

MANDAT DONNÉ PAR LE GT "RECHERCHE DE SITE  
HÔPITAL RIVIERA - CHABLAIS VAUDOIS ET VALAISAN"

## ***Analyse des sites selon le procédé « Mindistance »***

André Zinggeler, OFS, Neuchâtel  
JUN 2002

Traduction de l'Allemand et de l'Anglais:  
**TRAD & SERVICES Sàrl, 1963 Vétroz**  
(Marie-Angèle Carron)

# Table des matières

<b>1</b>	<b>MÉTHODE</b> .....	<b>4</b>
1.1	Introduction à l'analyse des réseaux	4
1.2	Le modèle de données NETWORK	4
1.3	Le transfert vers ArcInfo	4
1.4	Allocation	5
1.4.1	Les différents modèles	6
<b>2</b>	<b>BASES DE DONNÉES</b> .....	<b>10</b>
2.1	Population	10
2.2	Coordonnées des centres	10
2.3	Réseau routier	12
2.4	Modèle de terrain	14
<b>3</b>	<b>CONVERSION</b> .....	<b>14</b>
3.1	Éléments de lignes	14
3.2	Nœuds	15
<b>4</b>	<b>CALCULS ET RÉSULTATS</b> .....	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSION</b> .....	<b>18</b>

# Introduction

## Mandat

Le 16 avril 2002, le groupe de travail « Recherche de Site » Hôpital Riviera / Chablais VS et VD nous a mandatés pour évaluer les sites potentiels d'installations hospitalières dans la région concernée. Après quelques séances et discussions introductrices, le mandat a pu être formulé avec tous les détails nécessaires et les analyses ont été effectuées dans les délais, selon ce qui a été convenu dans le mandat, et documentées à l'aide de cartes et de tableaux.

Le 31 mai 2002, à l'occasion d'une séance à l'OFS, nous avons été priés de rédiger un rapport détaillé qui devait présenter les méthodes et procédés utilisés et expliquer les résultats sous forme résumée.

## Résumé

Ce mandat a consisté à trouver des sites pour un nouvel hôpital, en tenant compte de l'accessibilité optimale (par le réseau routier). Pour venir à bout d'une telle tâche, nous avons pu utiliser le module Network de notre système d'information géographique (SIG) ArcInfo. Avec la méthode « Mindistance », nous avons trouvé des lieux pour lesquels la distance totale parcourue par l'ensemble des « clients » (demandes) devient minimale.

La zone d'enquête englobe la partie inférieure de la vallée du Rhône et les régions contiguës. Celles-ci comprennent les districts de Monthey, St-Maurice, Aigle, Vevey et Pays d'Enhaut ainsi que, pour une variante, le district de Lavaux. Les calculs ont été exécutés avec le réseau routier numérique VECTOR200 de l'Office fédéral de la topographie et avec différents états de la population (1990 et 2000).

Les calculs indiquent que les localités de Veytaux et de Villeneuve (VD) apparaissent comme les localités pour lesquelles les distances à parcourir sont minimales, notamment en raison de la distribution de la population dans la zone d'enquête.

Les chapitres et sections suivantes décrivent en détail la méthode, les données de base, la mise en oeuvre et les résultats.

# 1 Méthode

Les méthodes utilisées sont si bien décrites dans la documentation d'ArcInfo, qu'elles sont reprises en grande partie ici (traduites de l'anglais). Nous avons repris les informations allant des notions générales aux détails de la méthode utilisée, afin d'offrir la possibilité de comprendre réellement le procédé. Nous considérons également que les passages qui relativisent les résultats des modélisations et précisent que l'on ne peut pas tenir compte de tous les aspects dans un modèle sont importants.

## 1.1 Introduction à l'analyse des réseaux

*Les déplacements de personnes, le transport et la distribution de marchandises et de services, la fourniture de ressources et d'énergie, ainsi que la transmission d'informations se font à travers des systèmes de réseaux déterminables. Les réseaux constituent l'infrastructure du monde moderne. La forme, la capacité et l'efficacité de ces réseaux ont un impact substantiel sur notre niveau de vie et affectent notre perception du monde qui nous entoure. Le module ARC/INFO NETWORK facilite la modélisation de réseaux dans l'espace. NETWORK permet de déterminer des trajectoires et itinéraires de voyage efficaces. Ce programme permet de calculer la répartition des ressources et d'estimer les interactions dans l'espace.*

*NETWORK fournit des outils pour trouver des trajectoires – la trajectoire la plus courte ou d'impédance minimale à travers un réseau. ... Le calcul matriciel de la distance vous permet de déterminer les distances entre des séries d'origines et de destinations. L'attribution d'emplacements détermine des emplacements de sites et lie la demande aux sites.*

*NETWORK est parfaitement intégré avec la sélection de caractéristiques, l'affichage et la capacité de recherches fournies par ARCPLOT. NETWORK profite pleinement des avantages du modèle de données du système d'itinéraires et des fonctions de segmentation dynamique dans ARCPLOT pour l'affichage et l'analyse des résultats.*

ArcInfo propose différents modèles pour le calcul de réseaux, entre autres le modèle MinDistance, qui permet de calculer la distance la plus courte entre des points prédéfinis au sein d'un système de réseaux.

## 1.2 Le modèle de données NETWORK

*En général, un réseau est un système de caractéristiques linéaires interconnectées à travers lesquelles des ressources sont transportées ou on communique. Le modèle de données NETWORK est une représentation abstraite des composants et caractéristiques de systèmes des réseaux du monde réel. Le modèle est constitué de liens de réseau, de nœuds, d'arrêts, de centres et de tours de réseau. Pour produire des modèles de réseaux efficaces, il est primordial de comprendre le rapport entre les caractéristiques des systèmes physiques de réseaux et la représentation de ces caractéristiques par les éléments du modèle de réseau.*

## 1.3 Le transfert vers ArcInfo

Le système vectoriel d'information géographique ArcInfo convertit les modèles en arcs et nœuds.

*Les arcs et les nœuds, combinés avec les éléments de réseau spécifiques tels que les arrêts, centres et changements de direction, constituent le modèle NETWORK. Les caractéristiques de tout système conçu dans NETWORK doivent être synthétisées sous une forme qui puisse être*

représentée par un de ces éléments. La représentation d'éléments de réseau requiert une préparation des données comme cela sera discuté dans les sections suivantes.

### **Impédance des liens**

Le coût lié à la traversée d'un lien de réseau entier est appelé l'impédance du lien. Par exemple, il faut du temps à un camion pour faire des livraisons à travers un réseau de rues d'une ville et il faut de l'argent pour payer le chauffeur. Soit le temps, soit l'argent, soit une combinaison des deux coûts peuvent être utilisés comme impédance du lien.

### **La demande de nœud**

La demande est l'utilisation d'une ressource par une entité qui est associée avec un élément de réseau. La demande de nœud représente le volume de demande attribué quand un nœud est assigné à un centre lors d'une analyse de répartition ou d'attribution d'emplacement. Il y a une seule demande associée à un nœud. Un nœud peut ne peut être assigné qu'à un seul centre.

La demande de nœud est utilisée par la commande ALLOCATE pour représenter l'utilisation de l'offre d'un centre de ressources. La demande de nœud est aussi utilisée par LOCATEALLOCATE, INTERACTION et ACCESSIBILITY.

## **1.4 Allocation**

L'une des fonctions de base de beaucoup d'entreprises et d'agences gouvernementales est de fournir des services et de distribuer des marchandises et des ressources. Dans la plupart des cas, les systèmes de distribution à travers lesquels ces fonctions se réalisent peuvent être conçus et modélisés comme des systèmes de réseaux. La commande ALLOCATE facilite la modélisation de la distribution des ressources à travers un réseau spatial et la détermination de zones de service.

L'attribution (allocation) est la modélisation de l'offre et de la demande à travers un système de réseaux. L'offre représente une quantité d'une ressource quelconque ou d'un produit qui est localisé sur une installation appelée un centre. La demande est le potentiel d'utilisation de la ressource ou du produit. L'attribution est le processus qui consiste à faire correspondre l'offre et la demande en un ou plusieurs emplacements dans l'espace.

Pour assortir la demande à l'offre, il doit y avoir un transport ou un mouvement dans le réseau. La demande doit être amenée à l'offre, ou l'offre doit être amenée à la demande par transport à travers le réseau. Par exemple, l'énergie électrique est produite dans une centrale électrique et distribuée aux consommateurs à travers un réseau de distribution. La centrale est le centre avec l'offre disponible en énergie; les consommateurs situés tout au long des liens du réseau d'énergie créent la demande. Dans cette situation, la ressource offerte, l'énergie électrique, doit être transportée à travers le réseau pour répondre à la demande des consommateurs. Le contraire existe quand les étudiants doivent être assignés à une école. L'école a une offre limitée de sièges disponibles à assigner aux enfants qui habitent le long des rues d'un réseau de routes. Les enfants constituent la demande pour l'offre de sièges au centre, l'école. La demande, les enfants, doit être transportée à travers le réseau au centre, l'école, pour remplir l'offre de sièges.

L'impédance dans le réseau est la résistance au mouvement ou le coût du transport qui entrave ou empêche la correspondance entre l'offre et la demande. Il y a de nombreuses manières de mesurer l'impédance. Dans le cas du problème de l'assignation à une école, l'impédance peut être le temps mis par l'enfant pour marcher jusqu'à l'école. Pour l'entrepreneur, l'impédance pourrait être le coût financier du transport de sable.

Dans NETWORK, les centres sont modélisés aux nœuds du réseau. L'offre est un attribut des centres. La demande est associée aux liens du réseau et aux nœuds, et est un attribut des arcs et des nœuds. Les impédances sont modélisées comme des attributs d'arcs et de changements de direction, exactement de la même manière que pour la recherche de trajectoires.

**Location-allocation** est le processus qui consiste à déterminer l'emplacement le meilleur ou « optimal » pour une ou plusieurs installations afin que la prestation ou le bien soit rendu accessible à la population de la manière la plus efficace. Les modèles optimisent l'efficacité en procédant simultanément à la configuration des installations (location) et à l'assignation des personnes aux installations (allocation), d'où le terme location-allocation.

...

*Les bibliothèques, écoles, hôpitaux, bureaux de poste, centres de garderie, parcs, gares routières, arrêts de bus et services postaux sont des exemples de services publics. L'objectif de l'affectation des services publics, à savoir maximiser le bien-être public, est une qualité qui ne peut pas être directement mesurée. Par exemple, une ville a des fonds pour construire deux bibliothèques publiques. Il serait logique de les situer à proximité immédiate de la majorité de la population. Mais il serait tout aussi logique de les distribuer à travers la ville afin que toute personne bénéficie d'un service équitable.*

*Toute décision relative à l'emplacement d'une installation publique soulèvera des questions d'équité. Laquelle de ces deux solutions est la plus « équitable » ? Celle avec un trajet moyen de 8 miles, où certaines personnes doivent franchir 20 miles? Ou une solution avec un trajet moyen de 10 miles, où personne ne doit franchir plus de 15 miles?*

*Un modèle location-allocation peut être utilisé pour garantir que personne ne doive franchir plus de, disons, 15 miles pour atteindre la bibliothèque la plus proche.*

Comme le démontrent ces exemples, trouver le bon emplacement ne pose pas toujours qu'un simple problème de modélisation, mais également un problème d'ébauche de modèle « équitable » et de directives qui permettent une telle équité.

#### **1.4.1 Les différents modèles**

*Il y a six modèles location-allocation disponibles dans ARC/INFO, chacun conçu pour résoudre un type de problème différent. Pour utiliser ces modèles efficacement, il est important de comprendre chaque modèle à fond (le genre de problèmes qu'il est apte à résoudre et le genre de solutions qu'il a tendance à proposer).*

*Les modèles location-allocation déterminent les emplacements pour des centres et l'affectation de la demande aux centres conformément à un objectif spécifique [par ex. minimiser le coût de transport pour envoyer des marchandises depuis des usines de fabrication (centres) jusqu'aux commerces de détail (demande)]. Certains modèles imposent également des contraintes sur la solution (par ex. veiller à ce qu'aucune demande ne soit à plus de 10 miles de son centre le plus proche).*

*Les modèles peuvent être regroupés en trois catégories selon le type général de problèmes qu'ils sont sensés résoudre. Il en s'agit en aucun cas de catégories statiques. La modélisation et l'analyse est un processus flexible et les catégories ont tendance à imposer des limitations plus que n'importe quoi d'autre. Il est toutefois utile d'utiliser ces catégories afin de parvenir à comprendre les différents modèles.*

**Modèle d'emplacement du secteur privé** où l'objectif est de minimiser les coûts et d'optimiser l'efficacité.

*MINDISTANCE (problème du P médian) - minimise la distance totale parcourue de tous les points de demande au centre le plus proche.*

**Modèles d'emplacement du secteur public** où l'objectif est de fournir un service équitable tout en maximisant l'efficacité.

*MAXATTEND (problème consistant à maximiser la fréquentation) – maximise l'affectation de la demande à chaque centre, la probabilité d'affectation décroissant linéairement avec la distance.*

*MINDISTPOWER (problème consistant à minimiser la distance totale élevée à une certaine puissance) - minimise la distance totale parcourue, la distance mesurée dépendant d'une fonction puissance.*

*MINDISTANCE – (problème du P médian avec une contrainte de distance maximale) - minimise la distance totale parcourue tout en veillant à ce qu'aucune demande ne soit au-delà d'une distance donnée.*

**Modèles d'emplacement du service des urgences**, l'objectif étant de desservir le plus possible de gens dans un temps ou une distance donnée.

*MAXCOVER* (problème d'emplacement à couverture maximale) - maximise la demande couverte dans un temps ou une distance donnée.

*MAXCOVER* – avec contrainte (problème d'emplacement à couverture maximale avec une contrainte de proximité obligatoire) - maximise la demande couverte dans un temps ou une distance donnée tout en veillant à ce qu'aucune demande ne soit au-delà d'une seconde distance (extérieure).

Etant donné que le cahier des tâches ne prévoit qu'un seul centre et que toute la population doit être prise en considération, il ne servirait à rien d'appliquer des modèles sophistiqués qui n'offriraient des avantages qu'à une partie de la population. Nous nous sommes donc limités au modèle le plus simple et le plus transparent, mindistance.

### **Modèle MINDISTANCE**

Déterminer l'emplacement d'un certain nombre d'installations,  $P$ , de telle sorte que la distance totale à parcourir soit minimisée (Hakimi, 1965).

*Contraintes*

Seul l'emplacement d'un certain nombre d'installations,  $P$ , sera déterminé.

Chaque nœud de demande se déplace vers l'installation la plus proche.

La figure ci-dessus indique la solution pour une installation. L'installation est située au « centre de gravité » où se trouvent la majorité des points de demande, tendant vers ceux ayant un plus grand poids. Intuitivement, vous pouvez voir que cet emplacement serait centralisé par rapport à la majorité de la demande ou en d'autres termes, l'emplacement médian. Ce modèle peut être appliqué pour trouver les emplacements optimaux pour n'importe quel nombre d'installations et est connu sous le nom de Problème du  $P$  médian (*P-Median Problem*) dans la littérature relative à la location-allocation, la valeur  $P$  étant le nombre d'installations à placer.

Ce modèle s'applique a priori aux problèmes du secteur privé, où l'objectif est de minimiser les coûts de transport. Par exemple, considérez une société qui gère un ensemble de magasins de détail et d'installations d'entrepôts. Transporter le produit des entrepôts aux magasins peut entraîner un coût élevé dans le temps. La procédure MINDISTANCE traiterait les commerces de détail comme des points de demande et situerait le nombre désiré d'entrepôts de façon à minimiser la distance totale parcourue dans le système, maintenant ainsi la distribution et les coûts de livraison à un niveau minimum.

Minimiser la distance totale parcourue peut avoir pour conséquence que certains points de demande soient excessivement éloignés de leur centre le plus proche, comme le montre la figure ci-dessus. L'accessibilité individuelle n'est pas un problème dans le secteur privé parce que la principale préoccupation de ce dernier est le coût global.

D'un autre côté, lorsque l'équité du service entre en jeu, par exemple pour situer une bibliothèque publique, il est important de prendre en considération l'accès individuel. Le modèle MINDISTANCE peut être modifié pour réduire la variation entre individus.

Le modèle suivant, MAXATTEND, peut toutefois fournir des solutions moins « équitables », car il prend uniquement en considération la demande dans un intervalle spécifique et il maximise la densité de la demande desservie.

Les deux modèles suivants, MINDISTPOWER et MINDISTANCE avec contrainte, sont des variations du modèle MINDISTANCE conçues pour fournir des solutions équitables en ce qui concerne l'accessibilité individuelle.

Les modèles MAXCOVER et MAXCOVER avec contrainte incorporent le concept de « couverture » dans un temps ou une distance donnée.

### **Utilisation de modèles pour la planification**

Critique de l'utilisation de modèles mathématiques pour la planification.

*La planification est une activité continue dans la plupart des organisations. Un modèle peut aider les planificateurs à atteindre leurs objectifs à court ou à long terme. Une entreprise pourrait réduire les coûts de distribution de ses marchandises en situant ou en resituant ses entrepôts près de ses clients. Un modèle qui identifierait les grandes concentrations de clients aiderait des planificateurs à décider où situer des installations.*

*Méfiez-vous d'un modèle qui pourrait produire une solution mathématiquement correcte mais inutilisable dans la pratique. Un modèle utilisé pour affecter des enfants aux écoles les plus proches de leur domicile pourrait remplir certaines écoles au-delà de leur capacité, ou pourrait proposer des affectations qui ne seraient pas réalisables, comme le fait qu'un enfant doive traverser une autoroute.*

*Vu qu'aucun modèle ne fournira une réponse définitive, utilisez les modèles pour obtenir un grand nombre d'alternatives. Faire tourner un même modèle plusieurs fois avec des hypothèses légèrement différentes produira un ensemble de configurations alternatives avec une liste de coûts et d'avantages pour chacune. Lorsque vous implémenterez les différents modèles, suivez l'évolution des emplacements qui satisfont à la majorité des passages. Ces emplacements pourraient être considérés comme excellents. L'aperçu obtenu en fournissant des solutions aux modèles est plus critique que la solution exacte.*

*Certains cas spéciaux exigent des hypothèses solides que l'on rencontre difficilement dans la réalité. Etant donné que les modèles sont facilement disponibles dans ARC/INFO et que les résultats statistiques et graphiques peuvent être obtenus rapidement, il est facile de structurer un problème afin qu'il corresponde à l'un des modèles disponibles, même si un autre modèle aurait peut-être été plus approprié. Comme beaucoup d'outils en sciences, cet ensemble d'outils peut être mal utilisé. Cela ne diminue pas la solidité des modèles ou leur valeur quand ils sont employés convenablement, mais cela exige une plus grande responsabilité de la part de l'analyste (adapté de Hillsman, 1984).*

Formulation du problème du P médian

*Le problème du p médian situe p centres de façon à minimiser la distance totale pondérée parcourue des centres aux emplacements de demande. Le problème du p médian peut être résolu avec la formule mathématique ci-dessous (ReVelle et Swain, 1970).*

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_i \cdot d_{ij} \cdot x_{ij}$$

subject to:

- 1)  $\sum_{j=1}^m y_j = p$                       restricts the number of facilities to  $p$
- 2)  $\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1, \forall i$                       ensures that every demand location  $i$  is served
- 3)  $y_j \geq x_{ij}, \forall i, \forall j$                       node  $i$  can assign to  $j$  only if there is an open facility at  $j$  (if  $x_{ij}=1$ , then  $y_j=1$ )
- 4)  $y_j = 0, 1, \forall j$                       facility site location decision variable
- 5)  $x_{ij} = 0, 1, \forall i, \forall j$                       allocation decision variable

*légende :*

- $i$  = emplacement de demande
- $j$  = emplacement d'installation candidat
- $n$  = nombre d'emplacements de demande
- $m$  = nombre d'emplacements d'installations candidats
- $p$  = nombre d'installations à situer
- $w_i$  = pondération au nœud de demande  $i$
- $d_{ij}$  = distance la plus courte entre emplacement de demande  $i$  et candidat  $j$
- $y_j$  = 1, si l'installation est située sur le site  $j$   
= 0, autrement
- $x_{ij}$  = 1, si l'emplacement de demande  $i$  est desservi par l'installation sur le site  $j$   
= 0, autrement

## 2 Bases de données

La modélisation se base sur les jeux de données numériques disponibles. Ainsi, les données géométrico-cartographiques proviennent de l'Office fédéral de la topographie et les données sur la population sont relevées et publiées par l'OFS.

### 2.1 Population

En modélisation, on part du principe que le trajet du domicile à un centre potentiel est parcouru de la même manière par chaque personne. C'est pourquoi le nombre de personnes vivant dans une commune est un paramètre important.

Pour pouvoir apprécier l'influence de l'évolution de la population, les modélisations ont été effectuées avec différents états de population. Malheureusement, les données du recensement 2000 de la population n'étaient pas encore disponibles au moment de la modélisation. Nous avons donc dû prendre à ce moment-là les chiffres de la statistique annuelle de la population, qui reposent sur les indications des services de contrôle des habitants des différentes communes. Nous avons donc utilisé les données de population suivantes :

1990	Recensement de la population Recensement fédéral de la population 1990, OFS GEOSTAT
2000	Statistique de l'état annuel de la population (ESPOP) 2001 Bilan de la population résidente permanente en 2000: état de la population au 31 déc. 2000

Les données de la population qui se réfèrent aux communes ont été liées aux coordonnées des centres décrites ci-après. Dans le modèle, la population d'une commune tout entière est concentrée en un point unique. Cependant, pour le test, nous avons également effectué un calcul où la population est répartie avec une dispersion de 1 ha. Ce jeu de données provient uniquement du recensement de 1990, et n'est pas encore disponible pour le recensement de 2000.

### 2.2 Coordonnées des centres

Le jeu de données coordonnées des centres contient une coordonnée centrale pour chaque commune. Cette coordonnée de centre a été positionnée à la main à l'aide de différents plans et cartes et n'est pas tout à fait homogène. Selon la morphologie de la commune, nous avons par exemple choisi les coordonnées des clochers, de places centrales ou de carrefours importants. La situation s'est corsée lorsque nous disposions de différents points-clés communaux, par ex. la gare – le centre historique, ou lors de fusions de communes. Dans ce cas, nous avons placé les coordonnées selon notre interprétation individuelle, soit entre les points-clés, soit sur le point-clé le plus important.

Les coordonnées sont en outre arrondies à 100 m pour ne pas donner l'impression d'une précision aléatoire.

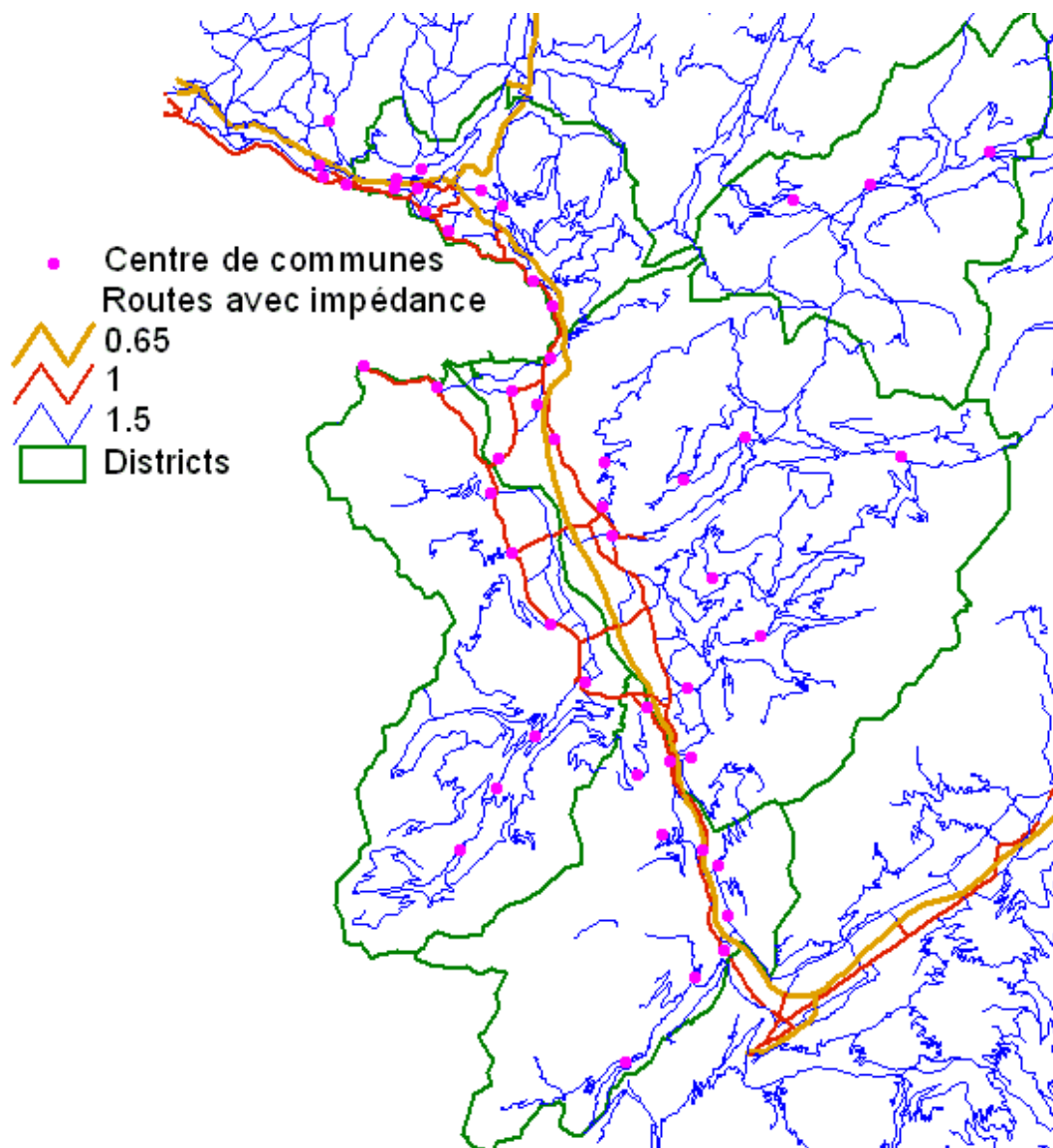
Le tableau ci-dessous liste les coordonnées utilisées pour la modélisation, ainsi que leur point de référence vraisemblable sous « remarques ». Il n'est pas toujours facile de saisir le sens original du site sélectionné.

Comm.	Nom	District	Canton	Coord. X	Coord. Y	Remarques
5401	Aigle	2201	22	563600	129700	Point entre la gare et le centre de la vieille ville
5402	Bex	2201	22	567300	122200	Centre du village
5403	Chessel	2201	22	558100	133300	Clocher
5404	Corbeyrier	2201	22	563200	133400	Clocher
5405	Gryon	2201	22	571000	124800	Clocher
5406	Lavey-Morcles	2201	22	567700	118700	Clocher (Lavey)
5407	Leysin	2201	22	567000	132500	Milieu des clochers
5408	Noville	2201	22	558600	136900	Carrefour principal
5409	Ollon	2201	22	568500	127400	Milieu Ollon - Villars sur Ollon
5410	Ormont-Dessous	2201	22	570200	134600	Centre de la localité Le Sépey
5411	Ormont-Dessus	2201	22	578000	133600	Carrefour à l'ouest du village
5412	Rennaz	2201	22	560000	136200	Clocher
5413	Roche (VD)	2201	22	561000	134500	Carrefour au milieu du village
5414	Villeneuve (VD)	2201	22	560600	138600	Carrefour à l'entrée nord du village
5415	Yvorne	2201	22	563200	131200	Clocher
5841	Château-d'Oex	2215	22	576500	147000	Carrefour au milieu du village
5842	Rossinière	2215	22	572600	146300	Carrefour au milieu du village
5843	Rougemont	2215	22	582400	148700	Rue principale au milieu du village
5881	Blonay	2218	22	558200	146000	Carrefour au milieu du village
5882	Chardonne	2218	22	553000	147500	Clocher
5883	Corseaux	2218	22	552900	147000	En dehors du centre du village
5884	Corsier-sur-Vevey	2218	22	554200	146700	Carrefour au milieu du village
5885	Jongny	2218	22	554300	147800	En dehors du centre du village
5886	Montreux	2218	22	559600	142400	Centre du village
5888	Saint-Légier-La Chiésaz	2218	22	557100	146800	Milieu des centres du village
5889	La Tour-de-Peilz	2218	22	555600	144800	En dehors du centre du village
5890	Vevey	2218	22	554400	145700	Centre ville
5891	Veytaux	2218	22	560700	141100	Centre du village
6151	Champéry	2308	23	556100	114200	Clocher
6152	Collombey-Muraz	2308	23	560600	125300	Centre du village
6153	Monthey	2308	23	562300	122500	Centre du village
6154	Port-Valais	2308	23	554900	137000	En dehors du centre du village
6155	Saint-Gingolph	2308	23	551300	138000	Centre du village
6156	Troistorrents	2308	23	559800	119800	Centre du village
6157	Val-d'Illicz	2308	23	557900	117200	Clocher
6158	Vionnaz	2308	23	558600	128900	Centre du village
6159	Vouvry	2308	23	557600	131800	Centre du village
6211	Collonges	2310	23	568900	113400	Centre du village
6212	Dorénaz	2310	23	569500	110900	Centre du village
6213	Evionnaz	2310	23	568000	114200	Clocher
6214	Finhaut	2310	23	564300	103600	Centre du village
6215	Massongex	2310	23	565400	121300	Clocher
6216	Mex (VS)	2310	23	566100	115000	Centre du village
6217	Saint-Maurice	2310	23	566500	118600	Centre du village
6218	Salvan	2310	23	567800	107800	Clocher
6219	Vernayaz	2310	23	569300	109300	Centre du village
6220	Vérossaz	2310	23	564900	117900	Centre du village

Les coordonnées des centres sont liées au réseau routier et y sont intégrées. Les points centraux sont alors projetés sur le réseau routier, ce qui génère une série supplémentaire de nœuds sur le réseau routier, lesquels représentent les communes et d'autres attributs (par exemple, différents états de population, site potentiellement envisageable pour un hôpital, etc.).

## 2.3 Réseau routier

Pour le calcul de réseaux, le jeu de données de base est le réseau, dans notre cas dans le réseau routier suisse. Cela fait très longtemps que nous modélisons avec le réseau routier numérique fourni par l'Office fédéral de la topographie en format vectoriel au 1:200'000, parce qu'il représente le réseau adéquat, avec une précision suffisante, pour les calculs de réseaux sur des distances plus importantes.



Extrait de la description des données sur Internet:

<http://www.swisstopo.ch/fr/digital/VECTOR200/INDEX.htm>

Vector200, état au 10.8.01, S+T

*VECTOR200 est un modèle du paysage à petite échelle en 2D qui se base sur le contenu et la géométrie de la Carte nationale 1:200'000. Par conséquent, il couvre l'ensemble de la Suisse et les régions frontalières avec une surface totale de 103'200 km<sup>2</sup> (surface CH = 42'000 km<sup>2</sup>). VECTOR200 décrit environ 404'000 objets avec leur situation, leur forme, leur catégorie d'objets, d'autres attributs et leur relation avec leur environnement (topologie).*

*Outre le réseau complet des routes et des chemins de la Carte nationale au 1:200'000, la couche du réseau de transport (abréviation : "vkn" pour Verkehrsnetz, réseau de transport et de communication) comprend également le réseau ferroviaire de même que d'autres objets relatifs aux transports. La classification des objets du transport (catégories d'objets) correspond très largement à la légende de la*

carte. S'agissant du réseau ferroviaire, beaucoup de modifications ont été entreprises par rapport à la légende.

Les axes de transport tissent un réseau de lignes : les tronçons de routes (arcs) se croisant au même niveau possèdent un noeud commun. Une recherche d'itinéraire est ainsi possible. Contrairement à VECTOR25, il n'a pas été tenu compte dans VECTOR200 de la catégorie d'objets "Autoroutes - Entrée / Sortie". Le sens de circulation sur l'autoroute n'est saisi que si celle-ci ne peut être empruntée que dans un seul sens. La liaison s'effectue au moyen d'un objet nodal. L'élément fictif "Zugang" (accès) sert à l'interconnexion des différents réseaux de voies de communication. Les règles régissant le transport (interdictions de circulation, voies à sens unique, interdictions de tourner) ne sont pas indiquées dans VECTOR200.

Des attributs appropriés sont associés aux portions de routes et de voies ferrées empruntant des tunnels ou franchissant des ponts (uniquement dans le cas d'autoroutes).

Le réseau routier contient deux types d'éléments (arcs, nœuds). Des attributs distincts sont attribués à ces deux types. Comme nous l'avons déjà mentionné dans le précédent chapitre, les nœuds contiennent par exemple l'information : de quelle commune s'agit-il, s'agit-il d'un nœud qui est un site potentiel pour un hôpital, etc...

Par contre, les attributs des arcs donnent des indications sur le type du tronçon de route, s'il s'agit d'une partie d'une autoroute ou d'un chemin rural. Le tableau liste tous les attributs qui contribuent à la conversion de la vitesse de déplacement potentielle. Le tableau ci-dessous décrit les attributs qui commandent l'impédance (deux variations)

Fonction:	Description:
Length	Longueur effective d'un tronçon de route [m]
str_vdvs-id	Numérotation interne
Objectval	Types de routes selon l'Office fédéral de la topographie
Impedanz	Valeur d'impédance attribuée, variation 2
Impedanz3	Valeur d'impédance attribuée, variation 3
Imp_length2	Nouvelle longueur du tronçon de route calculée (variation 2)
Imp_length3	Nouvelle longueur du tronçon de route calculée (variation 3)
Gridcode	Valeur d'attribut provenant de la superposition avec le modèle de terrain
strtyp_vdvs	Nouveau typage de base pour notre modélisation

Procédure :

Selon le type de route et l'altitude (Gridcode), un facteur d'impédance est attribué au tronçon de route. La longueur réelle est ensuite multipliée par ce facteur. Dans notre exemple, nous voyons comment par ex. la longueur réelle du tronçon d'autoroute est réduite de 409 m à la première ligne à 266, resp. 327 m selon la variation.

Attributes of Routes avec impédance									
Length	Str_vdrvsid	Objectival	Impedanz	Impedanz3	Imp_length2	Imp_length3	Gridcode	Strtyp_vdrvs	
409.68183	7326	Autobahn	0.65	0.80	266.29	327.75	1	1	
898.65358	15634	Autobahn	0.65	0.80	584.12	718.92	1	1	
82.58257	15634	Autobahn	0.65	0.80	53.68	66.07	2	1	
6132.84149	15315	Autobahn	0.65	0.80	3986.35	4906.27	2	1	
25.03140	7326	Autobahn	0.65	0.80	16.27	20.03	2	1	
406.59381	11765	Nebenstr3	1.50	1.50	609.89	609.89	1	4	
4241.16077	15554	VerbindStr6	1.00	1.00	4241.16	4241.16	1	2	
1401.36270	2906	Fahrstraes	1.50	1.50	2102.04	2102.04	2	4	
1913.43484	15634	Autobahn	0.65	0.80	1243.73	1530.75	1	1	
3117.25154	11801	Nebenstr3	1.50	1.50	4675.88	4675.88	2	4	
581.19553	960	VerbindStr6	1.50	1.50	871.79	871.79	2	3	
105.77900	15173	Autobahn	0.65	0.80	68.76	84.62	2	1	
25.10138	15174	Autobahn	0.65	0.80	16.32	20.08	2	1	
916.53589	11790	Nebenstr3	1.50	1.50	1374.80	1374.80	1	4	
323.22551	1857	Nebenstr3	1.50	1.50	484.84	484.84	2	4	
854.27944	8629	VerbindStr6	1.00	1.00	854.28	854.28	1	2	
179.29434	15170	VerbindStr6	1.00	1.00	179.29	179.29	1	2	
870.52451	15633	VerbindStr6	1.00	1.00	870.52	870.52	1	2	
705.41617	1858	Nebenstr3	1.50	1.50	1058.12	1058.12	2	4	
518.76268	15175	Nebenstr3	1.50	1.50	778.14	778.14	2	4	
80.65842	15554	VerbindStr6	1.00	1.00	122.42	122.42	2	3	

## 2.4 Modèle de terrain

Dans notre modélisation, le modèle de terrain n'intervient que pour décider, à propos de chaque tronçon de route, s'il s'agit de tronçons dont l'altitude est inférieure ou supérieure à 500 m, auquel cas ils devraient, selon ce qui a été convenu, être qualifiés de « routes de montagne » dont l'impédance est plus basse.

Extrait de la description des données sur Internet:

<http://www.swisstopo.ch/fr/digital/dhm25.htm>

### **MNT25-Modèle matriciel**

*Le modèle matriciel est obtenu par interpolation du modèle de base. Dans ce modèle, le nombre de cotes reste constant avec 337'181 points par carte ou 1600 points par km<sup>2</sup>. La maille standard de la matrice est de 25 m, ce qui correspond à une grille millimétrique sur la Carte nationale 1:25'000. Trois tests indépendants ont été effectués pour contrôler et corriger le modèle de base.*

### **Contenu**

*Le MNT25 ne donne que les formes brutes de la surface terrestre, sans la hauteur de la végétation, ni celle des constructions. La surface du terrain ne contient donc aucune information supplémentaire sur l'utilisation du sol. Dans le modèle matriciel, les lacs sont représentés par l'altitude de leur surface.*

## 3 Conversion

Comme nous l'avons déjà mentionné dans l'exposé théorique sur les modèles, les exigences du modèle théorique doivent être intégrées dans le modèle de données d'ArcInfo. Le modèle de données d'ArcInfo est en principe simple, il est constitué d'éléments de lignes et de nœuds.

### 3.1 Éléments de lignes

Les éléments de lignes correspondent en principe aux tronçons de routes et leur longueur correspond à la durée de trajet nécessaire pour franchir le dit tronçon. Un prolongement ou une réduction peut mathématiquement être attribuée aux éléments de lignes, ce qui revient à modifier la durée du trajet. Cela permet de représenter dans le modèle différents types de routes avec des potentiels de vitesse distincts. Dans notre cas, nous avons modélisé les types de routes suivants :

Les voies de raccordement dans les plaines

Les voies de raccordement au-dessus de 500 m

Les autoroutes

Pendant les calculs, il s'est avéré que l'influence de l'impédance des routes est négligeable dans notre cas, car les différents effets se relativisent mutuellement. Par exemple, les routes de montagne ne sont empruntées que par une faible proportion de la population, de sorte que l'effet d'une mauvaise accessibilité n'est guère visible dans le résultat global.

### 3.2 Nœuds

Les nœuds sont les points de jonction de plusieurs éléments de lignes convergents. Dans notre modèle, nous avons représenté la population sur ces nœuds.

Dans le premier modèle, nous ne disposons des chiffres sur la population que par commune. Dans ce cas, nous avons dû représenter la population sur un seul nœud à l'intérieur du territoire de la commune. Le choix de ce point correspond à notre jeu de données coordonnées de clochers. Dans un second modèle, nous avons pu utiliser les données du dernier recensement de la population, placées sur des hectares. Les coordonnées des hectares ont été représentées sur le réseau de lignes, ce qui fait que l'intégration de la population dans le modèle correspond mieux à sa distribution effective. Les calculs ont cependant montré que cela ne générerait aucune modification significative. Les nœuds restants font office de carrefours, qui permettent de raccorder plusieurs éléments de ligne.

## 4 Calculs et résultats

Conformément au mandat du 16 avril 2002, il faudrait effectuer pour la zone d'enquête des calculs selon la méthode Mindist pour diverses compositions de régions, prévisions de population et durées. Il faudrait en outre effectuer encore une analyse avec la population distribuée sur des superficies en hectares pour pouvoir estimer à quel point la précision souffre du grossissement des hypothèses sur une base communale. Nous avons à chaque fois cherché comme résultat le lieu où chemin parcouru par l'ensemble de la population est minimal aux conditions du modèle.

Le tableau ci-dessous résume l'ensemble des résultats. Une présentation détaillée est jointe en appendice 1 à ce rapport (Fauchère, SSP Vd).

**Il s'avère que les différentes hypothèses de modèles donnent toujours Veytaux ou Villeneuve (VD) comme lieux Mindist.**

Tableau des résultats (Le tableau indique également la distance cumulée.)

Hypothèse	Nombre de communes	Population	Commune centrale calculée	Distance parcourue par tous les habitants [millions de km]
1	42	1990	Veytaux	1.93
2	46	1990	Veytaux	2.00
3	47	1990	Veytaux	2.05
4	51	1990	Veytaux	2.12
5	51	1990	Villeneuve (VD)	1.92
1	42	2000	Veytaux	2.06
2	46	2000	Veytaux	2.13
3	47	2000	Villeneuve (VD)	2.18
4	51	2000	Veytaux	2.27
5	51	2000	Villeneuve (VD)	2.04
1	42	1990 (hectares)	Veytaux	1.98

Le tableau ci-dessus mentionne les centres qui ont été calculés automatiquement sur la base des différents paramètres d'entrée. Il s'avère que la somme des distances parcourues ne varie pas beaucoup.

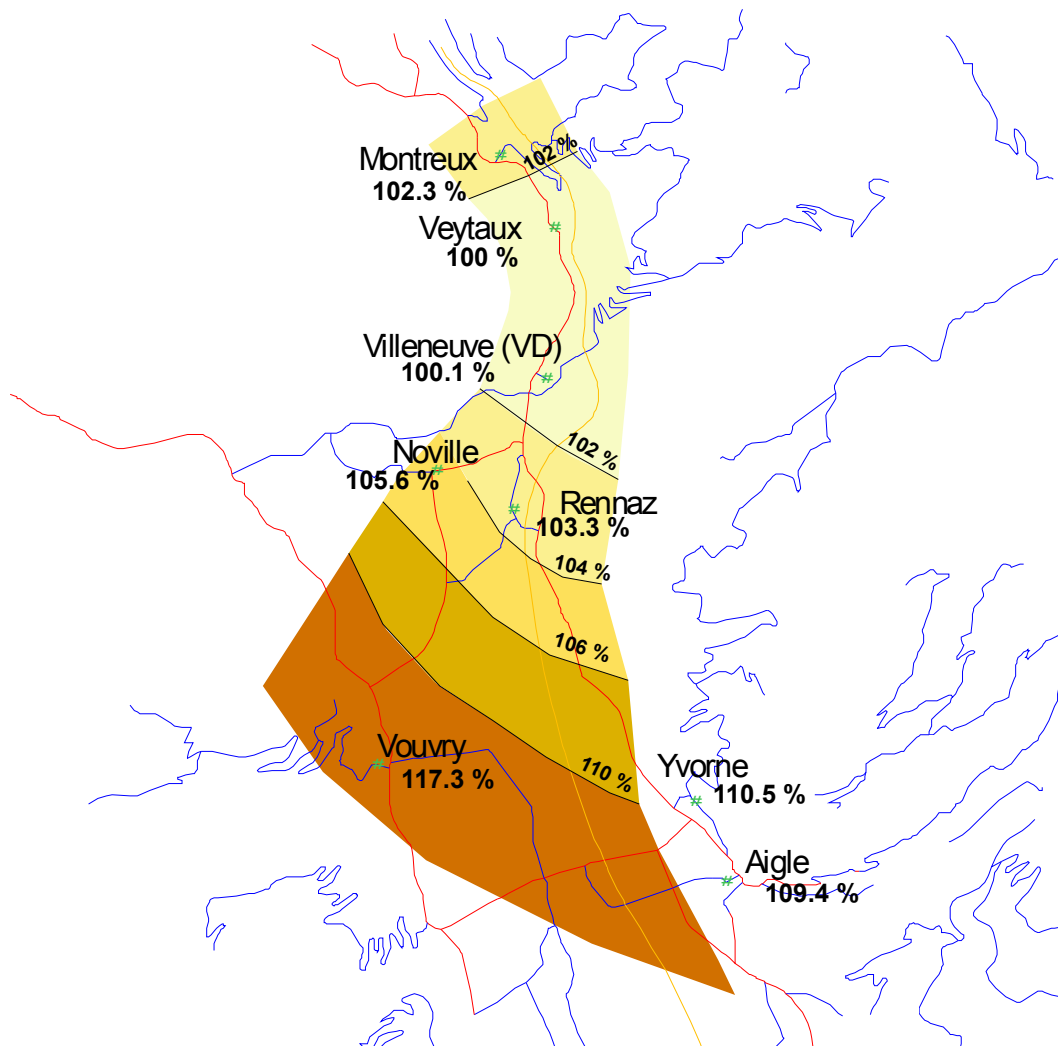
Pour éliminer l'influence des différents paramètres d'entrée et tester la sensibilité de la modélisation, nous avons procédé à la modélisation avec différents « centres » forcés, en conservant les paramètres d'entrée inchangés. Il s'avère que les sommes de distances présentent très peu de différences à proximité immédiate de Veytaux-Villeneuve.

## Calculs mindist avec divers centres forcés

Population 2002

Commune	N°	Distance jusqu'à la prochaine entrée d'autoroute	Dist. accès totale [millions km]	En % relativement à Veytaux
Montreux	5886	4.2	2.109	102.3
Veytaux	5891	4.8	2.062	100.0
Villeneuve	5414	2.0	2.065	100.1
Noville	5408	2.4	2.178	105.6
Rennaz	5412	1.5	2.130	103.3
Vouvry	6159	6.2	2.419	117.3
Yvorne	5415	2.7	2.278	110.5
Aigle	5401	2.6	2.256	109.4

La carte ci-dessous montre l'augmentation des distances totales parcourues pour des centres potentiels qui sont à une distance croissante de la zone Veytaux/Villeneuve. Les délimitations ont été placées à la main sur la base des pourcentages calculés.



## 5 Discussion

Le modèle est très stable, de multiples modifications des paramètres n'ont guère d'influence sur les résultats. Tant les modifications de la qualité des routes que les modifications de la distribution de la population au sein des communes n'ont qu'une influence mineure sur le résultat. La forte concentration de population dans le secteur Montreux-Vevey exerce la plus forte influence.

## Tableau des résultats (hypothèses selon mandat donné à l'OFS)

### Calcul par commune

Hypothèse	Nombre de Communes	Population	Année	Commune déterminée par la méthode "mindist"	Distance parcourue par tous les habitants pour un parcours au Centre déterminé [Mio. km]
1 = Districts de Aigle, Vevey, Pays d'Enhaut, Monthey, St Maurice (part)	42	139'277	1990	<b>Veytaux</b>	1.93
2 = idem 1+ 4 comm. de Lavaux	46	143'979	1990	<b>Veytaux</b>	2.00
3 = idem 1+ 5 comm. de St Maurice	47	143'061	1990	<b>Veytaux</b>	2.05
4 = idem 1+ 5 comm. de St Maurice + 4 comm. de Lavaux	51	147'763	1990	<b>Veytaux</b>	2.12
5 = Idem 4, mais pop. de Vevey et Lavaux à 85% et Pays d'H. à 50%	51	134'889	1990	<b>Villeneuve (VD)</b>	1.92

1 = Districts de Aigle, Vevey, Pays d'Enhaut, Monthey, St Maurice (part)	42	145'165	2000	<b>Veytaux</b>	2.06
2 = idem 1+ 4 comm. de Lavaux	46	150'152	2000	<b>Veytaux</b>	2.13
3 = idem 1+ 5 comm. de St Maurice	47	149'331	2000	<b>Villeneuve (VD)</b>	2.18
4 = idem 1+ 5 comm. de St Maurice + 4 comm. de Lavaux	51	154'318	2000	<b>Veytaux</b>	2.27
5 = Idem 4, mais pop. de Vevey et Lavaux à 85% et Pays d'H. à 50%	51	141'415	2000	<b>Villeneuve (VD)</b>	2.04

### Calcul à l'hectare:

1 = Districts de Aigle, Vevey, Pays d'Enhaut, Monthey, St Maurice (partiel)	42	145'165	1990	<b>Veytaux</b>	1.98
---	----	---------	------	----------------	------

juin 2002

