carburant des véhicules italiens contient moins de benzène (communication personnelle de J. Dommen). Sur la base des données éparses récoltées dans les 3 vallées au cours de cette étude, la différence n'est pas significative pour Aoste. Ce quotient tol/bz plus élevé (Fig. 3.39) est à notre avis avant tout dû au fait que les sources d'émissions sont plus proches des endroits de mesure (ce qui est définitivement le cas par rapport à Chamonix-Sallanches). En résumé : une différence systématique existe (pas de contradiction avec les données), mais cette différence n'est pas significative.

Pour toutes les différences que nous avons mises en évidence ci-dessus, il est impératif de considérer que les méthodes de mesure ne sont pas identiques pour les vallées. Les mesures n'ont pas été faites en même temps, mais plutôt avec un retard systématique selon le plan de vol fixé qui allait de Martigny, Chamonix, Aoste et en fin de parcours à nouveau vers Martigny. Une autre raison probablement plus importante concerne la méthode de vol. Il est relativement facile d'effectuer des coupes transversales en toute sécurité à basse altitude près d'Aoste et de Martigny, mais pas au-dessus de Chamonix (plus exactement près de Sallanches). En résumé : des différences susceptibles de provoquer une discussion intéressante et peut-être une étude ultérieure ont été détectées. Mais il existe également des arguments pour ne pas surestimer ces différences. Même avec une quantité plus importante de mesures, il sera difficile de surmonter les difficultés mentionnées.

En fait, il est plus sage d'affirmer que fondamentalement les 3 vallées présentent des conditions similaires : presque les mêmes profils verticaux de NOx, COV, et O_3, presque le même mélange de COV et des quotients de COV/NOx similaires. Les 2 dernières valeurs indiquent en outre que les sources de pollution sont similaires (c'est-à-dire un mélange similaire de pollution entre le trafic, l'industrie et le chauffage).

3.2.4.6 Existe-t-il une différence avec d'autres régions ?

QUESTION 10 : *Que représentent les mesures épisodiques pour la situation générale de l'hygiène de l'air des régions analysées ?*

Ainsi que nous l'avons mentionné dans l'introduction (voir références bibliographiques et le site Internet www.metair.ch), nous avons effectué des campagnes de mesures similaires dans d'autres régions alpines ou à proximité des Alpes et à la périphérie de villes d'Europe occidentale.

Nous ne pouvons pas présenter d'analyse très poussée sur cette question, mais nous pouvons discuter quelques aspects.

Tout d'abord, c'est la première fois que nous avons détecté un transport significatif d'ozone des couches supérieures de l'atmosphère vers le bas ne provenant pas d'une couche réservoir. Nous ne sommes pas en mesure de dire si ce phénomène est plus fréquent au-dessus des Alpes où la convection atteint des altitudes plus élevées ou s'il s'agit d'un événement fortuit.

Malgré cet apport supplémentaire d'ozone qui a pu apporter une contribution significative particulièrement pour le 12 août, les concentrations d'ozone ont atteint des valeurs "seulement" légèrement supérieures à 70 ppb. Sous le vent de grandes villes, les concentrations atteignent des valeurs allant jusqu'à 130 ppb (Berlin, 1994 ; Paris, 1999), avec des concentrations de base atteignant 90 ppb. Des cas extrêmes ont été observés à des endroits sous le vent près de Milan (jusqu'à 180 ppb en 1991). Dans des cas moins spectaculaires près de Genève, Vienne, Berlin et Milan des concentrations maximales de 100 ppb se sont généralement accumulées sur une base de 60 à 70 ppb. Il faut quand même souligner qu'une concentration de 70 ppb est au-dessus de la limite suisse qui ne devrait être dépassée que pour quelques heures par année. A cet égard, 10 ppb d'ozone produits localement sont significatifs. Parmi les références mentionnées, quelques-unes sont nos rapports internes et nos archives, d'autres sont publiées (Genève : SAEFL, 1997 ; Milan : Prévôt et al, 1994 et 1997, Staffelbach et al., 1997 ; Berlin : Corsmeier et al., 2001) et d'autres seront incluses dans des publications en préparation (pour Berlin et Milan en 1998 et Paris en 1999).

Les concentrations absolues des précurseurs NOx (composé principalement comme NO_2 dans toute la couche brassée en été) et de COV étaient aussi élevées dans les 3 vallées que dans la périphérie en aval de la direction de grandes villes (environ 3 à 5 ppb ; Neininger, 1996). Dans le cas de Vienne (1995) ainsi que dans bien d'autres situations (également en milieu rural sur le plateau suisse ; Neftel et al., 1994) les concentrations de NOx étaient considérablement plus basses (< 2 ppb). Il est évident que dans les vallées l'air est bloqué par les 2 côtés. D'autre part, le brassage de l'air est augmenté ce qui conduit à une répartition plus homogène de la pollution. Cette homogénéité est apparue de manière particulièrement claire par le fait que les concentrations mesurées en vol étaient tout à fait comparables à celles mesurées par le réseau au sol. Dans certaines conditions, la pollution aux altitudes situées entre 1000 et 2000 m est comparable à celle rencontrée dans la périphérie des grandes villes (10 à 30 km sous le vent).

Les conditions (concentrations, évolution diurne, distribution verticale) étaient similaires à celles rencontrées dans d'autres

vallées alpines (vallée de Mesocco, vallée de la Reuss et le Trentin). L'analyse faite dans la vallée de Mesocco peut être consultée dans le projet EU-VOTALP (par ex. Furger et al. 2000 ; Prévôt et al., 2000/2000a ; VOTALP, 1998). Une série de mesures effectuées dans la vallée de la Reuss sont publiées dans un rapport du BUWAL (1994). Les concentrations de NOx/COV/O_3 mesurées dans le Trentin ne sont pas publiées parce que le projet était axé sur les flux de CO_2 (EU-ECO-MONT), mais nous avons les valeurs de NO_2 et d'O_3 dans nos archives.

Dans le seul autre cas où nous avons effectué des mesures aussi bien en été qu'en hiver (août et novembre 1997 dans l'est de l'Allemagne), le changement saisonnier du rapport COV/NOx était moins prononcé que dans les Alpes, probablement parce que le mélange des émissions était différent (usine électrique au charbon en fonctionnant toute l'année).

Un plus grand nombre de cas ainsi qu'une analyse comparative systématique plus poussée incluant également les réseaux de stations au sol seraient nécessaires pour une comparaison plus sérieuse avec d'autres régions.

Comme pour tous les projets de recherche, le traitement des données a fait surgir de nouvelles questions. Un plus grand nombre d'observations, aussi bien en été qu'en hiver, contribuerait à mieux répondre à certaines questions et à formuler des conclusions plus générales.

Les transports verticaux (convection naissant le long des pentes et brassage avec les couches supérieures) pourraient être approfondis avec un modèle de convection.

Etant donné que nous savons que les stations de mesure au sol bien exposées sont représentatives de l'atmosphère de la vallée, des études ultérieures (avec ou sans mesures aériennes supplémentaires) pourraient être conduites en installant au moins un chromatographe en phase gazeuse dans une vallée afin d'observer l'évolution des changements diurnes de toluène, benzène, etc. au lieu de connaître seulement la quantité totale de NMHC. De plus, il serait possible d'étudier les COV biogéniques tels que l'isoprène et quelques terpènes.

Bien que les vols autour du Mont Blanc aient été extrêmement intéressants, nous aimerions recommander de concentrer toute étude ultérieure sur une seule vallée à la fois afin d'obtenir une densité plus élevée de mesures. Les contraintes de sécurité imposées par les vols à basse altitude fixeraient toutefois les limites d'une telle entreprise.

3.3 LE BIOMONITORAGE

Figure 3.43 : Espèce de lichen utilisée comme bio-accumulateur dans cette étude : Pseudevernia Furfuracea L.

Les techniques de biomonitorage sont de plus en plus utilisées pour l'étude de l'impact des sources polluantes sur l'environnement. Ces techniques sont particulièrement attractives pour les raisons suivantes

- la possibilité d'obtenir une information spatiale étendue au domaine d'étude tout entier ;
- l'organisme végétal, par sa faculté d'accumuler la pollution sur une longue période, contient en lui-même la mémoire des conditions de pollution de l'environnement qui ont été observées pendant ce temps ;
- par le biais du biomonitorage, on apprécie directement l'impact de la pollution sur un composant vivant de l'écosystème.

Dans ce projet, il a été effectué une étude de bio-accumulation des métaux lourds sur les lichens de l'espèce Pseudevernia Furfuracea, présente dans le domaine d'étude (fig. 3.43). Il s'agit d'une espèce de lichen qui vit sur les troncs et les branches des conifères, notamment les mélèzes qu'il utilise comme support : il se nourrit des éléments (nutriants) véhiculés par l'air, exclusivement. Les métaux lourds considérés dans la campagne de biomonitorage, dans les trois entités, ont été le Nickel (Ni), le Plomb (Pb), le Cadmium (Cd) et le Zinc (Zn).

La méthodologie de mesure a prévu le prélèvement d'échantillons sur un grand nombre de sites dans les trois pays, représentatifs des différentes conditions de proximité aux réseaux routiers. Dans quelques situations particulièrement favorables, on a effectué des prélèvements selon une direction perpendiculaire à l'axe routier concerné (en transect), à partir de sa proximité directe jusqu'à la limite supérieure de la végétation arboricole.

Chaque point d'échantillonnage a été caractérisé par le prélèvement de trois thalles de lichen de la même taille : diamètre de 5 à 7 cm. Les échantillons ont été cueillis seulement sur le tronc des arbres.

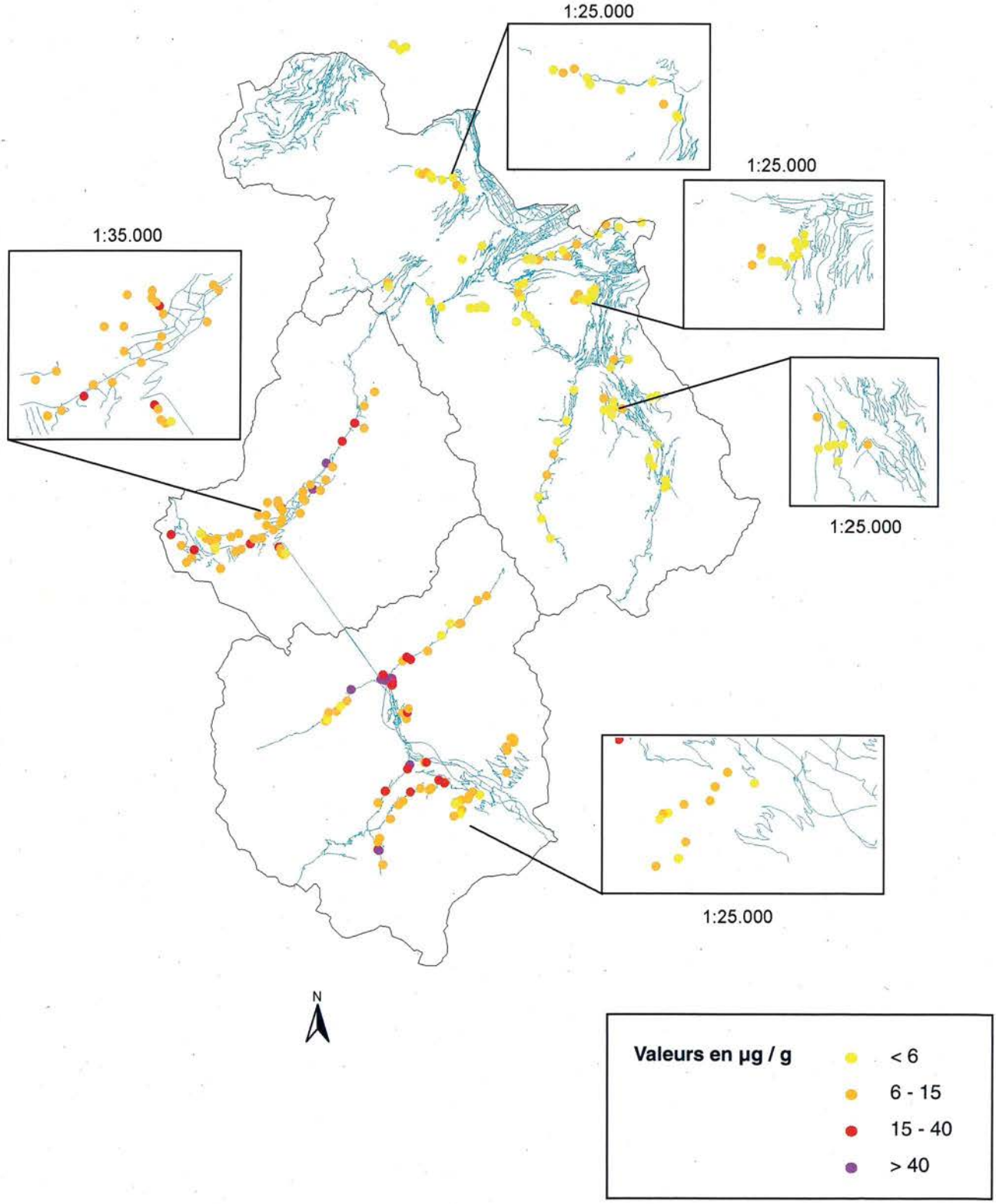
Dans les cartographies des figures 3.44 a, b, c, d, sont représentées les concentrations des métaux lourds dans tous les sites d'échantillonnage à l'intérieur de la zone d'étude de l'Espace Mont-Blanc.

Les concentrations relevées sont regroupées par classes auxquelles correspondent différentes couleurs.

Dans l'annexe sont reportées les valeurs des concentrations des métaux lourds de tous les échantillons.

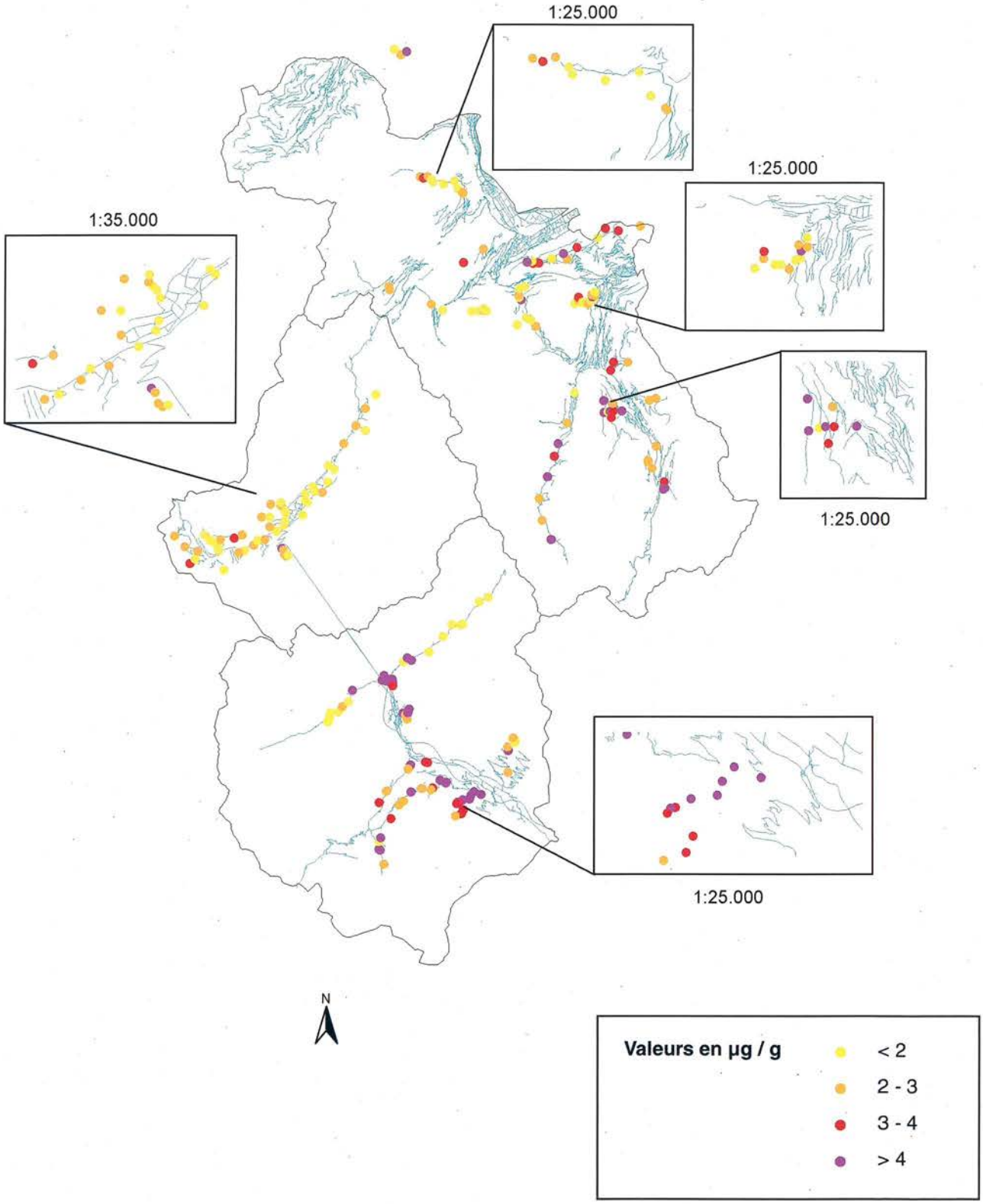
Mesures de plomb dans les lichens

Figure 3.44a



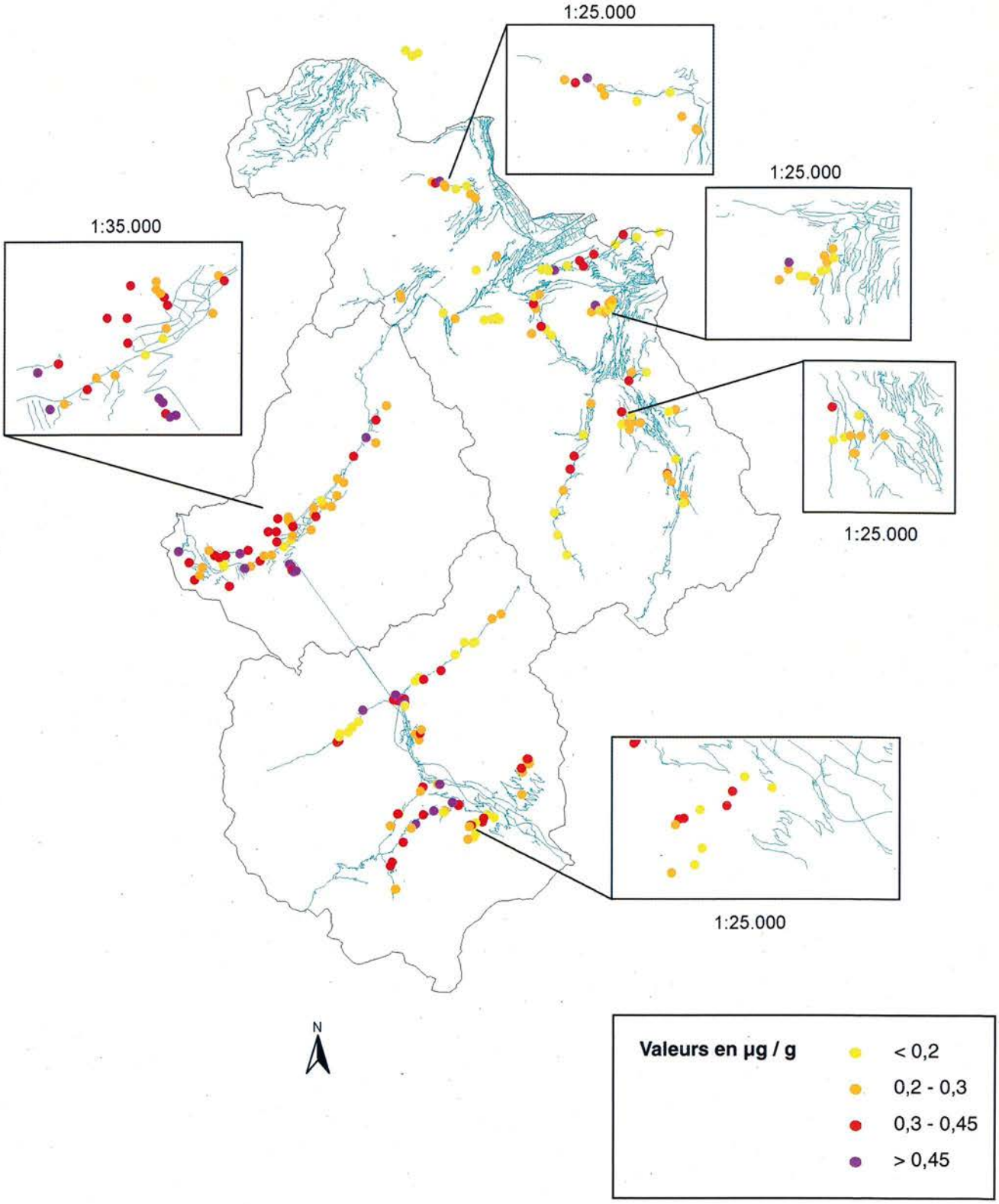
Mesures de nickel dans les lichens

Figure 3.44b



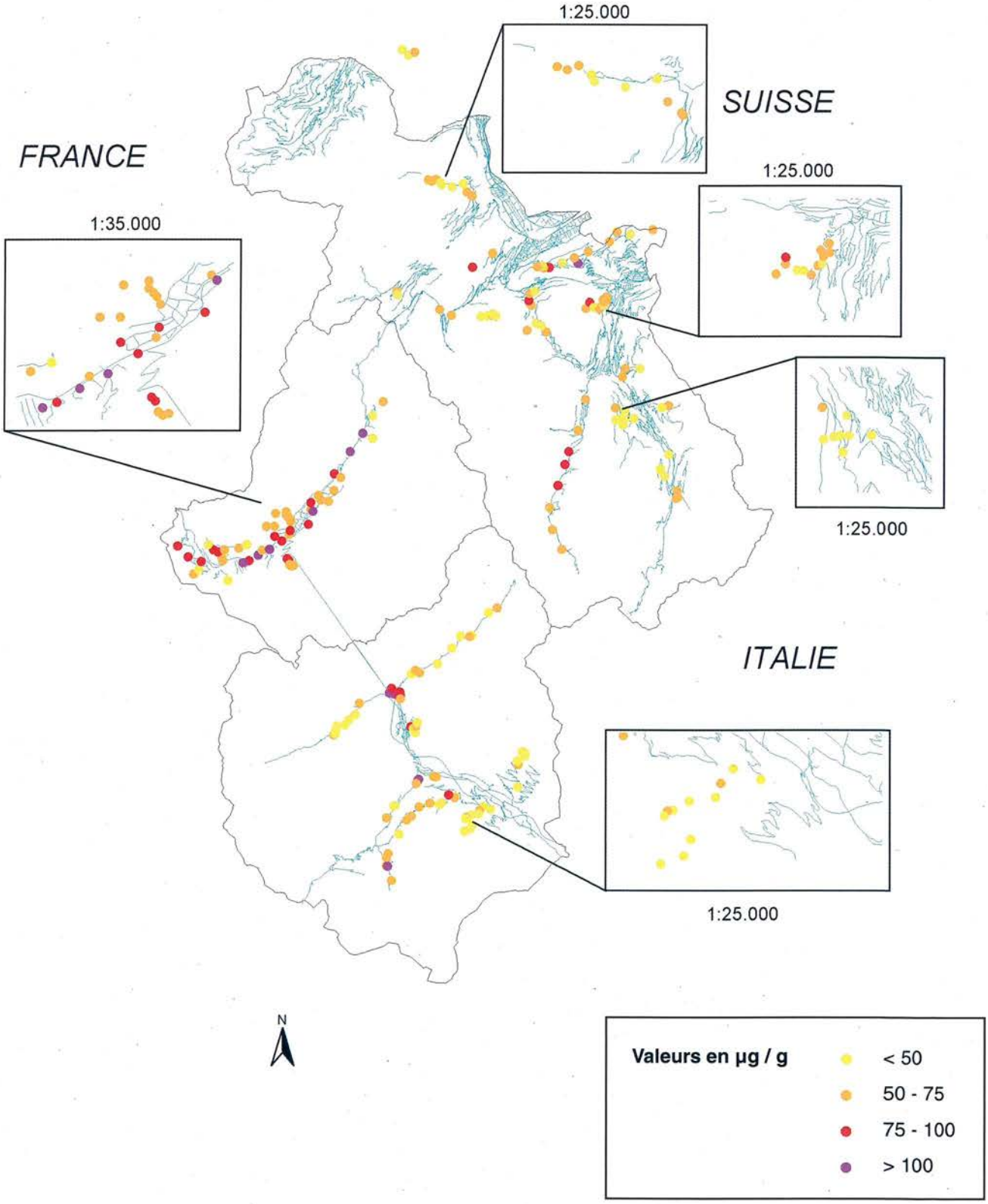
Mesures de cadmium dans les lichens

Figure 3.44c



Mesures de zinc dans les lichens

Figure 3.44d



Les valeurs de concentration de métaux lourds dans les échantillons de lichens analysés ne sont pas élevées en termes absolus. Elles sont comprises en général dans des gammes de concentration que la littérature scientifique considère comme caractéristiques de zones peu ou pas polluées.

L'ensemble des concentrations relevées dans la zone d'étude montre toutefois d'importantes variations des niveaux en fonction des caractéristiques des différents sites. En particulier, pour ce qui concerne le plomb, on observe les valeurs les plus élevées (>40 ppb) dans les sites de proximité des principaux axes routiers français et surtout italiens. Au contraire, en Suisse, les concentrations sont en général beaucoup plus faibles et homogènes.

Le nickel montre des valeurs moins élevées en France. Des valeurs particulièrement élevées se trouvent en Suisse et en Italie le long des axes routiers, mais aussi s'éloignant le long des versants des vallées.

Le cadmium accuse des concentrations plus élevées dans les sites de proximité italiens, tandis que le zinc atteint les concentrations les plus élevées dans les sites de proximité routière français.

On remarque donc l'utilité des techniques de bio-accumulation des métaux lourds dans les lichens pour mettre en évidence la présence de ces substances comme traceurs de la dispersion de la pollution dans l'environnement.

L'effet de la présence d'un axe routier dans la distribution de métaux lourds dans l'environnement qui l'entoure a été investigué en analysant dans le détail les données relatives aux transects.

Dans les figures 3.45 a/f illustrent les concentrations des métaux lourds (Pb, Ni, Cd, Zn, Cu et Fe) mesurées dans le transect de Chamonix, qui traverse la vallée dans les deux versants : du Brévent jusqu'au sommet de la forêt au-dessus de l'entrée du Tunnel.

Tous les profils montrent bien clairement un pic de concentration correspondant au point de prélèvement situé à proximité de l'entrée du Tunnel (point n. 10).

Dans presque tous les profils, un pic secondaire en correspondance au fond de la vallée de Chamonix apparaît clairement. Pour le zinc et le cuivre, il est particulièrement élevé, tandis qu'il n'est pas présent pour le plomb.

On observe que les concentrations des métaux lourds en général ne varient pas régulièrement en remontant les versants mais qu'elles restent à peu près constantes avec des valeurs faibles et typiques des zones non polluées.

Dans les figures 3.46 a-f sont représentées les valeurs du transect à travers la Vallée de la Doire Baltée en correspondance de Morgex. Ce transect est relatif au versant sur la rive droite de la vallée.

Pour le cadmium, le zinc et le plomb, on n'observe pas de variation régulière en s'éloignant de l'axe de la vallée. Par contre, pour le nickel, le cuivre et le fer, on observe une diminution très régulière à partir de la proximité de la route jusqu'au sommet de la forêt du Plan Rançon.

Dans les figures 3.47 a - d sont représentées les concentrations dans un transect à partir de Sembrancher vers le sommet du Catogne.

Les valeurs sont assez faibles et caractéristiques de zones de fond. On n'observe pas de corrélation entre les concentrations et le site d'échantillonnage.

Le rapport entre les concentrations de toluène et de benzène est un indicateur pour "l'âge" d'une masse d'air (voir discussion du chapitre 3.2.3.2 et légende de la fig. 3.37) ou – plus précisement – l'âge de la pollution COV de cette masse d'air. Les COV réagissent en premier lieu avec les radicaux OH (BUWAL, 1996a ; Pätz et al., 2000). La vitesse de ces réactions est connue. La réaction du toluène est environ 10 fois plus rapide que celle du benzène. Par conséquent, le rapport entre les concentrations de toluène et de benzène diminue dans le temps. Un mélange typique d'émission (mesuré près de Genève, Milan, Berlin, Vienne, etc. ; Dommen et al. 2000 ; 2001) a un rapport entre 3 et 4 près de la source (après quelques minutes de déplacement de la masse d'air). Par la suite, le rapport tend vers 1 et en dessous. La vitesse de réaction dépend de la concentration de OH qui est virtuellement inconnue et variable ainsi que du rayonnement. Il n'est donc pas possible de traduire ce rapport en heures.

(Par contre, on peut estimer les concentrations d'OH en observant la diminution des COV dans une masse d'air, comme cela a été fait avec nos mesures dans une vallée de la Forêt Noire et près de Berlin : Pätz et al., 2000 ; Corsmeier et al., 2001. Mais cette méthode n'était pas applicable dans le cas présent, parce qu'il ne s'agit pas d'une seule masse d'air).

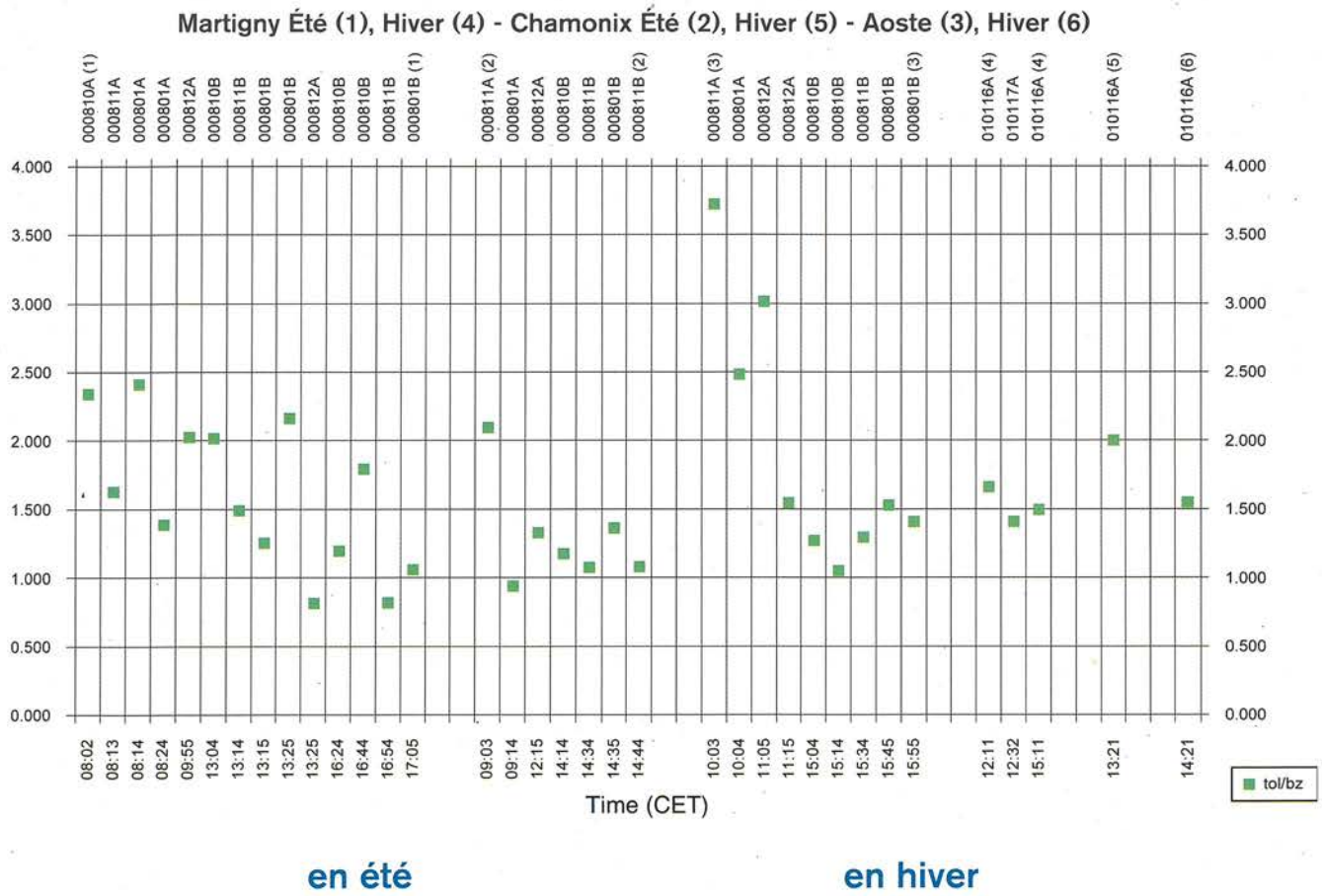


Fig. 3.37 : Quotients toluène/benzène. Tous les vols sont reportés avec les valeurs mesurées aussi bas que possible dans les vallées. L'écoulement du temps pendant la journée dans les différentes régions est représenté de gauche à droite. Les vols individuels sont décrits en haut du diagramme. Les quotients bas proches de 1 indiquent que la masse d'air est âgée alors que des quotients entre 2 et 4 caractérisent de l'air récemment pollué.

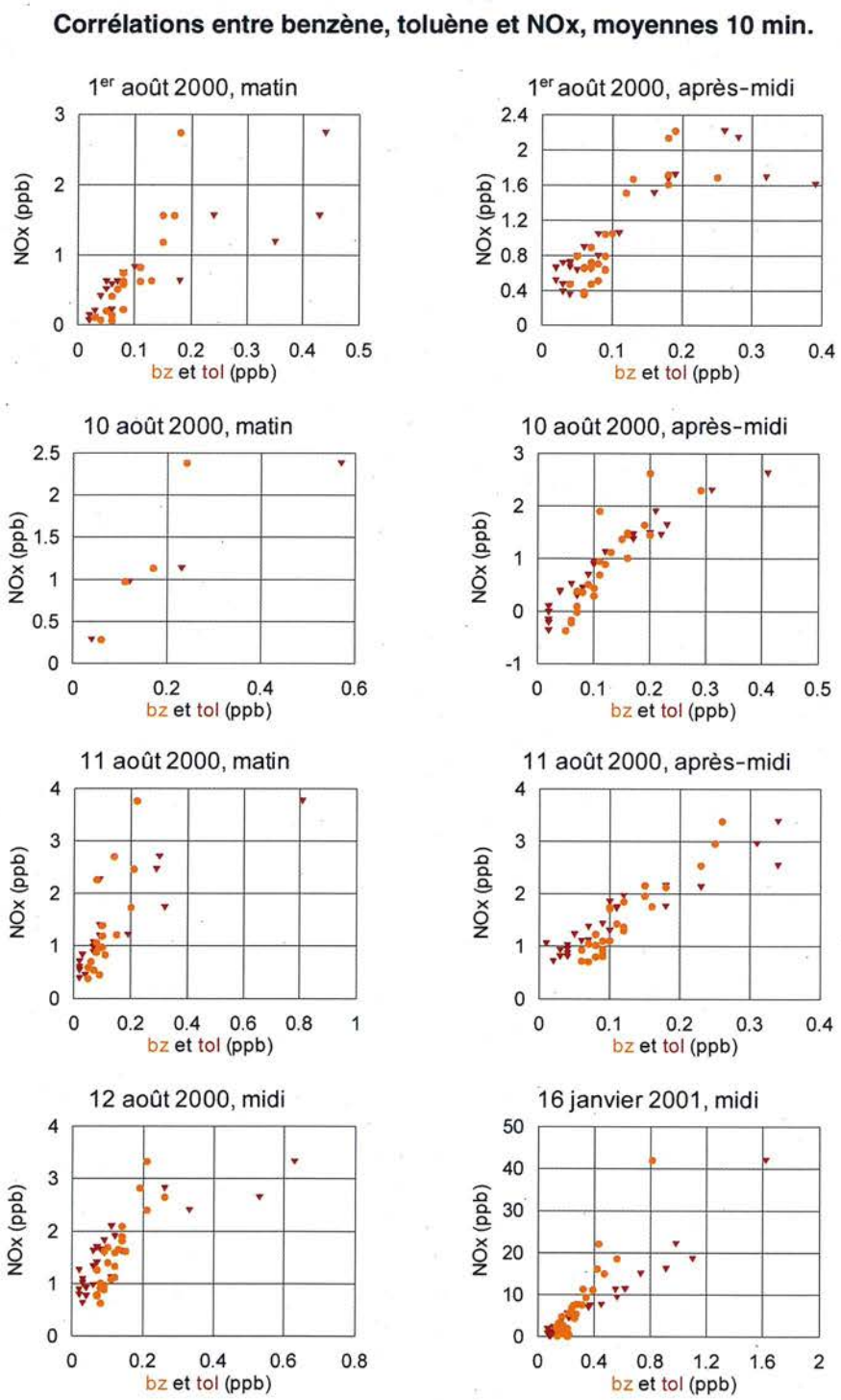
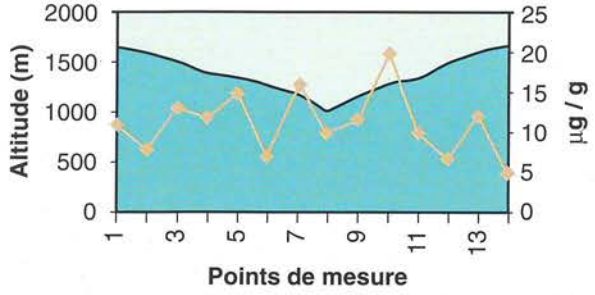


Fig. 3.38 : Les concentrations de benzène et de toluène sont généralement les paramètres les mieux corrélés dans l'ensemble des données. Cette figure démontre l'excellente corrélation pour tous les vols, toutes les régions et à toutes les altitudes (ils sont donc produits ensemble). Les quotients représentés à la fig. 3.37 proviennent de l'intérieur des vallées où les concentrations sont les plus fortes (en haut à gauche). La corrélation est même meilleure à des concentrations basses ce qui démontre que les 3 substances ont été diluées simultanément et qu'aucune nouvelle émission de l'une ou l'autre de ces substances n'a eu lieu.

Concentration de métaux lourds dans les lichens en transect à travers la vallée de Chamonix

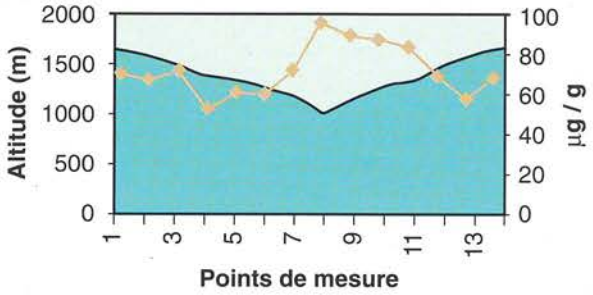
Plomb

Figure 3.45a



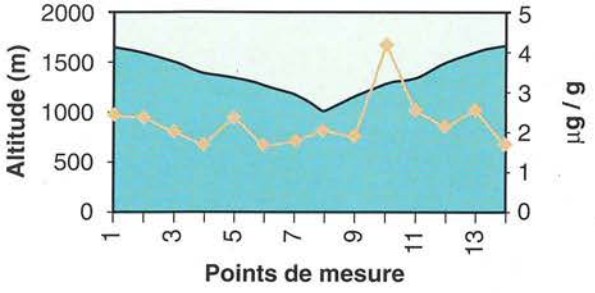
Zinc

Figure 3.45b



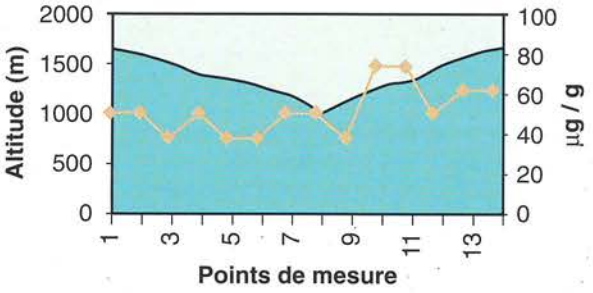
Nickel

Figure 3.45c



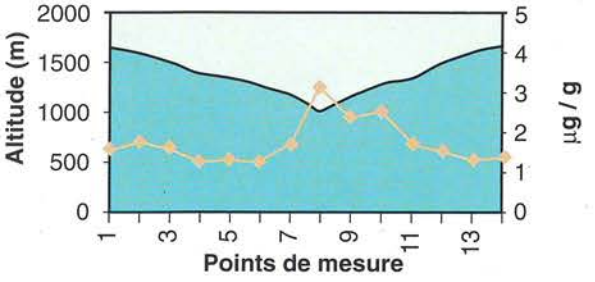
Cadmium

Figure 3.45d



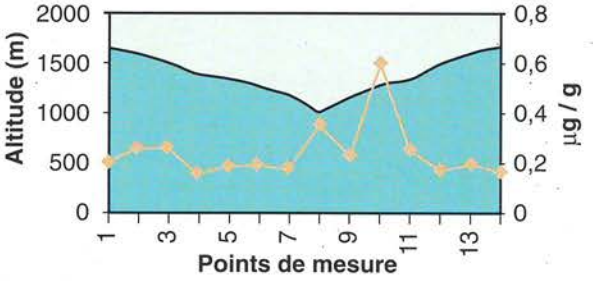
Cuivre

Figure 3.45e



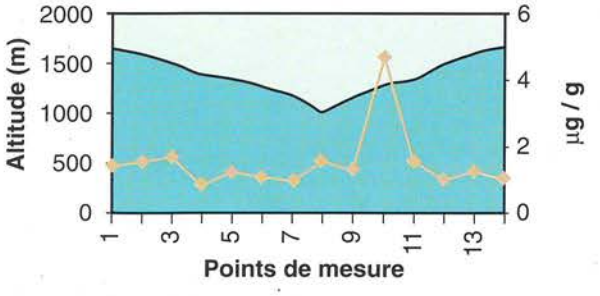
Fer

Figure 3.45f



Chrome

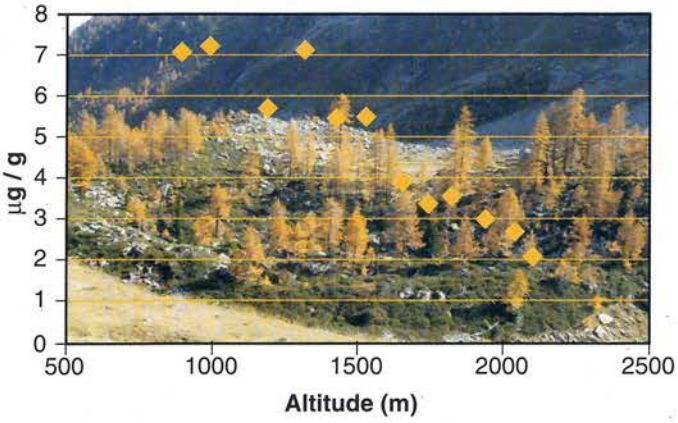
Figure 3.45g



Concentration de métaux lourds dans les lichens en transect à travers la vallée de la Doire Baltée (I)

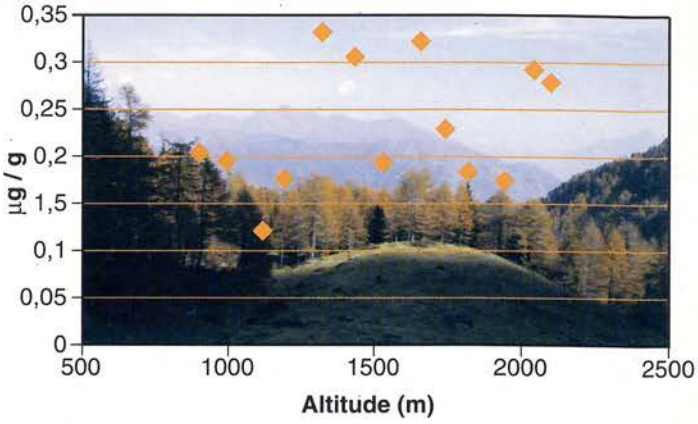
Nickel

Figure 3.46a



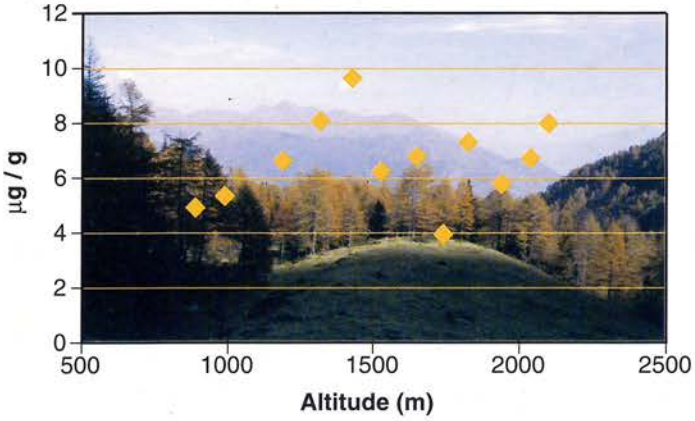
Cadmium

Figure 3.46b



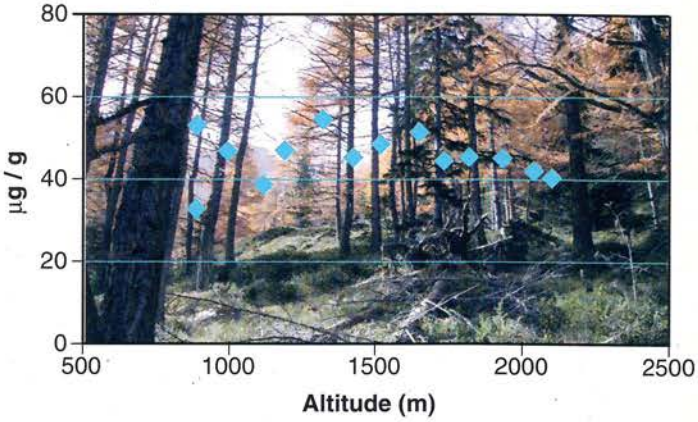
Plomb

Figure 3.46c



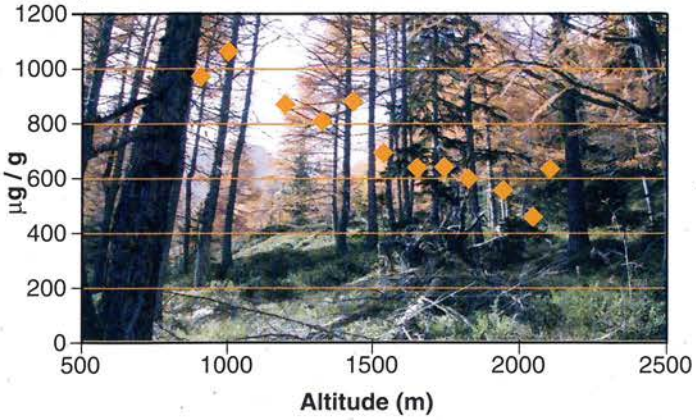
Zinc

Figure 3.46d



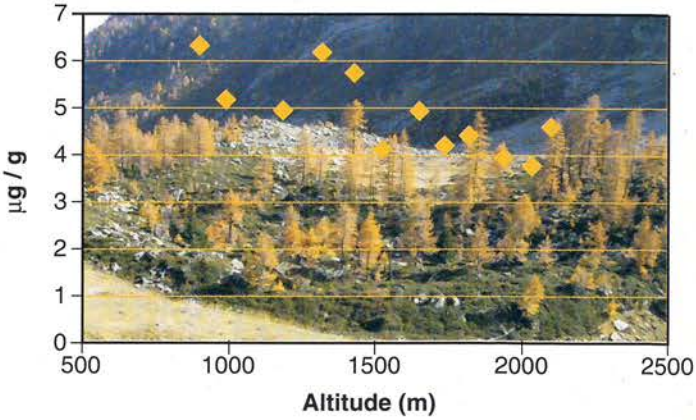
Fer

Figure 3.46e



Cuivre

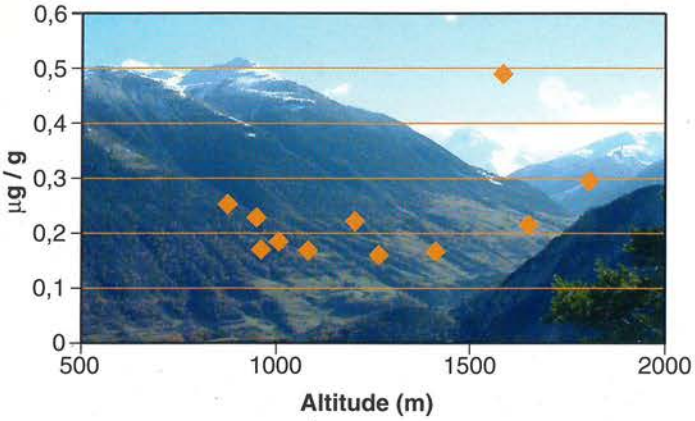
Figure 3.46f



Concentration de métaux lourds dans les lichens en transect Sembrancher - Catogne (CH)

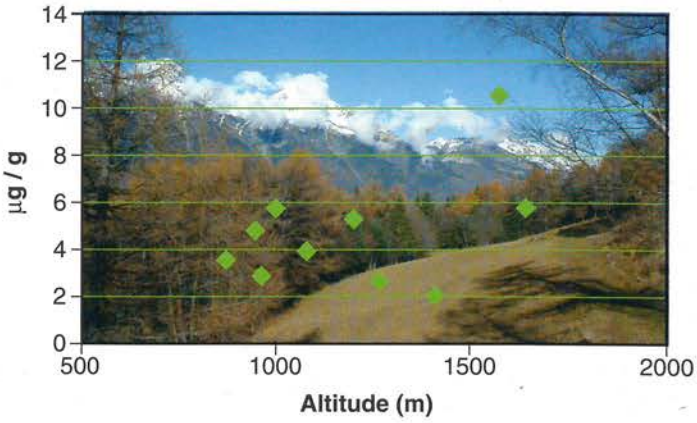
Cadmium

Figure 3.47a



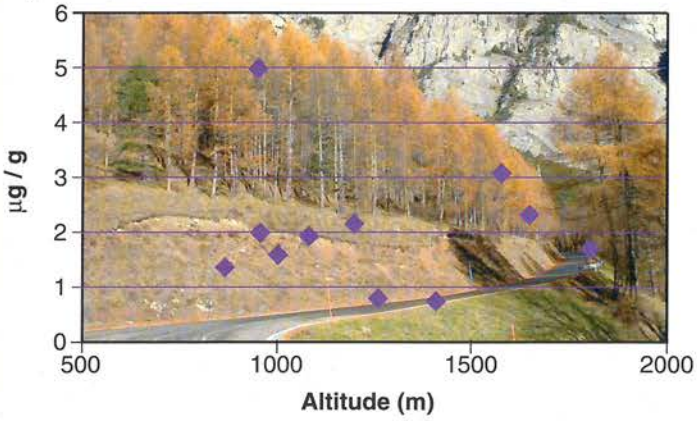
Plomb

Figure 3.47b



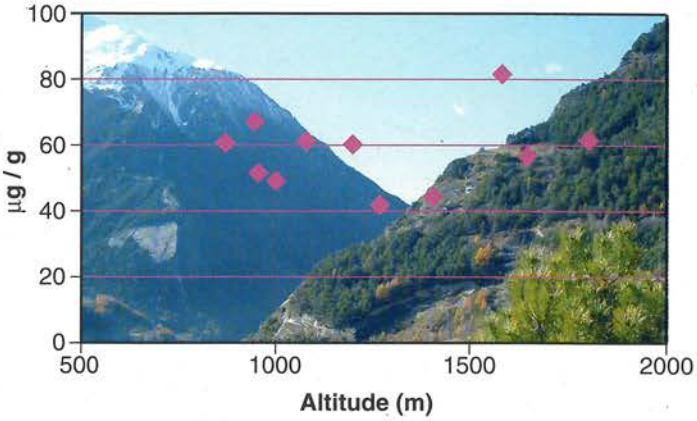
Nickel

Figure 3.47c



Zinc

Figure 3.47d



3.4 LA MODELISATION

Tous les éléments qui viennent d'être explicités sont issus de mesures. Même si celles effectuées par motoplaneur fournissent des renseignements dans les 3 dimensions, elles n'en restent pas moins toutes ponctuelles et limitées dans le temps. Une autre approche pour évaluer la qualité de l'air se développe depuis quelques années : c'est ce que les spécialistes nomment la modélisation. Il s'agit ici non plus de pratiquer "physiquement" des mesures, mais de restituer numériquement l'atmosphère par l'intégration de l'ensemble des conditions pouvant influer sur sa composition : les résultats permettent alors d'obtenir des concentrations sur l'ensemble du territoire de l'étude, et pas seulement à l'emplacement précis du capteur. Autre intérêt de la modélisation, celui de pouvoir anticiper et produire des scénarios d'évolution en fonction d'hypothèses socio-économiques (augmentation du trafic, changement de combustibles, ...).

Sur la base d'un cadastre des émissions, modéliser la qualité de l'air en tous points du territoire suppose de prendre en considération les facteurs météorologiques qui guident et influencent la dispersion des polluants. Cette démarche lourde et complexe nécessite, par exemple, d'intégrer :

- **La stabilité atmosphérique, liée à la structure thermique verticale de la troposphère :**
  - en situation normale de diffusion, la température diminue avec l'altitude d'environ 0.6 °C par 100 m. Dans ce cas, la structure thermique de l'atmosphère ne perturbe pas la diffusion des polluants.
  - Lorsque la température augmente avec l'altitude, il y a alors inversion thermique : une couche d'air chaud se trouve au-dessus d'une couche d'air plus froid. L'air pollué, qui se disperse vers le haut en situation normale de diffusion, se retrouve alors bloqué par cette couche d'air plus chaud qui agit comme un couvercle thermique.

- **La topographie**

La topographie d'un site peut influencer la circulation des masses d'air. Par exemple, les rues canyon, les bords de mer et les vallées peuvent modifier la dispersion des polluants.

Dans les vallées de montagne, les masses d'air ne se déplacent pas dans le même sens de jour et de nuit. En effet, le jour l'air s'échauffe sur les pentes et crée un courant qui remonte la vallée. Les polluants se dispersent rapidement. Mais de nuit, ce phénomène s'inverse : l'air froid s'écoule le long des pentes et s'accumule au fond de la vallée, tout en la descendant. La pollution évacuée dans la journée est alors ramenée dans la vallée la nuit.

Pour ces différentes raisons, le territoire d'étude, en l'occurrence l'Espace Mont-Blanc, ne constitue pas un "bassin atmosphérique" homogène : c'est au contraire un confluent de plusieurs vallées possédant chacune leur dynamique propre. Aussi, en l'état actuel des connaissances de la discipline, il n'est pas apparu opportun d'élaborer d'emblée une modélisation unitaire intégrant l'ensemble du périmètre, mais plutôt de le scinder en autant d'espaces fonctionnels. Ce choix, nécessaire[1] pour obtenir une résolution spatiale suffisamment fine pour appréhender les phénomènes locaux, a d'ailleurs permis de procéder à des méthodologies différentes, tenant compte des spécificités de chaque versant. Néanmoins, pour toutes ces modélisations, les travaux se sont portés sur le transport et la dispersion des cinq polluants déjà inventoriés, à savoir le CO, les COVNM, les NOx, les PTS et le SO_2 : il s'agit donc d'une modélisation en mode "non réactif", n'ayant pas pour objectif de déterminer des concentrations de polluants secondaires.

Engagé depuis une dizaine d'années dans une démarche de modélisation des processus "émissions-immissions", le canton du Valais dispose aujourd'hui d'une importante base de données, développée autour de la restitution d'une moyenne annuelle.

Le transport et la dispersion des polluants sont calculés, à une résolution temporelle semi-journalière, par un modèle multiboîte non stationnaire (Polytox) reposant sur la résolution des équations d'advection/diffusion entre boîtes (base de 200 m x 200 m) au sein desquelles les concentrations de polluants sont uniformes. Comme les conditions de transport et de dispersion des polluants (force et direction du vent, turbulence de l'air et hauteur de mélange) sont constantes au cours d'un calcul, les cycles de vents moyens associés aux situations météorologiques générales (classes N) sont décomposés en épisodes durant lesquels ces conditions sont stables. Les immissions annuelles résultent de la moyenne des immissions calculées par épisode, moyenne pondérée par les fréquences d'apparition des classes N durant l'année considérée.

Les classes N (au nombre de 144) donnant des cycles de vent similaires sont regroupées en catégories ayant les mêmes effets sur la dispersion des polluants, afin de réduire le nombre d'épisodes et ainsi les temps de calcul (de 30 à 40 catégories par station de mesures au sol et par saison – hiver/été). D'un autre côté, des stations de mesures proches, présentant des cycles de vent similaires et de ce fait le même découpage en épisodes, peuvent être associées en un seul calcul sur une région plus étendue. L'étude des cycles de vent liés aux classes N a ainsi permis de confirmer la pertinence d'un découpage du canton du Valais en 7 régions ou compartiments et, par la suite, de définir pour chaque compartiment les catégories regroupant les classes N ainsi que les épisodes-types constituant les cycles de vents moyens qui les caractérisent. Les conditions de transport et de dispersion de chaque épisode pour chacun des 7 compartiments ont été déterminées de sorte que les immissions calculées de NO, NO_2 et SO_2 pour l'année 1997 correspondent aux mesures de Resival (phase de calibration calculs/ mesures).

[1] Le ratio "résolution / taille du domaine" porte le nombre de mailles à la limite extrême des possibilités de calcul des modèles utilisés. Le regroupement des trois entités en un seul domaine aurait irrémédiablement entraîné l'adoption d'une résolution supérieure au km².

Contrairement à leur homologue valaisan, les réseaux français et valdotains ont entamé cette démarche de modélisation dans le cadre spécifique de ce programme "Air Espace Mont-Blanc". Si Air-APS et l'ARPA ont conçu eux-mêmes le cadastre, la simulation de la qualité de l'air a été déléguée à des prestataires extérieurs et le choix s'est porté sur la société "Aria Technologies" et sa filiale italienne "Arianet".

Possédant les mêmes outils et les mêmes méthodes, dans ces deux structures la reconstitution de la météorologie s'opère ici grâce au modèle "Minerve". Il a été conçu pour interpoler un champ de vent, de température et de turbulence à partir d'observations in situ (stations sol ou mesures aéroportées) ou de résultats de modèles météorologiques à grande échelle (tels que ARPEGE ou ECMWF[1]) en considérant l'effet de la topographie et de la stabilité atmosphérique (Figures 3.48 et 3.49). Par conséquent, plus les données d'entrée sont nombreuses et de bonne qualité, plus la restitution numérique sera performante. La prise en compte de la topographie sur l'écoulement est possible grâce au principe de la conservation de la masse.

Il s'agit alors de reconstituer la dynamique de journées précédemment écoulées : ainsi, sur une base horaire, MINERVE construit un champ 3D en considérant l'ensemble des mesures météorologiques disponibles, la topographie et la stabilité de l'air à partir de la structure thermique de l'atmosphère. Ce champ 3D permet ensuite d'initialiser les modèles de dispersion HERMES[2] et SPRAY[3] qui simulent la dispersion des polluants passifs.

L'application de ces modèles a été testée dans cette topographie complexe. Après la confrontation du potentiel des deux outils sur la partie française, et compte tenu de la constitution des bases de données cadastrales, il est apparu pertinent de choisir "Spray" en vallée d'Aoste, et "Hermès" en vallée de Chamonix.

De même, une meilleure connaissance statistique des configurations météorologiques en Italie a permis à l'ARPA de simuler un ensemble d'une vingtaine de journées réelles, dont le taux d'occurrence annuel connu autorise la reconstitution d'une "journée moyenne" rendant compte d'une moyenne annuelle des concentrations.

Au contraire, Air-APS a choisi de restituer 6 journées réelles, représentatives d'épisodes typiques sur la base de critères météorologiques et physico-chimiques :

- 3 épisodes hivernaux : météorologie fréquente, météorologie pénalisante, journée "type"[4].
- 3 épisodes estivaux : météorologie fréquente, météorologie pénalisante, journée "type".

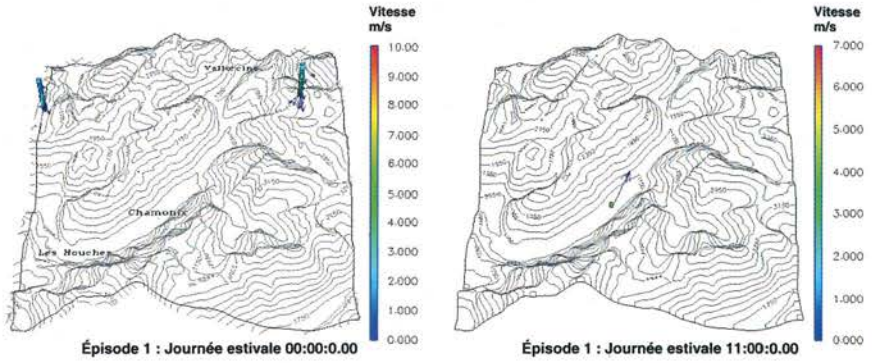
Dans le cas de la vallée d'Aoste, six scénarios météorologiques ont été étudiés au travers de 21 journées différentes simulées avec le logiciel Minerve.

Les journées ont été les suivantes :

1. Journées estivales (haute pression) : 10-12/08/2000
2. Journées hivernales (haute pression) : 15-18/01/2001
3. Journées estivales (avec perturbations) : 10-13/06/2000
4. Journées hivernales (avec perturbations) : 23-25/01/2001
5. Journées de vents d'ouest : 08-11/06/2001
6. Journées avec effet de fœhn : 20-22/02/2001.

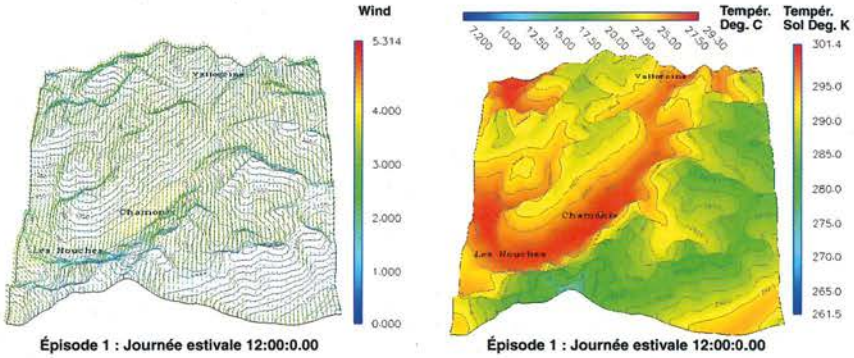
Données d'entrée (profils verticaux Arpège et données sol)

Figure 3.48



Champs interpolés reconstitués (vent et température)

Figure 3.49



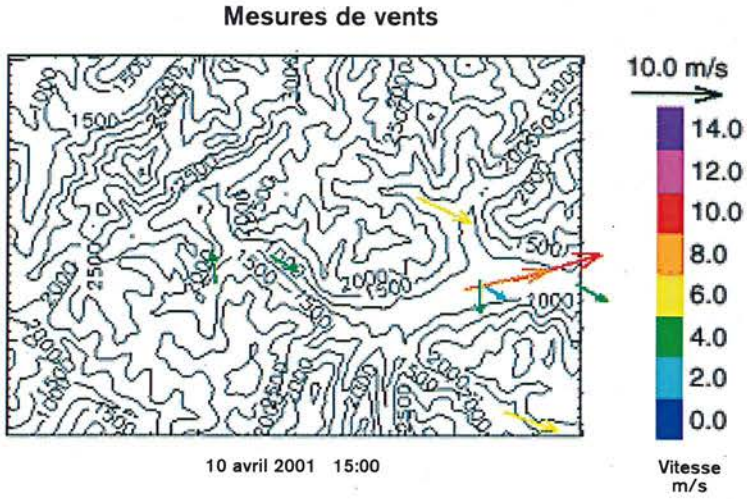
[1] *European Center for Medium-Range Weather Forecast.*

[2] *HERMES est un modèle eulérien utilisant une solution numérique 3D de l'équation de transport-diffusion.*

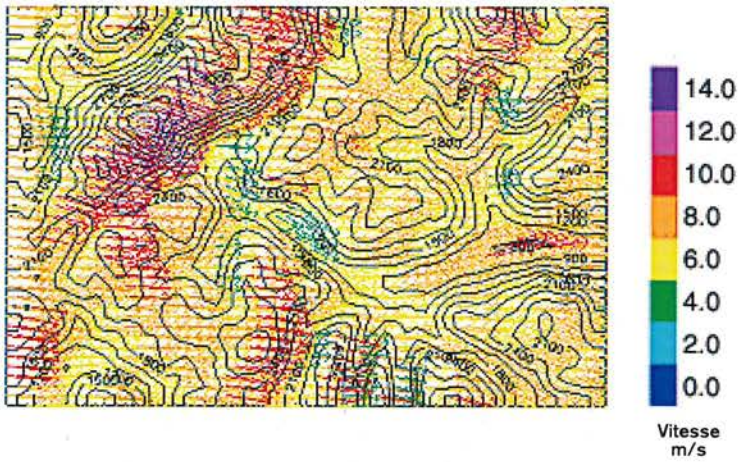
[3] *SPRAY est un modèle lagrangien à particules, où le polluant est assimilé à des "particules virtuelles" dont le mouvement est défini par le vent local et dont la dispersion dépend de la turbulence atmosphérique.*

[4] *Compte tenu du nombre restreint de données météorologiques initiales, les campagnes d'investigations aéroportées "MetAir" et leurs mesures météorologiques en 3D ont été utilisées pour mieux caractériser la dynamique de journées hivernale et estivale considérées comme "typiques" de ces saisons.*

Les figures 3.50 et 3.51 montrent le passage entre les données de vents mesurées au sol et l'interpolation faite par Minerve :



Mesures au sol
Figure 3.50



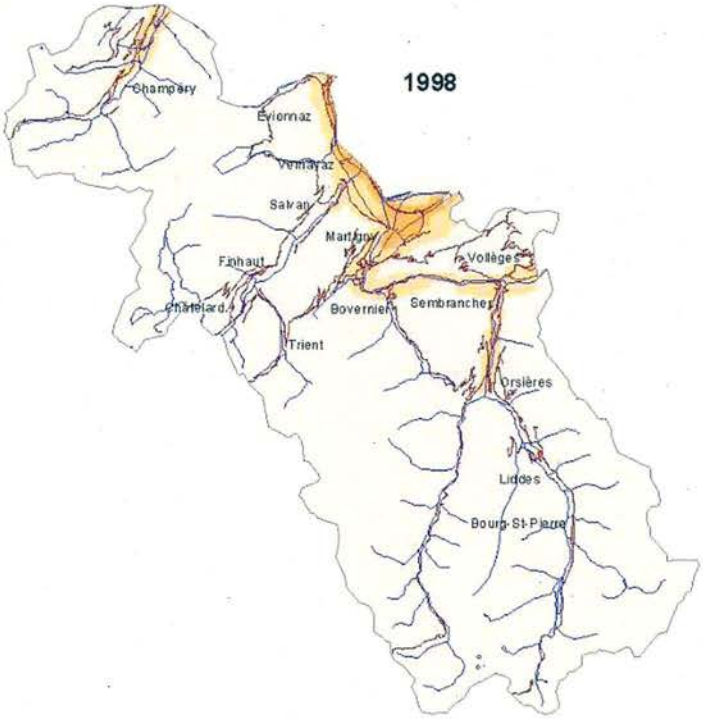
Champs de vents interpolés reconstitués
Figure 3.51

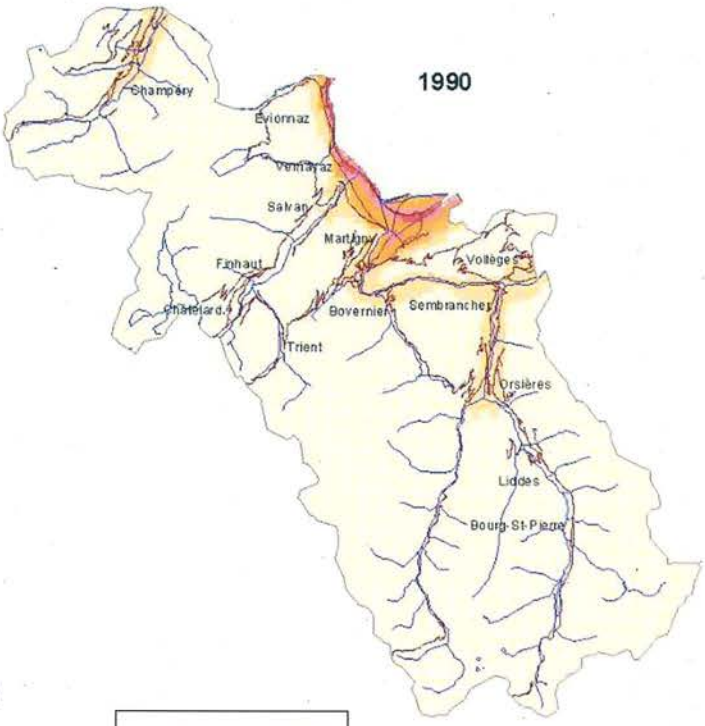
Grâce à l'ensemble de ces éléments climatiques et sur la base de statistiques pluri-annuelles, l'établissement des fréquences d'occurrence de ces six "types de temps" a été rendu possible.

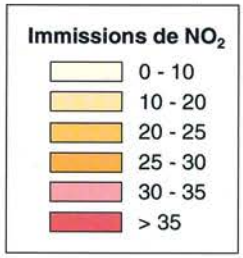
C'est ainsi qu'il est finalement possible d'établir les concentrations moyennes annuelles des cinq polluants prospectés.

3.4.1 Résultats dans le canton du Valais

Les trois cartes de la figure 3.52 présentent l'évolution des immissions moyennes annuelles sur 10 ans en dioxyde d'azote : en 1990, puis en 1998 (année de référence), puis en 2000.

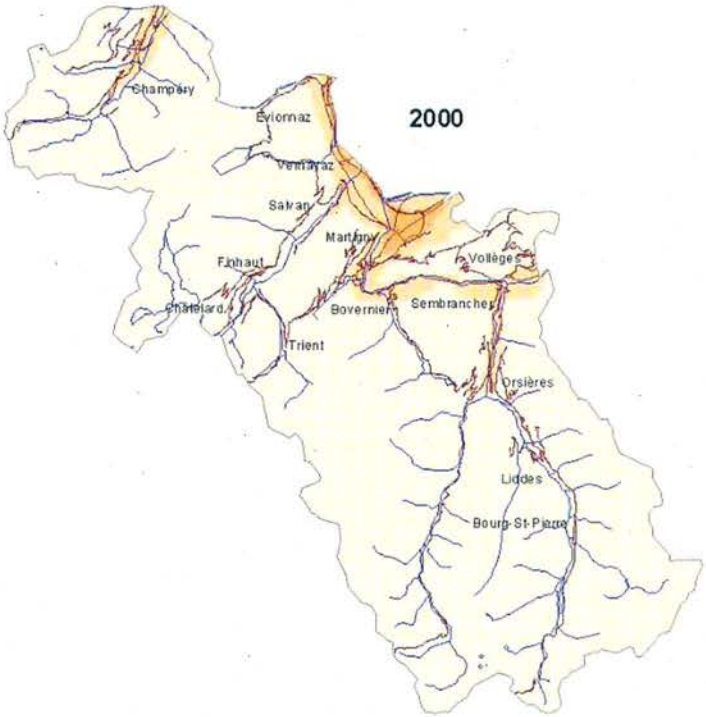






Concentrations moyennes annuelles de NO_2 obtenues par modélisation Canton du Valais Années 1990-1998-2000

Figure 3.52



Dans cette zone montagneuse au relief marqué, l'extension des zones polluées souligne très nettement la topographie des vallées. Elles sont le lieu des rejets occasionnés par les activités humaines (chauffage, artisanat, transport) et les conditions climatiques, analysées en termes de caractéristiques annuelles, maintiennent ces émissions dans les talwegs et sur les versants proches. On ne constate donc pas de transfert sur une longue distance des polluants produits localement.

L'évolution entre deux échéances annuelles est particulièrement nette entre 1990 et 1998 : la baisse des concentrations est générale, si bien que l'on assiste à un "repli" des secteurs affectés par le NO_2 vers les plus gros foyers de production. Par exemple, la zone comprise entre Sembrancher et Orsières enregistre une nette amélioration, confirmée en 2000. L'amélioration continue des performances des véhicules, notamment grâce à la généralisation du pot d'échappement catalytique, explique en grande partie cette évolution positive : les effets négatifs de la croissance du trafic routier durant la dernière décennie sont ainsi atténués par l'apport de ces solutions technologiques.

3.4.2 Résultats dans les vallées d'Aoste et de Chamonix

A l'identique de ce qui est pratiqué en Suisse, les émissions annuelles sont tout d'abord modulées en utilisant des clés de répartition temporelle sur une base mensuelle, journalière et horaire. Ces clés de répartition temporelle servent à convertir des émissions exprimées en tonnes par an dans le cadastre en émissions journalières (tableau 3.6) au pas de temps horaire.
Chaque activité (code SNAP) a sa propre clé de répartition temporelle, en fonction des différents mois de l'année, des jours de la semaine et enfin de l'heure de la journée (fig. 3.53).

Modulations mensuelles et journalières des émissions

Figure 3.53

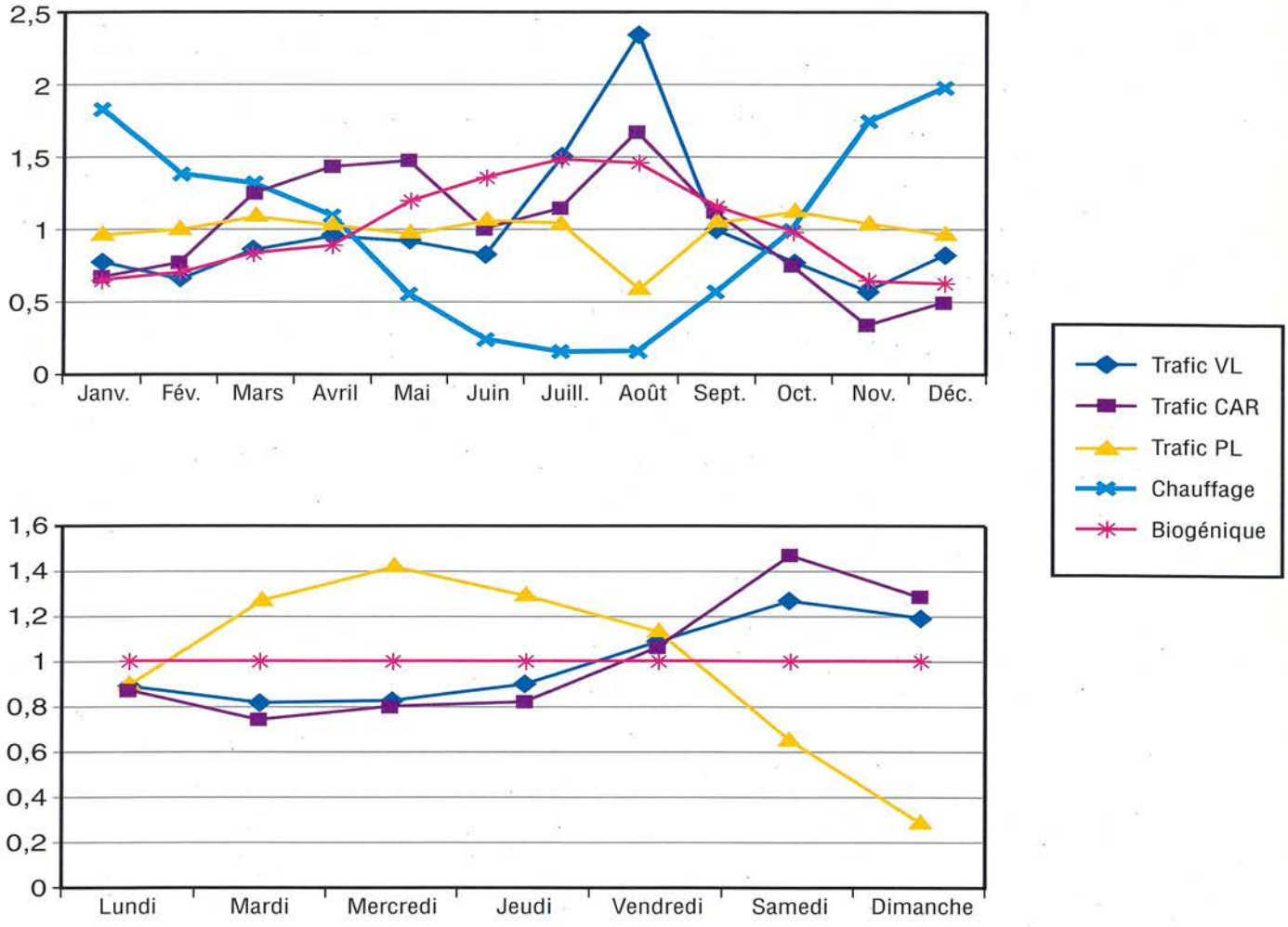


Tableau 3.6

Bilan des émissions sur le domaine (en T/j) dans la vallée de Chamonix :

Épisode	CO	COVNM	NOx	PTS	SO_2
P1 : journée estivale[1]	4.01	2.40	2.67	0.19	0.17
P2 : journée hivernale[2]	2.20	1.07	0.99	0.29	0.91
P3 : 26 janvier 1998	2.29	1.10	1.09	0.29	0.91
P4 : 20 juillet 1998	2.16	1.91	1.49	0.11	0.13
P5 : 10 janvier 1998	2.77	1.24	1.59	0.32	0.93
P6 : 12 mai 1998	1.63	1.51	1.45	0.15	0.31

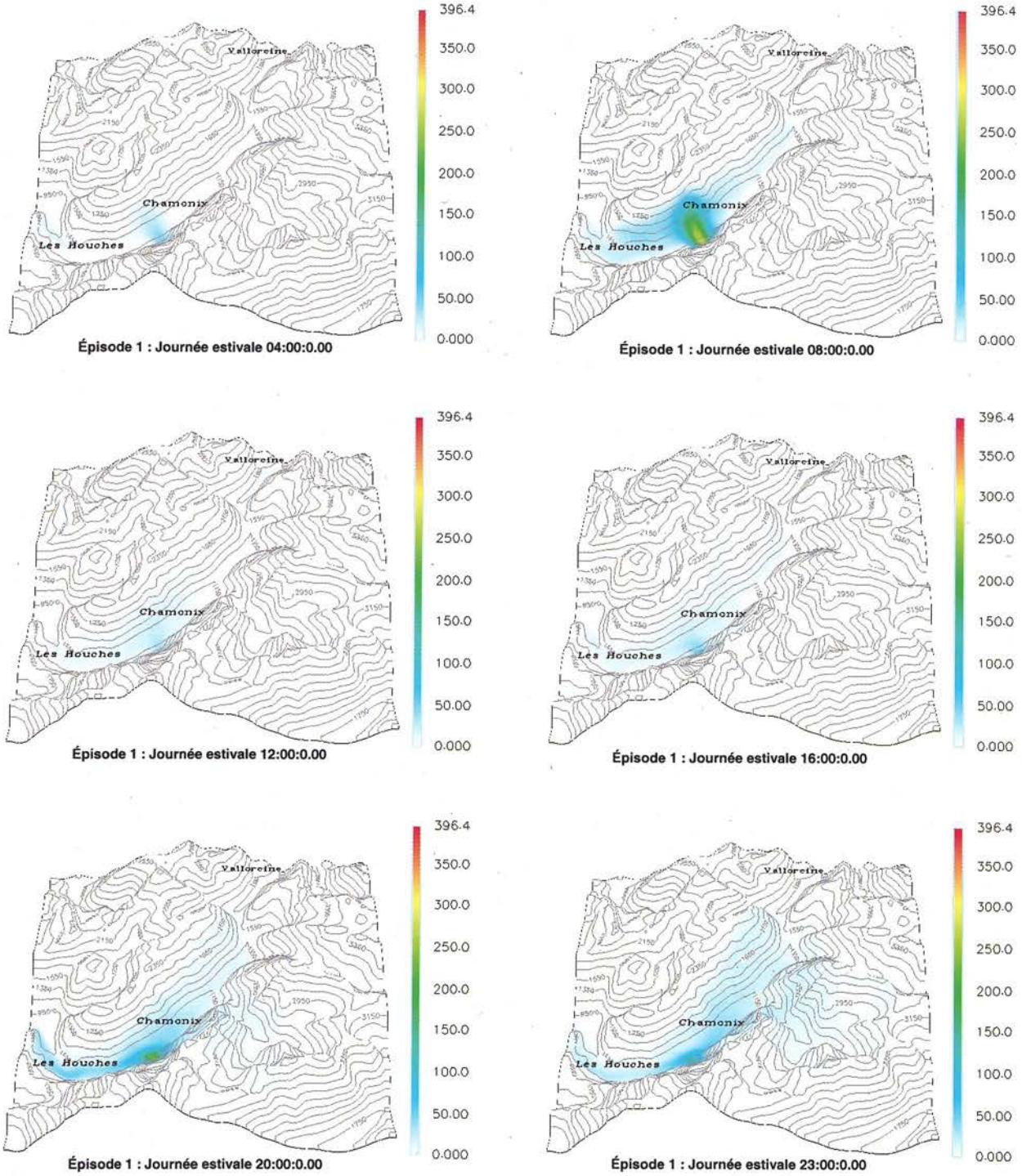
[1] *La journée estivale correspond à un vendredi du mois d'août*
[2] *La journée hivernale correspond à un mardi du mois de janvier.*

Au final, les conditions météorologiques, la modulation du volume des émissions d'une période à une autre concordent à faire varier très sensiblement les concentrations obtenues par les six simulations.

L'ensemble des résultats obtenus offre ainsi la possibilité d'examiner heure par heure, pour chacun des cinq polluants retenus, une infinité de "cartographies" 3D de la qualité de l'air. C'est pourquoi ne sont présentées ici que les cartes de concentrations au sol en NOx, en période estivale, avec un pas de temps quadri-horaire[1] (fig. 3.54).

Concentrations en oxydes d'azote (µg/m³)lors d'une journée estivale (configuration tunnel du Mont-Blanc ouvert)

Figure 3.54



[1] *Néanmoins, toutes les cartes de concentrations au sol, pour tous les polluants, tous les épisodes et toutes les heures sont consultables sur CD-ROM (travaux issus du rapport ARIA/2002.035 "Simulation de la qualité de l'air dans la vallée de Chamonix").*

Le scénario "classique" d'une journée estivale se déroule ainsi :

• Durant la nuit, les émissions étant très faibles et la masse d'air relativement stable, les concentrations restent cantonnées à proximité du lieu d'émission.

• Puis en début de matinée, la conjonction de l'augmentation du trafic et de l'inversion de température matinale conduisent à observer un panache de concentrations élevées, centré sur la voie d'accès au tunnel du Mont-Blanc. Mais la mise en place des brises thermiques sur le versant sud (celui du massif des aiguilles Rouges), sans doute conjuguée aux écoulements gravitaires issus du versant nord englacé du massif du Mont Blanc, commence néanmoins déjà à "aspirer" les polluants : c'est peu à peu l'ensemble du versant sud de la vallée qui sera gagné par les oxydes d'azote, avec une partie aval plus significativement affectée.

• En cours de journée, le brassage de la masse d'air par la convection favorise la dispersion des oxydes d'azote sur l'ensemble du domaine d'étude, jusqu'à gagner le cœur du massif du Mont-Blanc : le panache, qui s'étale alors sur un large territoire, montre des concentrations plus homogènes mais également beaucoup plus faibles que le matin.

• Puis en soirée, on assiste de nouveau à une augmentation des concentrations au voisinage des lieux d'émissions, en l'occurrence les axes routiers, puisqu'en cette période estivale le trafic automobile (principalement les véhicules légers) est à son maximum. Là encore, ces valeurs d'oxydes d'azote plus élevées s'expliquent par la conjonction d'une circulation routière plus importante en fin de journée additionnée de la disparition du brassage de l'air par convection, et au contraire un retour à une subsidence par écoulement d'air plus froid venant des sommets.

La simulation des cinq autres épisodes démontre globalement les mêmes genres de phénomènes, où variations des émissions et de la dynamique atmosphérique induisent toutefois une grande disparité dans les valeurs calculées, tant spatialement que temporellement.

Les tableaux 3.7 et 3.8 reprennent les concentrations maximales obtenues avec HERMES, pour les 6 journées étudiées.

La journée estivale prise comme journée de référence est particulière du point de vue des émissions : elle correspond au "pic" de fréquentation de la vallée, avec un trafic routier particulièrement élevé. Les émissions déterminées pour cette journée sont nettement supérieures à celles des autres jours. Cela se retrouve bien au niveau des concentrations maximales, pour tous les polluants.

Pour les deux autres journées d'été, les concentrations obtenues sont du même ordre de grandeur.

Les trois journées d'hiver se déroulent au mois de janvier. Les différences observées sur les résultats de concentrations proviennent des profils de modulation hebdomadaire et des champs de vents.

On constate ainsi que toutes les concentrations maximales calculées pour tous les polluants sont inférieures aux normes en vigueur.

Néanmoins, force est de constater que ces simulations ne rendent pas compte, en valeur absolue, des valeurs mesurées sur site comme en atteste la figure 3.55.

Concentrations maximales pour les épisodes d'été sur le domaine d'étude (µg/m³)

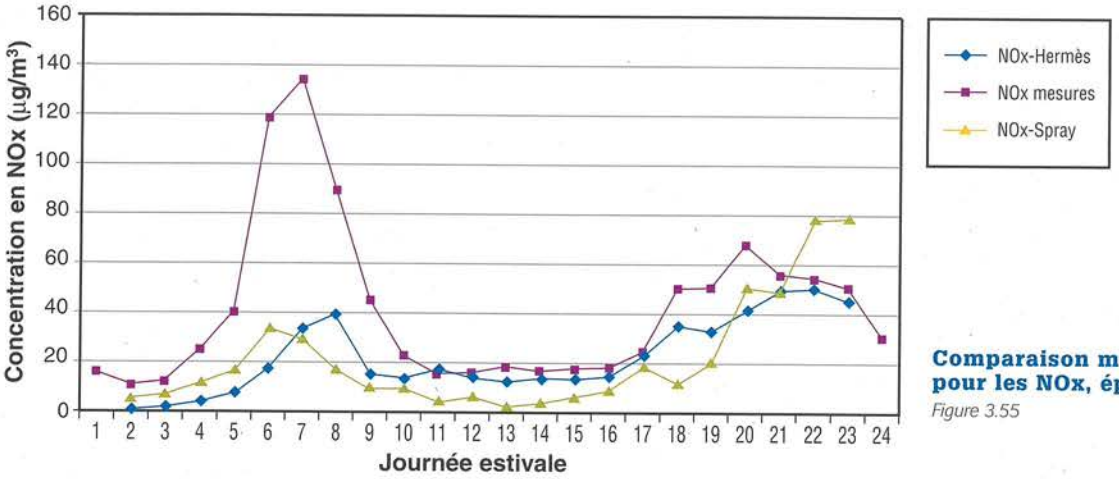
Tableau 3.7

	NOx	COV	Particules	SO_2	CO
Journée estivale vendredi	396	294	16	12	171
Episode été fréquent lundi	32	18	1.6	2.7	16
Episode été pénalisant mardi	33	14	1.8	8	14

Concentrations maximales pour les épisodes d'hiver sur le domaine d'étude

Tableau 3.8

	NOx	COV	Particules	SO_2	CO
Journée hivernale mardi	30	34	9	82	91
Episode hiver fréquent lundi	21	23	6	41	54
Episode hiver pénalisant samedi	104	30	7	39	65



Comparaison mesures-calculs pour les NOx, épisode d'été
Figure 3.55

Si l'hypothèse d'un mauvais calage du cadastre n'est jamais à exclure dans une telle situation, c'est ici davantage le manque de données météorologiques ne permettant pas une bonne reconstitution de la dynamique atmosphérique (qu'il s'agisse des champs de vent ou de température) par le module MINERVE sur l'ensemble du domaine qui pose question. En effet, pour chacun des épisodes, les mesures disponibles sont les suivantes :

• stations sol de Météo France : seules 2 stations sur les cinq utilisées pour le calcul sont positionnées à l'intérieur du domaine d'étude. De plus, les séquences de mesures sont incomplètes sur les journées étudiées (notamment celles de l'aiguille du Midi, qui par sa localisation subit très souvent des dysfonctionnements);

• profils verticaux issus de modèle numérique : seuls deux profils ARPEGE "analyses" sont disponibles sur le domaine d'étude. Il n'a pas été possible d'intégrer les profils ALADIN "prévision" suite à des problèmes de compatibilité des formats de fichiers.

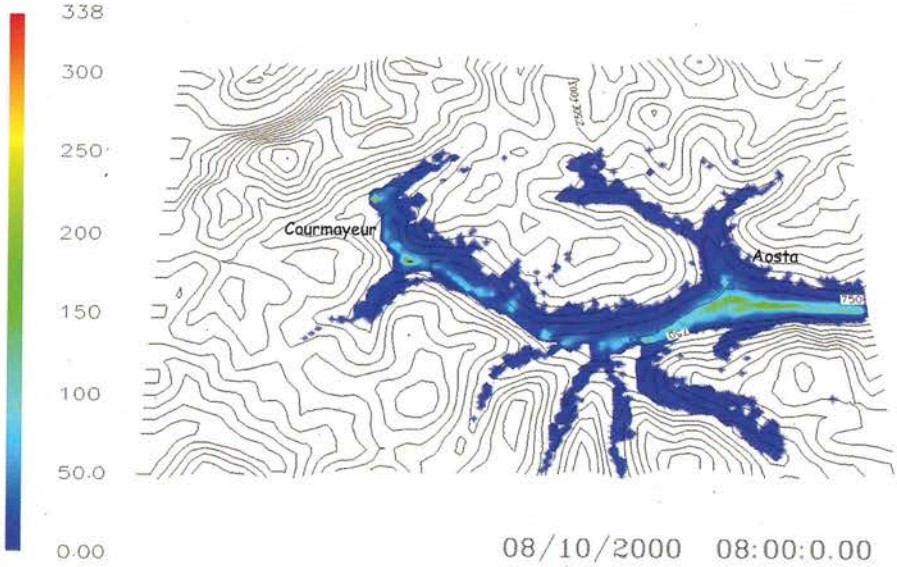
Aussi, comme MINERVE ne dispose pas de mesures décrivant la structure verticale de l'atmosphère sur le domaine d'étude, il serait souhaitable d'utiliser des mesures de vent et de turbulence fournies par des instruments météorologiques évolués (SODAR Doppler et RASS[1], par exemple). Pour les deux épisodes de référence, les mesures aéroportées ont été traitées comme des profils verticaux, mais ces données ne sont pas suffisantes pour documenter la structure verticale de l'atmosphère, par manque d'informations au niveau du sol.

Par conséquent, la stratification thermique, qui gouverne l'essentiel de la dynamique interne aux vallées de montagne, ne peut pas être appréhendée par le dispositif de mesures météorologiques actuel. Par exemple, l'inversion thermique hivernale, que l'on sait être très discriminante car pouvant persister plusieurs jours durant, ne peut pas être "détectée" par un poste de mesure en fond de vallée et un autre au sommet de l'aiguille du Midi : elle se localise entre ces deux sites (vraisemblablement à quelques dizaines de mètres au-dessus du sol), sans que le gradient thermique mesuré puisse en rendre compte.

Dans la vallée d'Aoste, contrairement à l'exemple français, les résultats des simulations produites par le logiciel SPRAY dans le domaine de la Vallée d'Aoste se rapportent soit à la dispersion horaire des polluants lors des journées "types", soit aux concentrations moyennes annuelles calculées par intégration des statistiques météorologiques.

Sur les figures 3.56, 3.57, 3.58 et 3.59, on retrouve ainsi un exemple de concentrations horaires des NOx, puis les deux situations annuelles pour les années 1998 et 2000.

Concentrations des NOx (µg/m³), en Vallée d'Aoste, épisode d'été, 8.00 heures
Figure 3.56



[1] *La technologie associant les ondes radios avec les ondes acoustiques, appelée RASS (Radio Acoustic Sounding System), favorise les mesures simultanées du profil vertical de la température, du vent et des paramètres de turbulence.*

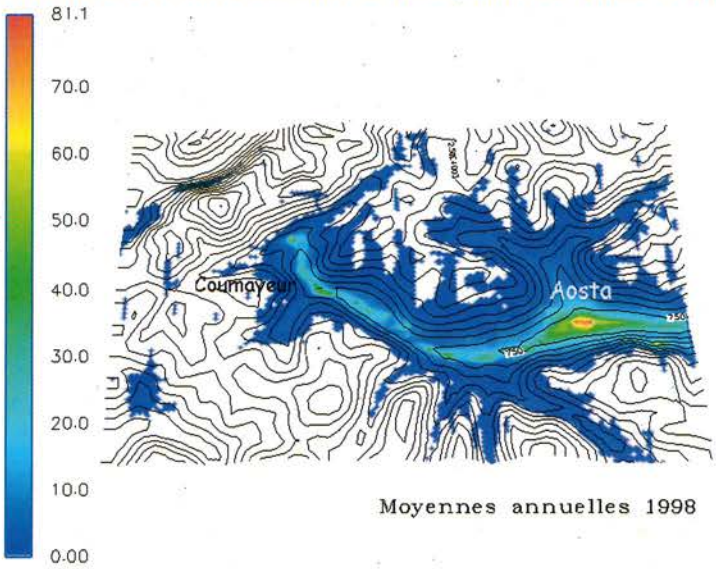
On distingue ici nettement les concentrations les plus élevées aux alentours de l'agglomération d'Aoste et le long des principaux axes du réseau routier qui conduisent au tunnel du Mont-Blanc, lui-même bien visible (le "point vert" en amont de la Valdigne). Tout comme pour l'interprétation des concentrations sur le versant français, on retrouve les mêmes types de phénomènes qui induisent les variations horaires tout au long de la journée.

En 1998 comme en 2000, la présence des oxydes d'azote se manifeste très majoritairement dans les fonds de vallée, à proximité des lieux d'émissions que sont les axes routiers. Toutefois, si les niveaux rencontrés sont sensiblement équivalents sur Aoste, ils sont en revanche bien inférieurs dans la Valdigne en 2000 dans une situation où le tunnel du Mont-Blanc est fermé.

Les conséquences de cette configuration exceptionnelle sont particulièrement explicites dans la dernière figure ci-dessus : elle démontre et quantifie parfaitement la nette diminution (plus de 80 % en amont d'Aoste) des concentrations de NOx dans la Valdigne entre les deux échéances. Dans le même temps, cette comparaison montre que le report d'une partie du trafic sur l'itinéraire du Grand Saint-Bernard provoque une augmentation des immisions au voisinage de cet autre axe international.

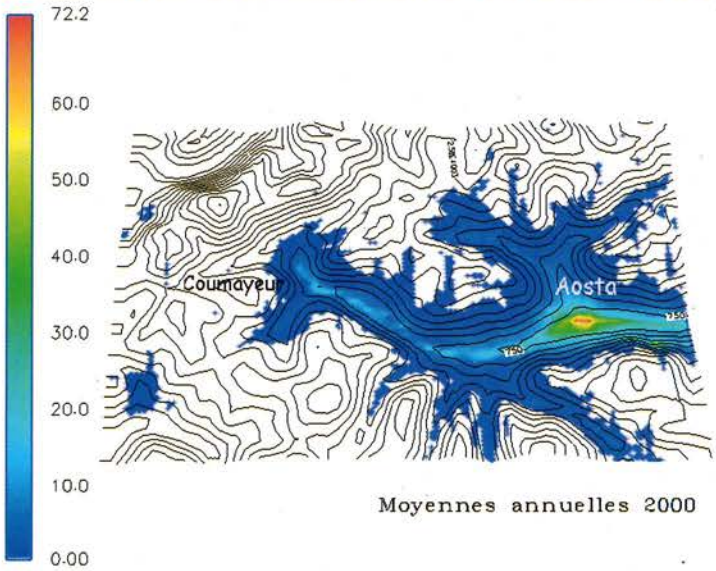
Concentrations moyennes annuelles de NOx (µg/m³) en Vallée d'Aoste

Figure 3.57



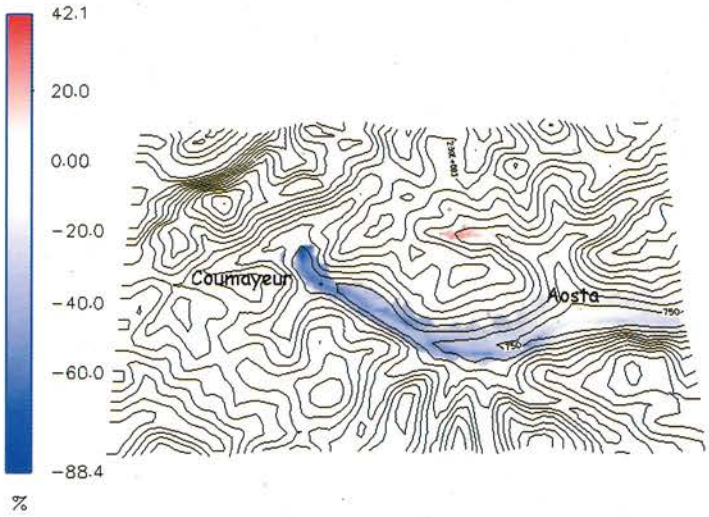
Concentrations moyennes annuelles de NOx (µg/m³) en Vallée d'Aoste

Figure 3.58



Variation en pourcentage des concentrations moyennes entre 2000 et 1998 (valeurs négatives : réductions des concentrations de NOx) - Vallée d'Aoste

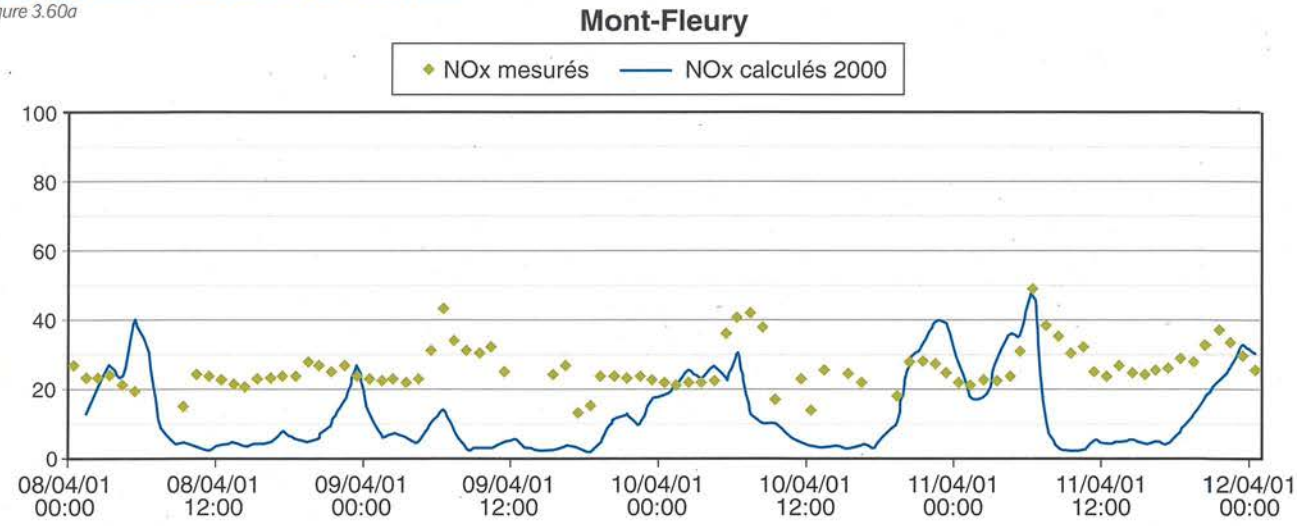
Figure 3.59



La représentation de la dispersion des polluants a été bien décrite par la modélisation du logiciel SPRAY, comme on peut l'apprécier sur les diagrammes des figures 3.60a et 3.60b : ils représentent la comparaison entre les mesures à la station de Mont-Fleury, proche de la ville d'Aoste, et à la station de Morgex, au cœur de la Valdigne, avec les concentrations calculées par le modèle. La modélisation parvient à restituer de manière satisfaisante les pics des NOx mesurés par les deux stations.

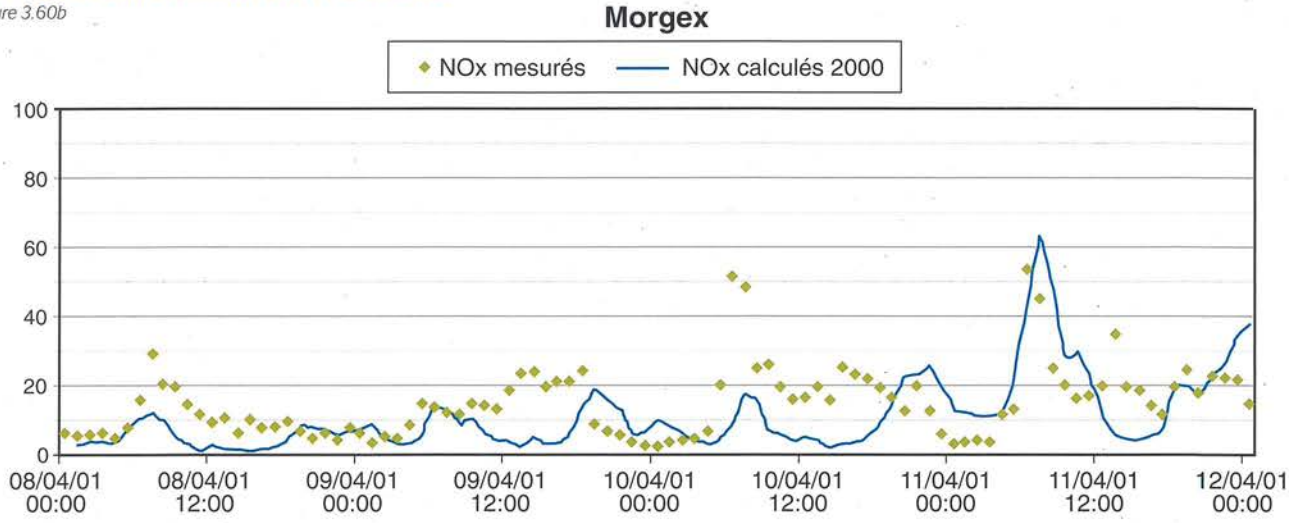
Comparaison des valeurs de concentration de NOx (µg/m³) mesurées dans la station de Mont-Fleury (Aoste), avec les valeurs calculées par le modèle

Figure 3.60a



Comparaison des valeurs de concentration de NOx (µg/m³) mesurées dans la station de Morgex, avec les valeurs calculées par le modèle

Figure 3.60b



La modélisation de la qualité de l'air en zone de montagne revêt des aspects plus complexes qu'en zone de plaine. Reconstituer les écoulements qui gouvernent la dispersion de polluants s'avère très compliqué, surtout en l'absence d'un réseau de mesures météorologiques suffisamment dense.

En Valais et en Vallée d'Aoste, ce réseau existe : la modélisation offre alors des résultats tout à fait satisfaisants et conformes aux mesures, indépendamment des outils ou des méthodes utilisés : ceux-ci présentent des inconvénients ou des bénéfices d'utilisations variés (paramétrisation interfacée, temps de calcul, ...), mais n'altérant pas la validité des simulations.

En revanche, sur le versant français du massif du Mont Blanc, l'expérience demande encore à être prolongée et à être développée : si elle est très enrichissante pour déterminer les secteurs affectés et les variations intra-journalières, elle demeure encore trop imparfaite pour déterminer des niveaux réalistes de pollution. Ce constat a donc amené Air-Aps à poursuivre cette expérimentation et à la conduire dans le cadre de travaux de recherches associant divers laboratoires universitaires (programme POVA – POllution des Vallées Alpines), afin d'aboutir à un outil satisfaisant à moyen terme.

4.
Le rayonnement ultraviolet (U.V.)

Espace MontBlanc

P.113-116

La radiation ultraviolette occupe la zone du spectre électromagnétique entre 100 nm et 400 nm. Par convention, elle est subdivisée en UVA (320–400 nm), UVB (280–320 nm), UVC (100–280 nm). Les longueurs d'onde supérieures (400 nm) se trouvent à la frontière du spectre visible, dans la zone du violet.
L'autre côté, à 100 nm, se trouve à la limite du domaine des radiations ionisantes.

La radiation émise par le Soleil est complètement absorbée dans les longueurs d'onde inférieures à 200 nm par les couches de la haute atmosphère, au-dessus de 80 km (thermosphère).

Dans la stratosphère (entre 10/15 km et 50 km), les longueurs d'onde inférieures à 240 nm produisent la dissociation des molécules biatomiques de l'oxygène. L'oxygène atomique (O) ainsi produit se lie à une molécule de O_2 en formant une molécule de O_3. L'ozone exerce lui-même un effet d'absorption de la radiation UV de 200 jusqu'à 350 nm. Ces dynamiques radiatives et photochimiques filtrent presque totalement la composante à longueur d'onde inférieure à 290 nm de la radiation solaire à la surface terrestre.

A cause des effets de l'absorption exercée par l'O_3, la variation du rayonnement solaire à la surface de la Terre entre 290 et 350 nm est de six ordres de grandeur (106).

La radiation UV se retrouve dans différents aspects de pollution de l'environnement.
Une des découvertes les plus importantes dans le domaine des impacts anthropiques sur l'environnement a été, au cours des années 80, la diminution de l'ozone stratosphérique sur la région antarctique, appelée couramment "le trou dans la couche d'ozone".

Ce phénomène a été causé par l'émission des composés CFC, dont les molécules très stables sont à même de rejoindre la stratosphère et d'y engendrer la destruction des molécules d'O_3.

L'affaiblissement de la couche protectrice d'ozone produit une diminution de l'effet d'écran sur la radiation UV, et donc une augmentation de la radiation UV sur la surface terrestre.

Cet effet intervient directement sur les dynamiques photochimiques dans la troposphère en augmentant le potentiel de production de smog photochimique : l'ozone en premier lieu, le PAN, et d'autres substances dangereuses pour la santé.

La radiation UV a elle-même un effet direct sur la santé humaine. Ces effets concernent les cellules des organismes à différents niveaux : acides nucléiques, macromolécules protéiques, membranes cellulaires…

Les organes sensibles sont les parties superficielles des organismes vivants, en particulier la peau et les yeux. Parmi les effets les plus connus, il y a la photokératoconjonctivite, les dommages au cristallin, l'érythème, l'induction des carcinomes et des mélanomes de la peau.

La radiation solaire UV est classée par l'AIRC dans le groupe I (potentiellement cancérigène pour l'homme).

Par rapport aux effets d'induction de l'érythème, l'efficacité relative aux différentes longueurs d'onde atteint des valeurs maximales dans la zone de l'UVB, au-dessous de 300 nm. Elle est représentée par convention par le spectre d'action érythémale standard.

La variation entre la zone UVB – UVA est d'un facteur d'au moins 10^{-3}.

Ce fait comporte comme conséquence que l'irradiance efficace de la radiation UV par rapport à l'induction des effets dangereux pour la santé, rejoint la valeur maximale dans la zone de l'UVB, bien que le rayonnement solaire au sol dans cette zone soit beaucoup plus faible que dans la zone de l'UVA.

Les basses couches de l'atmosphère agissent elles-mêmes comme absorbeurs du rayonnement UV, surtout à cause de la présence de l'ozone atmosphérique et des particules en suspension. En altitude, cet effet d'absorption diminue, étant au-dessus des couches plus denses de l'atmosphère. Pour cette raison, le rayonnement ultraviolet augmente selon un facteur de 6 à 10 % par 1 000 m.

Un facteur très important qui affecte l'intensité de la radiation UV est la couverture nuageuse. Les particules d'eau composant les nuages constituent un filtre très efficace pour la radiation UV. Mais, dans certaines situations, la présence de grands nuages cumuliformes qui reflètent la radiation solaire peut en augmenter l'intensité.
Un autre effet qui joue un rôle très important, c'est la réflexion de la radiation solaire exercée par le sol. Elle varie de quelques % pour les surfaces sombres (terre ou végétation) jusqu'à 95 % pour la neige fraîche.
Cet effet est particulièrement important en montagne, en altitude, où la couche de neige reste au sol longtemps.

Pour toutes ces raisons, le monitorage du rayonnement ultraviolet solaire acquiert une grande importance dans une zone de montagne comme l'Espace Mont-Blanc caractérisée par l'altitude du territoire et par les activités qui se déroulent en altitude : la vie dans les villages de montagne, le travail dans les alpages, les activités sportives (les randonnées, l'alpinisme et le ski).

Dans la zone d'étude a été réalisé un réseau de mesures composé de trois capteurs mis en place à trois altitudes différentes : à Martigny (467 m), à Chamonix (1 037 m) et La Thuile (1 640 m).
Ces capteurs fournissent les valeurs de la radiation UV dans la bande A et en pondération érythémale.

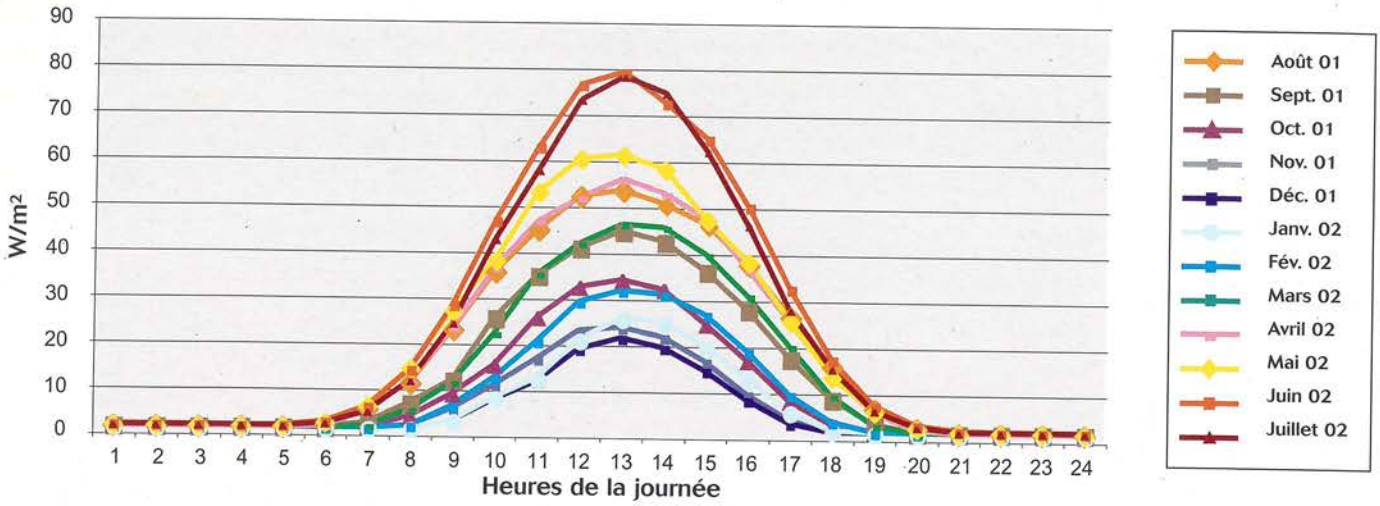
Dans les graphiques des figures 4.1, 4.2 et 4.3 sont mis en évidence les jours moyens pour chaque mois de l'année dans les trois sites de mesures.

On observe la variation au cours de l'année ; les mois pendant lesquels le rayonnement ultraviolet est le plus intense sont juin et juillet. Le rayonnement solaire du mois de mai est supérieur à celui du mois d'août, lequel est comparable à celui du mois d'avril.

Les variations de rayonnement UVA entre les sites de La Thuile et Martigny peuvent s'expliquer par la différence d'altitude et par la présence de neige au sol dans les mois d'hiver et du printemps à La Thuile.
Le rayonnement UVA à Chamonix est comparable pendant les mois d'hiver, mais il apparaît plus faible pendant les mois d'été.
Ce résultat pourrait être dû à un défaut de réglage de l'appareil. Ce fait souligne la nécessité d'effectuer une intercalibration entre les trois capteurs, bien qu'ils proviennent du même producteur et qu'il soient du même modèle.
Cette intercalibration sera effectuée par comparaison avec les spectres acquis par le spectroradiomètre.

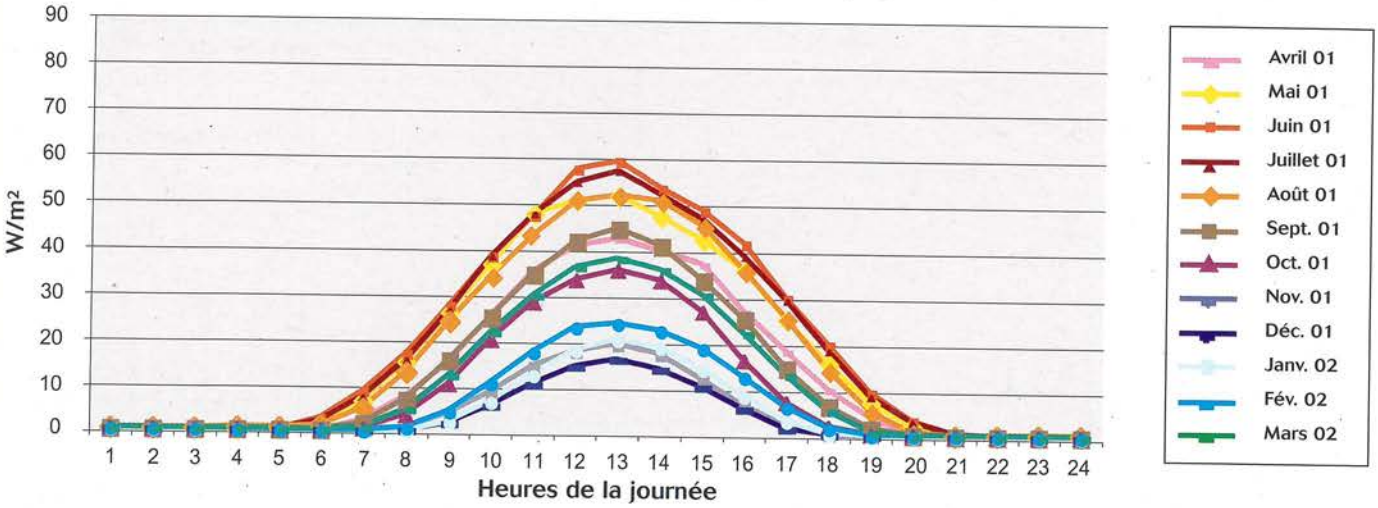
UVA La Thuile - Journée moyenne - Août 2001 - Juillet 2002

Figure 4.1



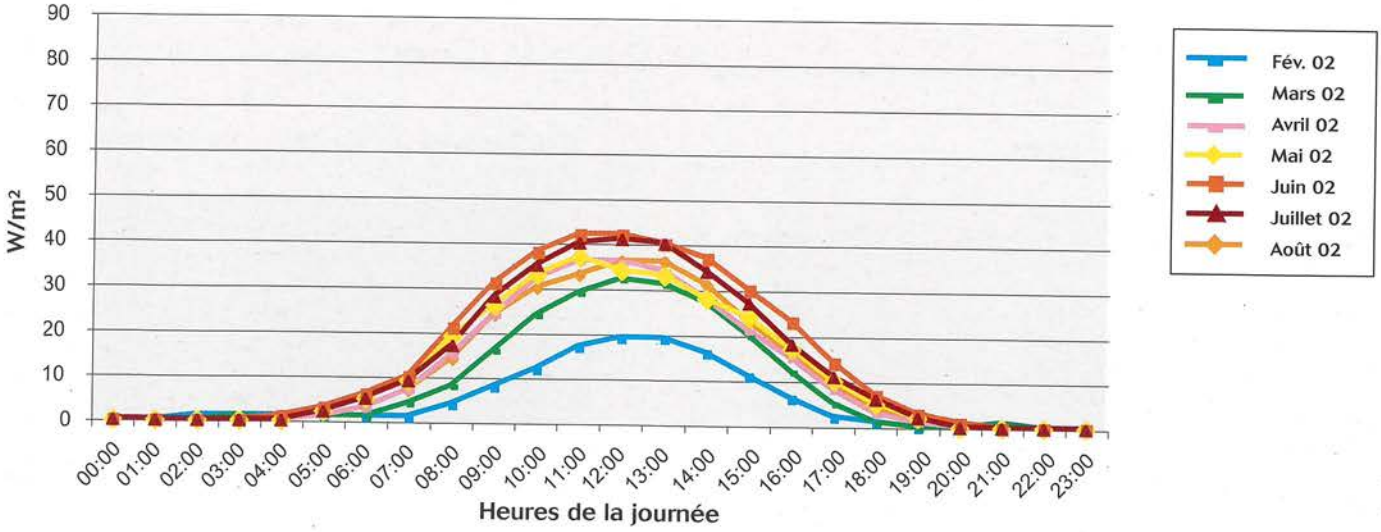
UVA Martigny - Journée moyenne - Avril 2001 - Mars 2002

Figure 4.2



UVA Chamonix - Journée moyenne - Février 2002 - Août 2002

Figure 4.3



L'UVA est un indicateur du rayonnement UV en général.

Pour évaluer l'impact sur l'homme, on considère le spectre entier UVB et UVA en pondération érythémale.

A partir de ces données, on a estimé la valeur de l'index UV pendant les trois heures les plus ensoleillées de la journée (entre 11 heures et 14 heures), tout au long de l'année, semaine par semaine.

L'index UV est calculé en exprimant le rayonnement UV en pondération érythémale, en unité d'index UV (25 mW/m²).
L'index UV est un standard pour l'information au public sur les possibles effets dangereux de l'exposition au soleil.
L'échelle de variation de l'index UV varie entre les valeurs suivantes : 1 - 3, bas ; 4 - 6, médium ; 7 - 9, élevé ; ≥ 10, extrême.

La durée maximale d'exposition aux différentes valeurs d'index UV, sans protection, varie selon le type de peau.

Dans la figure 4.4 sont indiquées les valeurs estimées pour l'index UV pendant les heures les plus ensoleillées de la journée dans les trois sites de mesure.

On note la différence entre les trois sites et surtout les valeurs assez élevées relevées à Martigny par rapport à La Thuile.

Ce fait aussi requiert une validation à travers une intercomparaison des capteurs par confrontation avec les mesures spectroradiométriques.

La tendance, toujours plus signalée pendant les dernières années, de l'extension de la zone d'affaiblissement de la couche d'ozone stratosphérique aux moyennes latitudes, estimée de l'ordre de 5 % par décennie, rend important un programme de monitorage de détail de la composition spectrale du rayonnement solaire au sol. Pour cette raison le programme Air Espace Mont-Blanc a compris la nécessité de l'acquisition d'un spectroradiomètre UV solaire spécialisé, à double monochromateur.

Il sera installé en altitude et permettra de suivre l'évolution des conditions du rayonnement solaire.

Le système a été acquis au cours de l'été 2001 et toutes les opérations de mise au point et de calibration ont déjà été effectuées.

La figure 4.5 montre un exemple de spectre solaire obtenu par cet appareil, pendant des essais effectués à l'altitude de 2 400 m en Vallée d'Aoste.

Ce spectre s'étend dans le spectre visible jusqu'à 600 nm, avec une résolution de 1 nm. La seule zone UVA-UVB est représentée en figure 4.6.

Outre l'acquisition d'une série historique des données spectroradiométriques solaires UV, les applications prévues pour ce type de monitorage sont :

- l'évaluation de l'ozone colonnaire, quantité totale d'ozone présente au-dessus du site de mesure jusqu'au sommet de l'atmosphère ;
- la validation de modèles de transfert radiatif de la radiation solaire dans les basses couches de l'atmosphère ;
- l'utilisation comme appareil de référence pour l'intercomparaison entre les capteurs en bande UVA et en pondération érythémale.

Estimation de l'index U.V. dans les heures centrales de la journée (11.00 h - 14.00 h)

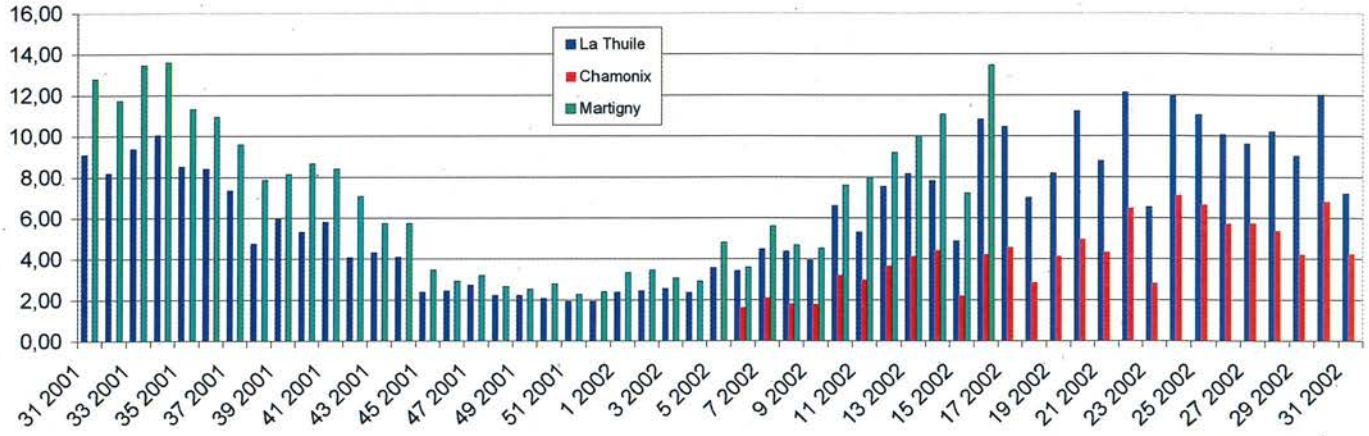
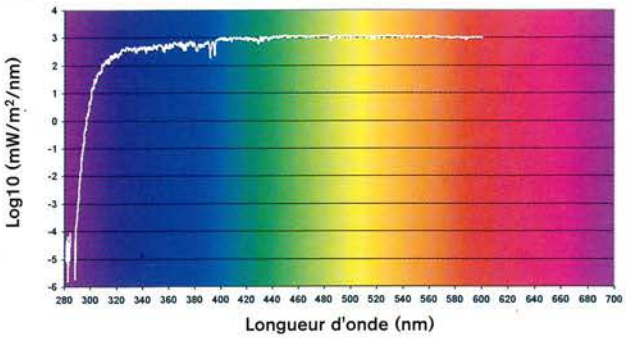


Figure 4.4 **Semaines à partir de la première semaine du mois d'août 2001 (31 2001) jusqu'à la première du mois d'août 2002 (31 2002).**

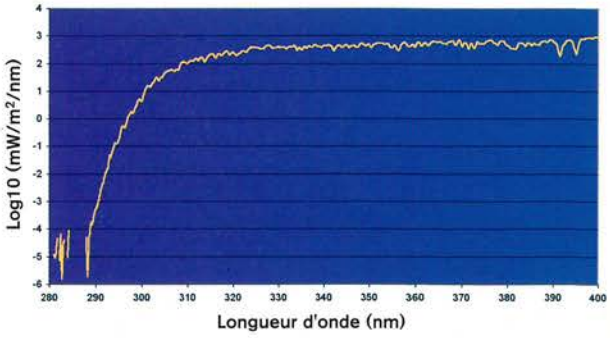
Irradiance spectrale solaire

Figure 4.5



Irradiance spectrale solaire (zone UVA-UVB)

Figure 4.6



5. Les scénarios

5.1 SCÉNARIOS DES ÉMISSIONS
LE CAS DU TRAFIC AU TUNNEL DU MONT BLANC À SA RÉOUVERTURE P.118-119

5.2 SCÉNARIOS DE L'ÉTAT DE LA QUALITÉ DE L'AIR
CONCENTRATIONS D'OXYDES D'AZOTE DANS LA VALDIGNE EN VALLÉE D'AOSTE P.120-121

5.3 ÉVALUATION DES RÉSULTATS DES ACTIONS DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS : LE CAS DE SO_2 EN SUISSE P.122-123

L'outil et le dispositif mis au point durant ce programme Air Espace Mont-Blanc ne sont pas figés : les mesures, réalisées dans un contexte particulier – celui de la fermeture du tunnel du Mont-Blanc –, pourront être reproduites à l'identique dans une nouvelle configuration de circulation.

Mais ce qui est plus intéressant, c'est la capacité d'anticipation ou de scénarisation offerte par la modélisation des émissions et de la qualité de l'air. En effet, la démarche utilisée dans ce cadre est totalement interactive et la plus grande liberté dans la paramétrisation des données d'entrée a été dégagée. Ainsi, deux situations du passé peuvent être reconstituées et comparées : c'est ce qui a été vu dans le chapitre 3.4 en Vallée d'Aoste. Mais, et c'est encore plus intéressant, la possibilité d'anticiper est totalement envisageable. De cette façon, en termes de système d'indicateurs DPSIR, il est possible d'obtenir des estimations prévisionnelles des pressions et, par conséquent, des états et impacts sur l'environnement. Elles constitueront des éléments d'information et seront des supports pour les choix de gestion du territoire qui devront prendre en compte la sauvegarde et, là où ce sera nécessaire, l'assainissement de notre milieu.

5.1 SCÉNARIOS DES ÉMISSIONS
LE CAS DU TRAFIC AU TUNNEL DU MONT BLANC À SA RÉOUVERTURE

Au printemps 2002, le tunnel du Mont-Blanc a été réouvert d'abord aux véhicules légers, puis, au mois de juillet, aux camions poids lourds. Le trafic de ces derniers dans cet ouvrage doit répondre à une réglementation commune aux ministères italien et français des Transports qui ont fixé leur nombre au maximum à 65 % - (fig.5.1a) environ 2800 poids lourds par jour - et au minimum à 35 % - (fig.5.1b) environ 1500 poids lourds par jour - du trafic total des poids lourds circulant dans le tunnel du Fréjus dans l'année 2000, en période de fermeture du tunnel du Mont-Blanc.

Sur cette base réglementaire , l'ARPA-VDA et l'AIR-APS ont pu établir, en simulant ces deux situations, le bilan des émissions polluantes sur les voies d'accès en Valdigne et en vallée de Chamonix.

Les quantités totales des émissions polluantes, distinguées par typologie de véhicule, sont représentées dans les figures 5.1a et 5.1b.

Emissions journalières sur l'axe France-Italie en Valdigne et vallée de Chamonix dans les deux situations de trafic envisageables.

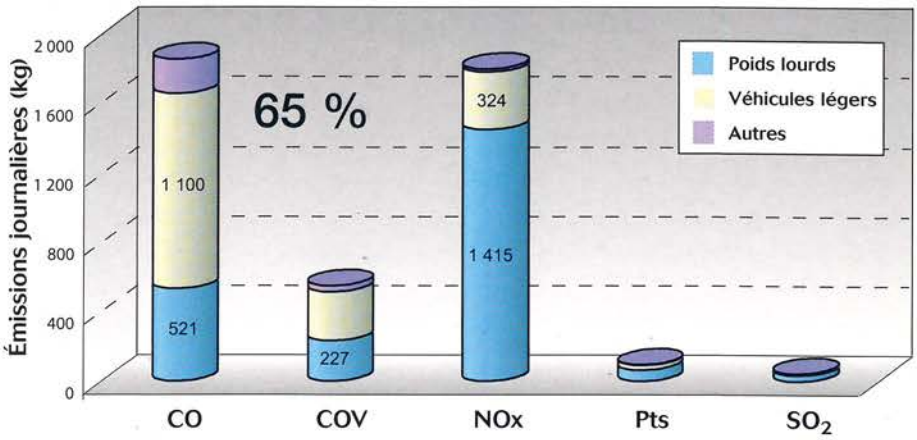


Figure 5.1a

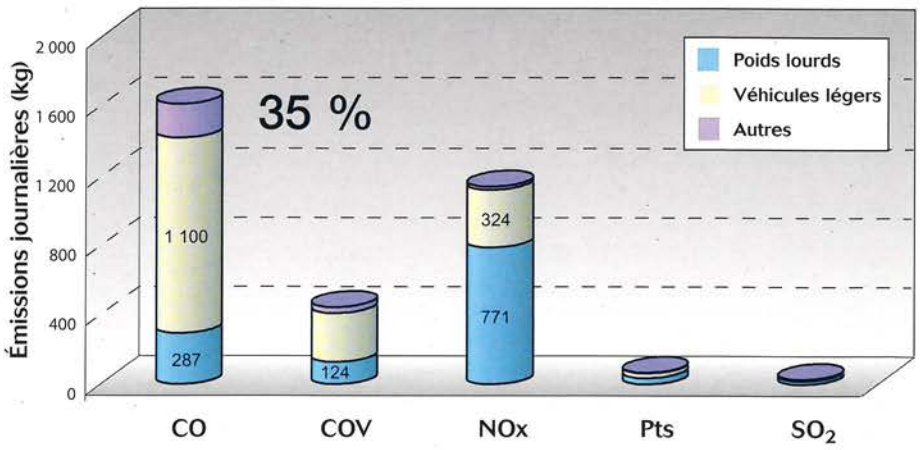


Figure 5.1b

La distinction entre les 2 situations est évidemment très nette, compte-tenu de la différence des flux induits par ce règlement de circulation. Si les émissions des voitures demeurent inchangées, c'est parce que cette catégorie de véhicule n'est pas concernée par ce contingentement. En revanche, pour les camions, c'est une division par deux des rejets qui est à attendre entre les deux situations.

Mais c'est la confrontation aux situations réelles enregistrées en 1998 (figure 5.2a) et 2000 (figure 5.2b) qui permet de mieux considérer les effets de cette application.

Compte-tenu de l'augmentation du trafic, et malgré l'évolution technologique favorable des véhicules qui, d'année en année, sont moins polluants, la situation selon laquelle le tunnel du Mont-Blanc absorberait 65 % du trafic France-Italie serait de nature à provoquer des rejets de polluants sensiblement équivalents à ceux de l'année 1998 (environ 2200 poids lourds par jour). Outre le CO, c'est surtout les émissions d'oxydes d'azote qui seraient importantes : plus d'1,7 tonne serait rejetée chaque jour, dont plus des 3/4 seraient imputables aux seuls camions poids lourds. Dans cette situation, on se retrouverait très loin du bilan des rejets lors de la fermeture du tunnel (année 2000), avec moins de 270 kilogrammes sur le même trajet.

Emissions journalières sur l'axe France-Italie en Valdigne et vallée de Chamonix.

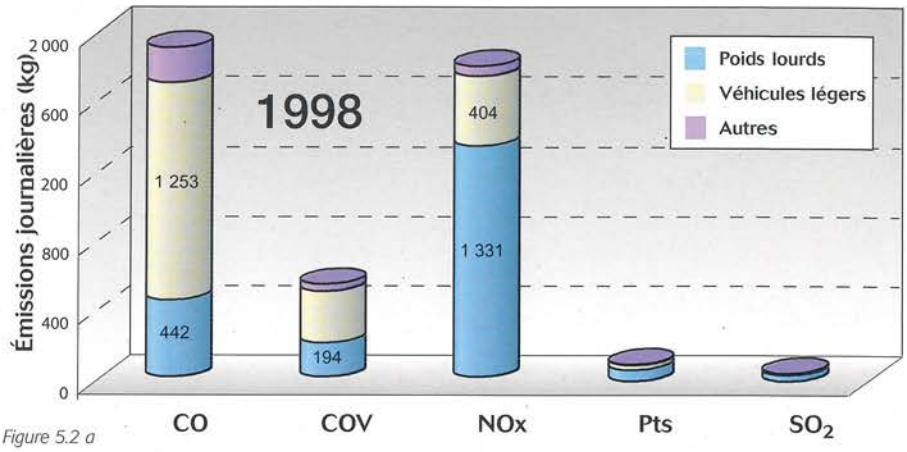


Figure 5.2 a

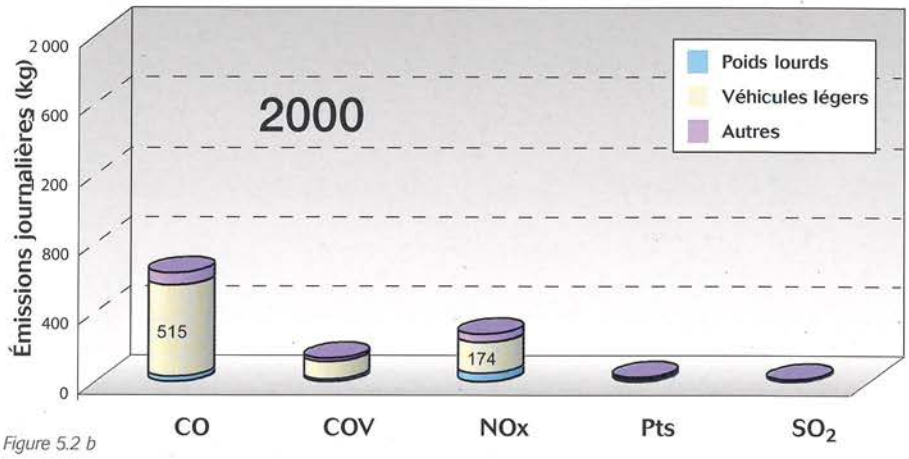


Figure 5.2 b

5.2 SCÉNARIOS DE L'ÉTAT DE LA QUALITÉ DE L'AIR
CONCENTRATIONS D'OXYDES D'AZOTE DANS LA VALDIGNE EN VALLÉE D'AOSTE

NOx - Scénario 35% des PL au tunnel du Fréjus en 2000

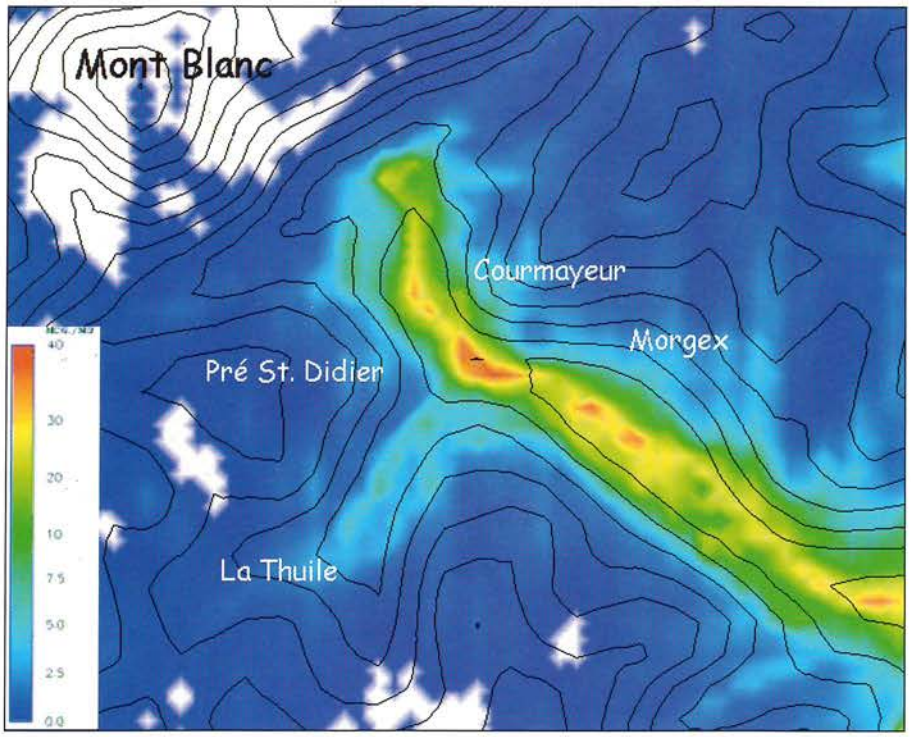


Figure 5.3a

En utilisant l'inventaire des émissions et les statistiques météorologiques comme base de données pour l'application du modèle de dispersion des polluants dans l'air, ont été simulées les concentrations des NOx sur la partie valdôtaine de la zone d'étude, en suivant les deux hypothèses de trafic (35 % et 65 % des poids lourds passés dans le tunnel du Fréjus en 2000).

Les résultats, en termes de moyennes annuelles de la concentration de NOx, sont représentés dans les cartographies en figure 5.3a et b.

NOx - Scénario 65% des PL au tunnel du Fréjus en 2000

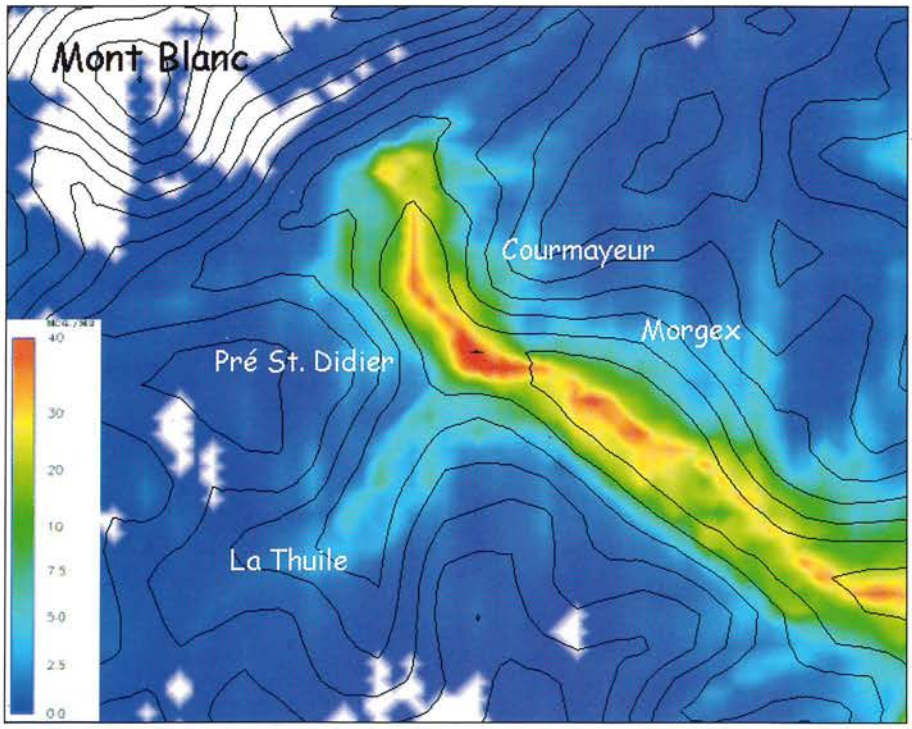


Figure 5.3b

Variation en pourcentage des concentrations de NOx dans le scénario 35% des PL par rapport aux concentrations année 2000

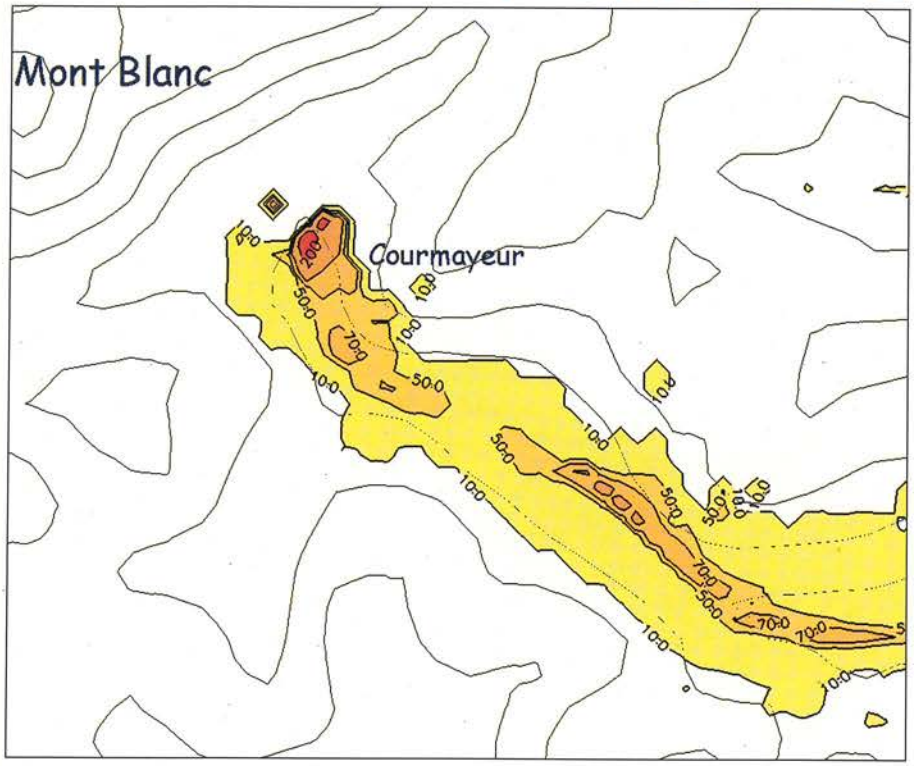


Figure 5.4a

Pour mieux apprécier les variations entre les différents scénarios, les variations en pourcentage des concentrations de NOx on été calculées entre les deux hypothèses et l'année 2000, en condition d'absence de trafic international.

Les résultats sont illustrés dans les figures 5.4a et 5.4b.

L'augmentation de la concentration de NOx apparaît importante, pas vraiment dans l'augmentation de la surface concernée du territoire, mais plutôt dans les niveaux atteints dans les zones qui longent les axes routiers : ils s'agit du couloir du fond de la vallée de la Doire, où vit la majeure partie de la population.

Variation en pourcentage des concentrations de NOx dans le scénario 65% des PL par rapport aux concentrations année 2000

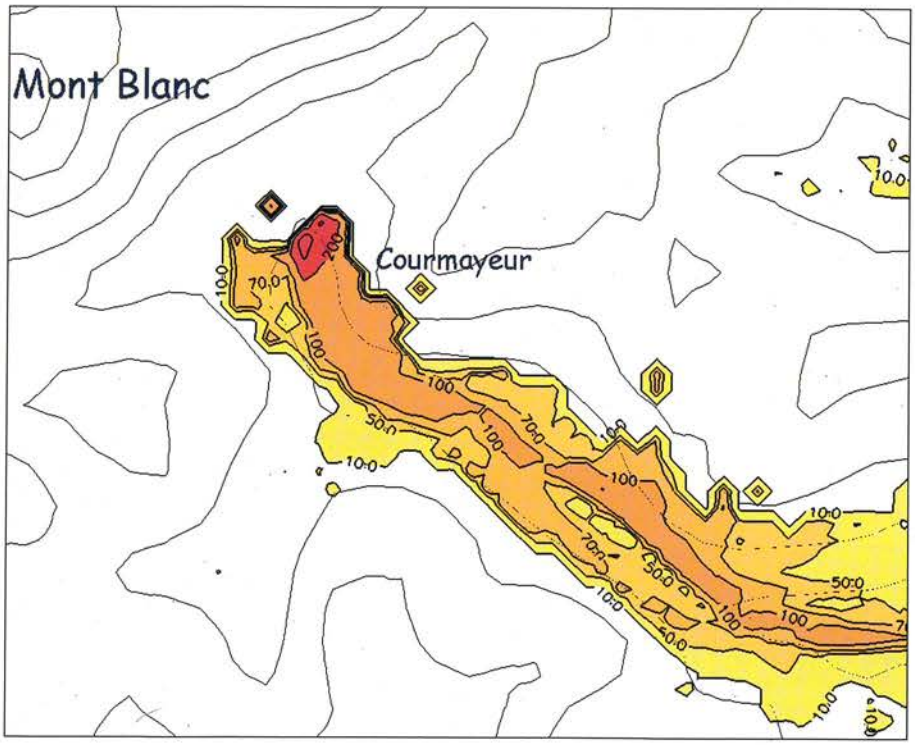


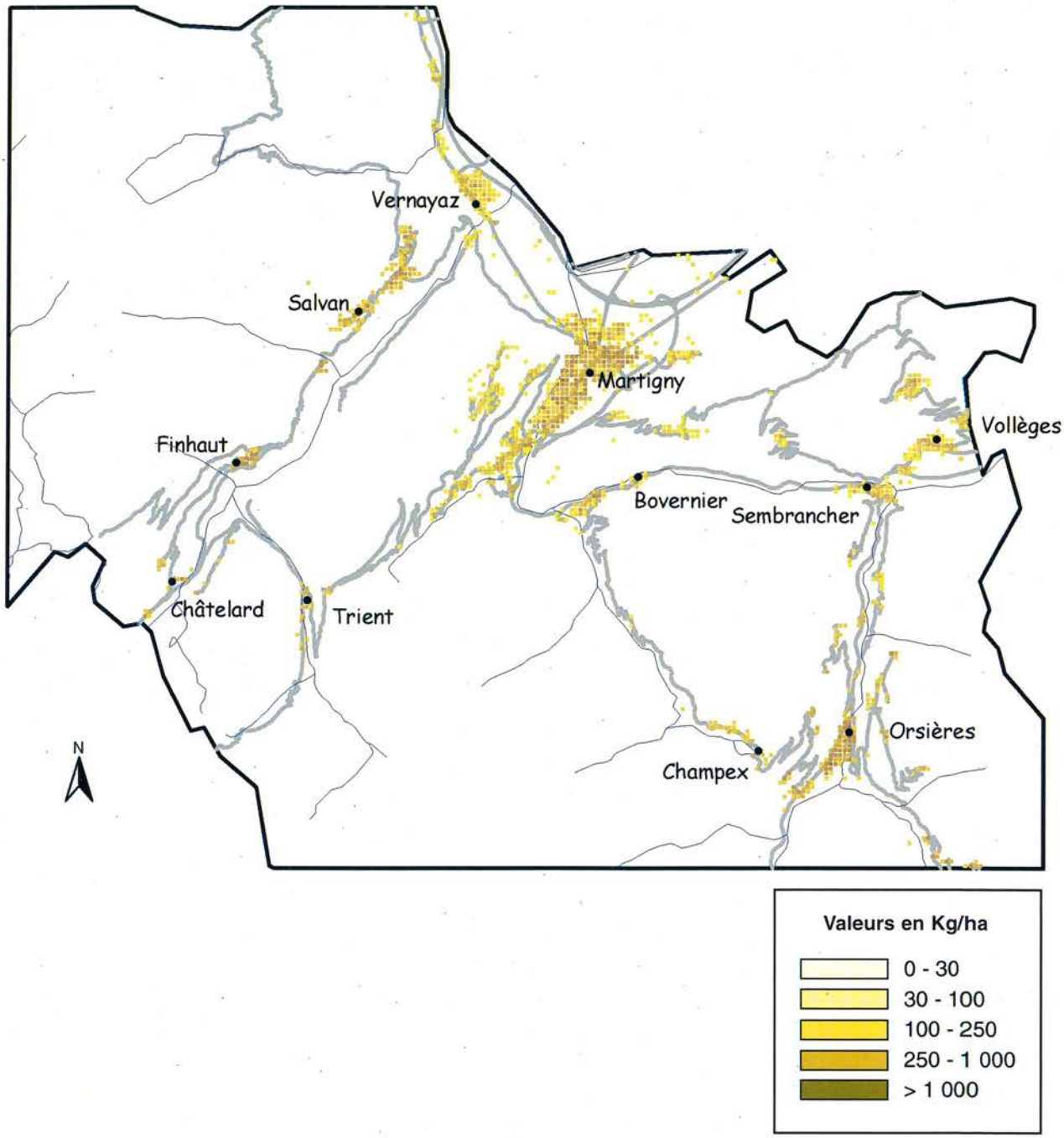
Figure 5.4b

Ces cartes constituent une véritable base de données informatisée sur tout le territoire. Elles permettront, par l'intégration avec d'autres couches de données relatives à la population et à l'affectation du sol, d'obtenir des informations concernant les impacts produits par les polluants sur la population ainsi que sur l'environnement, en termes de nombre d'habitants (ou hectares de forêt) exposés aux différents niveaux de pollution.

5.3 EVALUATION DES RÉSULTATS DES ACTIONS DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS : LE CAS DU SO_2 EN SUISSE

Émissions de SO_2 en Suisse - Année 1990

Figure 5.5a



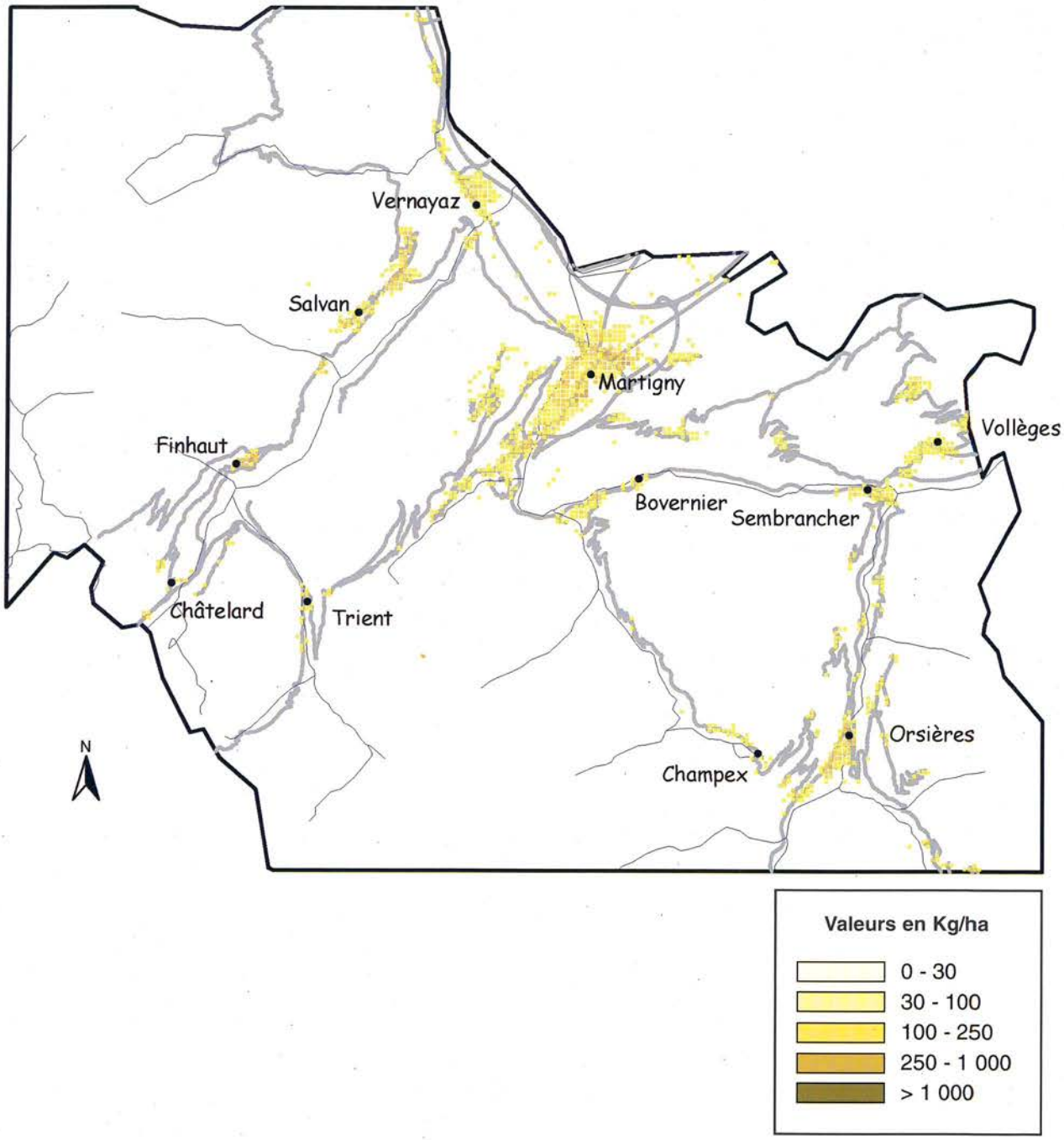
En Suisse, à la fin des années 80, une stratégie pour la réduction des niveaux de pollution dans l'environnement a été entreprise. Ces mesures ont pris en compte, entre autres, le dioxyde de soufre produit, pour la majeure partie, par les installations de chauffage domestique et industriel.

Les actions de réduction des émissions concernaient essentiellement la baisse du taux de soufre dans les combustibles, la possibilité de chauffage au gaz et l'introduction de chauffage par centrales de chauffe au gaz.

Les outils de simulation des concentrations moyennes sur le territoire, à commencer par la caractérisation des sources d'émission, permit d'évaluer a posteriori l'efficacité de ces mesures.

Émissions de SO_2 en Suisse - Année 2000

Figure 5.5b



Dans les figures 5.5a et 5.5b sont représentées les concentrations moyennes annuelles de SO_2 évaluées sur le territoire du canton du Valais compris dans la zone d'étude.
La diminution des niveaux de SO_2 dans l'environnement est évidente. Cette vérification est utile pour quantifier les avantages des choix techniques et administratifs. Elle peut aussi orienter les mesures sur d'autres domaines avec des situations comparables en termes de sources d'émission et de conditions météoclimatiques qui déterminent les dynamiques de dispersion des polluants dans l'atmosphère.

6. Conclusions et perspectives

6. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Le projet Air Espace Mont-Blanc a permis d'obtenir, à travers le développement des différents sujets, des résultats à deux niveaux :

- une meilleure connaissance des conditions de la qualité de l'air et des pressions sur l'environnement engendrées par les sources d'émission,
- la création d'outils prévisionnels pour la simulation de scénarios de distribution des polluants dans l'atmosphère découlant de différentes hypothèses.

L'avancement de la connaissance des conditions de la qualité de l'air a concerné, par rapport aux expériences précédentes, autant la typologie des polluants considérés – qui a pris en compte tout particulièrement les poussières fines et les micropolluants qui les constituent –, que la distribution spatiale des polluants eux-mêmes.

D'une part, la morphologie complexe du terrain induit une localisation des sources d'émissions concentrées sur des espaces réduits. Par conséquent, on observe des situations d'impacts locaux qui, près des sources d'émission majeures (axes routiers principaux, agglomérations urbaines), peuvent poser des problèmes par rapport au respect des normes et qui, en général, influencent les zones proches des sources .

D'autre part, cette même morphologie complexe du terrain prédispose à une extension territoriale des impacts. On peut constater ce fait dans une dimension dite "de vallée", dans l'effet de confinement de l'ensemble des émissions produites le long du sillon de la vallée, dans les basses couches de l'atmosphère lors de conditions météorologiques particulières.

La sensibilité du territoire à grande échelle, dans une région alpine comme la zone d'étude EMB, est évidente par rapport aux dynamiques de production et de transport de l'ozone, qui atteint des niveaux élevés, souvent supérieurs aux normes, d'une manière étendue à tout le territoire.

Le rayonnement UV aussi atteint des niveaux très élevés et son évolution en relation avec la question de l'ozone troposphérique devra faire l'objet d'un suivi très attentif.

Cette synthèse concernant l'acquisition de connaissances obtenues par cette étude, permet aussi de tracer des directives pour un prochain suivi des activités en collaboration transfrontalière.

Le fil rouge a été et reste la sensibilité de l'arc alpin dans son ensemble.

En premier lieu, une connaissance plus ponctuelle de la météorologie locale des vallées alpines devient nécessaire, surtout par rapport aux dynamiques des brises et aux situations des inversions thermiques.

En deuxième lieu, il faut mieux connaître l'origine et le comportement de l'ozone, à cause des niveaux élevés que ce polluant atteint dans toute la chaîne alpine, pour envisager des stratégies de maîtrise.

L'échelle des dynamiques peut s'étendre jusqu'à considérer les effets sur le territoire du Mont-Blanc en relation avec les conditions climatiques générales et les perturbations engendrées par les modifications anthropiques de l'atmosphère.

Voilà donc l'intérêt des activités de monitorage des conditions d'enneigement, des variations de végétation, du bilan de masse des glaciers. Un territoire sensible est aussi un observatoire sensible, donc privilégié, des dynamiques présentes.

Une attention particulière devra être accordée à la mise en œuvre de moyens de diffusion de l'information au grand public. Ils devront répondre aux exigences d'une couverture territoriale, d'une mise à jour en continu et d'une compréhensibilité simple.

En ce qui concerne le deuxième aspect développé dans le projet Air EMB, c'est-à-dire la mise en œuvre d'outils de prévision, les résultats obtenus sont très importants.

En effet, on a acquis une maîtrise des instruments prévisionnels qui ouvre de nouvelles perspectives. Cette potentialité a déjà été utilisée pour faire face aux problèmes de réglementation du trafic de poids lourds dans le tunnel du Mont-Blanc, à sa réouverture après l'accident du 24 mars 1999.

Par ailleurs, il a été possible de faire des évaluations en prenant en compte d'une façon concrète et quantifiable l'impact sur la qualité de l'air dans le processus de formation des choix de gestion du territoire.

Ces résultats indiquent les perspectives pour le suivi des activités :

- **mettre en place des procédures pour la mise à jour des bases de données du cadastre des émissions ;**
- **améliorer la connaissance des sources d'émissions ;**
- **affiner les applications des facteurs d'émissions aux situations locales les plus répandues et typiques ;**
- **perfectionner le modèle de dispersion des polluants atmosphériques à l'échelle des dynamiques locales et considérer dans leur totalité les conditions territoriales environnantes et les dynamiques à moyenne et à grande échelle ;**
- **fournir des indications prévisionnelles qui seront de plus en plus déterminantes dans la définition des choix politiques de l'environnement.**

Tout ceci dans l'un des contextes les plus beaux et les plus riches en valeurs naturelles du continent européen tout entier.

Bibliographie

Chapitre 1

■ **BORGHI S., GIULIACCI M. (1980)** : Circulation features driven by diurnal heating in the lower atmospheric layers of the Po Valley, Il Nuovo Cimento vol. 3C, n. 1.

■ **CERUTTI A.V.**, Le pays de la Doire et son peuple – Musumeci ed., Aosta 1995.

■ **CONFÉRENCE TRANSFRONTALIÈRE ESPACE MONT-BLANC** – Espace Mont Blanc, Les Transports Rapport Final, 1996.

■ **JANIN B.**, Une région alpine originale : le Val d'Aoste. Tradition et renouveau – Musumeci ed., Aosta 1976.

■ **SEIBERT P. et al.**, 2000, South fœhn and ozone in the Eastern Alps - Case study an climatological aspects, Atmospheric Environnement.

■ **TRANSVERSAL TRANSITEC ECOSCAN STUDIO TECNICO DANNAZ**, 1996, Espace Mont-Blanc : les transports, Espace Mont-Blanc.

Chapitre 2

■ **ARIA (1999)** Guide utilisateur pour la réalisation d'un inventaire d'émissions à partir des modules de "Emission Manager". Rapport ARIA/99.043, ARIA Technologies, Paris, Juin 1999.

■ **EMEP/CORINAIR (2001)**. Atmospheric Emission Inventory Guidebook 3rd Edition. http://reports.eea.eu.int/technical_report_2001_3/en.

■ **GUENTHER A.B., MONSON R.K. and FALL R. (1991)** Isoprene and monoterpene rate variability : observations with Eucalyptus and emission rate algorithm development. J. Geophys. Res., 96, No. D6, 10799-10808.

■ **GUENTHER A.B., ZIMMERMAN P.R., HARLEY P.C., MONSON R.K. and FALL R. (1993)** Isoprene and monoterpene rate variability: model evaluations and sensitivity analyses. J. Geophys. Res., 98, No. D7, 12609-12617.

■ **IIASA (2001)** : "RAINS-Europe Homepage". http://www.iiasa.ac.at/~rains/ home.html

■ **OFEPF**, 1987, Cahier de l'environnement de l'office fédéral de l'environnement de la forêt et du paysage. Emissions polluantes dues à l'activité humaine en Suisse de 1950 à 2010.

■ **OFEFP**, 1995, Cahier de l'environnement de l'office fédéral de l'environnement de la forêt et du paysage. Emissions polluantes du trafic routier de 1950 à 2010.

■ **OFEPF**, 1995, Cahier de l'environnement de l'office fédéral de l'environnement de la forêt et du paysage. Emissions polluantes dues à l'activité humaine en Suisse de 1900 à 2010.

■ **OFEFP**, 1996, Emissions polluantes dues aux sources naturelles en Suisse.

■ **SKAKALA J., SVETLIK J., LINEK M., PULLES T. (2001)** CORINAIR database – Guidelines how to transfer emission data from the national inventory system into CORINAIR database. EEA - ETCAE.

■ **SVETLIK J., LINEK M., SKAKALA J., PULLES T., MARENKOVA K. (2001)** CollectER – Version 1.0 : installation and user guide. EEA - ETCAE.

■ **VAN ZUYLEN H.J., WILLUMSEN L.G. (1980)** The most likely trip matrix estimated from traffic counts. Transportation Research B, vol 14B, pp.281-293.

■ **WILLUMSEN L.G. (1978)** Estimation of an O/D matrix from traffic counts. A review. Institute of transport studies, University of Leeds, England, working paper #99.

■ **YANG H., SASAKI T., IIDA Y., ASAKURA Y. (1992)** Estimation of Origin-Destination matrices from traffic counts on congested networks. Transportation Research B, vol 26B, pp.417-434.

Chapitre 3

■ **A2S. RESIVAL. ARPA-VA.**, 1998, Premier rapport sur la qualité de l'air dans le territoire du Mont-Blanc, Espace Mont-Blanc.

■ **AGNESOD G., DE MARIA R., FONTANA M., ZUBLENA M.** – Determination of PAH in airborne particulate : comparison between off-line sampling techniques and an automatic analyzer based on a photoelectric aerosol sensor. The Science of Total Environment 189/190, 1996, 443-449.

■ **ANQUETIN S. GUILBAUD C. CHOLLET JP.**, 1999, Thermal valley inversion impact on the dispersion of a passive pollutant in a complex mountainous area, Atmospheric Environnement.

■ **ASCOPARG**, 1996, Etude d'investigation de la qualité de l'air sur le département de la Haute-Savoie - Rapport de synthèse.

■ **BAEK S.O., GOLDSONE M.E., KIRK P.W., LESTER J.N. PERRY R.** - Phase distribution and particle size dependency of polycyclic aromatic hydrocarbons in the urban atmosphere. Chemosphere, vol.22, Nos 5-6, pp. 503-520, 1991.

■ **BAERISWYL P-A**, 1991, Ventilation et immissions de O_3 et NO_2 par situation anticyclonique dans une grande vallée alpine : la vallée du Rhône en Valais, Institut Géographie Fribourg.

■ **BAERISWYL P-A.**, 1994, Aspect de la ventilation et de la qualité de l'air d'une grande vallée alpine : la vallée du Rhône en Valais, Institut Géographie Fribourg.

■ **BAERISWYL P-A et al.**, 1995, Etude et modélisation des échanges d'air et de polluants atmosphériques sur la transversale alpine de la vallée du Rhône ETAPE , Institut Géographie Fribourg.

■ **BAERISWYL P-A.**, 1997, L'influence de différents régimes de vent sur la qualité de l'air en milieu alpin, La Météorologie.

■ **BATIFOL F. BOUTRON C.**, 1984, Atmospheric heavy metals in high altitude surface snows from Mont-Blanc, Atmospheric Environnement.

■ **BELANDRIA G. ASTA J. GARREC JP.**, 1991, Diminutions of fluorine contents in lichens due to a regression of pollution in an alpine valley (Maurienne Savoie France), Revue d'écologie Alpine.

■ **BUWAL**, 1999, Modellierung der PM10-Belastung in der Schweiz.

■ **CARTER W.P. (1990)** A detailed mechanism for the gas-phase atmospheric reactions of organic compounds. Atmospheric Environment, 24A, 481-518.

■ **CERCL'AIR**, 1991, Application de modèles de transport dans les études d'environnement.

■ **CORRADETTI E., ABBONDANZA C., CELLINI L., MIRTI M., ARCANGELI G., MARINELLI G., MAZZANTI L., POLI G.** - Determinazione per via gascromatografica degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) nelle matrici alimentari e ambientali. Boll.Chim.Igien.,vol. 45, pp 605-621.

■ **De BUMAN A-M.**, 1994, Régime de vents et qualité de l'air en Valais Classification des conditions de ventilation du bassin rhodanien valaisan, Institut Géographie Fribourg.

■ **De BUMAN A-M.**, 1995, L'effet des vents de pente sur la qualité de l'air de la vallée du Rhône en Valais (CH) durant l'hiver, Publications de l'Association Internationale de Climatologie.

■ **ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE DE LAUSANNE**, 1997, Campagne d'environnement octobre 1996 : le Chablais, bilan environnemental régional, EPFL.

■ **ENEL – Centro di Ricerca Ambiente e Materiali, Milano** "Indagini sull'accumulo di elementi in traccia nelle cerchie legnose di alberi della Valle d'Aosta - Relazione conclusiva" Ottobre 1996.

■ **ETCHELECOU A. et al.**, 2001, Programme Ecosystèmes Transports Pollutions 1998-2001, Laboratoire SET Université de Pau et des Pays de l'Adour.

■ **FINARDI S., TINARELLI G., NANNI A., BRUSASCA G. and CARBONI G. (1999)** : Evaluation of a 3D Flow and Pollutant Dispersion Modelling System to Estimate Climatological Ground Level Concentrations in Complex Coastal Sites, presented to the 6th International Conference on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Rouen, France, October 11-14, 1999.

■ **FREYER H.D. et al.**, 1996, First results of 15N/14N ratios in nitrate from alpine and polar ice cores, Tellus.

■ **FUHRER J. ACHERMAN B.**, 1993, Critical level for ozone : a un-ece workshop report, FAC Liebefeld.

■ **GEHRIG R. HOFER P.**, 1999, Comparaison des mesures des fractions de la matière particulaire en suspension (PM10 et PM2,5) dans le réseau NABEL en 1997, OFEFP.

■ **GUIDETTI L., STEFANETTI M.** - Biomonitoraggio della deposizione atmosferica di elementi in tracce tramite il lichene Parmelia caperata nell'area circostante il Lago d'Orta. In : AcquaAria, maggio 1996, pp 489-497.

■ **HELDSTAB J. DE HAAN P.**, 1984, PM 10-Modell Schweiz : sensitivitätsanalysen, resultate und erläuterungen, INFRAS Meteotest.

■ **HELDSTAB J. RAFFAEL P.**, 1999, "Mesures comparatives de PM 10" "documentation sur les mesures comparatives actuelles effectuées en Suisse", OFEFP.

■ **HERZIG R.** - Multi-residue analysis with passive monitoring: a new approach for volatile multi-element contents, heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons with lichens in Switzerland and the Principality of Liechtenstein. Lichens as bioindicators. Integrated biological system for monitoring air pollution in Central Switzerland , 1991.

■ **IGUF**, 1984, La ventilation et la qualité de l'air en milieu alpin (les premiers résultats), Institut Géographie Fribourg.

■ **IGUF**, 1991, Etude et modélisation des échanges d'air et de polluants atmosphériques sur la transversale alpine de la vallée du Rhône, Institut Géographie Fribourg.

■ **IGUF**, 1992, Rapport final de la première phase de l'étude météorologique et de qualité de l'air dans le Bas Valais, Institut Géographie Fribourg.

■ **INFRAS**, 1999, PM 10 - Vergleischsmessungen.

■ **KOCSIS O. MALY P.**, 1984, Depositionsdatensätze in der Schweiz, ÖKOSCIENCE.

■ **L'AIR DES 2 SAVOIE**, 1998, Evaluation du risque de dépassement des valeurs réglementaires dans le fond de la vallée de Chamonix - Premières conclusions.

■ **LAW J. R., BISCAYA J.L.** - Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH)-Problems and Progress in sampling, analysis and interpretation. Marine Pollution Bulletin, vol. 29, Nos 4-5, pp 235-241, 1994.

■ **LEHMANN P.**, 1989, Analyses météo-pollution pour le PNR-14 (Cycle et pollution de l'air en Suisse) Rapport final, Société d'étude de l'environnement Vevey.

■ **LOPPI S. et al.**, 1995, Lichen biomonitoring of heavy in Montecatini Terme (Central Northn Italy).

■ **MARCOUX N. et al.**, 1996, Dioxyde d'azote et ozone dans la vallée de Chamonix durant l'été 1995, Université de Aix-Marseille.

■ **MARCOUX N.**, 2000, Les effets du climat et de la pollution automobile sur la croissance des conifères de la vallée de Chamonix, Université de Aix-Marseille.

■ **MAUPETIT F. DELMAS R.**, 1994, Snow chemistry of high altitude glaciers en the French Alps, Tellus.

■ **MAUPETIT F. et al.**, 1995, Seasonal fluxes of major ions to a high altitude cold alpine glacier, Atmospheric Environnement.

■ **MAYSTRE L-Y. et al.**, 1989, Influence du milieu naturel et des facteurs anthropiques sur un système forestier : application à la pinède du Bois Noir (Valais), EPFL.

■ **MOREL S. VILLARD H.**, 1993, Pollution automobile et forêt dans la vallée de Chamonix, Institut Géographie Alpine.

■ **MOUTARD K.**, 1998, Etude de la répartition altitudinale des dépôts de métaux lourds sur le manteau neigeux alpin : application aux vallées de la Maurienne et de Chamonix, Université de Grenoble.

■ **OFEFP**, 1984, Cahier de l'environnement de l'office fédéral de l'environnement de la forêt et du paysage. Modélisation de la charge en PM10 sur le territoire Suisse.

■ **OFEFP**, 1987, Stichprobenverfharen für immissionsmessungen.

■ **OFEFP**, 1987, Stichprobenverfahren für immissionsmessungen verwendung von daten einer kontinuierlich messenden refenzstation.

■ **OFEFP**, 1989, Cahier de l'environnement de l'office fédéral de l'environnement des forêts et du paysage. L'ozone en Suisse.

■ **OFEFP**, 1990, Cahier de l'environnement de l'office fédéral de l'environnement des forêts et du paysage. Analyse de la pollution de l'air des hydrocarbures semi-volatils dans la région de Bâle.

■ **OFEFP**, 1992, Cahier de l'environnement de l'office fédéral de l'environnement des forêts et du paysage. La signification des valeurs limites d'immissions de l'ordonnance sur la protection de l'air.

■ **OFEFP**, 1994, Cahier de l'environnement de l'office fédéral de l'environnement des forêts et du paysage. Risques cancérigènes des gaz d'échappement des moteurs diesel et essence.

■ **OFEFP**, 1994, VOC-und PAH- Immissionsmessungen in der Schweiz (1991 / 1992).

■ **OFEFP**, 1996, Trendanalyse schweizerischer luftschadstoff-immissionstaden, OFEFP.

■ **OFEFP**, 1996, Cahier de l'environnement de l'office fédéral de l'environnement des forêts et du paysage. Air : l'ozone troposphérique. Résultats des recherches actuelles.

■ **OFEFP**, 1996, Cahier de l'environnement de l'office fédéral de l'environnement de la forêt et du paysage. Particules en suspension. Mesures et évaluation des effets sur la santé.

■ **OFEFP**, 1996, "POLLUMET" : Luftverschmutzung und meteorologie in der Schweiz.

■ **OFEFP**, 1997, Stickstoffhaltige Gas- und aerosolkomponenten in Payerne 1995.

■ **OFEFP**, 1997, Instructions pour la planification et la construction de routes dans des régions où la pollution de l'air est excessive.

■ **OFEFP**, 1997, Cahier de l'environnement de l'office fédéral de l'environnement des forêts et du paysage. AIR : Immissions de NO_2 de 1990 à 2010.

■ **OFEFP**, 1998, VOC-Immissions-messungen in der Schweiz 1991 und 1996.

■ **PIERVITTORI R., 1998.** - Licheni : conoscerli & utilizzarli – Minerva Ed. Aosta.

■ **SIGG A. ALBRECHT N.**, 1993, Vorkommen und vertikale verteilung von perodixiden in der Schweiz, FAC Liebefeld.

■ **SWAN M.**, 1988, Pollution de l'air : conditions de ventilation et cas de modélisation en valais, EPFL.

■ **THOMSON D.J. (1984)** : Random walk modelling of diffusion in inhomogeneous turbulence, Q. J. R. Meteorol. Soc. 110, 1107-1120.

■ **THOMSON D.J. (1987)** : Criteria for the selection of stochastic models of particle trajectories in turbulent flows. J. Fluid Mech., 180, 529-556.

■ **TINARELLI G., ANFOSSI D., BRUSASCA G., FERRERO E., GIOSTRA U., MORSELLI M.G., MOUSSAFIR J., TAMPIERI F., TROMBETTI F.** : Lagrangian particle simulation of tracer dispersion in the lee of a schematic two-dimensional hill, Journal of Applied Meteorology, Vol. 33, N. 6, 744-756.

■ **VAN de VELDE K. et al.**, 1998, Seasonal variations of heavy metals in the 1960s Alpine ice : sources versus meteorological factors, EPSL.

■ **VAN de VELDE K.**, 1999, Les neiges et glaces de haute altitude des Alpes : archives de l'histoire de la pollution atmosphérique en métaux lourds en Europe au cours des deux derniers siècles, Université de Grenoble.

■ **VEYSSEYRE A.**, 2000, Dépôts de métaux lourds sur le manteau neigeux alpin français. Cartographie de flux et identifications des sources. Impact de la météorologie et du relief, Université de Grenoble.

■ **VIGNAROLI W., PAOLONI G., BENETTI E., FABBRETTI M., FELICI F., TESEI M.** - Raffronto tra le Sostanze Organiche Volatili presenti nell'atmosfera urbana e gli idrocarburi della benzina e del gasolio per autotrazione. Boll.Chim.Igien., vol. 45 (1994), pp. 339-347.

Chapitre 4

■ **AMBACH W., BLUMTHALER M.** "Biological effectiveness of solar UV radiation in humans" Experientia, 1993, 49, 747 – 753.

■ **AMBACH W., BLUMTHALER M.** "Characteristics of solar UV irradiance", Meteorol. Zeitschrift, N.F.3, August 1994, 211 – 220.

■ **BLUMTHALER M., AMBACH W., CEDE A., STAEHELIN J.** "Attenuation of Erythemal Effective Irradiance by Cloudness at Low and High Altitude in the Alpine Region", Photochemistry and Photobiology, 1996, 63(2), 193 – 196.

■ **BLUMTHALER M., AMBACH W., ELLINGER R.** "Increase in solar UV radiation with altitude", Journal of Photochemistry and Photobiology, 1997, 39, 130 – 134.

■ **BLUMTHALER M., WEBB A.R., SECKMEYER G., BAIS A.F., HUBER M., MAYER B.** "Simultaneous spectroradiometry: a study of solar UV irradiance at two altitudes", Geophysical Research Letters, 1994, vol.21 n.25, 2805 – 2808.

■ **CASALE G.R., MELONI D., MIANO S., PALMIERI S., SIANI A.M.** "Solar UV-B irradiance and total ozone in Italy: Fluctuations and trends, Journal of Geophysical Research, 2000, vol.105, 4895 - 4901.

■ **DE GRUIJL F.R.** "Health Effects from Solar UV Radiation", Radiation Protection Dosimetry, 1997, 72, 177 – 196.

■ **DRISCOLL D.M.H.** "Dosimetry Methods for UV Radiation", Radiation Protection Dosimetry, 1997, 72, 217 - 222.

■ **GROEBNER J., ALBOLD A., BLUMTHALER M., CABOT T., DE LA CASINIÈRE A., LENOBLE J., MARTIN T., MASSEROT D., MUELLER M., PHILIPONA R., PICHLER T., POUGATCH E., RENGARAJAN G., SCHMUCKI D., SECKMEYER G., SERGENT C., TOURÉ M.L., WEIHS P.** "Variability of spectral solar ultraviolet irradiance in an Alpine environment" Journal of Geophysical Research, 2000, vol.105, 26991 – 27003.

■ **KIMLIN M.G., WONG C.F., PARISI A.V.** "Simultaneous Comparison of the Personale UV Exposure of two Human Groups at Different Altitudes", Health Physics, 1998, 74, 429 - 434.

■ **MELONI D., CASALE G.R., SIANI A.M., PALMIERI S., CAPPELLANI F.** "Solar UV Dose Patterns in Italy", Photochemistry and Photobiology, 2000, 71(6), 681 - 690.

■ **PACHART E., LENOBLE J., BROGNIEZ C., MASSEROT D., BOCQUET J.L.** "Ultraviolet spectral irradiance in the French Alps: Results of two campaigns", Journal of Geophysical Research, 1999, vol.104, 16777 – 16784.

■ **SCHMUCKI D., VOIGT S., PHILIPONA R., FROELICH C., LENOBLE J., OHMURA A., WEHRLI C.** "Effective albedo derived from UV measurements in the Swiss Alps", Journal of Geophysical Research, 2001, vol.106, 5369 - 5383.

■ **WEATHERHEAD E.C., WEBB A.R.** "International Response to the Challenge of Measuring Solar Ultraviolet Radiation", Radiation Protection Dosimetry, 1997, 72, 223 - 230.

■ **WEBB A.R.**, "Changes in Stratospheric Ozone Concentrations and Solar UV Levels", Radiation Protection Dosimetry, 1997, 72, 207 - 216.

■ **WONG C.F., TOOMEY S., FLEMING R.A., THOMAS B.W.** "UV-B Radiometry and Dosimetry for solar measurements", Health Physics, 1995, 68, 175 – 184.

Chapitre 5

■ **OFEFP**, 1996, Cahier de l'environnement de l'office Fédéral de l'environnement des forêts et du paysage. Air : Stratégie de lutte du conseil fédéral contre la pollution de l'air.

■ **OFEFP**, 1997, Cahier de l'environnement de l'office fédéral de l'environnement des forêts et du paysage : Stratégie de réduction des émissions d'azote.

■ **SERVICE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT DU VALAIS**, 1995, Plan de mesures pour la protection de l'air du département, de l'environnement et de l'aménagement du territoire du canton du Valais, Resival.

■ **STE SUISSE DES RESPONSABLES DE L'HYGIENE DE L'AIR**, 1989, Les modèles d'immissions : la problématique et les applications dans le domaine des études d'impact et des plans d'assainissement, Cercl'Air.

FRANCE

Concentration de poussières fines

site de fond : COL DES MONTETS

	Date	PM10 µg/m³	Date	PM2,5 µg/m³
1ère campagne	14/06/00	9,2	14/06/00	9,4
	15/06/00	7,3	15/06/00	7,4
	16/06/00	8,3	16/06/00	
	17/06/00	8,7	17/06/00	
	18/06/00	15,4	18/06/00	
	19/06/00	17,6	19/06/00	
	20/06/00	25,0	20/06/00	
2ème campagne	28/07/00	7,9	28/07/00	7,5
	29/07/00	7,6	29/07/00	5,7
	30/07/00	7,8	30/07/00	6,3
	31/07/00	12,0	31/07/00	9,4
	1/08/00	13,2	1/08/00	9,3
	2/08/00	18,3	2/08/00	13,5
	3/08/00		3/08/00	
3ème campagne	11/10/00	3,7	11/10/00	3,8
	12/10/00	4,7	12/10/00	2,9
	13/10/00	2,4	13/10/00	0,6
	14/10/00	2,7	14/10/00	0,5
	15/10/00		15/10/00	
	16/10/00		16/10/00	
	17/10/00		17/10/00	
4ème campagne	19/12/00	3,0	19/12/00	2,9
	20/12/00	2,9	20/12/00	4,0
	21/12/00	6,0	21/12/00	6,2
	22/12/00		22/12/00	5,2
	23/12/00	11,2	23/12/00	3,7
	24/12/00	7,1	24/12/00	3,4
	25/12/00	6,9	25/12/00	5,5
5ème campagne	13/02/01	14,6	13/02/01	11,5
	14/02/01		14/02/01	10,5
	15/02/01		15/02/01	9,5
	16/02/01	10,7	16/02/01	8,7
	17/02/01	13,2	17/02/01	31,9
	18/02/01	32,5	18/02/01	26,4
	19/02/01	35,6	19/02/01	
6ème campagne	25/04/01	14,1	25/04/01	11,1
	26/04/01	9,6	26/04/01	9,7
	27/04/01	12,1	27/04/01	9,1
	28/04/01	18,1	28/04/01	14,3
	29/04/01	17,7	29/04/01	13,2
	30/04/01	9,8	30/04/01	7,2
	1/05/01		1/05/01	11,5

site de fond : LA VIGIE

	Date	PM10 µg/m³	Date	PM2,5 µg/m³
1ère campagne	22/06/00	28,9	22/06/00	
	23/06/00	14,9	23/06/00	
	24/06/00	6,9	24/06/00	
	25/06/00	6,3	25/06/00	
	26/06/00	10,8	26/06/00	
	27/06/00	18,9	27/06/00	
	28/06/00	28,2	28/06/00	
2ème campagne	5/08/00	16,6	5/08/00	12,9
	6/08/00	15,7	6/08/00	11,3
	7/08/00	30,4	7/08/00	22,7
	8/08/00	23,1	8/08/00	17,4
	9/08/00	24,7	9/08/00	16,7
	10/08/00	19,1	10/08/00	10,8
	11/08/00	16,0	11/08/00	8,6
3ème campagne	19/10/00		19/10/00	
	20/10/00	14,6	20/10/00	7,9
	21/10/00	10,7	21/10/00	6,9
	22/10/00	7,5	22/10/00	5,6
	23/10/00	10,1	23/10/00	7,2
	24/10/00	21,6	24/10/00	12,9
	25/10/00	11,6	25/10/00	3,9
4ème campagne	27/12/00	11,1	27/12/00	10,1
	28/12/00	27,3	28/12/00	23,0
	29/12/00	20,5	29/12/00	18,4
	30/12/00	28,7	30/12/00	23,9
	31/12/00	20,5	31/12/00	18,7
	1/01/01	33,9	1/01/01	28,7
	2/01/01	33,4	2/01/01	28,4
5ème campagne	21/02/01	58,5	21/02/01	50,0
	22/02/01	58,9	22/02/01	45,9
	23/02/01		23/02/01	
	24/02/01	16,0	24/02/01	14,8
	25/02/01	22,1	25/02/01	19,7
	26/02/01	50,2	26/02/01	36,7
	27/02/01	34,7	27/02/01	24,3
6ème campagne	3/05/01	26,2	3/05/01	18,1
	4/05/01	39,9	4/05/01	32,6
	5/05/01		5/05/01	12,7
	6/05/01		6/05/01	14,3
	7/05/01		7/05/01	17,8
	8/05/01	27,1	8/05/01	22,0
	9/05/01	31,7	9/05/01	23,2

ITALIE

Concentration de poussières fines

site de fond : LA THUILE

	Date	PM10 µg/m³	Date	PM2,5 µg/m³
1ère campagne	13/06/00	37	21/06/00	i.l.r.
	14/06/00	32	22/06/00	i.l.r.
	15/06/00	i.l.r.	23/06/00	i.l.r.
	16/06/00	36	24/06/00	i.l.r.
	17/06/00		25/06/00	i.l.r.
	18/06/00	i.l.r.	26/06/00	i.l.r.
	19/06/00	29	27/06/00	i.l.r.
2ème campagne	28/07/00	i.l.r.	5/08/00	i.l.r.
	29/07/00	i.l.r.	6/08/00	i.l.r.
	30/07/00	i.l.r.	7/08/00	i.l.r.
	31/07/00	9,7	8/08/00	i.l.r.
	1/08/00	16,7	9/08/00	i.l.r.
	2/08/00	20,9	10/08/00	i.l.r.
	3/08/00	16,7	11/08/00	i.l.r.
3ème campagne	19/10/00	i.l.r.	11/10/00	4,5
	20/10/00	i.l.r.	12/10/00	i.l.r.
	21/10/00	4,2	13/10/00	i.l.r.
	22/10/00	i.l.r.	14/10/00	i.l.r.
	23/10/00	i.l.r.	15/10/00	i.l.r.
	24/10/00	5,6	16/10/00	i.l.r.
	25/10/00	4,2	17/10/00	i.l.r.
4ème campagne	19/12/00	4,2	28/12/00	8,4
	20/12/00	41,9	29/12/00	25,1
	21/12/00	33,5	30/12/00	i.l.r.
	22/12/00	8,4	31/12/00	4,2
	23/12/00	16,7	1/01/01	20,9
	24/12/00	29,3	2/01/01	i.l.r.
	25/12/00	4,2	3/01/01	i.l.r.
5ème campagne	4/03/01	25	24/02/01	42
	5/03/01	17	25/02/01	12
	6/03/01	29	26/02/01	29
	7/03/01	42	27/02/01	25
	8/03/01	25	28/02/01	38
	9/03/01	25	1/03/01	25
	10/03/01	12	2/03/01	25
6ème campagne	25/04/01		3/05/01	42
	26/04/01	83	4/05/01	54
	27/04/01	63	5/05/01	38
	28/04/01	25	6/05/01	33
	29/04/01	54	7/05/01	4
	30/04/01	25	8/05/01	50
	1/05/01	12	9/05/01	8

site de fond : MORGEX

	Date	PM10 µg/m³	Date	PM2,5 µg/m³
1ère campagne	21/06/00	7,1	29/06/00	4
	22/06/00	25	30/06/00	
	23/06/00	8,4	1/07/00	
	24/06/00	i.l.r.	2/07/00	
	25/06/00	i.l.r.	3/07/00	
	26/06/00	4,2	4/07/00	
	27/06/00	8,4	5/07/00	
2ème campagne	5/08/00	8,3	28/07/00	i.l.r.
	6/08/00	20,8	29/07/00	i.l.r.
	7/08/00	16,6	30/07/00	8,3
	8/08/00	37,5	31/07/00	8,3
	9/08/00	20,8	1/08/00	4,2
	10/08/00	25	2/08/00	12,5
	11/08/00	37,5	3/08/00	8,3
3ème campagne	11/10/00	20,8	19/10/00	8,3
	12/10/00	16,6	20/10/00	12,5
	13/10/00	16,6	21/10/00	29,2
	14/10/00	37,5	22/10/00	4,2
	15/10/00	37,5	23/10/00	i.l.r.
	16/10/00	4,16	24/10/00	25
	17/10/00	29,2	25/10/00	12,5
4ème campagne	28/12/00	12,5	19/12/00	50
	29/12/00	37,5	20/12/00	45,8
	30/12/00	29,1	21/12/00	45,8
	31/12/00	108,2	22/12/00	25
	1/01/01	112,4	23/12/00	25
	2/01/01	58,3	24/12/00	29,1
	3/01/01	33,3	25/12/00	29,1
5ème campagne	24/02/01	37,5	4/03/01	62
	25/02/01	21	5/03/01	21
	26/02/01	25	6/03/01	42
	27/02/01	58	7/03/01	83
	28/02/01	46	8/03/01	58
	1/03/01	21	9/03/01	29
	2/03/01	71	10/03/01	25
6ème campagne	3/05/01	54	25/04/01	50
	4/05/01	108	26/04/01	50
	5/05/01	54	27/04/01	21
	6/05/01	50	28/04/01	75
	7/05/01	100	29/04/01	58
	8/05/01	37	30/04/01	46
	9/05/01	67	1/05/01	37

SUISSE

Concentration de poussières fines

site de fond : GIETTES

	Date	PM10 µg/m³	Date	PM2,5 µg/m³
1ère campagne	12/06/00	14,6	12/06/00	
	13/06/00	20,7	13/06/00	18,7
	14/06/00	16,7	14/06/00	
	15/06/00	14,3	15/06/00	13,1
	16/06/00	16,1	16/06/00	14,3
	17/06/00	23,1	17/06/00	22,2
	18/06/00	21,4	18/06/00	19,4
	19/06/00	24,2	19/06/00	22,2
2ème campagne	28/07/00	10,6	28/07/00	10,1
	29/07/00	9,1	29/07/00	6,9
	30/07/00	8,5	30/07/00	5,3
	31/07/00	12,9	31/07/00	7,5
	1/08/00	8,0	1/08/00	7,4
	2/08/00	15,6	2/08/00	8,0
	3/08/00	6,1	3/08/00	5,4
3ème campagne	17/10/00	4,3	17/10/00	3,0
	18/10/00	10,2	18/10/00	7,5
	19/10/00	10,9	19/10/00	9,9
	20/10/00	12,9	20/10/00	10,3
	21/10/00	13,6	21/10/00	10,9
	22/10/00	9,5	22/10/00	8,7
	23/10/00	10,2	23/10/00	7,4
4ème campagne	19/12/00	2,0	19/12/00	
	20/12/00	7,6	20/12/00	
	21/12/00	6,5	21/12/00	
	22/12/00	6,9	22/12/00	0,3
	23/12/00	2,5	23/12/00	1,9
	24/12/00	3,0	24/12/00	2,9
	25/12/00	12,8	25/12/00	0,8
	26/12/00	3,7	26/12/00	0,2
	27/12/00	2,2	27/12/00	1,2
	28/12/00	6,2	28/12/00	6,0
5ème campagne	13/02/01	14,3	13/02/01	12,0
	14/02/01	24,6	14/02/01	20,6
	15/02/01	11,5	15/02/01	8,6
	16/02/01	12,9	16/02/01	11,6
	17/02/01	36,7	17/02/01	36,4
	18/02/01	36,7	18/02/01	35,5
	19/02/01	19,5	19/02/01	18,3
6ème campagne	25/04/01	4,3	25/04/01	8,4
	26/04/01	5,6	26/04/01	5,3
	27/04/01	10,1	27/04/01	10,1
	28/04/01	12,3	28/04/01	9,7
	29/04/01	11,1	29/04/01	6,5
	30/04/01	11,8	30/04/01	6,4
	1/05/01	17,5	1/05/01	9,5

site de proximité routière : SEMBRANCHER

	Date	PM10 µg/m³	Date	PM2,5 µg/m³
1ère campagne	21/06/00	28,9	21/06/00	27,8
	22/06/00	27,0	22/06/00	24,4
	23/06/00	16,6	23/06/00	15,6
	24/06/00	10,1	24/06/00	9,1
	25/06/00	9,2	25/06/00	5,3
	26/06/00	14,5	26/06/00	11,4
	27/06/00	19,9	27/06/00	19,2
2ème campagne	5/08/00	12,9	9/08/00	15,6
	6/08/00	14,2	10/08/00	14,9
	7/08/00	21,2	11/08/00	13,5
	8/08/00	24,2	12/08/00	16,6
	9/08/00	23,2	13/08/00	16,3
	10/08/00	21,0	14/08/00	21,9
	11/08/00	18,7	15/08/00	23,1
	12/08/00	21,9		
3ème campagne	23/10/00	31,5	23/10/00	
	24/10/00	29,8	24/10/00	
	25/10/00	34,1	25/10/00	25,9
	26/10/00	33,7	26/10/00	23,9
	27/10/00	25,1	27/10/00	19,0
	28/10/00	29,8	28/10/00	21,0
	29/10/00	20,6	29/10/00	16,0
	30/10/00	27,3	30/10/00	24,8
	31/10/00	13,4	31/10/00	11,5
	1/11/00	12,6	1/11/00	6,2
4ème campagne	28/12/00	19,1	28/12/00	14,8
	29/12/00	18,1	29/12/00	16,8
	30/12/00	15,8	30/12/00	9,3
	31/12/00	22,6	31/12/00	11,0
	1/01/01	33,1	1/01/01	23,6
	2/01/01	24,3	2/01/01	20,0
	3/01/01	19,8	3/01/01	17,6
5ème campagne	21/02/01	41,6	21/02/01	33,1
	22/02/01	27,4	22/02/01	22,2
	23/02/01	18,1	23/02/01	17,0
	24/02/01	37,9	24/02/01	36,7
	25/02/01	16,7	25/02/01	14,2
	26/02/01	21,8	26/02/01	17,5
	27/02/01	51,8	27/02/01	50,1
6ème campagne	3/05/01	16,2	3/05/01	21,3
	4/05/01	23,3	4/05/01	21,3
	5/05/01	10,5	5/05/01	9,0
	6/05/01	9,3	6/05/01	7,8
	7/05/01	17,4	7/05/01	16,1
	8/05/01	25,7	8/05/01	22,7
	9/05/01	26,6	9/05/01	21,9

FRANCE **Métaux lourds**

		Jour	Métaux ng/m³			
			Cd	Ni	Pb	Zn
1ère campagne 14/06/00 - 28/06/00	site de fond	14/06/00	0,09	0,63	0,06	45,04
	COL DES MONTETS	15/06/00	0,09	0,66	4,54	29,84
		16/06/00	0,15	0,63	i.l.r.	185,00
		17/06/00	0,15	1,14	2,75	
		18/06/00	0,24	1,05	i.l.r.	138,15
		19/06/00	0,30	1,24	13,62	48,21
		20/06/00	0,18	0,54	i.l.r.	i.l.r.
	site de prox	22/06/00				
	LA VIGIE	23/06/00				
		24/06/00				
		25/06/00				
		26/06/00				
		27/06/00				
		28/06/00				
2ème campagne 28/07/00 - 11/08/00	site de fond	28/07/00				
	COL DES MONTETS	29/07/00				
		30/07/00				
		31/07/00				
		1/08/00				
		2/08/00				
		3/08/00				
	site de prox	5/08/00	0,910	2,881	15,774	116,182
	LA VIGIE	6/08/00	0,760	2,432	8,209	86,348
	dans les PM2,5	7/08/00	1,065	5,935	16,892	122,052
		8/08/00	1,068	2,900	19,237	110,538
		9/08/00	1,225	4,748	22,363	141,072
		10/08/00	0,922	3,073	10,449	139,533
		11/08/00	0,615	3,845	11,845	287,984
3ème campagne 1/10/00 - 25/10/00	site de fond	11/10/00	0,63	4,68	10,72	i.l.r.
	COL DES MONTETS	12/10/00	3,67	i.l.r.	32,49	152,81
		13/10/00				
		14/10/00				
		15/10/00				
		16/10/00				
		17/10/00				
	site de prox	19/10/00				
	LA VIGIE	20/10/00	2,75	7,44	95,10	302,46
		21/10/00	1,13	6,29	103,60	175,90
		22/10/00	0,32	1,92	59,49	52,77
		23/10/00	0,48	3,85	54,81	92,96
		24/10/00	4,52	6,29	147,82	201,72
		25/10/00	i.l.r.	3,87	39,01	72,53

FRANCE Métaux lourds

		Jour	Métaux ng/m³			
			Cd	Ni	Pb	Zn
4ème campagne 19/12/00 - 02/01/01	site de fond	19/12/00			121,98	
	COL DES MONTETS	20/12/00			240,17	
		21/12/00			309,68	1,44
		22/12/00			379,43	0,93
		23/12/00			211,09	0,62
		24/12/00			512,58	5,96
		25/12/00			230,99	2,77
	site de prox	27/12/00			0	7,790
	La Vigie	28/12/00			1353,775	2,852
		29/12/00			2597,964	0
		30/12/00			2226,550	5,503
		31/12/00				
		1/01/01			2458,916	0,630
		2/01/01			1879,009	6,339
5ème campagne 13/02/01 - 27/02/01	site de fond	13/02/01			7,2	
	COL DES MONTETS	14/02/01				
		15/02/01				
		16/02/01			7,7	
		17/02/01			13,8	
		18/02/01			8,3	
		19/02/01			5,8	
	site de prox	21/02/01			9,2	
	LA VIGIE	22/02/01			10,4	
		23/02/01			3,4	
		24/02/01				
		25/02/01			8,3	
		26/02/01			3,0	
		27/02/01			4,7	
6ème campagne 25/04/01 - 09/05/01	site de fond	25/04/01			1,4	
	COL DES MONTETS	26/04/01			9,9	
		27/04/01			5,0	28,56
		28/04/01			5,6	
		29/04/01			3,5	26,9
		30/04/01			1,2	27,57
		1/05/01				
	site de prox	3/05/01			8,0	
	LA VIGIE	4/05/01			2,6	20,6
		5/05/01				
		6/05/01				
		7/05/01				
		8/05/01			4,4	19,3
		9/05/01			9,0	

ITALIE

Métaux lourds

		Jour	Métaux ng/m³			
			Cd	Ni	Pb	Zn
1ère Campagne 13/06/00 - 05/07/00	site de fond	13/06/00				
	LA THUILE	14/06/00				
		15/06/00				
		16/06/00				
		17/06/00				
		18/06/00				
		19/06/00				
	site de prox	21/06/00				
	MORGEX	22/06/00	0,05	4,73	i.l.r.	24,26
		23/06/00	0,05	0,13	i.l.r.	33,36
		24/06/00	0,05	i.l.r.	i.l.r.	15,16
		25/06/00	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.
		26/06/00	0,25	0,13	i.l.r.	24,26
		27/06/00	0,35	0,13	i.l.r.	24,26
2ème campagne 28/07/00 - 11/08/00	site de fond	28/07/00	0,05	0,43	i.l.r.	6,76
	LA THUILE	29/07/00	i.l.r.	0,43	i.l.r.	i.l.r.
		30/07/00	i.l.r.	5,13	i.l.r.	i.l.r.
		31/07/00	0,15	1,23	i.l.r.	i.l.r.
		1/08/00	i.l.r.	5,13	i.l.r.	i.l.r.
		2/08/00	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.	1,96
		3/08/00	i.l.r.	0,43	i.l.r.	i.l.r.
	site de prox	5/08/00	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.
	MORGEX	6/08/00	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.
		7/08/00	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.	6,06
		8/08/00	i.l.r.	0,13	i.l.r.	10,66
		9/08/00	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.	10,66
		10/08/00	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.	15,16
		11/08/00	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.	10,66
3ème campagne 1/10/00 - 25/10/00	site de fond	19/10/00	i.l.r.	3,93	i.l.r.	i.l.r.
	LA THUILE	20/10/00	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.
		21/10/00	i.l.r.	3,93	39,64	38,26
		22/10/00	i.l.r.	1,23	53,54	i.l.r.
		23/10/00	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.
		24/10/00	i.l.r.	6,73	i.l.r.	i.l.r.
		25/10/00	i.l.r.	3,93	39,64	0,76
	site de prox	11/10/00	i.l.r.	i.l.r.	81,24	9,16
	MORGEX	12/10/00	i.l.r.	i.l.r.	39,64	9,16
		13/10/00	i.l.r.	i.l.r.	81,24	9,16
		14/10/00	i.l.r.	i.l.r.	39,64	4,96
		15/10/00	i.l.r.	i.l.r.	39,64	4,96
		16/10/00	i.l.r.	3,93	39,64	0,76
		17/10/00	i.l.r.	i.l.r.	39,64	9,16

ITALIE

Métaux lourds

		Jour	Métaux ng/m³			
			Cd	Ni	Pb	Zn
4ème campagne 19/12/00 - 03/01/01	site de fond	19/12/00	i.l.r.	8,13	i.l.r.	i.l.r.
	LA THUILE	20/12/00	0,25	i.l.r.	i.l.r.	9,16
		21/12/00	0,15	8,13	i.l.r.	0,76
		22/12/00	0,05	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.
		23/12/00	0,05	3,93	i.l.r.	i.l.r.
		24/12/00	0,25	8,13	i.l.r.	i.l.r.
		25/12/00	0,15	8,13	i.l.r.	i.l.r.
	site de prox	28/12/00	0,05	i.l.r.	i.l.r.	4,96
	MORGEX	29/12/00	0,05	8,13	39,64	4,96
		30/12/00	0,05	3,93	i.l.r.	9,16
		31/12/00	0,15	24,83	81,24	50,76
		1/01/01	0,25	16,43	39,64	25,46
		2/01/01	0,25	12,33	81,24	54,96
		3/01/01	0,15	12,33	39,64	25,76
5ème campagne 24/02/01 - 10/03/01	site de fond	4/03/01	i.l.r.	9,93	i.l.r.	i.l.r.
	LA THUILE	5/03/01	i.l.r.	9,93	i.l.r.	i.l.r.
		6/03/01	i.l.r.	5,13	45,54	i.l.r.
		7/03/01	i.l.r.	5,13	45,54	1,96
		8/03/01	i.l.r.	5,13	i.l.r.	i.l.r.
		9/03/01	i.l.r.	5,13	i.l.r.	i.l.r.
		10/03/01	i.l.r.	9,93	i.l.r.	i.l.r.
	site de prox	24/02/01	i.l.r.	4,33	i.l.r.	5,46
	MORGEX	25/02/01	i.l.r.	8,63	41,44	18,56
		26/02/01	i.l.r.	8,63	i.l.r.	14,16
		27/02/01	0,05	13,03	41,44	35,96
		28/02/01	0,15	13,03	41,44	48,96
		1/03/01	0,05	8,63	41,44	35,96
		2/03/01	0,05	8,63	41,44	53,36
6ème campagne 25/04/01 - 09/05/01	site de fond	25/04/01	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.
	LA THUILE	26/04/01	0,25	24,83	i.l.r.	i.l.r.
		27/04/01	0,15	2,73	2,14	i.l.r.
		28/04/01	0,05	3,93	6,24	i.l.r.
		29/04/01	0,15	1,03	2,14	i.l.r.
		30/04/01	0,05	5,23	2,14	i.l.r.
		1/05/01	i.l.r.	2,73	2,14	i.l.r.
	site de prox	3/05/01	0,25	8,13	18,74	4,96
	MORGEX	4/05/01	0,65	8,13	22,94	13,26
		5/05/01	0,15	3,13	10,44	i.l.r.
		6/05/01	0,05	1,43	18,74	i.l.r.
		7/05/01	0,95	4,53	20,14	3,56
		8/05/01	0,05	5,63	18,74	4,96
		9/05/01	0,25	1,93	14,64	21,66

SUISSE

Métaux lourds

		Jour	Métaux ng/m³			
			Cd	Ni	Pb	Zn
1ère campagne 12/06/00 - 27/06/00	site de fond	12/06/00	0,27	i.l.r.	i.l.r.	206,88
	GIETTES	13/06/00	0,30	i.l.r.	i.l.r.	204,26
		14/06/00	0,24	i.l.r.	i.l.r.	204,61
		15/06/00	0,32	i.l.r.	i.l.r.	206,67
		16/06/00	0,28	i.l.r.	i.l.r.	219,75
		17/06/00	0,30	i.l.r.	10,23	211,40
		18/06/00	0,32	i.l.r.	i.l.r.	206,52
		19/06/00	0,37	i.l.r.	11,86	206,42
	site de prox	21/06/00	0,38	i.l.r.	20,04	433,65
	SEMBRANCHER	22/06/00	0,44	i.l.r.	20,34	438,01
		23/06/00	0,30	i.l.r.	13,80	387,93
		24/06/00	0,27	i.l.r.	13,55	255,88
		25/06/00	0,23	i.l.r.	12,99	304,05
		26/06/00	0,26	i.l.r.	15,67	328,40
		27/06/00	0,34	i.l.r.	19,00	341,24
2ème campagne 28/07/00 - 12/08/00	site de fond	28/07/00	i.l.r.	i.l.r.		200,03
	GIETTES	29/07/00	i.l.r.	i.l.r.		189,77
		30/07/00	i.l.r.	i.l.r.		184,64
		31/07/00	0,96	i.l.r.		199,78
		1/08/00	i.l.r.	i.l.r.		212,66
		2/08/00	0,23	i.l.r.		195,41
		3/08/00	i.l.r.	i.l.r.		183,79
	site de prox	5/08/00	0,3185	i.l.r.	12,5832	174,195
	SEMBRANCHER	6/08/00	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.	161,308
		7/08/00	0,3038	i.l.r.	10,6477	181,839
		8/08/00	0,4116	i.l.r.	13,4848	202,174
		9/08/00	0,8428	i.l.r.	20,6143	202,174
		10/08/00	0,3773	i.l.r.	15,0871	174,44
		11/08/00	0,3381	i.l.r.	10,2165	194,089
		12/08/00	0,3087	i.l.r.	i.l.r.	175,273
3ème campagne 11/10/00 - 25/10/00	site de fond	17/10/00	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.	193,14
	GIETTES	18/10/00	0,55	i.l.r.	i.l.r.	209,74
		19/10/00	0,67	i.l.r.	i.l.r.	236,65
		20/10/00	0,51	i.l.r.	i.l.r.	193,29
		21/10/00	0,47	i.l.r.	10,16	198,98
		22/10/00	0,41	i.l.r.	i.l.r.	194,95
		23/10/00	0,41	i.l.r.	i.l.r.	175,34
	site de prox	23/10/00	1,03	i.l.r.	27,63	187,28
	SEMBRANCHER	24/10/00	0,53	i.l.r.	16,34	206,14
		25/10/00	0,36	i.l.r.	13,50	174,98
		26/10/00	1,09	i.l.r.	17,44	184,93
		27/10/00	0,35	i.l.r.	i.l.r.	172,14
		28/10/00	0,43	i.l.r.	13,50	170,81
		29/10/00	0,33	i.l.r.	i.l.r.	169,64
		30/10/00	0,38	i.l.r.	15,35	190,51
		31/10/00	0,28	i.l.r.	i.l.r.	167,58
		1/11/00	0,23	i.l.r.	i.l.r.	180,96

SUISSE **Métaux lourds**

		Jour	Métaux ng/m³			
			Cd	Ni	Pb	Zn
4ème campagne 19/12/00 - 03/01/01	site de fond	19/12/00	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.	207,33
	GIETTES	20/12/00	0,23	i.l.r.	i.l.r.	210,75
		21/12/00	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.	198,53
		22/12/00	0,24	i.l.r.	i.l.r.	209,74
		23/12/00	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.	217,54
		24/12/00	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.	199,53
		25/12/00	0,24	i.l.r.	i.l.r.	211,20
	site de prox	28/12/00	0,3283	i.l.r.	i.l.r.	168,756
	SEMBRANCHER	29/12/00	0,392	i.l.r.	i.l.r.	162,827
		30/12/00	0,3234	i.l.r.	i.l.r.	188,258
		31/12/00	0,5292	i.l.r.	14,602	406,161
		1/01/01	0,6566	i.l.r.	21,9275	214,522
		2/01/01	0,3234	i.l.r.	14,2492	207,564
		3/01/01	0,5047	i.l.r.	13,8229	221,039
5ème campagne 13/02/01 - 27/02/01	site de fond	13/02/01	0,4	i.l.r.	i.l.r.	215,02
	GIETTES	14/02/01	0,4	i.l.r.	i.l.r.	237,10
		15/02/01	0,2	i.l.r.	i.l.r.	202,80
		16/02/01	0,5	i.l.r.	i.l.r.	220,66
		17/02/01	0,6	i.l.r.	14,6	239,62
		18/02/01	0,5	i.l.r.	13,8	225,44
		19/02/01	0,3	i.l.r.	i.l.r.	208,48
	site de prox	21/02/01	0,4	i.l.r.	23,3	241,5
	SEMBRANCHER	22/02/01	0,3	i.l.r.	11,9	212,4
		23/02/01	0,2	i.l.r.	i.l.r.	197,0
		24/02/01	0,3	i.l.r.	i.l.r.	191,0
		25/02/01	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.	194,0
		26/02/01	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.	212,3
		27/02/01	0,3	13,5	11,1	198,5
6ème campagne 25/04/01 - 09/05/01	site de fond	25/04/01	0,2	i.l.r.	12,4	193,60
	GIETTES	26/04/01	i.l.r.	i.l.r.	12,3	183,03
		27/04/01	0,4	i.l.r.	i.l.r.	193,35
		28/04/01	0,3	i.l.r.	12,0	198,53
		29/04/01	0,3	i.l.r.	16,8	198,4
		30/04/01	0,2	i.l.r.	13,7	189,12
		1/05/01	0,2	i.l.r.	i.l.r.	192,69
	site de prox	3/05/01	0,3	i.l.r.	13,1	193,4
	SEMBRANCHER	4/05/01	0,6	i.l.r.	28,4	255,5
		5/05/01	0,2	i.l.r.	i.l.r.	193,6
		6/05/01	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.	178,5
		7/05/01	0,2	i.l.r.	i.l.r.	196,6
		8/05/01	0,4	i.l.r.	12,0	203,4
		9/05/01	0,4	i.l.r.	11,6	209,8

FRANCE

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

		Jour	HAP ng/m³										
			PAS	FLA	PYR	BaA	CHR	BbF	BkF	BaP	DBA	BghiP	somme
1ère campagne 14/06/00 - 28/06/00	site de fond	14/06/00	12,557	0,11	0,05	0,012	0,03	0,032	0,011	0,012		0,044	0,311
	COL DES	15/06/00	12,092	0,116	0,119	0,017	0,043	0,029	0,012	0,015		0,054	0,405
	MONTETS	16/06/00	10,903	0,13	0,190	0,037	0,151	0,161	0,033	0,063		0,622	1,390
		17/06/00	11,639	0,09	0,078	0,015	0,042	0,038	0,014	0,011		0,053	0,345
		18/06/00	8,843	0,09	0,098	0,01	0,10	0,036	0,013	0,014		0,057	0,421
		19/06/00	8,518	0,09	0,078	0,011	0,041	0,033	0,016	0,013		0,052	0,338
		20/06/00	13,555	0,07	0,045	0,013	0,06	0,036	0,014	0,017		0,040	0,293
	site de prox	22/06/00	40,683	0,34	0,24	0,10	0,35	0,34	0,10	0,12		0,17	1,776
	La Vigie	23/06/00	38,675	0,25	0,21	0,08	0,25	0,14	0,05	0,07		0,14	1,186
		24/06/00	33,636	0,16	0,24	0,09	0,24	0,14	0,06	0,07		0,19	1,190
		25/06/00	25,332	0,20	0,21	0,07	0,27	0,13	0,06	0,06		0,15	1,142
		26/06/00	39,420	0,18	0,13	0,05	0,15	0,11	0,04	0,05		0,12	0,829
		27/06/00	46,570	0,42	0,30	0,15	0,56	0,45	0,14	0,19		0,27	2,488
		28/06/00	48,404										
2ème campagne 28/07/00 - 11/08/00	site de fond	28/07/00	10,451	0,21	0,18	0,038	0,10	0,068	0,034	0,024		0,048	0,707
	COL DES	29/07/00	8,188	0,324	0,572	0,06	0,13	0,066	0,035	0,044		0,089	1,320
	MONTETS	30/07/00	17,843	0,33	0,222	0,043	0,08	0,048	0,022	0,022		0,067	0,825
		31/07/00	15,710	0,18	0,165	0,04	0,10	0,08	0,03	0,022		0,049	0,656
		1/08/00	11,468	0,12	0,119	0,02	0,06	0,03	0,01	0,010		0,031	0,408
		2/08/00	11,086	0,18	0,191	0,03	0,06	0,053	0,04	0,030		0,080	0,659
		3/08/00	11,971										
	site de prox	5/08/00	79,359	0,83	1,000	0,24	0,43	0,331	0,125	0,209		0,331	3,498
	LA VIGIE	6/08/00	53,665	0,613	0,626	0,150	0,26	0,187	0,072	0,100		0,163	2,171
		7/08/00	60,892		0,936	0,497	0,71	0,493	0,161	0,415		0,371	3,579
		8/08/00	45,392	0,327	0,357	0,081	0,18	0,115	0,039	0,044		0,122	1,270
		9/08/00	53,854	0,159	0,130	0,049	0,124	0,086	0,033	0,041		0,097	0,719
		10/08/00	30,315	0,255	0,242	0,030	0,07	0,048	0,019	0,021		0,045	0,729
		11/08/00	25,139										
3ème campagne 11/10/00 - 25/10/00	site de fond	11/10/00	9,234	0,335	0,186	0,034	0,054	0,053	0,029	0,030		0,039	0,759
	COL DES	12/10/00	17,061	0,380	0,143	0,049	0,084	0,116	0,051	0,064		0,073	0,961
	MONTETS	13/10/00	9,612	0,279	0,075	0,023	0,033	0,053	0,035	0,033		0,044	0,575
		14/10/00	7,309	0,200	0,058	0,020	0,026	0,051	0,029	0,037		0,051	0,473
		15/10/00											
		16/10/00											
		17/10/00											
	site de prox	19/10/00	46,522										
	La Vigie	20/10/00	46,577	0,568	0,281	0,193	0,316	0,340	0,138	0,237		0,442	2,516
		21/10/00	11,804	0,730	0,264	0,056	0,202	0,228	0,082	0,095		0,165	1,823
		22/10/00	9,732	0,507	0,163	0,050	0,128	0,132	0,049	0,074		0,159	1,261
		23/10/00	21,376	0,185	0,061	0,043	0,062	0,086	0,035	0,062		0,074	0,607
		24/10/00	60,342	0,898	0,312	0,225	0,405	0,550	0,166	0,380		0,604	3,540
		25/10/00	25,870	0,380	0,151	0,048	0,078	0,090	0,036	0,071		0,119	0,972

FRANCE

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

		Jour	HAP ng/m³										
			PAS	FLA	PYR	BaA	CHR	BbF	BkF	BaP	DBA	BghiP	somme
4ème campagne 19/12/00 - 02/01/01	site de fond	19/12/00	4,715	0,168	0,103	0,010	0,019	0,017	0,021	0,006		0,015	0,359
	COL DES	20/12/00	10,402	0,313	0,236	0,023	0,044	0,033	0,018	0,016		0,039	0,722
	MONTETS	21/12/00	16,449	0,559	0,476	0,056	0,092	0,086	0,046	0,043		0,077	1,434
		22/12/00	15,203										
		23/12/00	18,272	0,602	0,540	0,050	0,066	0,050	0,022	0,023		0,054	1,406
		24/12/00	13,037	0,697	0,605	0,082	0,097	0,088	0,039	0,057		0,056	1,722
		25/12/00	12,250	0,805	0,652	0,065	0,099	0,099	0,042	0,052		0,066	1,880
	site de prox	27/12/00	30,237	1,49	1,336	0,25	0,32	0,281	0,126	0,258		0,290	4,354
	LA VIGIE	28/12/00	102,941	4,699	4,951	0,754	0,93	0,821	0,329	0,758		0,886	14,131
		29/12/00	92,925	4,23	1,685	0,459	0,65	0,598	0,258	0,347		0,390	8,613
		30/12/00	106,372	6,00	2,178	0,696	0,97	0,990	0,434	0,689		0,915	12,872
		31/12/00	47,056	4,92	1,749	0,735	0,901	0,923	0,399	0,657		0,751	11,030
		1/01/01	96,100	8,11	5,464	1,242	1,49	1,595	0,714	1,325		1,057	20,996
		2/01/01	193,207	6,38	2,545	0,899	1,02	1,153	0,447	0,973		1,019	14,438
5ème campagne 13/02/01 - 27/02/01	site de fond	13/02/01	13,903	0,771	0,459	0,076	0,146	0,155	0,077	0,077		0,155	1,916
	COL DES	14/02/01	21,879										
	MONTETS	15/02/01	14,284										
		16/02/01	8,561	0,974	0,526	0,090	0,186	0,181	0,075	0,099		0,155	2,285
		17/02/01	18,339	2,264	0,928	0,210	0,366	0,392	0,167	0,202		0,332	4,861
		18/02/01	20,552	1,691	1,124	0,177	0,271	0,243	0,107	0,152		0,262	4,027
		19/02/01	22,159	1,880	1,255	0,156	0,339	0,331	0,119	0,140		0,199	4,418
	site de prox	21/02/01	91,953	2,74	4,12	0,76	1,15	0,89	0,34	0,66		0,99	11,634
	LA VIGIE	22/02/01	139,611	1,957	1,32	0,453	0,77	0,79	0,33	0,48		0,62	6,714
		23/02/01	91,787										
		24/02/01	72,051	0,85	0,50	0,157	0,21	0,22	0,10	0,12		0,18	2,334
		25/02/01	61,232	1,59	1,55	0,312	0,518	0,45	0,18	0,23		0,38	5,210
		26/02/01	87,750	1,83	1,70	0,530	0,58	0,51	0,23	0,41		0,70	6,480
		27/02/01	66,997	1,19	1,50	0,197	0,18	0,15	0,07	0,13		0,26	3,680
6ème campagne 25/04/01 - 09/05/01	site de fond	25/04/01	16,146	0,345	0,347	0,043	0,062	0,074	0,030	0,035		0,057	0,992
	COL DES	26/04/01	15,548	0,436	0,316	0,059	0,142	0,009	0,047	0,047		0,074	1,130
	MONTETS	27/04/01	19,883	0,311	0,202	0,034	0,072	0,074	0,026	0,028		0,032	0,778
		28/04/01	15,325	0,324	0,185	0,041	0,113	0,111	0,037	0,033		0,028	0,872
		29/04/01	17,279	0,181	0,176	0,024	0,058	0,051	0,019	0,020		0,041	0,570
		30/04/01	21,958	0,148	0,158	0,023	0,047	0,043	0,018	0,019		0,034	0,490
		1/05/01	23,197										
	site de prox	3/05/01	102,724	1,00	0,85	0,25	0,44	0,33	0,12	0,13		0,18	3,288
	LA VIGIE	4/05/01	106,282	2,396	1,894	0,845	1,14	0,85	0,32	0,47		0,46	8,373
		5/05/01	74,186										
		6/05/01	63,361										
		7/05/01	125,968										
		8/05/01	63,591	1,38	0,54	0,330	1,228	1,58	0,40	0,20		0,41	6,068
		9/05/01	128,604	0,78	0,62	0,169	0,237	0,21	0,07	0,12		0,18	2,383

ITALIE

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

		Jour	HAP ng/m³										
			PAS	FLA	PYR	BaA	CHR	BbF	BkF	BaP	DBA	BghiP	somme
1ère campagne 13/06/00 - 05/07/00	site de fond	13/06/00	5,001	i.l.r.	i.l.r.	0,001	i.l.r.	0,003	0,001	0,001	i.l.r.	0,002	0,008
	LA THUILE	14/06/00	4,665	0,004	0,001	0,001	0,002	0,002	0,010	0,010	i.l.r.	0,001	0,031
		15/06/00	5,201	i.l.r.	0,004	0,001	0,003	0,004	0,001	0,001	i.l.r.	0,001	0,015
		16/06/00	6,025	i.l.r.	0,014	0,011	0,003	0,029	0,014	0,028	i.l.r.	0,048	0,147
		17/06/00	6,24	i.l.r.	0,010	i.l.r.	i.l.r.	0,003	0,001	0,002	i.l.r.	0,004	0,020
		18/06/00	5,379	i.l.r.	0,004	0,001	0,001	0,003	0,001	0,002	i.l.r.	0,002	0,014
		19/06/00	5,764	i.l.r.	0,006	0,001	i.l.r.	0,002	0,001	0,001	i.l.r.	0,003	0,014
	site de prox	21/06/00		0,02	1,51	0,07	0,25	0,21	0,07	0,17	i.l.r.	0,46	2,760
	MORGEX	22/06/00		0,16	1,27	0,08	0,31	0,26	0,11	0,20	i.l.r.	0,42	2,810
		23/06/00		0,09	0,89	0,03	0,12	0,13	0,03	0,06	i.l.r.	0,26	1,610
		24/06/00		0,15	1,09	0,02	i.l.r.	0,07	0,03	0,07	i.l.r.	0,28	1,710
		25/06/00		0,12	0,82	0,07	0,18	0,16	0,06	0,13	i.l.r.	0,41	1,950
		26/06/00		0,09	1,33	0,08	0,29	0,14	0,07	0,14	i.l.r.	0,31	2,450
		27/06/00		0,16	1,79	0,12	0,28	0,20	0,08	0,19	i.l.r.	0,35	3,170
2ème campagne 28/07/00 - 11/08/00	site de fond	28/07/00	7,737	0,06	0,16	0,004	i.l.r.	0,044	0,004	0,012	i.l.r.	0,036	0,322
	LA THUILE	29/07/00	8,343	0,051	0,263	i.l.r.	i.l.r.	0,007	0,002	0,006	i.l.r.	0,029	0,358
		30/07/00	6,352	0,03	0,176	0,002	i.l.r.	0,015	0,003	0,006	i.l.r.	0,020	0,255
		31/07/00	7,299	0,03	0,228	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.	0,004	i.l.r.	0,026	0,284
		1/08/00	4,72	0,03	0,154	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.	i.l.r.	0,003	i.l.r.	0,016	0,199
		2/08/00	6,983	0,02	0,156	i.l.r.	i.l.r.	0,006	i.l.r.	0,003	i.l.r.	0,018	0,204
		3/08/00	5,692	0,03	0,215	i.l.r.	i.l.r.	0,008	i.l.r.	0,004	i.l.r.	0,031	0,291
	site de prox	5/08/00	23,863	i.l.r.	0,015	i.l.r.	i.l.r.	0,018	0,006	0,011	i.l.r.	0,108	0,158
	MORGEX	6/08/00	11,729	0,026	0,108	0,003	i.l.r.	0,018	0,007	0,014	i.l.r.	0,098	0,274
		7/08/00	35,298	0,027	0,141	0,003	i.l.r.	0,016	0,005	0,019	i.l.r.	0,078	0,289
		8/08/00	35,131	0,032	0,189	0,005	i.l.r.	0,020	0,008	0,022	i.l.r.	0,079	0,355
		9/08/00	40,999	0,014	0,132	0,006	0,014	0,031	0,012	0,029	i.l.r.	0,110	0,348
		10/08/00	43,054	0,026	0,158	0,008	i.l.r.	0,038	0,015	0,038	i.l.r.	0,134	0,417
		11/08/00	43,319	0,023	0,148	0,004	i.l.r.	0,018	0,006	0,017	i.l.r.	0,078	0,294
3ème campagne 11/10/00 - 25/10/00	site de fond	19/10/00	3,296	0,090	0,556	0,017	i.l.r.	0,062	0,024	0,041	i.l.r.	0,097	0,887
	LA THUILE	20/10/00	3,417	0,058	0,548	0,014	i.l.r.	0,069	0,024	0,037	i.l.r.	0,110	0,860
		21/10/00	2,475	0,116	0,824	0,016	i.l.r.	0,046	0,018	0,034	i.l.r.	0,137	1,191
		22/10/00	2,959										0,000
		23/10/00	2,525	0,049	0,369	0,017	0,043	0,031	0,010	0,014	i.l.r.	0,043	0,576
		24/10/00	1,954	0,132	0,819	0,007	i.l.r.	0,032	0,011	0,015	i.l.r.	0,073	1,089
		25/10/00	2,234	0,163	0,992	0,025	i.l.r.	0,066	0,024	0,057	i.l.r.	0,191	1,518
	site de prox	11/10/00											
	MORGEX	12/10/00	95,12	i.l.r.	1,507	0,521	2,070	2,065	1,084	1,684	i.l.r.	2,633	11,564
		13/10/00	75,21	i.l.r.	0,846	0,667	2,447	2,282	1,099	1,463	i.l.r.	2,140	10,944
		14/10/00	59,2	1,771	0,665	0,892	2,449	1,885	0,956	1,457	i.l.r.	1,557	11,632
		15/10/00	43,3										
		16/10/00	27,33										
		17/10/00	44,31	i.l.r.	1,385	0,504	1,746	1,438	0,721	1,527	i.l.r.	1,341	8,662

ITALIE

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

		Jour	HAP ng/m³										
			PAS	FLA	PYR	BaA	CHR	BbF	BkF	BaP	DBA	BghiP	somme
4ème campagne 19/12/00 - 03/01/01	site de fond	19/12/00		0,077	0,167	0,022	i.l.r.	0,033	0,021	0,022	i.l.r.	0,045	0,387
	LA THUILE	20/12/00		0,095	0,195	0,049	0,180	0,212	0,090	0,127	i.l.r.	0,179	1,127
		21/12/00		0,058	0,131	0,021	0,052	0,077	0,028	0,044	i.l.r.	0,085	0,496
		22/12/00		i.l.r.	0,245	0,016	i.l.r.	0,022	0,013	0,021	i.l.r.	0,054	0,371
		23/12/00		0,230	0,585	0,113	0,328	0,148	0,093	0,280	i.l.r.	0,237	2,014
		24/12/00		0,105	0,462	0,111	0,253	0,197	0,094	0,184	i.l.r.	0,261	1,667
		25/12/00											
	site de prox	28/12/00	63,222	i.l.r.	1,450	1,99	i.l.r.	3,310	1,660	5,560	i.l.r.	4,960	18,930
	MORGEX	29/12/00	83,203	0,460	2,560	0,920	2,25	1,430	0,710	1,710	i.l.r.	1,650	11,690
		30/12/00	46,336	i.l.r.	3,490	2,510	6,49	3,090	1,440	3,710	i.l.r.	3,420	24,150
		31/12/00	162,143	i.l.r.	9,530	9,140	i.l.r.	7,230	3,890	12,250	i.l.r.	8,850	50,890
		1/01/01	135,047										
		2/01/01	91,701	i.l.r.	3,970	3,690	9,27	4,700	1,890	4,160	i.l.r.	3,220	30,900
		3/01/01	101,585	i.l.r.	6,330	6,700	11,72	5,670	2,600	6,510	i.l.r.	5,950	45,480
5ème campagne 2 4/02/01 - 10/03/01	site de fond	4/03/01	3,225	0,026	0,147	0,005	i.l.r.	0,019	0,007	0,007	i.l.r.	0,045	0,256
	LA THUILE	5/03/01	2,45	0,029	0,189	0,002	i.l.r.	0,016	0,006	0,006	i.l.r.	0,038	0,286
		6/03/01	2,362	0,064	0,272	0,001	0,054	0,051	0,021	0,031	i.l.r.	0,081	0,575
		7/03/01	3,496	0,037	0,229	0,008	0,047	0,040	0,014	0,014	i.l.r.	0,076	0,465
		8/03/01	4,071	0,024	0,148	0,012	0,047	0,054	0,023	0,017	i.l.r.	0,079	0,404
		9/03/01	3,317	0,017	0,111	0,003	0,011	0,022	0,007	0,007	i.l.r.	0,023	0,201
		10/03/01	3,1	0,019	0,096	0,005	0,018	0,019	0,008	0,009	i.l.r.	0,026	0,200
	site de prox	24/02/01	35,463	0,12	0,41	0,11	0,42	0,21	0,09	0,18	i.l.r.	0,23	1,770
	MORGEX	25/02/01	43,053	0,140	0,39	0,140	0,52	0,29	0,12	0,26	i.l.r.	0,32	2,180
		26/02/01	45,829	0,46	0,78	0,570	1,36	1,01	0,42	1,22	i.l.r.	1,12	6,940
		27/02/01	65,87	0,20	0,54	0,110	0,35	0,27	0,12	0,27	i.l.r.	0,40	2,260
		28/02/01	48,102	0,20	0,59	0,170	0,600	0,41	0,18	0,34	i.l.r.	0,53	3,020
		1/03/01	64,845	0,19	0,48	0,210	0,66	0,49	0,22	0,43	i.l.r.	0,56	3,240
		2/03/01	101,144	0,19	0,24	0,110	0,39	0,45	0,20	0,23	i.l.r.	0,57	2,380
6ème campagne 25/04/01 - 09/05/01	site de fond	25/04/01	3,3	0,002	0,044	0,002	i.l.r	0,009	0,005	0,005	i.l.r	0,022	0,089
	LA THUILE	26/04/01	2	0,039	0,173	0,002	i.l.r	0,015	0,004	0,007	i.l.r	0,033	0,273
		27/04/01	2,1	0,012	0,059	0,006	i.l.r	0,018	0,007	0,011	i.l.r	0,022	0,135
		28/04/01	2,1	0,014	i.l.r	0,004	i.l.r	0,026	0,008	0,008	i.l.r	0,018	0,078
		29/04/01	2,1	0,431	0,696	0,118	0,197	0,164	0,049	0,084	0,028	0,221	1,988
		30/04/01	1,9	0,024	0,130	0,004	i.l.r	0,004	0,002	0,003	i.l.r	0,018	0,185
		1/05/01	1,4	0,003	0,021	i.l.r	i.l.r	0,004	0,001	0,001	i.l.r	i.l.r	0,030
	site de prox	3/05/01	107	0,16	0,03	0,17	0,44	0,25	0,22	0,28	0,41	0,03	1,990
	MORGEX	4/05/01	109	0,080	i.l.r	0,110	0,35	0,16	0,15	0,15	0,000	0,34	1,340
		5/05/01	46	i.l.r	i.l.r	0,010	0,09	0,09	0,03	0,04	i.l.r	0,13	0,390
		6/05/01	28	i.l.r	0,02	0,020	i.l.r	0,05	0,03	0,05	i.l.r	0,14	0,310
		7/05/01		0,02	0,08	0,010	i.l.r	0,02	0,01	0,01	i.l.r	0,06	0,210
		8/05/01	91	0,01	0,06	i.l.r	i.l.r	0,01	0,01	0,01	i.l.r	0,04	0,140
		9/05/01	69	0,01	0,06	i.l.r	i.l.r	0,02	0,01	0,01	i.l.r	0,06	0,170

SUISSE

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

		Jour	HAP ng/m³										
			PAS	FLA	PYR	BaA	CHR	BbF	BkF	BaP	DBA	BghiP	somme
1ère campagne 12/06/00 - 27/06/00	site de fond	12/06/00	1,4	0	0,1	0,01	0,02	0	0,006	0,042	0,001	0	0,179
	GIETTES	13/06/00	1,19	0	0,12	0,002	0,05	0,014	0,005	0,022	0,002	0,002	0,217
		14/06/00	1,06	0,001	0,19	0,001	0,048	0,015	0,006	0,041	0,001	0,012	0,315
		15/06/00	1,58	0	0,21	0,005	0,039	0	0,004	0,039	0	0,015	0,312
		16/06/00	1,28	0,002	0,01	0,001	0,012	0	0,004	0,027	0	0,013	0,069
		17/06/00	1,12	0	0,14	0,01	0,011	0	0,001	0,025	0,002	0,08	0,269
		18/06/00	0,83	0	0,005	0,05	0,015	0,01	0	0,038	0	0	0,118
		19/06/00	0,94	0	0	0,001	0,01	0,19	0,004	0,041	0,001	0	0,247
	site de prox	21/06/00	6,62	0,25	0,500	0,006	0,20	0,260	0,012	0,240	0,00	0,240	1,710
	SEMBRANCHER	22/06/00	5,41	0,26	0,52	0,02	0,28	0,38	0,01	0,25	0,00	0,37	2,099
		23/06/00	8,13	0,37	0,49	0,10	0,18	0,23	0,02	0,27	0,01	0,35	2,007
		24/06/00	5,22	0,48	0,12	0,09	0,15	0,17	0,60	0,20	0,00	0,29	2,097
		25/06/00	3,5	0,31	0,25	0,12	0,25	0,14	0,10	0,20	0,00	0,25	1,617
		26/06/00	6,68	0,19	0,56	0,19	0,20	0,21	0,12	0,31	0,00	0,29	2,072
		27/06/00	6,78	0,18	0,45	0,02	0,14	0,26	0,18	0,32	0,00	0,30	1,857
2ème campagne 28/07/00 - 12/08/00	site de fond	28/07/00	1,02	0,01	0,18	0,010	0,09	0,010	0,006	0,001	0,000	0,020	0,327
	GIETTES	29/07/00	1,28	0,020	0,270	0,08	0,08	0,018	0,005	0,005	0,000	0,002	0,480
		30/07/00	0,71	0,03	0,280	0,080	0,07	0,000	0,007	0,080	0,020	0,008	0,575
		31/07/00	1,75	0,05	0,250	0,00	0,09	0,02	0,00	0,009	0,000	0,020	0,446
		1/08/00	0,7	0,01	0,140	0,01	0,10	0,04	0,00	0,009	0,010	0,010	0,329
		2/08/00	1,57	0,05	0,280	0,01	0,12	0,090	0,01	0,050	0,000	0,000	0,607
		3/08/00	1,24	0,10	0,250	0,09	0,05	0,080	0,00	0,070	0,012	0,010	0,663
	site de prox	5/08/00		0,20	0,350	0,08	0,10	0,197	0,071	0,120	0,020	0,280	1,418
	SEMBRANCHER	6/08/00		0,250	0,580	0,090	0,01	0,198	0,072	0,180	0,080	0,210	1,672
		7/08/00		0,390	0,600	0,100	0,08	0,195	0,067	0,258	0,010	0,140	1,840
		8/08/00		0,470	0,450	0,120	0,15	0,197	0,068	0,140	0,000	0,180	1,775
		9/08/00		0,250	0,400	0,180	0,190	0,206	0,067	0,090	0,000	0,290	1,673
		10/08/00		0,100	0,300	0,070	0,28	0,191	0,069	0,170	0,000	0,100	1,280
		11/08/00		0,260	0,200	0,050	0,240	0,280	0,064	0,300	0,000	0,290	1,684
		12/08/00		0,270	0,400	0,020	0,320	0,297	0,065	0,100	0,001	0,250	1,723
3ème campagne 17/10/00 - 1/11/00	site de fond	17/10/00	1,09	0,200	0,500	0,020	0,054	0,022	0,004	0,020	0,000	0,020	0,840
	GIETTES	18/10/00	1,7	0,280	0,289	0,010	0,013	0,022	0,006	0,089	0,000	0,010	0,719
		19/10/00	2,67	0,120	0,147	0,011	0,015	0,023	0,003	0,057	0,002	0,020	0,397
		20/10/00	2,47	0,140	0,198	0,045	0,029	0,026	0,002	0,064	0,001	0,010	0,515
		21/10/00	1,15	0,170	0,100	0,010	0,010	0,020	0,005	0,065	0,008	0,030	0,418
		22/10/00	0,51	0,190	0,090	0,010	0,097	0,019	0,008	0,032	0,001	0,002	0,449
		23/10/00	0,76	0,200	0,420	0,000	0,053	0,028	0,003	0,012	0,001	0,003	0,720
	site de prox	23/10/00		0,28	0,66	0,09	0,21	0,26	0,12	0,24	0,00	0,34	2,194
	SEMBRANCHER	24/10/00	7,83	0,290	0,458	0,120	0,367	0,280	0,987	0,179	0,005	0,358	3,044
		25/10/00	13,01	0,350	0,259	0,080	0,539	0,368	0,100	0,323	0,006	0,222	2,247
		26/10/00	13,44	0,280	0,470	0,074	0,356	0,539	0,099	0,258	0,010	0,221	2,307
		27/10/00	12,06	0,280	0,351	0,082	0,292	0,656	0,157	0,569	0,004	0,089	2,480
		28/10/00	9,8	0,400	0,500	0,091	0,119	0,292	0,147	0,123	0,003	0,198	1,873
		29/10/00	4,45	0,250	0,800	0,087	0,095	0,119	0,120	0,089	0,001	0,014	1,575
		30/10/00	7	0,280	0,741	0,074	0,201	0,095	0,098	0,145	0,000	0,254	1,888
		31/10/00	7,17	0,270	0,658	0,099	0,264	0,098	0,040	0,189	0,005	0,212	1,835
		1/11/00	4,42	0,120	0,541	0,100	0,102	0,050	0,025	0,193	0,004	0,200	1,335

SUISSE

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

		Jour	HAP ng/m³										
			PAS	FLA	PYR	BaA	CHR	BbF	BkF	BaP	DBA	BghiP	somme
4ème campagne 19/12/00 - 03/01/01	site de fond	19/12/00	0,36	0,258	0,346	0,026	0,028	0,058	0,001	0,000	0,000	0,012	0,729
	GIETTES	20/12/00	1,46	0,024	0,258	0,021	0,045	0,069	0,001	0,000	0,000	0,025	0,443
		21/12/00	0,58	0,258	0,198	0,018	0,058	0,074	0,000	0,000	0,000	0,080	0,686
		22/12/00	0,92	0,231	0,154	0,017	0,067	0,012	0,003	0,021	0,000	0,010	0,515
		23/12/00	0,9	0,258	0,120	0,023	0,074	0,014	0,000	0,011	0,000	0,040	0,540
		24/12/00	0,57	0,214	0,099	0,045	0,056	0,026	0,008	0,015	0,000	0,020	0,482
		25/12/00	3,1	0,200	0,254	0,010	0,023	0,037	0,009	0,023	0,000	0,010	0,566
		26/12/00	0,93										0,000
		27/12/00	0,62										0,000
		28/12/00	2,4										0,000
	site de prox	28/12/00	panne										0,000
	SEMBRANCHER	29/12/00	panne	0,789	0,478	0,140	0,26	0,258	0,124	0,010	0,00	0,287	2,342
		30/12/00	panne	0,26	0,326	0,458	0,24	0,147	0,236	0,120	0,00	0,123	1,908
		31/12/00	panne	0,21	0,258	0,564	0,56	0,158	0,258	0,190	0,00	0,258	2,459
		1/01/01	panne	0,21	0,589	0,654	0,100	0,301	0,147	0,320	0,00	0,241	2,566
		2/01/01	panne	0,15	0,601	0,214	0,12	0,254	0,100	0,290	0,00	0,258	1,984
		3/01/01	panne	0,37	0,621	0,148	0,26	0,478	0,099	0,290	0,00	0,269	2,531
5ème campagne 13/02/01 - 27/02/01	site de fond	13/02/01	1,31	0,023	0,125	0,001	0,050	0,045	0,010	0,032	0,000	0,018	0,304
	GIETTES	14/02/01	3,89	0,014	0,099	0,013	0,068	0,028	0,020	0,048	0,000	0,019	0,309
		15/02/01	0,98	0,052	0,014	0,059	0,070	0,069	0,030	0,056	0,000	0,028	0,378
		16/02/01	1,09	0,058	0,102	0,073	0,051	0,021	0,010	0,012	0,000	0,010	0,337
		17/02/01	3,11	0,063	0,142	0,069	0,058	0,012	0,020	0,022	0,000	0,012	0,398
		18/02/01	1,68	0,020	0,158	0,012	0,042	0,009	0,000	0,039	0,000	0,014	0,294
		19/02/01	1,34	0,010	0,099	0,010	0,012	0,010	0,000	0,010	0,000	0,019	0,170
	site de prox	21/02/01	12,99	0,29	0,60	0,46	0,48	0,22	0,12	0,26	0,00	0,59	2,998
	SEMBRANCHER	22/02/01	14	0,258	0,59	0,765	0,51	0,26	0,27	0,17	0,00	0,26	3,071
		23/02/01	16,62	0,20	0,68	0,325	0,79	0,24	0,17	0,26	0,00	0,15	2,811
		24/02/01	14,14	0,19	0,60	0,200	0,35	0,20	0,17	0,46	0,00	0,75	2,910
		25/02/01	9,9	0,32	0,25	0,800	0,504	0,23	0,26	0,13	0,00	0,16	2,641
		26/02/01	12,89	0,15	0,36	0,125	0,37	0,20	0,26	0,10	0,00	0,26	1,811
		27/02/01	10,5	0,10	0,65	0,100	0,35	0,20	0,32	0,25	0,00	0,46	2,432
6ème campagne 25/01/01 - 09/05/01	site de fond	25/04/01	0,77	0,065	0,180	0,002	0,089	0,055	0,010	0,000	0,000	0,029	0,430
	GIETTES	26/04/01	0,72	0,025	0,100	0,018	0,048	0,045	0,020	0,001	0,003	0,009	0,269
		27/04/01	1,17	0,031	0,150	0,045	0,064	0,039	0,030	0,002	0,002	0,035	0,398
		28/04/01	0,76	0,040	0,132	0,069	0,081	0,041	0,010	0,001	0,000	0,000	0,374
		29/04/01	0,97	0,026	0,142	0,098	0,048	0,055	0,020	0,001	0,001	0,022	0,413
		30/04/01	1,61	0,098	0,189	0,018	0,092	0,080	0,030	0,002	0,001	0,014	0,524
		1/05/01	2,85	0,099	0,102	0,010	0,045	0,015	0,020	0,003	0,000	0,019	0,313
	site de prox	3/05/01	11,83	0,287	0,65	0,0548	0,575	0,258	0,228	0,003	0,001	0,689	2,7458
	SEMBRANCHER	4/05/01	23,59	0,258	0,45	0,0654	0,405	0,452	0,257	0,002	0,004	0,158	2,0514
		5/05/01	10,37	0,198	0,123	0,0389	0,641	0,321	0,212	0,001	0,003	0,247	1,7849
		6/05/01	7,54	0,187	0,128	0,0718	0,654	0,147	0,147	0,002	0,003	0,852	2,1918
		7/05/01	18,85	0,321	0,259	0,0912	0,0409	0,159	0,156	0,001	0,002	0,456	1,4861
		8/05/01	18,45	0,145	0,347	0,0245	0,04	0,354	0,398	0,003	0,004	0,385	1,7005
		9/05/01	18,71	0,1	0,589	0,02	0,05	0,58	0,3	0,002	0,002	0,256	1,899

FRANCE

Concentration de métaux lourds dans les lichens (µg/g)

Site N° Ordre	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Altitude (m)	Métaux ng/m³ Cd	Ni	Pb	Zn
1	331909	5085427	1014	0,4	3,0	17,0	122
2	326230	5086054	1099	0,6	3,0	21,0	99
3	326974	5085283	1156	0,4	2,1	13,0	84
4	327349	5084076	1237	0,4	3,4	9,0	66
5	327699	5084422	1152	0,3	1,7	8,0	46
6	327901	5084983	1043	0,3	2,7	16,0	95
7	329782	5083632	1136	0,4	1,5	7,0	48
8	329411	5085018	996	0,2	1,5	5,0	55
9	329346	5085232	1114	0,2	1,6	6,0	65
10	329065	5085646	1219	0,4	1,3	9,0	79
11	329522	5085800	1314	0,4	2,6	10,0	61
12	330522	5085916	1405	0,5	3,5	12,0	65
13	331103	5086161	1508	0,4	2,2	8,0	38
14	328761	5085811	1327	0,4	2,0	13,0	76
15	328357	5086168	1392	0,3	1,0	4,0	38
16	334099	5088054	1181	0,4	1,8	16,0	72
17	333995	5088163	1282	0,3	1,7	7,0	61
18	333870	5088283	1356	0,3	2,4	15,0	62
19	333873	5088496	1503	0,3	2,0	13,0	72
20	333144	5088379	1647	0,4	2,5	11,0	71
21	332475	5087457	1588	0,4	2,4	8,0	67
22	333054	5087457	1396	0,4	1,7	12,0	54
23	334198	5087821	1120	0,4	1,8	12,0	64
24	335645	5088664	1035	0,3	1,6	9,0	66
25	336371	5089332	1071	0,3	1,9	102,0	70
26	336895	5089252	1082	0,3	2,4	7,0	66
27	337304	5089999	1108	0,3	1,5	14,0	75
28	336201	5089663	1059	0,2	1,2	7,0	58
29	337327	5091196	1098	0,3	1,2	99,0	96
30	337751	5090920	1257	0,3	1,9	10,0	63
31	338446	5092767	1197	0,4	2,1	26,3	109
32	340010	5093724	1286	0,3	2,4	15,9	61
33	340007	5093725	1291	0,3	1,4	9,7	41
34	339345	5094085	1261	0,5	2,9	25,3	113
35	340764	5096327	1436	0,3	1,2	6,9	54
36	340006	5095330	1370	0,4	2,6	14,0	45
37	335472	5087598	1056	0,3	1,5	11,0	88
38	333965	5085177	1292	0,6	4,2	20,0	87
39	334073	5085059	1363	0,6	2,6	10,0	84
40	334160	5084755	1501	0,4	2,2	6,9	70
41	334283	5084654	1615	0,5	2,6	12,2	58
42	334449	5084700	1667	0,5	1,7	4,9	69
46	334082	5086884	1045	0,2	0,9	6,4	58
47	333573	5086409	1053	0,2	1,5	10,0	99
48	335806	5088522	1050	0,4	1,8	13,5	124
49	335670	5089163	1053	0,3	1,3	7,3	93
51	334162	5087163	1037	0,3	1,4	11,0	98
52	333069	5086742	1010	0,4	2,1	10,0	95
53	332176	5085767	1009	0,3	1,4	9,0	68
54	331265	5085025	1000	0,3	1,7	11,0	98
55	330870	5084872	1024	0,6	2,4	10,0	114
56	332713	5085842	1035	0,3	2,2	14,9	143

ITALIE

Concentration de métaux lourds dans les lichens (µg/g)

Site N° Ordre	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Altitude (m)	Métaux ng/m³ Cd	Ni	Pb	Zn
1	337361	5072665	1694	0,32	1,93	9,63	51,53
2	337477	5072745	1638	0,32	1,48	4,94	41,96
3	337491	5073055	1610	0,12	0,96	4,81	27,41
4	337553	5073297	1589	0,20	0,97	9,71	45,63
5	338122	5073365	1577	0,19	1,51	10,05	43,72
6	338408	5073748	1571	0,20	2,02	5,04	38,29
7	338866	5074107	1563	0,15	1,94	9,69	35,36
8	339150	5074929	1541	0,45	5,36	43,89	54,13
9	342797	5077002	1548	0,17	2,00	9,98	36,44
10	343100	5077256	1581	0,13	4,39	29,25	72,14
11	344606	5077710	1642	0,30	1,96	14,69	36,23
12	345614	5078841	1684	0,15	0,99	4,95	28,18
13	346244	5079698	1686	0,16	1,00	4,99	38,39
14	347023	5079709	1739	0,18	0,49	9,81	49,03
15	348832	5081690	1822	0,25	1,99	9,94	58,15
16	348208	5081342	1777	0,20	0,99	9,93	35,25
17	346906	5079652	1686	0,15	1,96	9,82	56,96
18	343402	5077081	1587	0,34	4,52	25,10	61,73
19	345889	5068264	1489	0,33	5,29	14,42	47,58
20	345853	5068208	1652	0,42	6,48	19,94	56,83
21	345433	5068432	1700	0,74	4,17	36,46	80,21
22	344911	5067877	1790	0,23	3,96	9,90	42,57
23	344789	5067754	1850	0,13	2,45	9,82	27,97
24	344133	5067837	1931	0,46	2,92	9,72	67,54
25	343408	5067555	1977	0,39	7,70	33,69	66,90
26	342870	5066905	1865	0,57	2,89	14,45	62,12
27	342551	5066641	1835	0,25	2,89	14,42	52,89
28	341962	5065637	1626	0,41	3,45	9,85	44,34
29	341114	5063415	1532	1,03	4,92	39,36	68,87
30	341464	5062347	1620	0,30	2,90	14,48	52,12
31	341204	5063354	1530	1,07	4,44	54,29	100,20
32	343300	5069444	1195	0,30	5,85	43,90	101,95
33	343362	5069533	1176	0,30	9,44	74,51	117,72
34	341306	5075674	1333	0,41	10,99	52,54	103,65
35	341554	5075610	1323	0,39	8,76	92,48	107,09
36	342022	5075706	1356	0,38	14,39	89,29	99,21
37	342060	5075481	1338	0,46	7,19	33,56	99,25
38	341941	5075433	1340	0,48	7,99	51,71	96,84
39	342064	5075236	1330	0,18	3,98	24,88	63,69
40	342819	5073251	1360	0,27	4,38	14,58	93,33
41	342981	5073136	1368	0,20	2,47	14,81	39,50
42	343110	5072838	1400	0,23	2,40	9,59	42,18
43	343163	5073286	1491	0,31	4,61	18,42	50,65
44	343261	5073545	1495	0,22	4,75	14,26	39,46
45	350294	5069002	1453	0,21	2,41	9,65	36,67
46	344404	5069720	1090	0,30	3,44	14,72	64,78
47	350340	5070557	1812	0,28	4,45	14,84	51,45
48	344565	5069702	1080	0,48	3,87	19,34	62,38
49	350265	5070815	1769	0,32	2,45	9,80	48,04
50	350588	5071452	1830	0,22	1,98	9,89	40,04
51	350823	5071323	1812	0,18	1,43	9,54	38,18
52	350790	5071145	1789	0,24	1,48	9,85	37,94
53	350694	5071493	1790	0,37	2,95	14,77	48,74
54	341623	5067620	1396	0,21	3,42	14,64	48,31
55	343178	5069232	1244	0,21	3,00	20,00	53,49
56	341686	5067641	1391	0,18	2,96	9,88	47,40
57	341119	5063987	1550	0,39	1,94	9,72	50,06
58	341125	5066789	1400	0,17	1,45	9,66	37,67
59	341122	5066802	1414	0,25	3,43	14,70	51,45
60	341222	5064241	1424	0,41	4,38	14,60	62,78
61	341627	5067618	1385	0,36	2,50	19,97	45,94
62	341455	5075987	1397	0,51	4,44	34,53	93,23
transect 1	348378	5067403	990	0,20	7,24	5,38	46,99
transect 2	347877	5067600	1187	0,18	5,71	6,67	47,13
transect 3	347652	5067331	1317	0,33	7,14	8,10	54,76
transect 4	347554	5067071	1425	0,31	5,46	9,64	45,51
transect 5	347068	5067000	1525	0,20	5,50	6,27	48,73
transect 6	346770	5066837	1639	0,31	3,43	5,88	44,59
transect 7	346678	5066822	1663	0,33	4,46	7,85	58,36
transect 8	346616	5066728	1740	0,23	3,41	3,98	44,81
transect 9	347104	5066302	1820	0,18	3,57	7,37	45,58
transect 10	346970	5065995	1937	0,18	3,03	5,86	44,96
transect 11	346548	5065845	2040	0,29	2,70	6,75	42,45

SUISSE

Concentration de métaux lourds dans les lichens (µg/g)

Site N° Ordre	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Altitude (m)	Métaux ng/m³ Cd	Ni	Pb	Zn
1	575088	104467	1361	0,32	9,38	2,62	119,09
2	577279	106042	1475	0,19	2,46	1,73	59,00
3	577803	106753	1466	0,33	8,06	3,11	71,94
4	578754	106572	1647	0,11	1,98	3,05	41,45
5	580352	106974	1875	0,17	4,75	2,89	55,66
6	576456	101370	1262	0,16	2,58	0,81	42,49
7	575724	101258	1805	0,30	13,30	1,73	61,30
8	575966	101540	1650	0,22	5,69	2,36	56,39
9	575974	101726	1580	0,50	10,33	3,06	81,32
10	576288	101369	1407	0,17	1,96	0,76	44,53
11	576679	101251	1201	0,23	5,14	2,17	59,75
12	576861	101511	1078	0,17	3,87	1,96	60,67
13	576985	101566	1002	0,19	5,67	1,64	49,15
14	576999	101761	945	0,23	4,68	5,02	66,93
15	576928	101928	910	0,24	4,91	2,29	53,03
16	577175	101873	957	0,17	2,79	2,12	51,51
17	577152	102126	869	0,25	3,48	1,41	60,62
18	578011	93424	1790	0,16	5,40	4,23	36,82
19	577961	94293	1722	0,37	9,62	8,31	68,90
20	578292	93503	1690	0,20	1,54	1,76	42,79
21	578458	93540	1620	0,26	5,66	8,86	41,14
22	578551	93090	1580	0,28	5,18	3,96	48,03
23	578698	93546	1537	0,23	4,39	3,65	49,49
24	578638	94092	1470	0,17	3,17	2,48	46,26
25	579309	93569	1335	0,24	8,44	8,28	47,14
26	581750	94534	2018	0,24	3,70	2,63	50,63
27	581275	94371	1860	0,16	4,71	2,67	49,16
28	572977	99558	1320	0,20	2,89	3,00	58,65
29	572578	100009	1260	0,09	2,86	1,41	32,01
30	572257	100169	1200	0,39	2,27	0,90	48,98
31	571869	101426	1070	0,27	2,85	13,72	61,99
32	571720	101618	980	0,27	2,81	1,96	62,11
33	571672	101766	926	0,31	7,47	2,42	82,92
34	571740	102272	790	0,20	3,07	1,14	52,09
35	575781	105311	1328	0,42	6,43	3,38	64,00
36	574832	104833	1358	0,33	5,40	5,00	73,13
37	573959	104485	1278	0,20	3,20	1,68	45,96
38	573101	104126	1120	0,47	10,88	3,48	94,24
39	572668	104100	1027	0,16	2,92	3,05	51,96
40	572580	104240	957	0,10	2,12	1,69	41,91
41	572239	104172	890	0,18	4,65	6,21	59,53
42	567641	104036	1700	0,19	5,06	3,58	84,64
43	569027	105069	1366	0,21	4,20	2,78	59,71
44	562790	118982	1340	0,20	2,81	2,78	45,10
45	562315	119381	1256	0,17	2,56	1,78	48,44
46	563221	119194	1157	0,17	4,00	4,08	63,58
47	565314	109840	1415	0,22	3,87	1,67	45,23
48	566067	109725	1375	0,15	2,46	1,60	47,53
49	567112	109387	1260	0,26	7,77	1,62	58,32
50	567487	109077	1200	0,25	4,53	2,16	65,09
51	581288	90032	1755	0,32	3,46	2,74	48,43
52	581279	89941	1750	0,21	3,00	2,74	45,35
53	581590	89503	1611	0,22	3,99	2,71	44,42
54	582484	88511	1858	0,22	3,02	3,14	62,31
55	582569	88068	1816	0,24	3,31	4,47	65,07
56	582439	87967	1740	0,19	5,73	5,45	68,29
57	581856	91085	1500	0,15	3,27	2,89	46,78
58	579670	97096	1665	0,17	2,39	2,87	47,27
59	578617	97095	1500	0,28	7,88	3,18	72,15
60	578437	96492	1322	0,31	5,15	3,93	71,06
61	574400	84162	1812	0,18	4,26	12,86	55,03
62	573706	85530	1697	0,17	2,18	2,97	53,14
63	573476	87120	1630	0,13	2,05	2,08	51,49
64	574045	88682	1542	0,30	6,68	5,97	85,36
65	574484	90174	1447	0,36	7,55	3,01	75,52
66	574737	91105	1352	0,33	3,69	5,24	78,91
67	575372	92640	1259	0,16	2,81	2,62	56,02
68	575813	94842	1148	0,23	4,06	1,66	72,91
69	572081	102406	837	0,21	1,45	1,03	35,09
70	571600	99654	1353	0,27	2,55	1,93	54,09
71	562315	102260	1712	0,24	6,11	2,16	63,38
72	562400	101997	1607	0,28	5,66	2,22	47,56
73	565376	101000	1293	0,19	5,16	2,93	51,73
74	564409	110177	1789	0,26	5,33	2,72	57,51
75	564648	110110	1630	0,38	6,84	3,93	63,53
76	564923	110223	1551	0,47	10,08	2,88	66,68
77	565234	110006	1451	0,21	2,25	1,04	35,43
78	566833	109935	1372	0,14	1,29	1,03	37,61
79	567447	109120	1212	0,27	4,52	2,48	60,49
80	566216	100600	1417	0,21	3,15	1,86	54,08
82	568286	100575	1736	0,17	2,41	1,42	48,63
83	568794	100615	1882	0,15	4,83	1,45	44,34
84	569134	100638	1982	0,21	4,65	2,12	50,81
85	569365	100625	2013	0,17	2,53	1,16	36,08
86	569146	100769	1932	0,15	2,91	1,83	49,55

Ce projet a été financé par :

Union Européenne

Espace Mont-Blanc

République et Canton du Valais
Département des Transports, de l'Equipement et de l'Environnement

Région Autonome Vallée d'Aoste
Assessorat du Territoire de l'Environnement et des Ouvrages publics

ARPA
(Agence Régionale pour la Protection de l'Environnement)

Région Autonome Vallée d'Aoste

L'Air de l'Ain et des Pays de Savoie

ADEME
(Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)

Conseil Régional Rhône-Alpes

Conseil Général Haute-Savoie

Ville de Chamonix

Conférence Transfrontalière Mont-Blanc :

Secrétariat Général de l'Espace Mont-Blanc
175, rue Paul Corbin-Chedde
74190 Passy France
Tél. (0033) (0)4 50 93 66 73
Fax (0033) (0)4 50 78 25 79
e-mail :
info@espace-mont-blanc.com

République et Canton du Valais Service de l'Aménagement du Territoire
11, rue des Cèdres
1950 Sion Suisse
Tél. (0041) (0)27 606 32 50
Fax (0041) (0)27 606 32 54
e-mail : willy.cretton@vs.admin.ch

Région Autonome Vallée d'Aoste Assessorat du Territoire, de l'Environnement, et des Ouvrages publics
1, rue L. Promis
11100 Aoste Italie
Tél. (0039) (0)165 27 28 27
Fax (0039) (0)165 27 28 16
e-mail : s.muti@regione.vda.it

Syndicat Intercommunal Espace Nature Mont-Blanc
Hôtel de ville, BP 89
74402 Chamonix Mont-Blanc
France
Tél. (0033) (0)4 50 53 11 13
Fax (0033) (0)4 50 55 87 20
e-mail :
chamonix.sam.jmb@chamonix.com

Document imprimé sur papier recyclé blanchi sans chlore
DDB nouveau monde snell & associés - 344 446 810 RCS ANNECY - Crédit photos : ESA/Ciel et Espace - Cartes SIG Espace Mont-Blanc - Mat Air - Arpa - L'Air de l'Ain et des Pays de Savoie