



ÉCOLE POLYTECHNIQUE  
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Lieux, flux, réseaux dans la ville des services  
Consultation internationale PUCA – Juillet 2006

Projet “Étalement urbain et services en réseaux. Réflexions exploratoires dans quatre villes moyennes européennes : Bordeaux, Nantes, Lausanne, Stockholm.  
Projet coordonné par **Sylvy Jaglin**, LATTIS-ENPC

## **Étalement et services d’eau potable : le cas de l’agglomération lausannoise**

RAPPORT FINAL

24 septembre 2008

**Florian Ecoffey et Géraldine Pflieger**

[geraldine.pflieger@unil.ch](mailto:geraldine.pflieger@unil.ch)

# Plan du rapport

<b>Synthèse des résultats</b>	<b>4</b>
<b>Remerciements</b>	<b>9</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>10</b>
<b>2 Etalement, densité et croissance urbaine dans l'agglomération lausannoise</b>	<b>12</b>
<b>3 La gestion de l'eau dans l'agglomération lausannoise</b>	<b>17</b>
3.1 Histoire et topologie du réseau d'eau	17
3.2 Gestion de l'eau et intercommunalité dans l'agglomération lausannoise	19
3.3 Les coûts et les tarifs du service de l'eau à Lausanne	22
3.3.1 Le financement des nouveaux équipements	22
3.3.2 Le coût des nouveaux projets	22
3.3.3 La tarification du service d'eau potable à Lausanne	24
<b>4 Méthode de calcul des coûts de la distribution d'eau</b>	<b>26</b>
4.1 Module A : Coûts des équipements	28
4.2 Module B : Exploitation	28
4.3 Module C : Entretien et maintenance	30
4.4 Module D : Gestion de la zone d'étude	30
4.5 Origine des données	30
<b>5 Etudes de cas</b>	<b>32</b>
5.1 Les critères de définition des zones d'étude	32
5.2 Prélaz	34
5.3 Beaulieu	36
5.4 Grand-Vennes	38
5.5 Le Mont-sur-Lausanne	40
5.6 Cheseaux	42
5.7 Lonay	44

<b>6 Résultats</b>	<b>47</b>
6.1 Coûts par zone	47
6.1.1 Prélaz	47
6.1.2 Beaulieu	48
6.1.3 Grand-Vennes	49
6.1.4 Le Mont-sur-Lausanne	50
6.1.5 Cheseaux	51
6.1.6 Lonay	51
6.2 L'impact des régimes de pression	52
6.3 Définition des facteurs d'influence	54
6.4 Les coûts à l'épreuve de la densité	57
6.5 Zone déjà bâtie et zone non viabilisée	62
6.6 Analyse sociodémographique	63
<b>7 Conclusion</b>	<b>66</b>
<b>8 Bibliographie</b>	<b>68</b>
<b>9 Annexe</b>	<b>69</b>
9.1 Méthode de calcul détaillée	70
9.1.1 Module A – Coûts des équipements	70
9.1.2 Module B – Coûts d'exploitation	75
9.1.3 Module C – Coûts d'entretien et de maintenance	84
9.1.4 Module D – Coûts de gestion	88
9.2 Résultats détaillés	90
9.2.1 Prélaz	90
9.2.2 Beaulieu	93
9.2.3 Grand-Vennes	96
9.2.4 Mont-sur-Lausanne	99
9.2.5 Cheseaux	102
9.2.6 Lonay	105
9.2.7 Proportions des modules par zone	108

## Synthèse des résultats

### Objectifs

Le projet "étalement urbain et services en réseaux" se concrétise à Lausanne par une méthode mixte s'appuyant sur une étude quantitative des coûts de l'étalement urbain ainsi que sur une enquête qualitative auprès des élus et techniciens en charge du développement urbain et des services d'eau et d'assainissement. L'étude quantitative, tout d'abord, vise à saisir l'impact des différentiels de densité et de localisation des quartiers sur les coûts d'exploitation et d'investissement du service des eaux de Lausanne. L'évaluation des coûts est dans un second temps complétée par une évaluation des dynamiques de croissance de l'agglomération depuis le début des années 1990. Nous proposons une analyse du croît démographique de l'agglomération de Lausanne, ainsi que des formes prises par cette croissance urbaine. Par ailleurs, l'étude des coûts et des dynamiques de l'étalement est complétée par une enquête qualitative portant sur les modalités de gestion de l'eau potable et de l'assainissement dans l'agglomération.

### Contexte socio-politique et morphologique

À Lausanne, l'absence de structure de coopération intercommunale et la concurrence fiscale exacerbée entre municipalités – conséquence d'une architecture institutionnelle décentralisée – incitent les communes de l'ouest et du nord de l'agglomération à urbaniser leur territoire afin d'attirer de nouveaux foyers fiscaux. Il en résulte une périurbanisation soutenue depuis le début des années 1990, sans qu'aucun mécanisme régulateur ou schéma directeur ne puisse limiter les stratégies de développement extensif des collectivités locales. L'éclatement communal contraste pourtant avec une organisation et une gestion supracommunales des réseaux d'eau et de transport public, qui impliquent une solidarité entre les usagers desservis. Le coût de l'étalement pour la gestion de l'eau est ainsi imputé à l'ensemble des consommateurs de l'agglomération, pour les 17 communes desservies par EauService Lausanne. Discutée dans le secteur des transports urbains, pour lequel le canton de Vaud et les communes ne souhaitent plus financer, systématiquement, les coûts du développement des communes périurbaines, cette solidarité d'échelle supracommunale n'est pas, à l'heure actuelle, débattue dans le secteur de la distribution d'eau. Comment sont partagés les coûts d'extension des réseaux et de gestion des nouvelles dessertes ? Quels sont les effets redistributifs de ces structures de coûts ? Quelle est la pérennité de cet unique élément de solidarité intercommunale, dans un contexte d'hyper fragmentation institutionnelle et fiscale ?

### Méthode

Notre ambition est de travailler à partir des coûts réels du service – et non de coûts théoriques modélisés – afin de comprendre quels sont les coûts de distribution, de production et d'administration dans différentes aires prédéfinies et appartenant au même service.

Pour chaque zone, nous avons défini un modèle de calcul permettant de désagréger les coûts totaux et de les affecter à la zone en tenant compte des ventilations spécifiques des coûts de desserte, liés au type d'urbanisation, à la topographie et à la localisation de la zone. Ces coûts ont été divisés en modules fonctionnels : A-Equipement-distribution / B- Production, stockage, transport / C-Maintenance / D- Gestion et administration.

## Brève présentation des cas d'étude

Nous avons choisi des zones d'étude de superficie comparable – entre 20 et 25 ha – puis avons tenté d'évaluer les coûts du service, annualisés, pour chacune des zones en tenant compte de l'ensemble des coûts. L'idée étant de réduire l'ensemble du budget à une connexion domiciliaire et à une unité de mesure (un hectare). Nous avons choisi six cas contrastés en termes de densité et de forme urbaine, mais homogène à l'échelle des 25 ha. Il s'agit de :

**Lonay** : commune périurbaine de croissance récente, zone de villas individuelles ou mitoyennes, située dans le bas de l'agglomération

**Cheseaux** : commune semblable à Lonay en terme de croissance et de morphologie urbaine, mais située sur la partie haute de la ville et permettant d'évaluer l'impact de la topographie sur les coûts de desserte.

**Le-Mont-sur-Lausanne** : cette commune est composée de zones villas individuelles ou mitoyennes, dans le haut de l'agglomération, mais avec une urbanisation plus ancienne (fin des années 1970-années 1980).

**Trois quartiers lausannois** : Nous avons tout d'abord choisi deux quartiers tests marqués par une forte densité et une forme urbaine compacte, composée d'immeubles collectifs. La première zone (Prélaz) est une zone mixte fonctionnellement avec commerces et habitation (représentative du centre ville) qui a connu d'importants projets de création de logements depuis le début des années 2000. La deuxième est le quartier de Beaulieu qui est lui aussi caractérisé par une forte densité, une mixité des fonctions et des types d'habitat. L'urbanisation y est plus ancienne que dans le quartier de Prélaz. Enfin nous avons choisi un quartier plus homogène fonctionnellement et formellement, de type grand ensemble, composé de tours et de barres et situé à la limite de la commune de Lausanne, au nord de la ville (Grand Vennes).

Tableau 1 : Contexte des zones d'étude (densité, localisation, morphologie), 2007

contexte	Prélaz	Beaulieu	Grand-Vennes	Le Mont	Cheseaux	Lonay
Densité hab/km <sup>2</sup>	17'693	17'730	10'860	2'625	4'394	1'802
Habitants	4'340	4'186	2'500	557	1'015	429
Surface ha	24.53	23.61	23.02	21.22	23.1	23.8
Forme	collectif	collectif	grands ensembles	pavillonnaire	villa/ mitoyen/ petit collectif	pavillonnaire
Localisation	centre	centre	périphérie	périphérie	périphérie	périphérie
Altitude	460	550	700	660	620	420

sources : données : SCRIS/Canton de Vaud, OFS, ; traitement et calculs : F. Ecoffey, LASUR-EPFL, août 2007.

## Résultats synthétiques

1- Le lien entre la densité et le coût de la distribution d'eau reste difficilement quantifiable. Le nombre de paramètres entrant en interaction est très important. La localisation des zones d'habitation et des ressources hydriques, la structure du réseau, le mode de vie des habitants ou encore les activités agricoles et industrielles sont autant d'éléments qui rendent l'analyse de la seule relation densité – coût très complexe.

2- Le premier résultat de l'évaluation des effets de la densité et de la localisation sur les coûts du service est qu'il existe d'importants coûts de centralité, en valeurs absolues. En effet, les deux zones centrales de Prélaz et Beaulieu (tableau 1) sont les plus coûteuses à desservir, plus que des zones denses mais périphériques (Grand-Vennes) et bien plus encore que les zones peu denses (Le Mont, Cheseaux, Lonay). Ces coûts de centralité ne sont pas seulement liés à la forte densité de ces deux zones. Il est vrai que la densité élevée implique de renforcer la capacité des réseaux, des équipements et élève les coûts de gestion et d'entretien. Toutefois, les coûts d'équipement sont également liés à la complexité des interventions en zone centrale qui se répercute sur les coûts métrique de génie civil : 359€ à Prélaz ou Beaulieu, contre 87€ à Cheseaux ou Lonay.

➔ **La centralité, plus que la densité élevée, implique des coûts nets pour l'équipement et l'exploitation du service**

Tableau 2 : Coût total annuel des zones d'étude, par module, 2007

Module (€)	Prélaz	Beaulieu	Gd-Vennes	Le Mont	Cheseaux	Lonay
Equipement	54'637.1	40'376.63	15'540.74	16'892.65	18'091.92	19'200.86
Exploitation	399'561.05	446'952.66	377'992.79	159'344.71	358'564.54	49'883.61
Entretien	8'373.12	7'183.19	2'161.81	3'161.73	3'585.37	3'829.58
Gestion	49'167.16	68'523.77	26'524.23	48'204.63	46'961.74	40'448.28
<b>Total annuel</b>	<b>511'738.43</b>	<b>563'036.25</b>	<b>422'219.56</b>	<b>227'603.71</b>	<b>427'203.56</b>	<b>113'362.33</b>

sources : données : Eauservice Lausanne ; traitement et calculs : F. Ecoffey, LASUR-EPFL, août 2007, conversion en euros février 2008

3- Toutefois, les coûts de centralité sont largement compensés par les économies d'échelle liées à la densité. Le coût annuel par habitant (tableau 2), tout module confondu, passe d'une fourchette comprise entre 117,93 € et 168,90 € par habitant pour les zones denses à une fourchette de 408 € à 420 € pour les zones moins denses (à l'exception du cas de Lonay, commenté ci-après).

➔ **L'évaluation des économies de densité valide les modélisations théoriques réalisées en Suisse par le bureau ECOPLAN (Suter, 2000), avec des coûts par habitant qui peuvent être de deux à trois fois plus élevés en zone peu denses qu'en zones denses.**

**Tableau 3 : Coût annuel par habitant des zones d'étude, par module, 2007**

Module (€)	Prélaz	Beaulieu	Gd-Vennes	Le Mont	Cheseaux	Lonay
Equipement	12.6	9.66	6.23	30.34	17.82	44.73
Exploitation	92.08	106.78	151.20	286.08	353.24	116.25
Entretien	1.93	1.74	0.87	5.67	3.55	8.91
Gestion	11.34	16.38	10.59	86.53	46.29	94.26
<b>Total annuel</b>	<b>117.93</b>	<b>134.57</b>	<b>168.90</b>	<b>408.63</b>	<b>420.90</b>	<b>264.15</b>

sources : données : Eauservice Lausanne ; traitement et calculs : F. Ecoffey, LASUR-EPFL, août 2007, conversion en euros février 2008

4- Mis à part la variation de la densité, les différences de coûts sont largement imputables aux coûts de transport et de pompage. Le transport et le pompage représentent en moyenne respectivement 33% et 20% du coûts total d'approvisionnement. Au regard des six quartiers étudiés, l'élévation des coûts par habitant dans les quartiers périurbains n'est pas seulement imputable aux différentiels de densité. La variation des coûts est fortement influencée par les coûts de transport et de pompage qui dépendent de la distance des quartiers aux usines de production et de l'altitude. Dans l'agglomération de Lausanne, les différences de coûts de transport restent la conséquence des contraintes topographiques : la production de la ressource est localisée sur les rives du Lac Léman au sud et le développement urbain se localise partiellement à l'extrémité nord de l'agglomération. Ces différences de coûts sont accentuées par le choix méthodologique de calculer les coûts de transport à partir des seules ressources du Lac (80% des ressources totales d'EauService Lausanne). Or, les quartiers périurbains situés au nord sont en partie desservis par des sources et une distribution gravitaire. Les coûts de la desserte sont donc surestimés mais témoignent de l'effet de la distance entre production et consommation sur les coûts du service dans une zone donnée.

➔ **Les coûts de transport et de pompage pèsent fortement sur les coûts de distribution d'un quartier. L'étalement – au sens de dispersion urbaine – peut donc être plus coûteux lorsqu'il se manifeste par une élévation de la distance entre les nouveaux quartiers et les centres de production. Par contraste, un forme urbaine compacte ou la localisation des centres de production de façon concentrique peuvent réduire les coûts de transport. Une desserte gravitaire, permettant d'économiser des coûts de pompage, peut également réduire sensiblement les coûts de transport.**

5- Le régime de pression dans lequel se trouve la zone d'étude a une grande influence sur les structures de coûts de la distribution d'eau. Le cas exceptionnel de Lonay, qui malgré une faible densité dispose de coûts par habitant relativement bas, permet tout d'abord de confirmer le poids important des coûts de transport. La commune de Lonay se situe à proximité de l'usine de traitement de Saint-Sulpice et sur la partie basse de l'agglomération, limitant les coûts de transport et de pompage. Le cas de Lonay témoigne également du poids du contexte d'exploitation du réseau sur les coûts de desserte d'un quartier. Le quartier est situé dans un régime de pression de nature urbaine, englobant les communes suburbaines et industrielles de l'ouest de Lausanne. Les économies

d'échelles relatives à cet important régime de pression (avec une consommation totale élevée) rendent la desserte de ce quartier peu dense moins coûteuse que des quartiers de densité comparable. Le quartier peu dense de Lonay (le moins des denses des six) dispose ainsi de coûts de desserte relativement proches d'un quartier dense mais éloigné du centre-ville, comme Prélaz.

➔ **Le coût de desserte d'un quartier est largement influencé par sa localisation dans la structure du réseau d'eau et dans un régime de pression donné. Un quartier peu dense situé dans un régime de pression de type urbain peut être deux fois moins coûteux à desservir qu'un quartier de même densité situé en lointaine périphérie. La desserte de nouveaux quartiers dans des zones urbanisables intégrées à des régimes de pression de nature urbaine est moins coûteuse que la desserte de quartiers périurbains en milieu rural.**

6- La densification de quartiers et de zones déjà viabilisées, en particulier en zones urbaines, par la construction de logements individuels ou collectifs, reste bien moins coûteuse que la desserte de nouveaux quartiers périphériques.

7- Cependant, le modèle de financement des nouvelles constructions est tout à fait avantageux au plan financier pour Eauservice Lausanne, quelle que soit le type d'habitat construit (villas individuelles, mitoyennes, immeubles collectifs).

Lieu	Nb de branchements	Nb de logements	Montant total des travaux	Montant total de la taxe de raccordement
Ecublens	29	53	57'254	181'138 (1)
Chalet-à-Gobet	16	16	15'649	52'037 (1)
Lausanne	7	139	26'283	290'190 (1)

(1) montant exact facturé par EauService pour cette opération

\* Les montants sont exprimés en euros, conversion en euros septembre 2008  
données : Eauservice Lausanne, 2008

➔ **La comparaison des montants des coûts de travaux et des taxes de raccordement prélevées, montre que les taxes permettent de couvrir de trois à onze fois les coûts de raccordement, respectivement pour des villas individuelles et pour des immeubles collectifs.** Le bénéfice des nouvelles connexions est en particulier imputable à la méthode de calcul qui prévoit que les taxes de raccordement incluent une part de "rachat d'une portion de l'infrastructure existante". Une part de la taxe est ainsi destinée à compenser le coût marginal sur l'ensemble du réseau et des équipements de la construction d'une maison ou d'un immeuble supplémentaire. Notons également que les coûts tiennent seulement compte des coûts de main d'œuvre et d'équipement, le génie civil étant systématiquement pris en charge par le promoteur.

## Remerciements

Effectué dans le cadre du projet « étalement urbain et service en réseaux » financé par le PUCA (Ministère de l'équipement français) s'intéressant aux villes de Bordeaux, Nantes, Stockholm et Lausanne, l'évaluation des effets de la variation de la densité sur les coûts des réseaux d'eau à Lausanne a été réalisée par Florian Ecoffey dans le cadre d'un Projet de Master en Sciences de l'Ingénieur et de l'Environnement, à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (août 2007). Le LASUR tient à remercier tout particulièrement Florian Ecoffey qui par sa perspicacité et son esprit d'initiative a réussi à réaliser cette évaluation complexe des coûts de distribution d'eau. Ce travail d'excellente qualité a bénéficié de la note maximale de 6.

Un travail de cette qualité n'aurait pu être entrepris sans le soutien d'EauService Lausanne et de Monsieur Henri Burnier, directeur du service, qui a ouvert les portes d'une entreprise dynamique et efficace. Son accueil et son enthousiasme pour le projet de Florian Ecoffey, ainsi que ses conseils avisés ont permis d'aborder ce travail dans les meilleures conditions. Un merci tout particulier doit également être adressé à Monsieur Sébastien Apothéloz, chef de la section « Techniques de réseau » à EauService et expert de ce travail. Il a accordé à Florian Ecoffey des instants privilégiés d'écoutes, de conseils et de discussions sans compter ses heures. Sa disponibilité et son savoir-faire ont permis d'éviter quelques pièges et de trouver des solutions aux nombreuses difficultés méthodologiques. Nous adressons nos sincères remerciements aux élus et techniciens qui nous ont reçu dans les diverses communes étudiées pour le temps qu'ils nous ont accordé.

Enfin, nous tenons à remercier le Prof. Vincent Kaufmann, directeur du LASUR, pour ses conseils dans la réalisation de ce travail, aux étapes clés de son avancement, ainsi que Pierre Dessemontet et Christophe Jemelin pour la mise à disposition de précieuses données et la cartographie.

# 1 Introduction

Les services de transports, de fourniture électrique, de distribution d'eau ou de télécommunications, sont généralement gérés en réseaux sur un territoire délimité. En milieu rural ou dans de petites localités, les réseaux sont modestes et ne sont pas pourvus d'une grande complexité au plan structurel comme au plan gestionnaire. Il n'en va pas de même dans de plus grandes agglomérations. En effet, la taille des réseaux, mais aussi l'hétérogénéité des exigences techniques et des demandes de la clientèle, rendent leur mise en place, leur fonctionnement et leur gestion très ardues. De plus, la ville est en perpétuelle transformation et offre des structures très différentes selon que l'on se trouve au centre ou en périphérie. Pour exploiter de façon optimale les différents réseaux qui constituent l'ossature de la ville, il est important d'appréhender les éléments qui se cachent derrière cette complexité.

Durant les siècles précédents, la mobilité, principalement pédestre, limitait l'expansion des villes. L'essor de l'automobile, combiné à une croissance économique, a modifié la donne dans les dernières décennies. Les villes ont cru avec pour effet principal une extension de leurs limites. Elles se sont transformées progressivement pour passer du noyau initial à des agglomérations toujours plus vastes. La tendance se poursuit et se combine à un souhait toujours plus grand de vivre dans des maisons individuelles. Les nouveaux quartiers se développent sous la forme d'ensemble de villas individuelles, provoquant un phénomène d'étalement urbain.

Depuis plusieurs années, les chercheurs ont étudié l'étalement urbain et tenté d'en comprendre les mécanismes, les enjeux et les impacts. Le premier obstacle reste la définition du phénomène. En 1999, Barcelo présente l'étalement comme « une croissance contiguë à faible densité en périphérie ». Beauchard parle « d'une société de nomades sédentaires qui répand la ville dans les champs » (Beauchard, 1999). La problématique soulève de nombreuses interrogations, notamment du point de vue des services. Les distances se font plus grandes et la diminution des densités modifie la façon de gérer les différents réseaux. Là où la ville compacte demande des réseaux aux mailles resserrées et ayant de grandes capacités, la ville étalée demande de vastes réseaux, individualisés et de plus faibles capacités.

La croissance spatiale des villes provoque des conflits d'intérêts entre zones bâties, zones agricoles, zones protégées et zones de loisirs. De plus, les problèmes environnementaux prennent un poids toujours plus important dans la conscience collective. Dans ce contexte, les aménagistes tentent de maîtriser l'évolution des villes et cherchent à optimiser leurs choix stratégiques, soit en s'orientant vers la ville compacte, soit en continuant dans le sens de l'étalement urbain. La prise en compte du concept du développement durable dans les décisions fait pencher la balance vers la ville compacte. La lutte contre l'étalement devient même un élément central de l'aménagement contemporain du territoire. La ville dense favorise la mixité fonctionnelle alors que l'étalement développe le zoning. Les formes compactes consomment moins d'espace et évitent partiellement la pollution liée aux transports automobiles. De nombreux aménagistes s'accordent à dire que la ville dense est devenue l'idéal de planification ; tant aux plans sociétal et environnemental, qu'au plan économique.

Au-delà de la planification idéale, le souci principal des gestionnaires du territoire reste l'optimisation des coûts marginaux. La question centrale est de savoir vers quelle densité il faut tendre pour minimiser les coûts des services. En d'autres termes, les chercheurs s'interrogent sur l'influence de la densité sur les coûts, entre autres des différents services en réseau. Pour résumer la problématique, Jean-Charles Castel (2005) pose les deux questions suivantes : « La densité crée-t-elle des économies d'échelle ? » et « Est-il plus intéressant d'étaler ou de densifier les constructions ? ». En 2000, une étude, commandée par l'Office Fédéral du Développement Territorial (Suter, Stefan. *Siedlungsentwicklung und Infrastrukturkosten*), a traité l'ensemble des services en réseau de la ville de Berne sur la base de coûts modélisés. Elle conclut que les coûts des infrastructures augmentent avec la dispersion des constructions. Par exemple, elle estime le coût d'un habitant d'une villa individuelle à 2'000.-. Les économies estimées sont de l'ordre de 25% pour un habitant d'une maison mitoyenne et de moitié pour un habitant d'une zone très dense. Une autre étude trouve que les coûts de construction des logements sont croissants avec la densité (Morlet, 2000). Plusieurs autres études proposent des réponses ; les coûts sont proportionnels à la densité, ou a contrario inversement proportionnels, ou encore indépendants.

Les recherches menées depuis quelques années ont montré que les raisons pouvant expliquer la difficulté de définir la relation densité – coûts sont nombreuses. En premier lieu, de par l'hétérogénéité du tissu bâti, il apparaît très difficile d'isoler le facteur de densité. En second lieu, de nombreux coûts augmentent par paliers. Troisièmement, l'extraction des coûts est délicate de par la structuration des budgets publics.

Bien que la ville dense semble être performante en termes de coût d'infrastructure, il n'existe pas de certitude dans ce sens. L'état des connaissances actuelles, même divergentes, nous conduit toutefois à poser l'hypothèse que la ville compacte et dense implique d'importantes économies affectant les coûts des réseaux et infrastructures urbaines. La présente étude tente d'apporter une nouvelle pierre à l'édifice de cette réflexion. En premier lieu, elle cherche à définir les effets de la croissance et de la baisse de densité sur les coûts de distribution d'eau. Dans un second temps, elle définit les facteurs pouvant expliquer les différences de coûts. Il s'agit de réaliser une étude quantitative des coûts de la distribution d'eau potable au travers du prisme de la densité urbaine. Notons qu'il s'agit non pas d'évaluer des coûts modélisés, mais de s'approcher des coûts réels.

L'évaluation des coûts s'appuie sur trois étapes principales :

- Développer une méthodologie de calcul des coûts de distribution d'eau potable pour l'agglomération de Lausanne ;
- Appliquer cette méthodologie sur une aire géographique donnée, en choisissant des études de cas comparables, et en extraire des résultats analysables ;
- Extraire des tendances et des relations éventuelles entre les coûts et la densité urbaine.

Les résultats de ce travail doivent permettre d'apporter des données quantitatives sur le lien entre densité et coûts des réseaux. Par ailleurs, l'étude des coûts et des dynamiques de l'étalement est complétée par une étude des modalités de gestion de l'eau potable et de l'assainissement dans l'agglomération. Une demi-douzaine d'entretien a été réalisée auprès du service des eaux de Lausanne – qui dessert au détail 17 communes périphériques –, de la municipalité de Lausanne.

## 2 Etalement, densité et croissance urbaine dans l'agglomération lausannoise

Après Zurich, Genève, Bâle et Berne, la ville de Lausanne est la cinquième ville de Suisse au plan démographique. Capitale du Canton de Vaud, Lausanne se situe au cœur d'une importante agglomération de plus de 310'000 habitants.

Située sur la rive nord du Lac Léman, Lausanne s'est développée au fil des siècles selon les caractéristiques topographiques très particulières qui la définissent aujourd'hui encore. Historiquement, Lausanne, autrefois appelée Lousonna, commença par quelques bâtisses sommaires sur les rives du lac à l'emplacement actuel de Vidy, construites au environ de 15 av. JC. Mais les périodes de grandes invasions montrent les limites défensives de la bourgade et, à la fin du IV<sup>ème</sup> siècle, lorsque l'Evêque Marius quitte Avenches pour Lousonna, la décision est prise de replacer la ville sur les hauteurs. Protégée ainsi par la Louve et le Flon, les deux rivières encaissées qui y coulent, Lousonna trouve alors un cadre idéal à son développement.

Les très importantes déclivités de la région obligent la population à construire la ville sur un terrain escarpé. Actuellement, on retrouve donc un centre ville ancré sur trois collines ; la Cité, où se trouve la cathédrale, le Bourg et Saint-Laurent. Ces trois collines sont reliées par un ensemble de ponts et les rues du fond des vallées où les rivières sont désormais totalement enterrées. En quittant le noyau central de l'agglomération, la ville se poursuit au sud jusqu'à Ouchy et Vidy. Le Lac Léman empêche toutefois une extension plus importante dans cette direction. Au cours des décennies, l'agglomération s'est donc étendue latéralement d'est en ouest.

Cette extension le long du lac reste toutefois limitée. Vers l'est, on retrouve en effet les importants vignobles de Lavaux où les déclivités moyennes de 30% présentent une barrière naturelle incontournable. De ce côté de la ville, la zone agglomérée s'arrête dès la première couronne avec les communes de Pully et de Lutry. Vers l'ouest, les barrières naturelles sont moins prononcées mais le développement urbain y est déjà très important. Actuellement, l'agglomération lausannoise s'étend ainsi vers l'ouest au point de rejoindre l'agglomération de Morges.

De nos jours, l'agglomération lausannoise s'étend sur un terrain pentu et présente d'importantes variations d'altitude. En partant du bord du lac, à 372 m d'altitude, on peut ainsi remonter la ville jusqu'au Bois de Sauvabelin à 664 m. Si l'on poursuit plus au nord encore, l'agglomération atteint aisément les 700m d'altitude. Cette forte différence d'altitude a pesé et pèse encore sur les infrastructures de la ville. Ainsi, les tramways n'ont jamais pu s'implanter solidement du fait de pentes trop accentuées. Les axes de transports sont également fortement déterminés par cette topographie particulière.

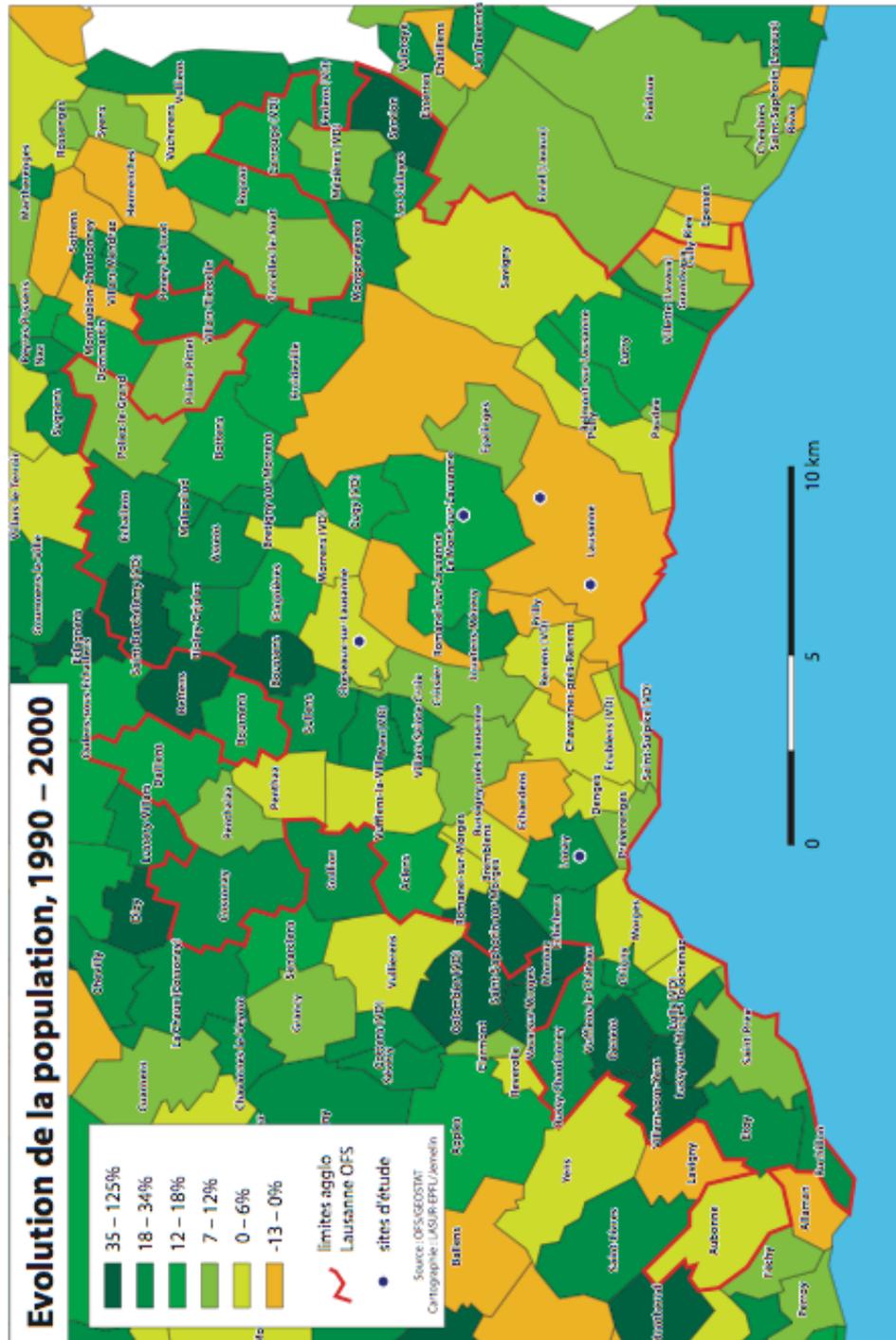
Le réseau de distribution d'eau est pleinement influencé par les caractéristiques de l'agglomération. En effet, la présence du Lac Léman, plus grande réserve d'eau douce d'Europe occidentale, est devenu un élément central du réseau actuel. Les fortes dénivellations jouent également un rôle de premier plan tant d'un point de vue de la production de l'eau que du point de vue de sa distribution.

## Une croissance vers le nord et l'ouest

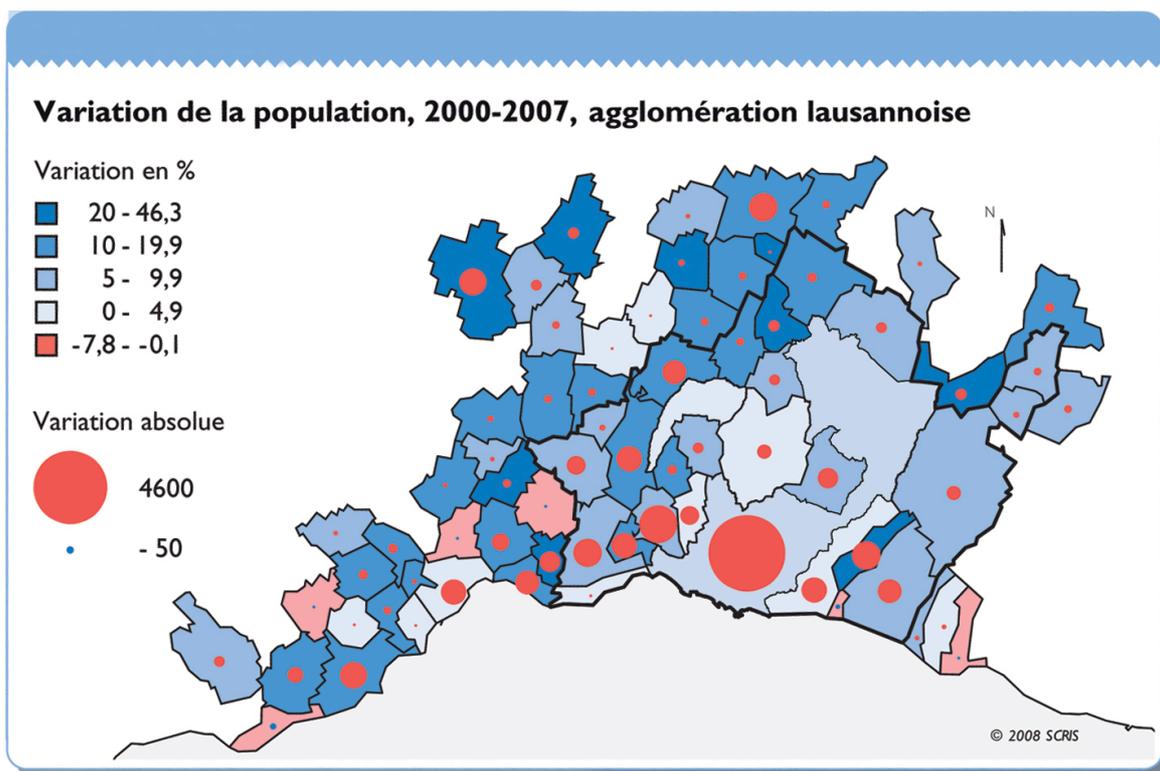
Le développement urbain de l'agglomération à l'est de la ville étant limité, la croissance urbaine s'est donc orientée vers l'ouest puis vers le nord. Actuellement en plein essor, les communes de ce secteur voient leur population croître rapidement. L'agglomération lausannoise a ainsi progressivement englobé bon nombre de communes du plateau vaudois, jusqu'alors rurales. D'une morphologie urbaine dense au centre, l'agglomération présente une morphologie rurale aux extrémités. Les dernières décennies ont de plus vu naître de nombreux périmètres de maisons individuelles, conséquence du phénomène d'étalement urbain.

La carte 2 présente l'évolution de la population des communes de l'agglomération de Lausanne entre 1990 et 2000. La première tendance qui ressort de cette figure est la décroissance de la population dans la commune de Lausanne. La période de comparaison masque néanmoins une inflexion de l'évolution démographique à partir de 1997, date à laquelle la population lausannoise a été la plus basse depuis les soixante dernières années. Ainsi, de 1997 à 2007, la commune de Lausanne a gagné près de 6000 habitants, soit une croissance de 4,8%. Au plan du dynamisme démographique, la commune de Lausanne se situait en 2007, au deuxième rang des grandes villes pour sa croissance démographique, après Zurich qui se distingue pour son dynamisme. La croissance de la population lausannoise est largement imputable au flux migratoire ; les étrangers représentent 38% de la population totale de Lausanne, mais 61% des personnes installées à Lausanne entre 2003 et 2007. Alors que la population totale a augmenté en 2007 de 1040 habitants, la population étrangère a quant-à-elle augmenté de 960 personnes. En enlevant les flux internationaux, la décomposition par classes d'âges du flux migratoire montrent que les familles (personnes de 30-39 ans et de 0-14 ans) représentent le plus fort contingent de personnes quittant la commune de Lausanne, respectivement 400 et 389 départs par an entre 2003 et 2007. A l'heure actuelle, aucune trace d'un retour en ville des personnes de plus de 50 ans ou de 65 ans n'est perceptible, et le dynamisme démographique actuel de la ville-centre est uniquement imputable aux flux migratoires internationaux (SCRIS, 2008).

Les familles qui quittent Lausanne vont s'installer en deuxième ou troisième couronne, principalement à l'ouest, entre Lausanne et Morges, et au nord. Les cartes 2 et 3 illustrent un processus de desserrement qui tend à s'atténuer à partir de 2000, avec la relance de la croissance démographique des zones les plus centrales et les plus denses, de Lausanne, Renens et Prilly. Entre 1990 et 2000, tant en valeur relative qu'en valeur absolue, la croissance se concentre sur des communes périurbaines de petite taille, avec des taux qui peuvent être assez élevés : 124,5 % pour la commune de Boussens, 100,7% pour Villars-sous-Yens, 74,8% à Saint-Saphorin-sur-Morges, 61,3 % à Servion et entre 20 et 40% pour 19 autres communes situées au nord et à l'ouest de la ville (OFS, 2000).

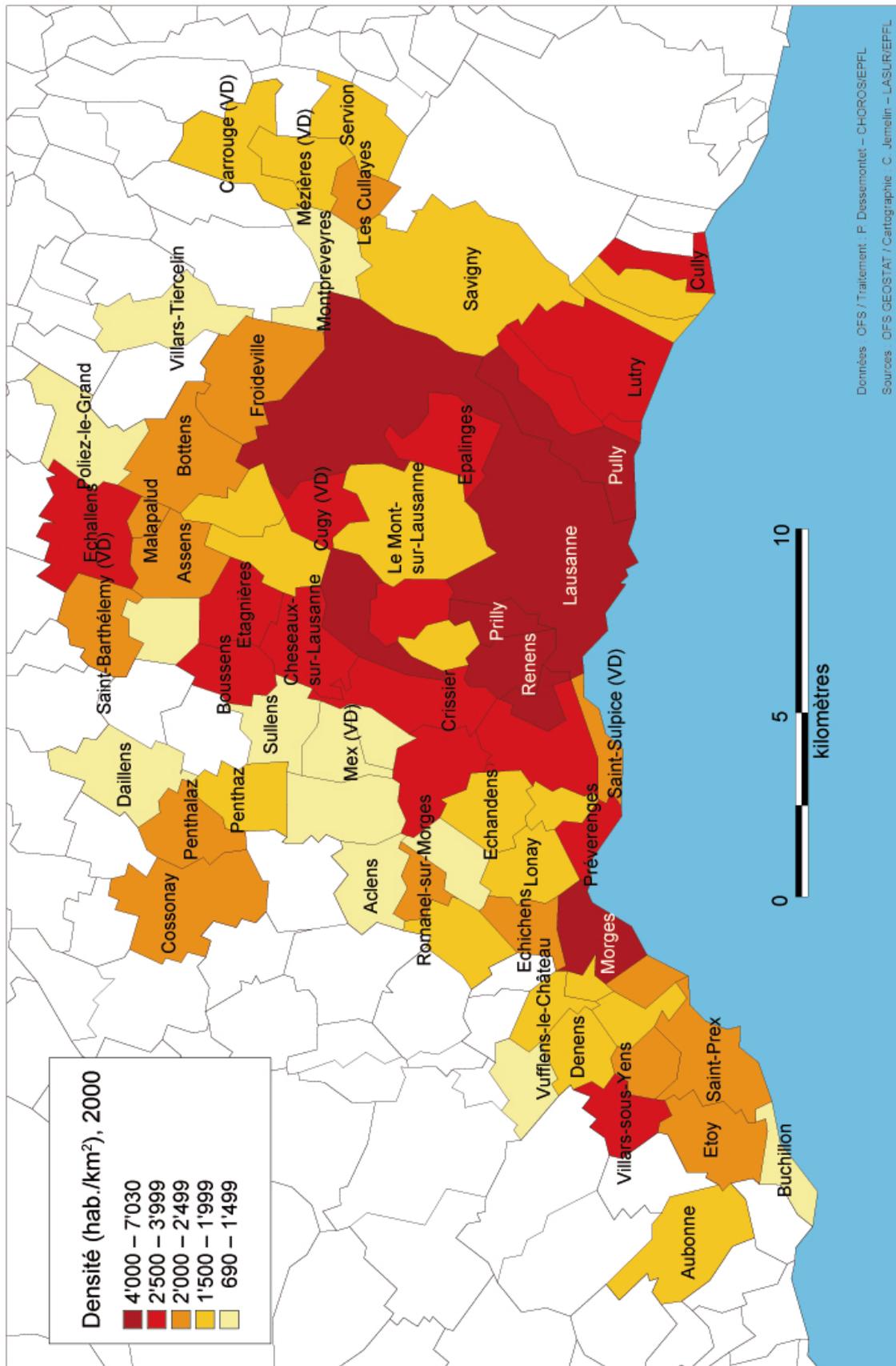


Carte 2. Evolution de la population et localisation des études de cas dans l'agglomération lausannoise



**Carte 3 : Variation de la population 2000-2007 (source SCRIS)**

Le desserrement démographique de l'agglomération s'est parallèlement concrétisé par un développement de l'habitat périurbain, et de fortes différences en termes de densité moyenne d'habitat, comme en témoigne la carte n°4.



Carte 4 : variation de la densité moyenne, en hab./km<sup>2</sup>, calculée à partir de la superficie bâtie des communes de l'agglomération lausannoise

## 3 La gestion de l'eau dans l'agglomération lausannoise

### 3.1 Histoire et topologie du réseau d'eau

Le réseau d'eau potable de l'agglomération lausannoise dispose d'une trame topologique particulière. Tout commence lorsque Lousonna s'installe sur les hauteurs du Lac Léman pour se protéger des invasions. Les rivières de la Louve et du Flon servent de protections naturelles mais aussi de sources d'eau pour l'ensemble de la population, le bétail et les jardins que comprend l'enceinte. La ville s'agrandit régulièrement et les ressources, suffisantes au Moyen-âge et à la Renaissance, s'avèrent rapidement limitées. En effet, alors que la population de Lausanne n'est que de 7'000 habitants en 1709, elle passe à 10'000 en 1803 puis croît rapidement avec 15'000 âmes en 1850, 28'000 en 1874 et 45'000 en 1900<sup>1</sup>.

Dès 1850, l'augmentation de la population impose la prise de dispositions supplémentaires pour répondre à la demande. Les eaux du Chalet-à-Gobet, du Mont et de Penau sont captées pour offrir 635 l/min. supplémentaires à la ville. Plus tard, dans les années 1865 à 1868, ce sont les eaux des Cases, combinées à la construction des réservoirs du Calvaire et de Bellevaux sécurisent un peu plus la ressource. Dès lors, la ville de Lausanne se retrouve dotée d'eau distribuée sous pression.

En 1872, Lausanne peut offrir 90 litres par jour à chacun de ces 27'400 habitants. Toutefois, l'explosion démographique génère de nouveaux problèmes d'approvisionnement. De plus, plusieurs sécheresses rendent la situation délicate et une proposition de l'ingénieur Gaulis est faite de réaliser une prise d'eau dans le lac. Cette proposition est refusée ; les mentalités ne sont pas encore mûres pour accepter l'eau du lac, considérée alors comme impropre. Des solutions doivent être trouvées. Deux variantes sont envisagées : assurer le service de la ville via les sources du Pont-de-Pierre sur les hauts de Montreux (à vingt kilomètres à l'est) ; relier le lac de Bret (dix kilomètres au nord-est) à Lausanne par une canalisation. Le choix se porte sur la première proposition et, en 1877, l'eau du Pont-de-Pierre arrive enfin à Lausanne. Dans un même temps, de nombreuses autres sources au nord de la ville sont captées pour répondre aux besoins, comme par exemple la source de Pierre-Ozaire (Dirlewanger, 1998).

Ces réalisations permettent de retrouver un volume d'eau suffisant, mais l'augmentation de la population d'environ 1'000 personnes par an ne laisse aucun répit à la ville. La fièvre typhoïde refait surface et les critiques se font alors plus vives quant à la mauvaise qualité du service. Le docteur Demiéville, personnage très influent de l'époque, propose à nouveau de pomper l'eau du lac comme alternative ; mais ce qui est perçu comme du « jus de cadavre » ne fait toujours pas l'unanimité. En 1899, la société d'électricité Vevey-Montreux vient à nouveau au secours de la ville de Lausanne en offrant 10'000 litres par minute en provenance des sources du Pays-d'Enhaut, à l'extrême est du Canton de Vaud (région de moyenne montagne, à soixante kilomètres à l'est de Lausanne). Quatre années plus tard, la ville possède des ressources en eau équivalentes à 685 litres par habitant.

---

<sup>1</sup> Chiffres extraits du Plan Directeur d'EauService, chapitre 1.2.

Au cours des trois premières décennies du XX<sup>ème</sup> siècle, plusieurs nouvelles sources du nord de la ville sont captées, mais les importantes sécheresses de 1928 et 1929 mettent en lumière le fait que les ressources cumulées ne pourront pas répondre à une augmentation de la population. La décision est prise de pomper l'eau dans le Lac Léman, 65 ans après la première proposition, représentant un tournant majeur dans la distribution d'eau potable de l'agglomération lausannoise. La station de pompage de Lutry est construite entre 1931 et 1932.

La station de Lutry est par la suite agrandie au milieu du siècle, puis sera complétée par une seconde station de pompage à St-Sulpice à la fin des années 1960. À la fin des années 1950, on note également la construction d'une station de traitement au Lac de Bret. En 2000, une nouvelle usine est construite à Lutry et les anciennes installations abandonnées.

Nous constatons que le réseau d'eau potable de l'agglomération lausannoise se développe sur un territoire dépassant le périmètre de la commune de Lausanne. Pour répondre à la consommation des clients de ce réseau, plusieurs alternatives d'acquisition de ressources ont été développées. Actuellement, la ressource la plus importante est le Lac Léman avec un apport d'eau à hauteur de 55 à 60% du total, voire 80% en cas de sécheresse. D'une superficie totale de 580.1 km<sup>2</sup>, il offre une extension qui permet de répondre à des pompages annuels très importants. En cumulant les onze stations de pompage qui s'y trouvent, le volume pompé annuellement représente ainsi entre 80 et 100 millions de mètres cubes. Du point de vue de la distribution d'eau, le Lac Léman est ainsi considéré comme une ressource infinie. Actuellement, il fournit toutefois un maximum de 108'000l/min au réseau lausannois.

La seconde ressource d'EauService est le Lac de Bret à une dizaine de kilomètres à l'est de la ville. Ce lac de taille moyenne, agrandi par la construction d'un barrage et par le captage des eaux environnantes, fournit environ 15'000l/min pour le réseau lausannois. Contrairement au Lac Léman où le pompage est indispensable, cette ressource a le grand avantage de fournir de l'eau par gravitation et permet, en cas de crise, de continuer à alimenter l'agglomération. Toutefois, elle reste limitée de par la taille du bassin versant.

Enfin, la troisième ressource d'EauService, historiquement la première, est constituée d'une multitude de captages de l'eau souterraine. Actuellement, EauService exploite l'eau de 120 captages. En majorité situé dans le Gros-de-Vaud et le nord de l'agglomération, mais aussi dans le Pays-d'Enhaut, à l'extrême est du réseau, ou le Pied du Jura, au nord-ouest, ces captages apportent un volume d'eau d'au maximum 26'200l/min.

À ces trois ressources principales, il est possible d'ajouter des achats occasionnels lorsqu'il manque d'eau dans le réseau ou lorsque d'autres réseaux ont un trop-plein.

Mise à part le captage de la ressource, la deuxième fonction du service est de distribuer l'eau sur l'ensemble de l'aire géographique concernée. Pour cela, EauService dispose d'un réseau de conduites divisé en 22 régimes de pression. Chacun de ces régimes est rattaché à un ou plusieurs réservoirs définissant la pression dans le réseau. Ces réservoirs reçoivent de l'eau des usines de pompage ou d'autres réservoirs selon les besoins. Au sein du réseau d'EauService, les différences d'altitude entre deux réservoirs interconnectés ne dépassent pas les 100 à 120 m ; permettant d'éviter des pressions supérieures à 10-12 bars dans les conduites.

On distingue trois types de conduites. En premier lieu, le réseau est bâti sur une ossature de conduites dites de transport. Ces dernières forment les liaisons principales entre les lieux de productions et les réservoirs. Ce sont les conduites les plus importantes du réseau en termes de diamètre. En second lieu, le réseau distribue l'eau dans les quartiers au travers de conduites dites de distribution. Ces conduites plus petites permettent de couvrir l'ensemble du périmètre de desserte. Enfin, les branchements font le lien entre les conduites de distribution et chaque immeuble. Cet ensemble de conduites forme actuellement un réseau à 80% maillé alors que les 20% restants sont en antenne et alimentent principalement des bâtiments isolés. L'ensemble de ces conduites représente une longueur d'environ 340 km<sup>2</sup>. Sur ce réseau sont installées une multitude de vannes permettant de réguler, de dévier ou de purger une section du réseau.

Les réservoirs jouent un rôle important dans le système de distribution d'eau potable. Ils servent de tampon entre la production et la consommation et de stock de secours en cas de problème d'approvisionnement. De plus, ils permettent d'assurer une pression stable dans la zone d'alimentation. Sur l'ensemble des 47 cuves des réservoirs, EauService dispose ainsi de 147'576 m<sup>3</sup> de volume utile.

Le réseau de distribution d'eau potable ne serait pas complet sans l'ensemble des raccordements (branchements) des bâtiments au réseau d'EauService. Ces raccordements ont un statut particulier étant donné qu'ils relient une conduite, sur territoire public, à un bâtiment, en territoire privé. Une loi cantonale régit donc leur gestion. Cette loi exige que les installations soient effectuées par des installateurs bénéficiant d'une concession délivrée par la ville. De plus, EauService définit l'emplacement des compteurs. Les frais se répartissent également de manière particulière. Ainsi, les installations principales, sur le domaine public, sont à la charge d'EauService alors que les installations intérieures et extérieures en domaine privé sont à la charge du propriétaire du bâtiment. Pour chaque raccordement privé, un abonnement est nécessaire après le paiement d'une taxe de raccordement, c'est-à-dire le paiement d'un droit d'utiliser les infrastructures d'EauService<sup>3</sup>. Pour les communes alimentées au détail, cela représente environ 19'700 abonnements. Enfin, les bornes hydrantes sont également considérées comme des raccordements. Toutefois, elles sont localisées sur le domaine public et ne possèdent pas de compteur.

### **3.2 Gestion de l'eau et intercommunalité dans l'agglomération lausannoise**

L'approvisionnement en eau de la ville de Lausanne ainsi que de son agglomération a mis plusieurs décennies pour se développer et atteindre son état actuel. Les besoins ont progressivement augmenté tant du point de vue des unités à desservir que de la quantité demandée. Remarquons toutefois que la consommation tend à baisser depuis quelques années. L'offre a elle aussi suivi une courbe ascendante pour répondre aux besoins croissants. EauService s'étend actuellement sur un

---

<sup>2</sup> Extrait des données du SIG d'EauService.

<sup>3</sup> Loi Cantonale sur la distribution d'eau du 30 novembre 1964 (LDE) et règlement de la ville de Lausanne du 8 décembre 1987.

territoire important. Il possède ainsi des liens ou des accords avec plus de 100 communes plus ou moins proche de la ville de Lausanne. 17 communes sont alimentées au détail, au même titre que la zone industrielle de la Plaine d'Aclens<sup>4</sup>. Le terme « au détail » signifie qu'EauService gère l'approvisionnement de ces communes de A à Z, de la fourniture de la ressource jusqu'aux branchements. D'autres communes sont livrées en gros, elles achètent de l'eau à EauService et se chargent elles-mêmes de la distribution à l'intérieur de leur commune. 13 sont fortement dépendantes des ressources d'EauService et 49, partiellement. Enfin, 35 communes ont la possibilité d'échanger des volumes d'eau avec le réseau d'EauService.

---

<sup>4</sup> Zone industrielle en fort développement dans la vallée de la Venoge, au nord d'Ecublens.



### 3.3 Les coûts et les tarifs du service de l'eau à Lausanne

#### 3.3.1 Le financement des nouveaux équipements

Avant d'étudier les coûts d'équipement et de distribution d'eau dans divers quartiers de l'agglomération lausannoise, cette section vise à présenter les conditions de financement de l'équipement des urbanisations nouvelles. A Lausanne, pour tout nouveau bâtiment, le promoteur paie :

- un forfait de 1000 chf pour la prise et la conduite qui sort du domaine public, inférieure à une longueur de 6 mètres ;
- le branchement sur le terrain ;
- la location du compteur ;
- l'eau du chantier ;
- en cas de construction d'un nouveau quartier, le génie civil pour la construction du réseau ;
- une taxe de raccordement.

La taxe de raccordement comprend deux parties dont les calculs sont distincts. La première partie se dénomme « volume SIA » – défini par la Société des ingénieurs et architectes – et correspond au volume habitable de la maison. EauService applique pour cette partie une taxe de 1,50 chf/m<sup>3</sup>. Pour une villa standard d'une superficie d'environ 1000 m<sup>3</sup>, la taxe payée est de 1500 chf. La seconde partie dépend des unités de raccordement ; une unité de raccordement correspond à un débit de 6 litres/minutes, soit le débit d'un robinet. Un évier représente deux unités de raccordement, une baignoire trois, etc. Le nombre d'unité de raccordement de la maison est évalué et une taxe de 80 chf par unité est appliquée. Pour une maison individuelle standard, il faut compter une taxe de raccordement variant de 5000 à 8000 chf, soit 3000 à 5000 €. Cette taxe peut être incluse dans le prix de la maison ou payée directement par le futur usager. La première taxe fondée sur le volume SIA correspond au « rachat de l'infrastructure existante », c'est-à-dire à la part de réseaux de distribution, de réservoir, de conduite de transport correspondant à la nouvelle maison desservie. Cette taxe est non négociable.

#### 3.3.2 Le coût des nouveaux projets

Selon EauService Lausanne, la taxe de raccordement est suffisamment élevée pour couvrir les coûts de raccordement, même s'il faut poser de nouvelles conduites. Les données collectées le confirment. Le tableau ci-après présente une brève comparaison de cinq chantiers récents réalisés par EauService. Dans tous les cas le volet génie civil a été pris en charge par le promoteur. En effet, pour tout nouveau quartier, en plus des taxes de raccordement, une participation aux travaux de raccordement est demandée aux promoteurs. Cette taxe correspond au financement du génie civil. Une partie du coût du génie civil – entre 20 et 35% – est néanmoins subventionnée par l'Etablis-

ment cantonal d'assurance pour la sécurité incendie et l'installation des bornes hydrantes. La subvention est versée directement au promoteur.

**Tableau 1 : Coût d'équipements et de main de quatre nouveaux quartiers impliquant une extension de réseaux \*/\*\***

Lieu	Long.	Ø	Main d'œuvre	Montant de l'équipement	Nb. branchements	Remarques
Ecublens	525	150	18'792	71'847,33	26 villas et 3 immeubles de 9 logements	Alimentation et défense incendie d'un nouveau quartier de villas + petits immeubles
Renens	100	125	non communiqué	14'918,55	23	Alimentation et défense incendie d'un nouveau quartier de villas groupées
Chalet-à-Gobet	120	125	9'422	15'352,64	16	Alimentation et défense incendie d'un nouveau quartier de villas mitoyennes
Préverenges	300	150	non communiqué	51'171,02	4 (immeubles)	Bouclage de réseau (alimentation et défense incendie d'un nouveau quartier de locatifs)
Lausanne	235	160 130	6'796	34'814,32	7 (immeubles)	Alimentation et défense incendie d'un nouveau groupe de locatifs

\* Pour chacune de ces opérations, les travaux de génie civil ont été payés par le promoteur

\*\* Les montants sont exprimés en francs suisse, 2007

données : Eauservice Lausanne, 2008

Lieu	Nb de branchements	Nb de logements	Montant total des travaux	Montant total de la taxe de raccordement
Ecublens	29	53	57'254	289'631 (1)
Chalet-à-Gobet	16	16	15'649	83'206 (1)
Lausanne	7	139	26'283	464'000 (1)

(1) montant exact facturé par EauService pour cette opération

\* Les montants sont exprimés en francs suisse, 2007

données : Eauservice Lausanne, 2008

La comparaison des montants des coûts de travaux et des taxes de raccordement prélevées, montre que les taxes permettent de couvrir de trois à onze fois les coûts de raccordement, respectivement pour des villas individuelles et pour des immeubles collectifs. Cette rentabilité des nouvelles con-

nexions est en particulier imputable à la méthode de calcul qui prévoit que les taxes de raccordement incluent une part de “rachat d’une portion de l’infrastructure existante”. Une part de la taxe est ainsi destinée à compenser le coût marginal sur l’ensemble du réseau et des équipements de la construction d’une maison ou d’un immeuble supplémentaire. Ainsi, la rentabilité des nouveaux raccordements permet de compenser une part des coûts liés à la faible densité des extensions en périphérie, à court terme, même si il faut souligner que les taxes collectées pour la construction d’immeubles collectifs sont bien plus avantageuses que la construction de villas individuelles.

### 2.3.3 La tarification du service d’eau potable à Lausanne

La tarification de l’eau potable a été révisée au cours du second semestre 2007. L’ancien tarif comprenait une formule en binôme composée d’un abonnement mensuel de 7 chf/mois et d’un tarif linéaire de 2,10 chf/m<sup>3</sup>. Le nouveau tarif vise à se rapprocher de la structure de coûts d’EauService, avec une baisse du prix du m<sup>3</sup>, passant à 1,95 chf et une augmentation de la part fixe. La part fixe comprend désormais une finance de base de 7 chf/mois à laquelle s’ajoute un abonnement annuel qui varie en fonction du diamètre du compteur.

**Finance annuelle de débit installé (Fr. 63.- par m<sup>3</sup>/h)  
(ne s’applique pas pour livraison maraîchers et jardins familiaux)**

Diamètre	Débit nominal compteur m <sup>3</sup> /h	Fr.
20 mm	2.5	157.50
25 mm	3.5	220.50
30 mm	6	378.-
40 mm	10	630.-
50 mm	15	945.-
65 mm	40	2’520.-
80 mm	55	3’645.-
100 mm	90	5’670.-
125 mm	250	15’750.-
150 mm	450	28’350.-
200 mm	800	50’400.-

Les motivations politiques pour ce changement de tarifs ont été doubles. Le premier facteur déterminant est la baisse de consommation récurrente à laquelle est confrontée la Ville de Lausanne depuis la fin des années 1980. En moyenne la consommation d’eau baisse à Lausanne de 2 à 3% par an (source : EauService) ; une tendance relayée à l’échelle suisse, avec une baisse de la consommation moyenne, passant de 500 litres/habitant/jour en 1981 à 400 litres en 2000. Ces baisses de consommation ont entraîné une diminution des recettes et des bénéfices enregistrés par la Ville de Lausanne. Dès lors, la municipalité a souhaité élever le prix moyen de l’eau afin de garantir des recettes et des excédents d’exploitations stables. De plus, le renforcement de la part fixe permet d’éviter des fluctuations de recettes trop importantes au fil des baisses de consommation. Les évaluations du service des eaux de Lausanne estiment à près de 8 millions de francs supplémentaires les excédents de recettes liés à l’augmentation du prix de la taxe forfaitaire et à 3 millions la baisse de recettes induite par la baisse du prix du m<sup>3</sup>. Le bénéfice net de 5 millions de francs supplémen-

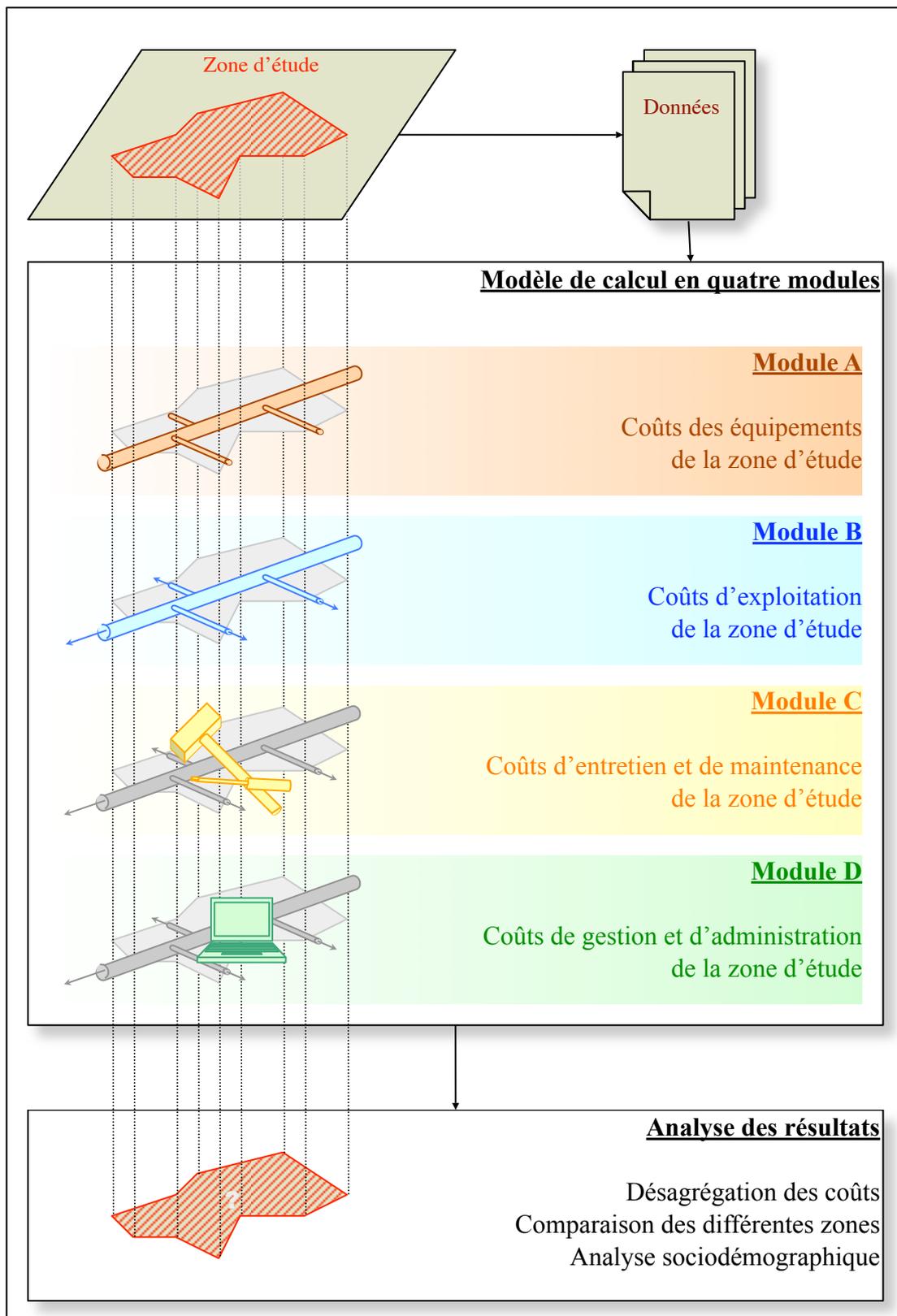
taires devrait permettre de garantir un bénéfice stable de 10 millions de francs – sur un budget total de 50 millions de francs – pour les trois prochaines années à la Ville. Le deuxième motif de modification de la formule tarifaire se traduit par la volonté de taxer plus fortement les villas, plus coûteuses à desservir, que les immeubles. Ainsi, le tableau ci-dessus montre de faibles écarts de prix annuels entre les compteurs destinés à des maisons individuelles et desservant peu d'habitants – de 20 à 30 mm de diamètre – et les compteurs d'immeubles de 40 et 50 mm de diamètre desservant parfois plusieurs dizaines d'appartements. La prise de conscience des coûts supplémentaires de desserte des villas résulte en particulier de la publication des premiers résultats de la présente étude de coûts, à l'été 2007, qui a mis l'accent sur les différences importantes de coûts de desserte en fonction de la densité.

## 4 Méthode de calcul des coûts de la distribution d'eau

Comme pour la plupart des infrastructures et des équipements urbains, la distribution d'eau potable englobe de nombreux paramètres et génère des coûts variés. De par cette variété, les coûts des réseaux d'eau nécessitent une approche multidimensionnelle. Les coûts d'équipement d'une parcelle, les coûts liés au pompage de l'eau ou les coûts de gestion et d'administration du réseau ne peuvent pas passer par le même algorithme et par la même méthode d'analyse lorsqu'on les décline à l'échelle d'un quartier.

Dans ce contexte, une méthodologie spécifique a été définie. Il s'agit tout d'abord de saisir le type de données accessibles, leur disponibilité temporelle et spatiale, ainsi que les éventuelles zones d'ombre. Par la suite, un classement de ces informations a été effectué afin de définir des ensembles de données ayant les mêmes caractéristiques. Ce découpage a ramené l'analyse des coûts à une analyse de quatre sous-groupes de données, appelés par la suite « modules ». Le premier module regroupe l'ensemble des coûts propres à la zone d'étude : les coûts d'installation des équipements sur la zone. Le second module intègre quant à lui l'impact de la nouvelle zone sur l'ensemble du réseau. De manière simplifiée, il s'agit des coûts d'exploitation liés aux demandes générées par la nouvelle zone. Le module suivant concerne les coûts de fonctionnement de la zone d'étude. Il s'agit d'appréhender les coûts liés à l'entretien et à la réhabilitation. Enfin, un dernier module prend en compte le volet administratif et la gestion du service.

Notons que l'ensemble des coûts sont exprimés en francs courants en 2006 sur la base des coûts réels d'EauService Lausanne. Une présentation détaillée de la méthodologie est proposée en annexe 9.1.



## 4.1 Module A : Coûts des équipements

Le premier module comprend l'ensemble des coûts liés à l'équipement de la zone d'étude. Ces coûts englobent la valeur des conduites et des infrastructures (les vannes et les bornes hydrantes), et la main-d'œuvre nécessaire à la construction de l'équipement. Contrairement au module B, ce premier module est totalement indépendant vis-à-vis du contexte global d'exploitation du réseau. L'état du réseau dans son ensemble n'a pas d'impact sur ce module et sur les coûts d'équipement de la zone à proprement parlé.

Du fait de leur indépendance par rapport au système dans son ensemble, les coûts du premier module ne sont pas particulièrement complexes à évaluer. En effet, les données techniques concernant l'équipement, additionnées aux paramètres liés au génie civil, suffisent à définir les coûts de la zone. De ce fait, le choix s'est porté sur la méthode classique du coût métrique de l'installation.

Cette méthode demande en premier lieu d'effectuer un recensement de l'ensemble de l'équipement de la zone. Plus concrètement, il s'agit d'effectuer une mesure des conduites disposées dans la zone d'étude et de recenser ensuite les longueurs de chaque diamètre de conduites. Cette étape achevée, une étude du coût total de l'équipement est effectuée. Le calcul, basé sur le modèle des coûts développé par EauService, tient compte de la difficulté et de la complexité du site. Par exemple, l'équipement d'une zone agricole plane génère des coûts en ressources humaines et en génie civil inférieurs à ceux nécessaires à l'équipement d'une zone déjà urbanisée.

L'étude proposée dans le cadre de ce premier module s'appuie sur les coûts réels en ressources humaines du service des eaux. Cependant, le système de gestion du personnel d'EauService ne permet pas de connaître précisément le coût de chaque tâche. Cet obstacle provient du fait que les salariés sont payés selon un barème horaire en fonction de la durée du travail. Les tâches réalisées durant leur temps de travail, du fait de leur diversité, ne sont pas minutées. L'approximation du temps consacré à chaque tâche a été estimé par EauService en exploitant les archives des chantiers. Ce problème lié à la détermination du coût de la main-d'œuvre se pose pour le premier module mais également pour le troisième module qui porte sur les coûts d'entretien et de maintenance.

## 4.2 Module B : Exploitation

Dans le deuxième module, nous intégrons au modèle une première série d'éléments externes à la zone d'étude. Un réseau de distribution d'eau potable étant un système dynamique dans le temps et l'espace, chacune de ses composantes subit donc l'influence des autres.

Pour un réseau d'eau potable, les composantes principales sont les conduites, les usines de production, les réservoirs ainsi que l'ensemble des autres équipements (les captages, les pompes et les chambres) qui permettent de répondre aux besoins de distribution d'eau. Lorsque l'on équipe une nouvelle zone, nouveaux éléments sont ajoutés au système et modifient l'équilibre antérieur. Plus précisément, la viabilisation d'une nouvelle zone va entraîner une augmentation des volumes d'eau nécessaires.

Dans un réseau d'eau classique, quatre actions composent l'exploitation du service. Tout d'abord, il est nécessaire de fabriquer ou de produire la ressource. Pour l'eau, il s'agit de capter la ressource que ce soit en nappes libres, dans des sources ou en nappes souterraines. Ensuite, l'eau doit être pompée afin de l'amener aux endroits stratégiques du réseau. Troisièmement, le transport assure une distribution adaptée et fiable sur l'ensemble du réseau. Enfin, le stockage permet de garantir une disponibilité suffisante de la ressource sur l'ensemble du réseau et à tout instant, tant pour la consommation courante que pour les réserves en cas d'incendie. En résumé, les quatre principales fonctions sont : « fabriquer et produire », « pomper », « transporter » et « stocker ». Le module B se subdivise en quatre sous-modules respectivement pour la production, le stockage, le transport et le pompage.

Les quatre fonctions de la distribution d'eau potable représentent les quatre domaines sur lesquels une augmentation de la demande peut influencer. Toutefois, une augmentation de la demande ne cause pas forcément une modification de ces éléments. Pour savoir si une ou plusieurs de ces composantes est influencée par la création d'un nouveau quartier, il est nécessaire de connaître la capacité de chacune d'elles, la consommation avant la mise en service des nouveaux raccordements et la demande générée par ces derniers. Pour les quatre fonctions d'exploitation, on peut observer concrètement que l'augmentation de la capacité n'est pas linéaire. Par exemple, pour une capacité de production de 10'000 m<sup>3</sup> par minute et une consommation de 8'000 m<sup>3</sup> par minute, la création d'un nouveau quartier ne nécessitera de mettre à niveau la capacité de production que si la consommation prévue excède 2'000 m<sup>3</sup>. Si la demande de cette nouvelle zone s'inscrit dans ce volume, elle n'engendrera pas de surcoût de production. Par contre, si elle le dépasse, l'équipement de la zone impliquera l'augmentation de la capacité de production. Par conséquent, la construction d'un nouveau réservoir ou la mise en service d'une nouvelle usine de pompage amène une augmentation de la capacité par palier. On observe alors une structure de coûts en escaliers. Cette structure en escaliers représente un obstacle majeur pour l'évaluation des coûts de ce module. En effet, pour être au plus près des coûts réels, il serait nécessaire de prendre en compte chaque palier, d'en déterminer les investissements nécessaires et de définir si la construction du quartier étudié entraîne, ou pas, de nouveaux investissements de production, de transport, de pompage ou de stockage. Toutefois, il ne serait pas juste d'attribuer à un seul quartier l'ensemble des coûts engendrés. En effet, et en reprenant l'exemple de la production, une usine de production, comme celle de Lutry ou de Saint-Sulpice, est bien souvent surdimensionnée à la date de sa construction afin de répondre à la croissance démographique future. Théoriquement, les quartiers construits durant la période de surcapacité n'engendrent pas de coûts supplémentaires au plan des infrastructures de production. En tenant compte de cette difficulté, et bien que les coûts aient une structure en escaliers, l'option méthodologique a consisté à linéariser les coûts et ceci pour les quatre blocs de ce module. Cette évaluation linéaire permet d'obtenir un coût annuel pour chacune des quatre fonctions du module B de la zone d'étude.

### **4.3 Module C : Entretien et maintenance**

Dans les deux premiers modules, le modèle s'est attaché à définir les coûts générés par l'équipement et les besoins de la zone d'étude. Ces coûts englobent donc les deux éléments fondamentaux d'un service, l'infrastructure, constituée par le réseau physique, et le service à proprement parlé qui se greffe sur ce réseau. Pour l'eau potable, les deux premiers modules englobent les coûts liés à la mise en place du réseau et à son utilisation.

Toutefois, le modèle ne serait pas complet sans l'intégration d'une dimension temporelle. En effet, comme tout réseau, le réseau de distribution d'eau potable vieillit et s'altère et nécessite des opérations de maintenance et d'entretien réguliers. Les coûts liés au maintien en état du réseau ne peuvent être négligés ; ce troisième module se focalise sur cet aspect.

Plus précisément, ce module cherche à expliciter les coûts liés à la maintenance du système dès sa mise en service. De nombreuses tâches sont nécessaires pour maintenir la qualité du réseau et ceci demande une main-d'œuvre importante. C'est sur le coût de cette main-d'œuvre que se base le module C. Notons que le coût de remplacement de l'infrastructure est intégré dans le module A (puisque les coûts totaux sont annualisés en fonction de la durée de renouvellement des équipements) ; l'outillage et le transport des ouvriers est intégré dans le module D (gestion). La première étape consiste en un recensement de toutes les dépenses annuelles d'EauService destinées à l'entretien des éléments du réseau, que ce soit les conduites, les vannes, les bornes hydrantes, les usines, les stations de pompage ou les réservoirs. La somme de ces coûts représente alors une charge annuelle pour l'ensemble du réseau. La dernière étape de ce module implique donc de décliner ces coûts à l'échelle de la zone d'étude en définissant quelle fraction de ceux-ci peuvent y être rattachés.

### **4.4 Module D : Gestion de la zone d'étude**

Avec les trois premiers modules, les coûts liés aux éléments qui permettent de faire fonctionner et de faire durer le réseau sont intégrés dans le modèle. Il ne reste plus qu'à intégrer les coûts de gestion du réseau. En effet, le fonctionnement d'un réseau de cette envergure nécessite d'importants moyens humains et matériels. En effet, la gestion du personnel, la conduite de chantiers, la facturation ou la formation du personnel, mais aussi le matériel informatique ou la bureautique demandent des moyens financiers qu'il serait erroné d'omettre.

Ce dernier module englobe donc l'ensemble de ces coûts de gestion d'EauService. Extraits des comptes du service, ces coûts ont été traité de la même manière que les coûts d'entretien du module C. Une nuance est toutefois à apporter. En effet, le risque de doublons est assez grand dans ce module. En d'autres termes, il faut veiller à ne pas intégrer des coûts dans ce module alors qu'ils le sont déjà dans l'un des trois autres. Ceci est notamment valable pour les coûts de personnel.

### **4.5 Origine des données**

Afin d'évaluer les coûts de distribution d'eau potable dans la région lausannoise, la méthodologie précédemment expliquée a été développée. Cette dernière a nécessité au préalable un inventaire des données disponibles ainsi que des éléments indispensables à prendre en compte pour cette étude. Cette étape initiale a permis, durant les premières semaines de travail, de cibler la recherche et d'éviter des zones d'ombres trop importantes. De plus, elle a permis de construire d'emblée un modèle fondé sur ces données. Le modèle en quatre modules en est donc la résultante.

Pour ce qui concerne les données, diverses sources ont pu être exploitées. En premier lieu, la base de données d'EauService s'est révélée être un atout précieux, tant du point de vue des éléments spatiaux que des données qui s'y rattachent. Ce système d'information géographique (SIG), basé sur le logiciel ArcGIS, présente l'intégralité du réseau d'eau d'EauService en allant des conduites aux réservoirs et aux branchements, en passant par les bornes hydrantes ou les vannes. Chaque type d'équipements constitutifs du réseau d'eau possède des attributs qui lui sont propres. Les conduites, par exemple, possèdent des attributs tels que le diamètre, la longueur, le matériau utilisé, le régime de pression auquel elle appartient ou encore l'année de pose. Les réservoirs quant à eux ont des attributs différents comme par exemple la date de construction ou l'altitude.

Ce système d'information géographique a permis d'apporter un grand nombre d'informations numériques, mais aussi graphiques, pour le modèle. Toutefois, il aurait été inapproprié de se limiter à ces seules données. D'autres éléments ont dû être exploités. En premier lieu, le budget d'EauService a été épluché afin d'en extraire une série de coûts. Il a pris toute son importance dans les modules C et D où le SIG d'EauService n'apportait qu'une information très insuffisante.

Pour le module A, une évaluation des coûts des chantiers a été nécessaire. Pour calculer les coûts de ses travaux, EauService a développé une application allant dans ce sens en se basant sur l'expérience des chantiers passés. Ce modèle de calcul des coûts de chantiers a été repris dans le cadre de ce module A.

En troisième lieu, le plan directeur d'EauService nous a également fourni des données descriptives du « territoire », du réseau et du fonctionnement d'EauService, telles que les volumes produits ou consommés, les caractéristiques des régimes de pression ou les bases tarifaires du service.

Le service cantonal vaudois de recherche et d'information statistiques (SCRIS) nous a permis d'affiner la délimitation des quartiers statistiques et des caractéristiques sociodémographiques de chaque zone d'étude. Dans le même sens, les données hectométriques du recensement 2000 ont permis de définir clairement le nombre d'habitants et d'emplois<sup>5</sup> de chaque zone d'étude. Ces deux sources de données ont permis de mettre en relation les informations liées au réseau de distribution d'eau potable et les données liées aux usagers du service.

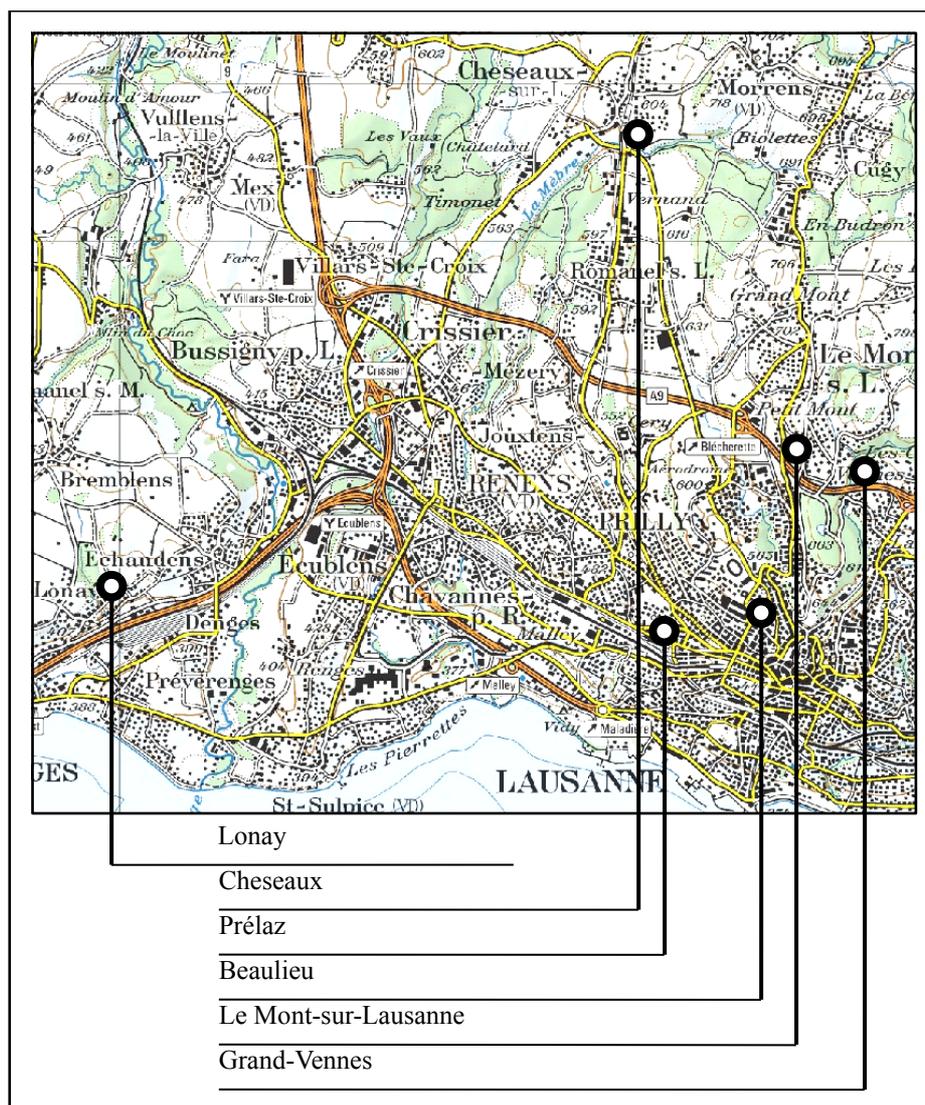
Enfin, l'ensemble de ce matériau n'aurait été complet sans les données accumulées au travers des divers entretiens effectués durant ce travail au sein d'EauService, issues du savoir-faire et de l'expérience des personnes qui connaissent ce réseau de distribution d'eau.

---

<sup>5</sup> Le nombre d'emplois est exprimé en équivalents plein temps.

## 5 Etudes de cas

Afin de permettre une étude approfondie des coûts de distribution d'eau potable en fonction de la densité urbaine et de la localisation des quartiers, le présent travail s'est fondé sur six zones géographiques délimitées : Prélaz, Beaulieu, et Grand-Vennes en zone dense, et le Mont-sur-Lausanne, Cheseaux et Lonay, en zone peu dense. Ces espaces représentent différents contextes urbanistiques de la région lausannoise.



### 5.1 Les critères de définition des zones d'étude

Les zones d'étude n'ont pas été définies de façon aléatoire. Le premier critère de choix concerne la localisation dans l'aire d'EauService. Sur les six zones sélectionnées, nous avons choisi des aires différenciées en termes de densité. Le critère de densité a été complété par une diversité de locali-

sation dans l'agglomération lausannoise. Les zones d'étude se situent plus ou moins loin des usines de production d'eau et à des altitudes variées. Ceci permet d'analyser plus finement les effets des coûts de transport et de pompage.

Le second critère de définition des zones d'étude concerne la taille de ces dernières, leur homogénéité et leur pertinence. L'homogénéité demande que la zone englobe des densités urbaines de même nature. En effet, il est impossible de réaliser une analyse des coûts en fonction de la densité si la zone intègre plusieurs types d'habitats. L'application du principe d'homogénéité à l'extrême reviendrait à fractionner le territoire en unités parfaitement homogènes, en analysant chaque branchement de façon dissociée. Nous avons choisi cependant de définir des zones de taille suffisante pour que les résultats soient suffisamment fiables, et représentatif du fonctionnement du réseau d'eau. La taille des zones d'étude résulte d'un compromis. Une zone de superficie importante impliquerait une bonne pertinence en terme de représentativité du réseau, mais une faible homogénéité au plan de la densité et inversement pour une zone de petite taille. Les zones d'étude ont donc été définies pour s'inscrire dans une fourchette comprise entre 20 et 25 ha.

Le découpage de la zone d'étude constitue le troisième critère de définition. Le premier objectif est de créer une zone contiguë. Ce critère impose d'éviter de créer des zones comprenant des enclaves ou des appendices. De plus, un second critère de forme a été appliqué avec pour trame le réseau de conduites d'eau potable. En effet, le réseau d'EauService est divisé en régimes de pression. Il a donc été choisi de délimiter les zones d'étude en fonction des régimes de pression pour faciliter le calcul et éviter qu'une zone d'étude soit à cheval sur deux régimes de pression. Cet objectif n'a toutefois pas pu être respecté pour la zone de Prélaz qui se situe entre deux régimes.

Enfin, un troisième critère fondé sur la structure du réseau a été utilisé. Pour simplifier le calcul, les branchements et les conduites en antenne ont été soit totalement englobés, soit totalement exclus du périmètre. Ceci permet d'éviter d'exclure un bâtiment desservi par les réseaux de distribution de la zone d'étude et, inversement, d'inclure un bâtiment branché sur une autre portion du réseau.

On constate que la définition d'un ensemble de zones est complexe. En effet, l'ensemble de ces critères rassemble des contraintes parfois difficilement conciliables. Que ce soit l'emplacement, la taille ou la forme des zones d'étude, chacun des éléments a demandé un calage itératif.

Il a été difficile de concilier parfaitement l'ensemble de ces objectifs. Ainsi, la zone de Cheseaux perd en compacité et n'est pas d'une grande homogénéité formelle. Ce cas montre toutefois qu'en dehors de la ville-centre, les communes n'offrent que très rarement de surfaces homogènes suffisamment grandes pour répondre précisément aux exigences de l'étude.

## 5.2 Prélaz

Le quartier de Prélaz se situe au cœur de la ville de Lausanne en bordure de l'axe routier reliant Renens à Lausanne. La zone sélectionnée s'étend entre Malley, au sud-ouest, le Parc de Valency, au nord, et la Place Chauderon à l'est. À une altitude d'environ 460m, ce secteur offre un paysage caractéristique du centre de l'agglomération lausannoise. On y retrouve en effet un tissu bâti dense composé essentiellement de bâtiments locatifs généralement de trois à huit étages. On y rencontre également des petits commerces ainsi que quelques centres commerciaux de petites tailles. Comme souvent dans ce type de quartier, il est à noter que les commerces se situent au rez-de-chaussée des immeubles d'habitation et qu'ils ont principalement une fonction de commerce de proximité. Dans la zone d'étude, très peu d'industries sont implantées. On retrouve toutefois quelques bâtiments à usage industriel, mais restant dans des proportions modestes en petits ateliers ou en dépôts.

D'un point de vue temporel, cette zone d'étude n'a pas connu de densification importante dans les dernières décennies. On ne retrouve que peu de bâtiments contemporains à l'exception du nouveau quartier de Prélaz. Ce dernier a en effet été totalement reconstruit à la fin des années 1990 et accueille environ 800 habitants. Ce secteur se singularise actuellement dans le quartier par une architecture plus moderne où les bâtiments plus petits. On y retrouve également une vie de quartier très développée avec un concept centré sur une mixité fonctionnelle regroupant, outre l'habitat, des services communautaires, des espaces publics ou des petits commerces.

En périphérie de cette zone d'étude se trouve la partie ouest de la zone industrielle du Flon ainsi que le Parc de Valency. Ces deux importants espaces sont les seuls à trancher avec le tissu urbain de ce secteur de l'agglomération. Les mécanismes régissant les coûts de distribution d'eau potable ne devraient donc pas subir de grandes influences externes à la zone d'étude. Ces deux éléments voisins restent toutefois importants dans la compréhension des résultats.

### Surface

24.53ha

### Population

4'340 hab.

### Nombre d'emplois

1'175

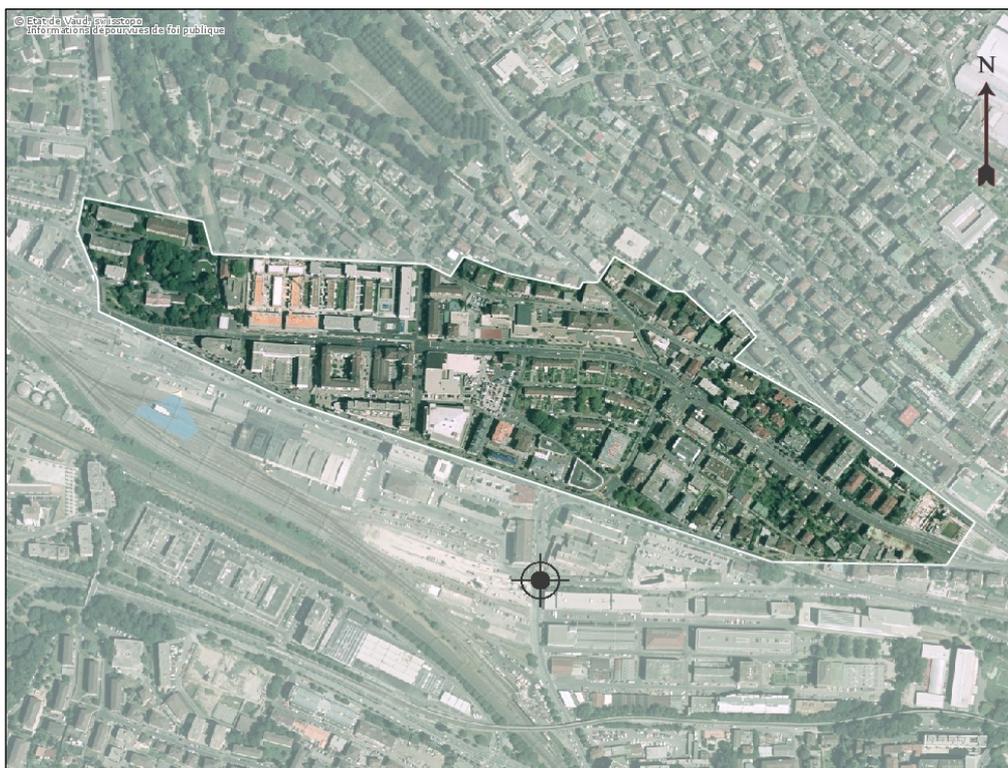
### Densités

17'693 hab / km<sup>2</sup>

22'483 hab+emp / km<sup>2</sup>

Source : Vaud / SCRIS,  
2000 - 2001

## Zone d'étude de Prélaz



Coordonnées point de référence : 536'808 / 152'798



Zone d'étude de Prélaz (source : Orthophoto du SIG du Canton de Vaud, photos : F. Ecoffey).

### 5.3 Beaulieu

Une seconde zone d'étude a été définie dans le noyau central de l'agglomération lausannoise, au nord-est de la zone de Prélaz. Ce quartier se situe à une altitude moyenne de 550m, mais les déclivités y sont assez importantes. Elle est délimitée à l'ouest par le Palais des expositions de Beaulieu et le stade de la Pontaise, au sud par la colline de la Cité et au nord par le quartier de Bellevaux.

Au plan urbanistique, ce quartier fait toujours partie du tissu dense de Lausanne, même s'il ne fait plus partie du centre-ville à proprement parlé. On y découvre un paysage où la végétation prend une part plus importante que dans le secteur de Prélaz. Les bâtiments y sont de ce fait moins contigus mais restent de tailles importantes. Les immeubles locatifs prédominent et s'élèvent généralement sur 5 étages. Quelques tours plus importantes se dressent parfois mais restent à un maximum d'une quinzaine d'étages.

De par la structure discontinue du tissu bâti, les rez-de-chaussée n'accueillent que rarement des commerces. Ces derniers se font donc plus rares qu'à Prélaz et se concentrent dans la Rue de la Pontaise. Tout comme à Prélaz, on retrouve également un centre commercial de proximité. Très peu d'industrie s'y sont développées et celles qui s'y trouvent restent de tailles très modestes.

D'un point de vue historique, ce périmètre voit se côtoyer des bâtiments anciens et plus récents. Toutefois, aucun grand projet n'a été réalisé très récemment. Le tissu bâti y est donc assez homogène.

Au sein de cette zone d'étude se trouvent quelques infrastructures importantes. Le complexe d'exposition de Beaulieu et le dépôt des transports publics lausannois. Ces deux infrastructures sont potentiellement de gros consommateurs d'eau et, malgré le fait qu'elles n'appartiennent pas à la zone, elles peuvent avoir un impact.

Surface

23.61ha

Population

4'186 hab.

Nombre d'emplois

1'070

Densités

17'730 hab/km<sup>2</sup>

22'262 hab+emp/km<sup>2</sup>

Source : Vaud/SCRIS, 2000 -  
2001

## Zone d'étude de Beaulieu



Coordonnées point de référence : 537'675 / 153'213



**Zone d'étude de Beaulieu (source : Orthophoto du SIG du Canton de Vaud, Photos : F. Ecoffey).**

## 5.4 Grand-Vennes

En remontant encore vers les hauts de l'agglomération lausannoise, la ceinture autoroutière crée une rupture dans le tissu bâti. Alors qu'au sud de celle-ci, le tissu est généralement assez dense, au nord, on trouve principalement des quartiers résidentiels moins denses formés de villas individuelles ou de petits bâtiments locatifs. Un quartier déroge toutefois à la règle. Située au lieu-dit Grand-Vennes, cette zone s'étend à une altitude moyenne de 700m. Elle est délimitée au sud par l'autoroute, au nord et à l'ouest par le vallon boisé du Flon et à l'est par les quartiers des Croisettes.

Bien qu'ayant une densité élevée en termes d'habitants, ce quartier se distingue toutefois des deux précédents. En effet, les espaces verts sont nombreux et entourent d'imposantes tours d'environ dix étages. Construit sur le modèle des grands ensembles, ce quartier se caractérise par son aspect monofonctionnel. On y trouve en effet une majorité de bâtiments locatifs. Dans l'extrême sud de la zone, quelques commerces de proximité se sont développés au rez-de-chaussée des immeubles, mais restent des exceptions. Au plan des activités, le constat est encore plus clair puisqu'il n'y a aucune industrie dans le périmètre d'étude.

Les caractéristiques de ce quartier en font un cas d'étude particulièrement intéressant. En effet, proches des zones d'étude de Prélaz ou de Beaulieu en termes de concentration d'habitants, il reste totalement singulier en termes de formes urbaines. De plus, il se situe à une altitude relativement élevée et en périphérie. Ce cas doit donc permettre d'étudier deux types de zones denses et ainsi d'en extraire des résultats plus précis.

Autour de cette zone de Grand-Vennes, peu d'infrastructures viennent interférer dans le système de distribution d'eau potable. Hormis quelques bâtiments scolaires et maisons individuelles, le tissu bâti reste en effet a priori peu soumis à d'importantes consommations d'eau.

### Surface

23.02ha

### Population

2500 hab.

### Nombre d'emplois

230

### Densités

10'860 hab/km<sup>2</sup>

11'860 hab+emp/km<sup>2</sup>

Source : Vaud/SCRIS, 2000 - 2001

## Zone d'étude de Grand-Vennes



Coordonnées point de référence : 539'678 / 154'625



Zone d'étude de Grand-Vennes (source : Orthophoto du SIG du Canton de Vaud,  
Photos : F. Ecoffey)

## 5.5 Le Mont-sur-Lausanne

En restant au nord de la ceinture autoroutière, la zone d'étude du Mont-sur-Lausanne constitue le premier périmètre en milieu périurbain. Faisant face, de part et d'autre du vallon du Flon, au quartier de Grand-Vennes, la commune du Mont-sur-Lausanne est limitrophe de celle de Lausanne. La zone d'étude se situe dans la partie sud de la commune, au lieu-dit « Les Martines ». Elle est délimitée au sud par l'autoroute et à l'ouest par la Route de Lausanne. Les frontières est et nord ont été définies de manière arbitraire en fonction du réseau de distribution d'eau potable et des critères de sélection des zones d'étude, notamment la superficie nécessaire. Cette zone varie entre des altitudes comprises entre 640 et 700m.

Les constructions y sont en grande majorité des villas individuelles entourées d'importants espaces verts privés. Ces villas sont généralement assez cossues et datent d'une vingtaine d'années. Le paysage est également complété par quelques villas mitoyennes ou individuelles plus récentes issues d'une densification de la zone. En effet, la commune du Mont-sur-Lausanne, profitant du besoin de logements lié à l'essor de l'agglomération, a connu une forte croissance démographique, de l'ordre de 13% entre 1990 et 2000.

La zone d'étude est totalement monofonctionnelle. Les commerces et les industries y sont absents alors que les infrastructures communautaires restent cantonnées au strict minimum : un complexe scolaire et un terrain de sport.

En périphérie de la zone d'étude, aucune infrastructure n'est présente, à l'exception du centre d'intervention de la police cantonale. Ce complexe ne génère toutefois pas de consommation d'eau importante, même si le nombre d'emplois y est conséquent. La proximité de la campagne impose cependant de tenir compte de la présence dans les environs d'exploitations agricoles, grandes consommatrices d'eau.

### Surface

21.22ha

### Population

557 hab.

### Nombre d'emplois

43

### Densités

2'625 hab/km<sup>2</sup>

2'828 hab+emp/km<sup>2</sup>

Source : Vaud/SCRIS, 2000 - 2001

## Zone d'étude du Mont-sur-Lausanne



Coordonnées point de référence : 538'175 / 155'874



Zone d'étude du Mont-sur-Lausanne (source : Orthophoto du SIG du Canton de Vaud,  
photos : F. Ecoffey)

## 5.6 Cheseaux

Hors de la conurbation de Lausanne, mais fortement influencé par celle-ci, la localité de Cheseaux se situe au nord de Lausanne, en altitude, dans la campagne vaudoise. L'ensemble de la localité étant trop vaste et trop hétérogène, seul le secteur sud-est, aux lieux-dits Coligny, Bouzenet et Les Crottes, a été sélectionné. Encadré par la Mèbre au sud, par le centre de la localité à l'ouest et par les cultures agricoles au nord et à l'est, cette zone d'étude se situe à une moyenne de 620m.

Du point de vue du tissu bâti, cette zone est la plus hétérogène des six. Toutefois, cette hétérogénéité ne concerne que le type d'habitations : des maisons individuelles plus ou moins anciennes côtoient de petits complexes de villas mitoyennes ou quelques immeubles locatifs plus importants ; ces derniers ne dépassant cependant pas quatre étages. On ne dénombre ni commerces ni industries, mais quelques bâtiments agricoles.

Bien qu'étant située en milieu rural, cette localité accueille une population travaillant principalement dans le secteur tertiaire, et en grande majorité dans l'agglomération lausannoise. Cheseaux est devenue une commune dortoir depuis les années 1960, où la population communale a explosé (+585% entre 1960 et 1980).

Aux abords de ce quartier, on trouve l'ensemble des caractéristiques d'une localité de cette taille. Les petites industries, les commerces de proximité, les habitations et l'agriculture cohabitent dans un périmètre restreint.

Avec ce cas d'étude, il s'agit donc non seulement d'intégrer une zone peu dense, mais également d'apporter des éléments particuliers liés à son altitude, à son éloignement du centre et à sa mixité fonctionnelle. Les coûts qui en découlent doivent permettre d'analyser au mieux certains paramètres liés au transport de la ressource.

### Surface

23.10ha

### Population

1015 hab.

### Nombre d'emplois

46

### Densités

4'394 hab/km<sup>2</sup>

4'593 hab+emp/km<sup>2</sup>

Source : Vaud/SCRIS, 2000 - 2001

## Zone d'étude de Cheseaux



Coordonnées point de référence : 536'173 / 159'186



Zone d'étude de Cheseaux (source : Orthophoto du SIG du Canton de Vaud, photos : F. Ecoffey).

## 5.7 Lonay

La commune de Lonay se situe entre l'agglomération de Morges et l'agglomération de Lausanne, dans la partie ouest de l'aire d'EauService. Contrairement aux zones du Mont-sur-Lausanne et de Cheseaux, Lonay est localisée dans les parties les plus basses de l'aire urbaine avec une altitude variant autour de 420 m. La zone d'étude se trouve à l'est de la commune. Elle est délimitée au sud par la zone industrielle du lieu-dit « En Vozy » et à l'ouest par le centre du village et le vallon du Bief. Au Nord et à l'est, ce sont les cultures et notamment le vignoble qui définissent la frontière de la zone.

Le tissu urbain a longtemps été constitué de villas individuelles cossues entourées de parcelles importantes. Toutefois, selon la même dynamique Cheseaux, la commune de Lonay a connu une importante croissance démographique, de l'ordre de 28% entre 1990 et 2000. Cette croissance ne s'est toutefois pas traduite par un essor de la taille du village. La tendance s'est plutôt orientée vers une densification des zones déjà bâties. On y trouve un paysage mixte où d'anciennes villas côtoient des plus récentes. La zone englobe également des immeubles locatifs sur la partie basse du village. Ces bâtiments restent toutefois de tailles moyennes avec un maximum de 3 ou 4 étages.

Dans la zone d'étude, les commerces et les industries sont inexistantes. Il s'agit donc d'un espace monofonctionnel. Au voisinage de la zone, cependant, on recense une petite zone industrielle, ainsi qu'une pépinière. Ces deux entités, couplées à l'exploitation agricole des environs, consomment un volume d'eau important.

### Surface

23.81ha

### Population

429 hab.

### Nombre d'emplois

35

### Densités

1'802 hab/km<sup>2</sup>

1'950 hab+emp/km<sup>2</sup>

Source : Vaud/SCRIS, 2000 -  
2001

## Zone d'étude de Lonay



Coordonnées point de référence : 529'281 / 153'382



Zone d'étude de Lonay (source : Orthophoto du SIG du Canton de Vaud, photos : F. Ecoffey).

**Tableau 3 : Synthèse des six zones d'étude**

	<b>Prélaz</b>	<b>Beaulieu</b>	<b>Grand-Vennes</b>	<b>Mont-sur-Lausanne</b>	<b>Cheseaux</b>	<b>Lonay</b>
Superficie (ha)	24.53	23.61	23.02	21.22	23.1	23.81
Altitude moyenne	460m	550m	700m	670m	620m	420m
Population	4'340	4'186	2'500	557	1'015	429
Emplois	1'175	1'070	230	43	46	35
Densité (hab/km <sup>2</sup> )	17'693	17'730	10'860	2'625	4'394	1'802
Densité (emp/km <sup>2</sup> )	4'790	4'532	1'000	203	199	148
Régime de pression	Calvaire Chablière	Bellevaux	Dailles	Châtaignier	Orme	Crissier
Altitude du réservoir	590.50m 558.73m	624.09m	751.05m	729.10m	710.47m	559.00m
Population du régime de pression	24'200 17'400	9'300	10'970	3'660	4'320	25'290
Consommation du régime en m <sup>3</sup> /an	4'284'000 1'253'000	1'157'000	1'475'000	737'000	974'000	4'377'000
Pointe journalière du régime en m <sup>3</sup>	14'973 5'300	4'536	6'732	3'447	6'887	22'625

(Sources : SIG et Plan Directeur d'EauService et Vaud /SCRIS, 2000 - 2001)

## 6 Résultats

Les six zones d'étude ont été analysées à l'aide du modèle de calcul développé. Les résultats obtenus apportent des renseignements chiffrés quant aux coûts de la distribution d'eau au sein de l'agglomération lausannoise. Nous présentons dans un premier temps les résultats zone par zone, puis nous comparons et analysons les six zones.

### 6.1 Coûts par zone

Le coût annuel actualisé, calculé dans le module A, peut représenter soit l'amortissement d'un équipement neuf, soit le renouvellement d'anciens équipements. Afin de ne pas compliquer la démarche, l'aspect amortissement et l'aspect renouvellement, bien souvent imbriqués au sein d'une même zone, sont traités sans distinction. Les coûts ont été annualisés non pas en fonction de la durée de vie théorique des équipements mais en fonction de leur durée de vie moyenne observée dans une zone donnée.

#### 6.1.1 Prélaz

L'approvisionnement en eau potable de la zone de Prélaz coûte annuellement 821'410.-. Les quatre modules interviennent de manière diverses sur le montant annuel (cf. Tableau 5). Sur l'ensemble de la zone, les équipements coûtent 87'700.- par année, soit environ 11% du montant total. L'exploitation revient quant à elle à 641'350.-, soit plus de 78% du coût global de la zone. L'entretien coûte par contre nettement moins cher avec 13'440.- par année, soit environ 1.5% du coût global. La gestion complète les trois points précédents à hauteur de 78'920.- par année, soit un peu moins de 10%.

En sachant que la zone d'étude compte 4'340 habitants, chacun d'eux coûte 189.30.-, répartis selon les mêmes proportions entre les quatre modules.

**Tableau 4 : Coûts par modules de la distribution d'eau potable dans la zone d'étude de Prélaz.**

<b>Module</b>	<b>zone</b>	<b>par hab.</b>	
A	87'700 .-	20.20 .-	11%
B	641'350 .-	147.80 .-	78%
C	13'440 .-	3.10 .-	2%
D	78'920 .-	18.20 .-	10%
<b>TOTAL</b>	821'410 .-	189.30 .-	100%

Le module B (exploitation) est prédominant. En le décomposant et en ramenant le coût à l'habitant, il ressort que le volet « production » coûte 31.-, le volet « stockage » 26.40.-, le volet « transport » 54.40.- et le volet « pompage » 36.-. Les quatre volets du module B sont, pour la zone de Prélaz,

laz, assez homogènes avec tout de même une prédominance des coûts de transport. En découpant les 78% du module B sur les quatre volets, on obtient 16%, 14%, 29% et 19% respectivement pour la production, le stockage, le transport et le pompage.

Pour la zone d'étude de Prélaz, près d'un tiers des coûts annuels sont imputables au transport de l'eau. Les coûts de pompage s'élèvent à un cinquième du coût global. Ces deux éléments représentent la moitié des coûts annuels de la zone de Prélaz. De plus, nous constatons que les coûts d'entretien restent minimales malgré le nombre important de conduites couvrant la zone.

### 6.1.2 Beaulieu

La zone d'étude de Beaulieu coûte annuellement 903'750.- pour son approvisionnement en eau. L'équipement s'élève à 64'810.-, soit 8%, l'exploitation à 717'420.-, soit 87%, l'entretien à 11'530.-, soit un peu plus de 1% et la gestion à 109'990.-, soit 13%. Les quatre modules influencent très diversement le coût global (cf. Tableau 6) avec notamment un module B (exploitation) très important. En sachant que la zone d'étude compte 4'186 habitants, chacun d'eux coûte 215.90.- par année.

**Tableau 5 : Coûts par modules de la distribution d'eau potable dans la zone d'étude de Beaulieu.**

Module	zone	par hab.	
A	64'810 .-	15.50 .-	7%
B	717'420 .-	171.40 .-	79%
C	11'530 .-	2.80 .-	1%
D	109'990 .-	26.30 .-	12%
<b>TOTAL</b>	903'750 .-	216.00 .-	100%

De façon similaire à la zone de Prélaz, le module B (exploitation) domine avec 79% du total des coûts. La décomposition de ce module relève que la production coûte 31.- par habitant, c'est-à-dire le même coût que pour Prélaz. Le stockage revient à 12.80.-. Ce coût est deux fois moins élevé que pour Prélaz. Cette différence s'explique par le fait que Prélaz se situe dans le centre de l'agglomération. De gros réservoirs s'y trouvent pour deux raisons, l'une d'ordre historique et l'autre de par le fait que de nombreuses ressources y transitent avant d'être distribuées plus loin dans le réseau. Le transport coûte 82.70.- et le pompage 45.-. Ces montants représentent respectivement 18%, 8%, 48% et 26% du coût total du module B. Le stockage sur la zone de Beaulieu étant moins coûteux que sur la zone de Prélaz, nous constatons que le transport et le pompage ont une influence encore plus marquée sur le coût global. Le transport compte ainsi pour près de 40% du coût global de cette zone d'étude.

Nous constatons que les deux zones d'étude de Prélaz et de Beaulieu ont un fonctionnement semblable aux plans des coûts de la distribution d'eau potable. Le module B apparaît clairement comme le facteur d'influence majeur. À l'inverse, les coûts d'entretien et de maintenance du réseau n'ont qu'une influence très faible.

### 6.1.3 Grand-Vennes

Cette troisième zone d'étude, assez dense, mais toutefois très différente par rapport aux deux précédentes d'un point de vue du tissu bâti, coûte annuellement 677'720.-. Les quatre modules contribuent à ce coût à hauteur de 4%, 89.5%, 0.5% et 6% (cf. Tableau 18). Par rapport aux deux zones de Prélaz et de Beaulieu, nous constatons que le module A (équipement) coûte nettement moins cher pour une surface similaire. Ceci est notamment dû au fait que Grand-Vennes est un quartier en périphérie du réseau. La conséquence en est que très peu de conduites sont installées dans le sous-sol de la zone d'étude. Nous remarquons par contre que le module B (équipement) est moins coûteux sur l'ensemble de la zone d'étude, mais qu'il est plus coûteux lorsqu'il est ramené à l'habitant.

Comme pour les deux premières zones d'étude, le module B est le plus coûteux. Il atteint les 90%, soit dix points de plus qu'à Prélaz et à Beaulieu. Le volet « production » coûte 38.90.- alors que le volet « stockage » s'élève à 41.40.-. Les volets « transport » et « pompage » sont à nouveau prédominant avec 84.20.- et 78.20.- par habitant. Avec respectivement 35% et 32% du coût du module B, les deux derniers volets contribuent à parts égales aux coûts ; ce constat n'est pas le même pour les zones de Prélaz et Beaulieu où le transport était plus important que le pompage. L'altitude, plus élevée, de la zone de Grand-Vennes en est la cause essentielle.

**Tableau 6 : Coûts par modules de la distribution d'eau potable dans la zone d'étude de Grand-Vennes.**

<b>Module</b>	<b>zone</b>	<b>par hab.</b>	
A	24'945 .-	10.00 .-	4%
B	606'730 .-	242.70 .-	89.5%
C	3'470 .-	1.40 .-	0.5%
D	42'575 .-	17.00 .-	6%
<b>TOTAL</b>	<b>677'720 .-</b>	<b>271.10 .-</b>	<b>100%</b>

Le module C (entretien) joue à nouveau un rôle minime dans le coût de distribution d'eau potable. Le module D (gestion) perd quant à lui une part de son impact par rapport à Prélaz et Beaulieu avec 6% du coût global. Ceci provient de la faible densité d'équipement sur la zone de Grand-Vennes. Le nombre de conduites et de bornes hydrantes y est plus faible qu'en centre ville.

D'un point de vue global, le transport et le pompage représentent, ensemble, 60% du montant total. Le stockage et la production coûtent 30% alors que les modules A, C et D se répartissent les coûts des 10% restants. Nous constatons que les trois zones d'étude caractérisées comme denses ont un fonctionnement plus ou moins similaire aux plans des coûts de distribution d'eau. La zone de Grand-Vennes montre cependant qu'une zone dense située en périphérie génère des structures de coûts différentes.

#### 6.1.4 Le Mont-sur-Lausanne

La zone d'étude du Mont-sur-Lausanne coûte annuellement 365'335.- (cf. Tableau 19). Ce coût global se divise en 27'115.-, soit 7.5%, pour l'équipement, 255'770.-, soit 70%, pour l'exploitation, 5'075.-, soit 1.5%, pour l'entretien et 77'375.-, soit 21%, pour la gestion. Par rapport aux trois zones d'étude denses traitées précédemment, nous constatons que le module D (gestion) prend une part plus importante. Alors qu'à Prélaz, Beaulieu ou Grand-Vennes, ce module représente un coût de l'ordre de 10%, au Mont-sur-Lausanne, ce coût grimpe à plus de 20%. Cette différence provient du fait qu'une connexion, équivalente à une adresse postale dans l'hypothèse du module D, ne dessert qu'un nombre restreint de personnes au Mont-sur-Lausanne alors qu'elle dessert souvent un immeuble complet en zone dense.

Le coût important du module D diminue légèrement l'influence du module B. Le module « exploitation » reste toutefois prédominant. Au cœur de celui-ci, le volet « production » coûte 60.- par habitant, le volet « stockage » 59.20.-, le volet « transport » 236.90.- et le volet « pompage » revient à 103.10.-. Cette répartition représente respectivement 13%, 13%, 52% et 22% du coût du module B. Nous remarquons que l'éloignement du Mont-sur-Lausanne, par rapport aux usines de Lutry et de St-Sulpice joue à plein dans ce module. Pour illustrer l'importance du transport dans cette zone, nous constatons que l'altitude de la zone, pourtant la plus élevée de l'étude, ne représente que la moitié du coût du transport. Le transport représente à lui seul 36% du coût total de la zone d'étude

**Tableau 7 : Coûts par modules de la distribution d'eau potable dans la zone d'étude du Mont-sur-Lausanne.**

<b>Module</b>	<b>zone</b>	<b>par hab.</b>	
A	27'115 .-	48.70 .-	7.4%
B	255'770 .-	459.20 .-	70.0%
C	5'075 .-	9.10 .-	1.4%
D	77'375 .-	138.90 .-	21.2%
<b>TOTAL</b>	365'335 .-	655.90 .-	100%

La tendance générale se confirme avec la zone d'étude du Mont-sur-Lausanne où le module B (exploitation) joue un rôle majeur et où le module C (entretien) reste dans un rôle minime. Une divergence fondamentale se dessine pourtant par rapport aux trois zones denses. Le coût global de la zone est nettement plus faible qu'à Prélaz, Beaulieu ou Grand-Vennes, mais ce coût se répartit cependant sur un nombre d'habitants beaucoup plus faible. Nous constatons que le coût par habitant s'en retrouve alors beaucoup plus élevé, de l'ordre de trois fois. Les 655.90.- que coûte la distribution d'eau potable à un habitant du Mont-sur-Lausanne contrastent ainsi fortement avec les montants des trois zones d'étude denses.

### 6.1.5 Cheseaux

Le coût global de la zone de Cheseaux est de 685'720.-. Ce montant tranche d'emblée avec les 365'335.- du Mont-sur-Lausanne et se rapproche du coût des zones denses. Il se décompose (cf. Tableau 9) en 29'040.- pour l'équipement, 575'545.- pour l'exploitation, 5'755.- pour l'entretien et 75'380.- pour la gestion. En pourcentage, on a donc respectivement 4%, 84%, 1% et 11% pour les différents modules. La répartition des coûts est très proche de celle de Prélaz ou de Beaulieu, à l'exception du module A. Nous expliquons ce constat par le fait que l'équipement de la zone de Cheseaux est assimilable à celui d'une zone dispersée alors que les modules B et D augmentent de concert. En effet, le module B subit l'éloignement et l'altitude élevée de la zone et le module D subit le faible nombre d'habitants par adresse postale et donc par connexion. Malgré la similitude des proportions avec les zones du centre de l'agglomération, le coût par habitant est totalement différent, principalement du fait du faible nombre d'habitants de la zone d'étude. Chaque habitant coûte annuellement 675.60.-.

**Tableau 8 : Coûts par modules de la distribution d'eau potable dans la zone d'étude de Cheseaux.**

<b>Module</b>	<b>zone</b>	<b>par hab.</b>	
A	29'040 .-	28.60 .-	4.2%
B	575'545 .-	567.00 .-	83.9%
C	5'755 .-	5.70 .-	0.8%
D	75'380 .-	74.30 .-	11.0%
<b>TOTAL</b>	<b>685'720 .-</b>	<b>675.60 .-</b>	<b>100%</b>

Comme pour les quatre premières zones, la majorité des coûts sont imputables au module B. Le volet « production » s'élève, par habitant, à 101.40.-, le volet « stockage » à 65.20.-, le volet « transport » à 249.50.- et le volet « pompage » à 150.90.-. Nous remarquons que le transport est à nouveau le facteur principal avec 44% des coûts du module. Le pompage prend également un rôle important avec 27% des coûts.

La zone d'étude de Cheseaux est la plus éloignée des usines de production des six zones sélectionnées. De plus, elle est l'une des plus élevées en altitude. Notre premier constat relatif à l'impact du transport et du pompage sur les quatre premières zones est confirmé. Le coût par habitant rejoint le montant du Mont-sur-Lausanne, nettement plus élevé que pour les trois zones denses.

### 6.1.6 Lonay

La zone d'étude de Lonay coûte annuellement 181'962.-, soit de loin le coût le plus faible de l'étude. Malgré la très faible densité de cette zone d'étude, le coût total est particulièrement bas. Il se décompose respectivement en 16.9%, 44%, 3.4% et 35.7% entre les quatre modules (cf. Tableau 10). Nous remarquons que la zone de Lonay réagit différemment des cinq autres. Le module B

reste le plus important, mais n'est pas aussi prépondérant. Pour comprendre les différences observées, il s'agit de découper le module B selon ses quatre volets. La production revient à 56.90.- par habitant, le stockage à 32.10.-, le transport à 51.30.- et le pompage à 46.40.-. Le transport et le pompage ne représentent que 12% et 11% du coût de distribution d'eau. La faible altitude de la zone d'étude de Lonay et la distance relativement faible séparant l'usine de Saint-Sulpice du réservoir de Crissier explique en partie les coûts faibles de la zone. Cependant, nous constatons que l'élément central reste la grande taille du régime de pression ainsi que sa nature urbaine. En effet, la zone d'étude de Lonay, constituée de villas individuelles essentiellement, appartient à un régime de pression très important<sup>6</sup> du point de vue de la population. Une importante conduite dessert ainsi beaucoup plus d'habitants que dans le cas d'un régime de pression de faible population. Par habitant, une conduite de transport desservant beaucoup d'habitants revient moins chère qu'une conduite de transport desservant peu d'habitants. La nature très urbaine du régime de pression de Crissier apporte probablement un biais dans les résultats de la zone d'étude de Lonay, par rapport au seul critère de densité.

**Tableau 9 : Coûts par modules de la distribution d'eau potable dans la zone d'étude de Lonay.**

<b>Module</b>	<b>zone</b>	<b>par hab.</b>	
A	30'820 .-	71.80 .-	16.9%
B	80'070 .-	186.60 .-	44.0%
C	6'147 .-	14.30 .-	3.4%
D	64'925 .-	151.30 .-	35.7%
<b>TOTAL</b>	181'962 .-	424.00 .-	100%

Malgré les différences de structure des coûts, et en ramenant le coût global à l'habitant, nous trouvons un coût de 424.-. La zone d'étude de Lonay, avec un tissu bâti dispersé, est deux fois plus coûteuse qu'une zone dense comme Prélaz ou Beaulieu aux plans des services de distribution d'eau.

## 6.2 L'impact des régimes de pression

Les différences de structure des coûts à Lonay méritent d'être approfondies. Afin de bien comprendre les mécanismes sous-jacents au modèle de calcul, une simulation a été effectuée. La zone d'étude de Lonay et la zone d'étude du Mont-sur-Lausanne ont été permutées afin de voir l'impact de la nature urbaine du régime de pression de Crissier sur une zone d'étude de type peu dense comme Lonay.

Les résultats de cette inversion montrent que les deux zones d'étude voient leur structure de coûts se modifier (cf. Tableau 11). La zone de Lonay, mise dans le contexte du Mont-sur-Lausanne, se comporte comme les autres zones. Inversement, la zone du Mont-sur-Lausanne, mise dans le contexte de Lonay, perd les structures que nous rencontrons dans les autres zones pour acquérir une

<sup>6</sup> Régime de pression de Crissier (Lonay) : 25'290 habitants ; Orme (Cheseaux) : 4'300 habitants ; Châtaigner (Mont-sur-Lausanne) : 3'650 habitants.

structure proche de celle de Lonay. Le régime de pression dans lequel se trouve la zone d'étude a une grande influence sur les structures de coûts de la distribution d'eau.

Mais, est-ce que toutes les zones dépendent du régime de pression les alimentant ? Pour répondre à cette question, une troisième simulation a été effectuée en plaçant la zone d'étude de Beaulieu dans le contexte de Lonay. Cette simulation permet de placer une zone d'étude dense dans un régime de pression de nature urbaine. Le résultat obtenu avec Beaulieu dans le contexte de Lonay donne les mêmes structures de coûts qu'avec Beaulieu dans son cadre initial. Les deux régimes de pression de Lonay et de Beaulieu sont similaires.

Nous remarquons donc que Lonay réagit de manière particulière de par le contraste qui existe entre ses caractéristiques périurbaines et son régime de pression. Lonay, zone de villas individuelles, est un secteur atypique dans un régime de pression majoritairement urbain.

**Tableau 10 : influence des contextes sur les coûts du service**

<b>Mont-sur-Lausanne dans le contexte de Lonay</b>			
<b>Module</b>	<b>zone</b>	<b>par hab.</b>	
A	27'117 .-	48.70 .-	12.7%
B	103'957 .-	186.60 .-	48.7%
C	5'075 .-	9.10 .-	2.4%
D	77'376 .-	138.90 .-	36.2%
<b>TOTAL</b>	<b>213'525 .-</b>	<b>383.30 .-</b>	<b>100%</b>

<b>Lonay dans le contexte du Mont-sur-Lausanne</b>			
<b>Module</b>	<b>zone</b>	<b>par hab.</b>	
A	30'820 .-	71.80 .-	10.3%
B	196'992 .-	459.20 .-	65.9%
C	6'147 .-	14.30 .-	2.1%
D	64'925 .-	151.30 .-	21.7%
<b>TOTAL</b>	<b>298'884 .-</b>	<b>696.60 .-</b>	<b>100%</b>

<b>Beaulieu dans le contexte de Lonay</b>			
<b>Module</b>	<b>zone</b>	<b>par hab.</b>	
A	64'810 .-	15.50 .-	6.7%
B	781'271 .-	186.60 .-	80.7%
C	11'529 .-	2.80 .-	1.2%
D	109'987 .-	26.30 .-	11.4%
<b>TOTAL</b>	<b>967'597 .-</b>	<b>231.20 .-</b>	<b>100%</b>

Un régime de pression est une zone de pression uniforme qui dessert une zone d'habitat et d'activités depuis un réservoir principal, de façon gravitaire. Les réservoirs sont alimentés, en fonction de leur localisation, soit par pompage des eaux des usines du bord du Lac, soit de façon gravitaire par des sources, soit simultanément par l'eau du Lac et l'eau des sources.

La localisation de la zone d'étude dans un régime de pression donné peut avoir des effets non négligeables sur les coûts de la zone ; des coûts de localisation partiellement indépendants de la densité. Les différences de coûts sont essentiellement liés à des économies d'échelles. Des régimes de pression de grande taille tels que celui de Crissier – dans lequel est situé la commune de Lonay étudiée précédemment – incluent un réseau dense et très maillé, des réservoirs plus grands, un centre de conduite gérant davantage de flux. Ces équipements de grande échelle réduisent les coûts unitaires de desserte. Par construction, le régime de pression fait donc varier les coûts de desserte d'une zone en fonction du nombre d'habitants, d'emplois ou d'industries desservies qui influent directement sur les volumes de stockage et la taille des conduites de transport et de distribution. Toutefois, un régime de pression de petite taille mais très dense, tel que celui de Calvaire dans le centre-ville, peut présenter des coûts par habitant extrêmement bas du fait de la densité : les conduites de distribution raccordant le réservoir aux habitations sont plus courtes et desservent davantage d'habitants que des régimes de pression moins denses.

EauService Lausanne compte 22 régimes de pression dont la taille varie avec la déclivité. Plus la pente est douce, à l'image de l'ouest de l'agglomération, plus le régime de pression est vaste. Le tableau ci-dessous présente une comparaison de trois régimes de pression : le premier, celui de Crissier est situé dans l'ouest de l'agglomération et dessert une importante zone industrielle et commerciale, ainsi que les communes périurbaines telle que la commune de Lonay étudiée précédemment. Le deuxième, celui de Calvaire est le régime de pression historique de la Ville de Lausanne et dessert le centre-ville. Le troisième, Châtaignier, est situé en première couronne, au nord de la ville et englobe des communes périurbaines telles que Le-Mont-sur-Lausanne étudiée précédemment.

**Tableau 11 : Evaluation des économies d'échelle entre trois régimes de pression contrastés**

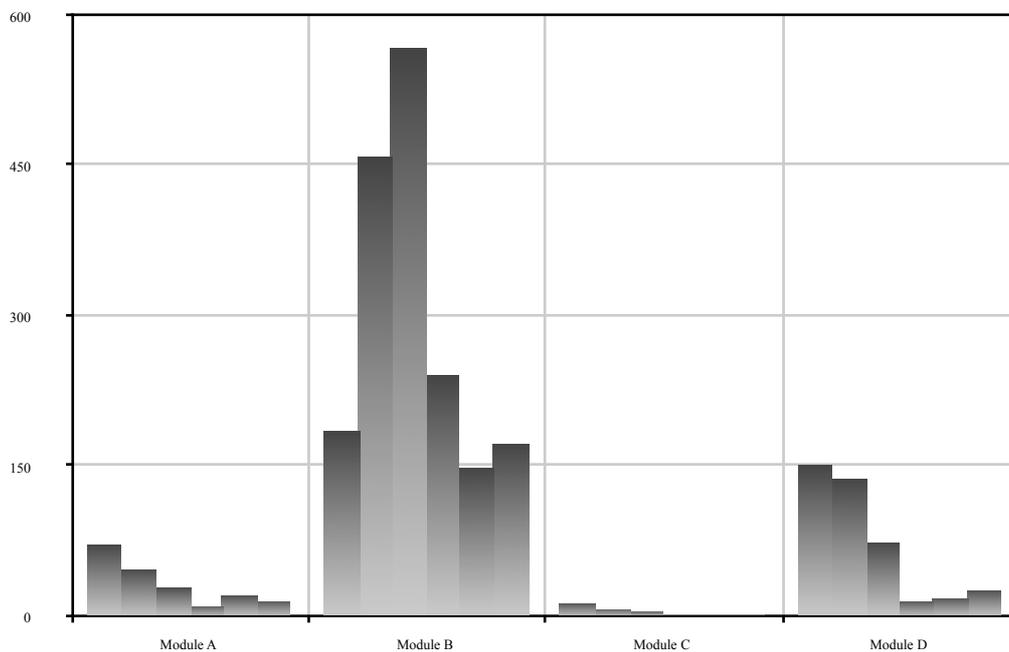
Régime de pression	Valeur totale à neuf en KFr (2007)	Longueur du réseau	Population	Valeur/habitants en Fr
Crissier	118138	120 km	24000 hab	4922,4
Calvaire	34398	32 km	23000 hab	1495,5
Châtaignier	27704	33 km	4300 hab	6442,7

### 6.3 Définition des facteurs d'influence

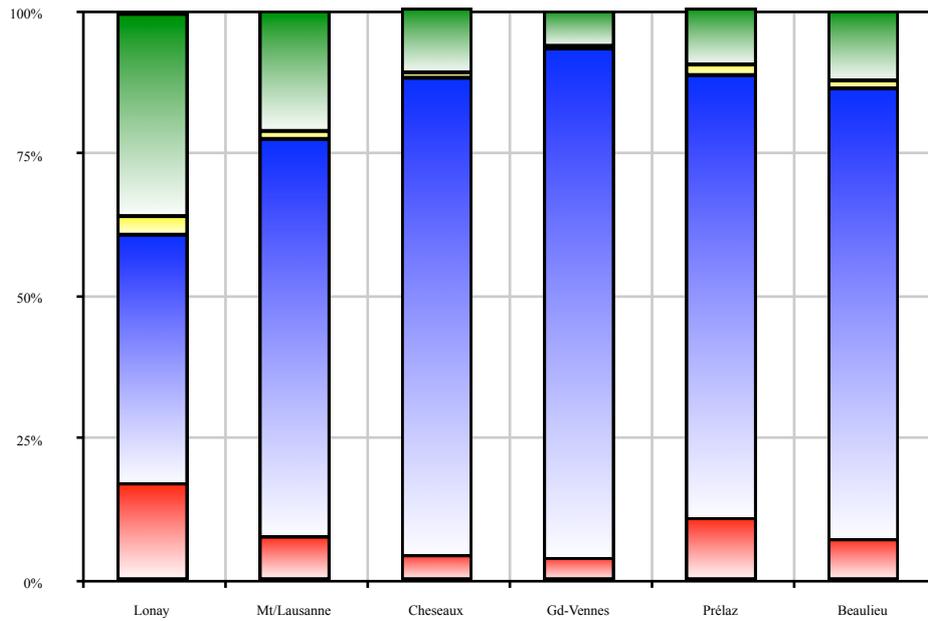
En exposant les résultats zone par zone, nous constatons que certaines tendances semblent se dessiner. Nous remarquons notamment que le module B (exploitation), ainsi que le module D (gestion) dans certaines circonstances, sont les facteurs principaux dans la différenciation des coûts de

la distribution d'eau potable dans l'agglomération lausannoise. À l'inverse, nous constatons que le module C (entretien) n'influence les coûts que de manière insignifiante.

Dans la partie ci-dessous, les six zones sont présentées simultanément sous la forme de graphiques. Cet aperçu global doit permettre de confirmer ces tendances ou de les infirmer le cas échéant. Les deux graphiques de la page suivante présente les coûts de chaque module sur les six zones (classées de gauche à droite de la moins dense à la plus dense), dans un premier temps en valeurs absolues (cf. Figure 11), et dans un second temps en valeurs relatives (cf. Figure 12). Représenté de cette manière, nous remarquons que le module B (exploitation) est le facteur central dans la structure des coûts. À l'exception de Lonay, toutes les zones voient leur coût annuel de distribution d'eau potable attribuable à environ 80% au module B. Nous constatons aussi que les modules A (équipement) et D (gestion) influencent les coûts dans le même ordre de grandeur, c'est-à-dire d'environ 10%. Le module C (entretien) est quant à lui particulièrement modeste et son impact peut être considéré comme négligeable.

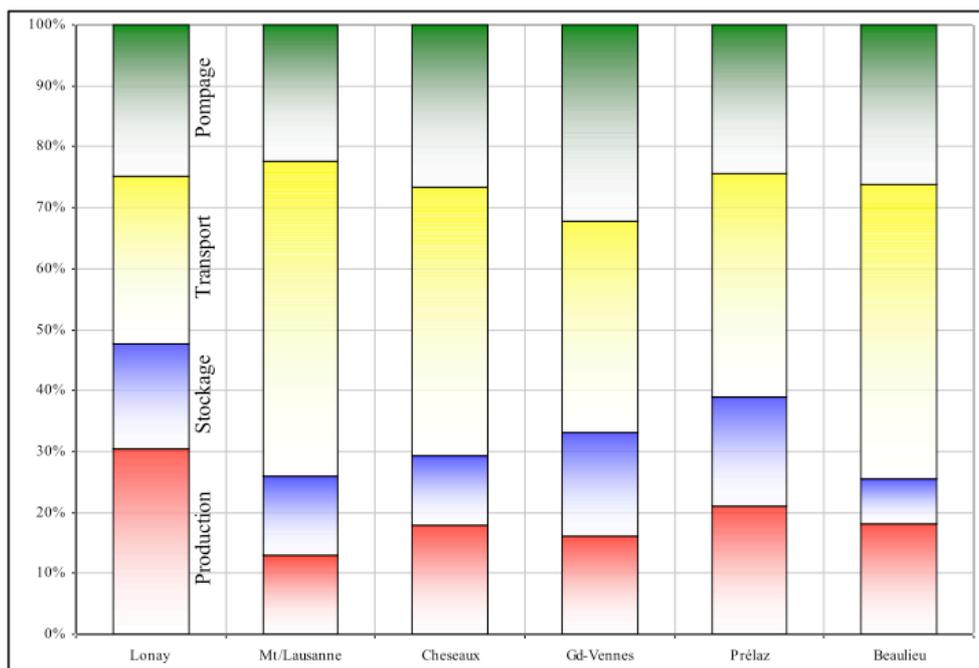


**Figure 1 : Coûts des quatre modules sur chaque zone**



**Figure 2 : Coûts relatifs des quatre modules sur chaque zone.**

Dans le calcul du modèle, le module B (exploitation) est le module le plus vaste et le plus complexe au plan méthodologique. Nous avons décomposé ce module pour étudier l'importance relative des quatre volets production, stockage, transport et pompage. Ce graphique (cf. Figure 12) montre une hétérogénéité moins grande entre les quatre volets du module B qu'entre les quatre modules. Nous constatons cependant que le transport est le facteur prédominant ; constat déjà soulevé dans la présentation de chaque zone. Le transport représente entre 35% (Grand-Vennes) et 52% (Mont-sur-Lausanne) du coût du module, en omettant Lonay qui présente un cas particulier. Après le transport, le pompage apparaît comme un facteur important d'influence. Il représente en moyenne 26% du coût du module B. Le stockage et la production représentent chacun environ 15% du coût total du module B.



**Figure 3 : Part relative des quatre volets du module B sur le coût total du module.**

En considérant les modules A, C et D, ainsi que les quatre volets du module B comme des facteurs d'influence distincts (cf. Figure 13), nous obtenons que le transport constitue le facteur d'influence principal. Un tiers du coût total de l'approvisionnement est imputable au transport. Il s'agit d'un handicap certain pour les zones éloignées des centres de production. Le pompage constitue le second facteur d'influence avec un cinquième du coût total de distribution d'eau potable dans l'agglomération lausannoise. Les modules A et D, ainsi que les volets production et stockage comptent chacun pour environ 10% avec malgré tout une variabilité parfois importante, notamment en ce qui concerne les coûts de gestion.

Lonay est un cas particulier de par les caractéristiques de son régime de pression. Les résultats obtenus sur cette zone d'étude ne sont pas influencés de la même manière que les cinq autres. En excluant cette zone, nous remarquons que pour les cinq zones d'étude, intégrée dans des régimes de pression similaires à leurs caractéristiques morphologiques, les tendances sont semblables. Malgré quelques variations liées aux différences morphologiques des zones, les facteurs d'influence principaux sont les mêmes.

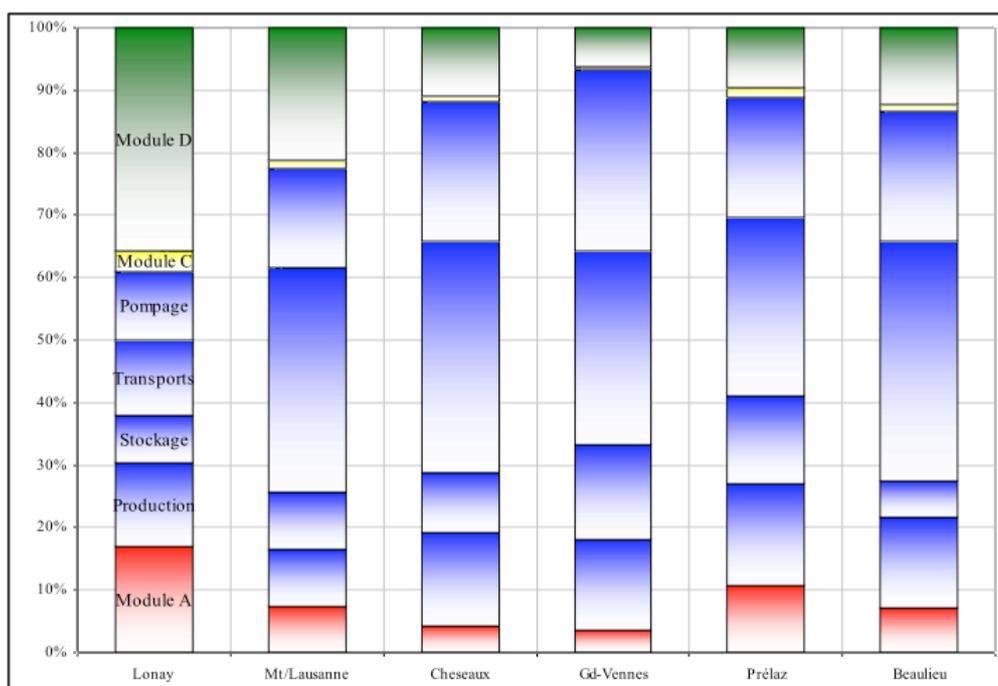


Figure 4 : Coûts relatifs des quatre modules avec décomposition en volets du module B.

#### 6.4 Les coûts à l'épreuve de la densité

Les six zones ont été définies afin de répondre aux objectifs de l'étude. Trois d'entre elles ont une forte densité d'habitants (Prélaz, Beaulieu et Grand-Vennes). Les trois autres (Mont-sur-Lausanne, Cheseaux et Lonay) sont constituées en majorité de maisons individuelles ; la densité d'habitants y est plus faible. Les deux catégories de zones d'étude permettent de mettre en relation le coût annuel de la distribution d'eau avec leur densité et de comprendre si les coûts forment aussi deux catégories distinctes. En comparant le coût de l'ensemble des zones d'étude, nous remarquons que plus la densité est élevée, plus la zone d'étude coûte chère du point de vue de l'approvisionnement

en eau potable. L'explication de cette différence vient du fait qu'une surface fortement peuplée nécessite de plus grandes infrastructures et consomme plus de ressources qu'une surface faiblement peuplée. Elles sont aussi plus coûteuses à équiper en termes de temps de travail et de génie civil. Les zones denses sont plus coûteuses que les zones dispersées.

Toutefois, la variable centrale reste l'habitant. Les coûts doivent donc être ramenés à l'individu afin d'avoir un indice de comparaison exploitable. Lorsque nous prenons un individu de chaque zone d'étude et que nous comparons son coût annuel, nous constatons que la personne résidant en zone dense coûte moins cher qu'un individu vivant en villa individuelle (cf. Figure 15).

Les habitants de Prélaz et de Beaulieu ont des coûts très proches, soit respectivement 189.- et 216.- par habitant et par année. Pour la zone de Grand-Vennes, nous avons remarqué que la densité est moindre que pour les deux premières zones. Le coût par habitant et par année y est de 271.-. Plus élevé qu'à Prélaz ou à Beaulieu, ce coût en reste toutefois assez proche.

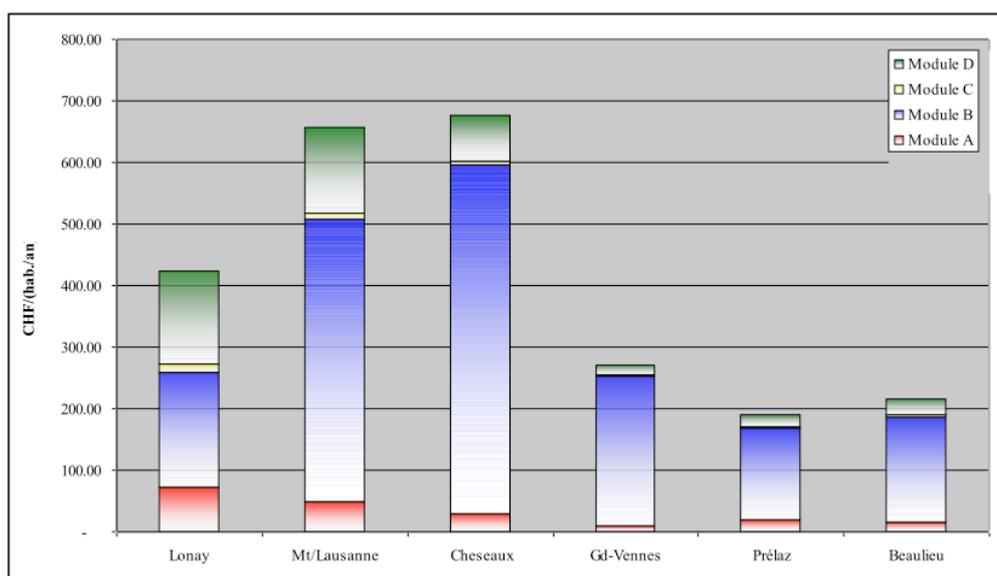
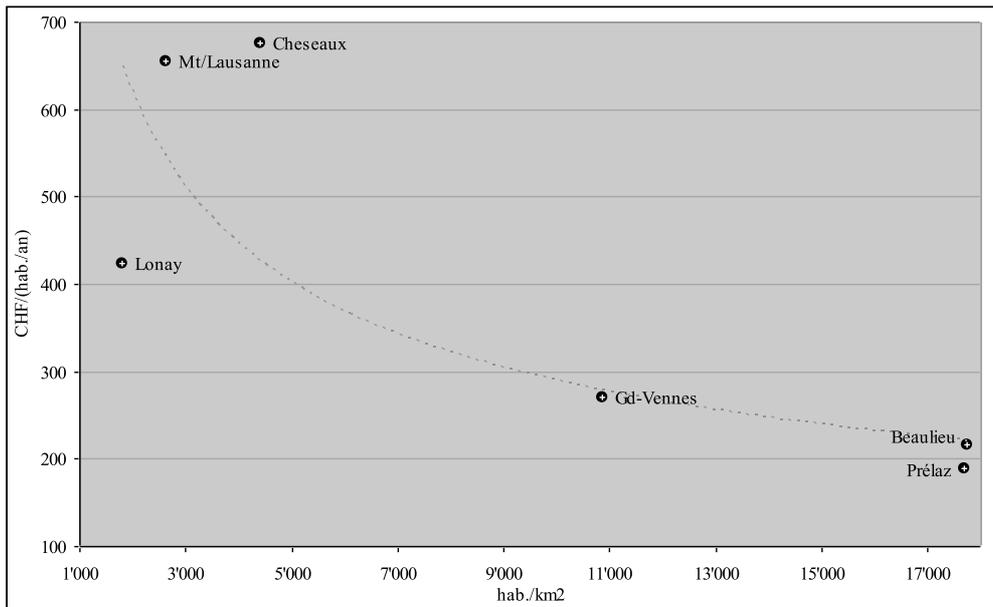


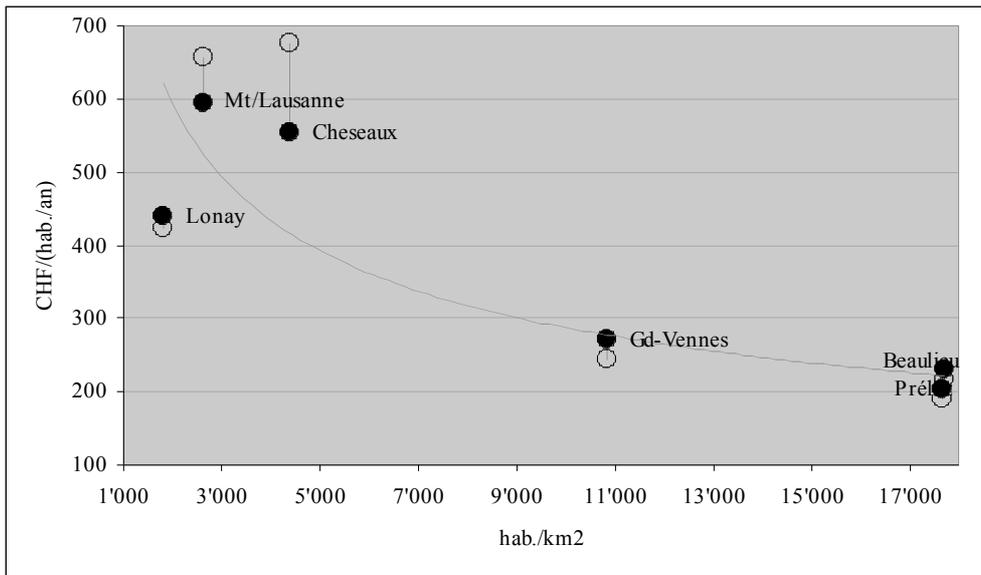
Figure 5 : Coût par habitant pour chaque zone d'étude

Pour les zones d'étude en milieu dispersé, nous remarquons des coûts de 424.-, 656.- et 676.- respectivement pour Lonay, le Mont-sur-Lausanne et Cheseaux. Le coût à Lonay étant tiré vers le bas de par les caractéristiques urbaines du régime de pression de Crissier, il est à manipuler avec réserve. Nous remarquons toutefois qu'il reste deux fois plus élevé qu'à Prélaz ou à Beaulieu. Pour les deux zones situées sur le haut de l'agglomération, le coût est trois fois plus élevé que dans les deux zones du centre-ville. Ces différences sont suffisamment importantes pour distinguer deux types de quartiers. Ainsi, les résultats montrent de façon claire que la densité a un impact sur les coûts de distribution d'eau potable, qui décroissent lorsque la densité urbaine augmente.



**Figure 6 : Coût annuel de la distribution d'eau par habitant en fonction de la densité**

Ce résultat doit être mis en relation avec les facteurs d'influence définis précédemment. Dans le contexte de l'agglomération lausannoise, les zones moins denses sont fréquemment situées sur les parties hautes de l'agglomération. De plus, les zones peu denses sont en principe situées en périphérie des agglomérations. Dans le cas de l'agglomération lausannoise, les zones peu denses se retrouvent pénalisées aux plans du transport et du pompage de l'eau. De plus, l'hypothèse de départ stipulant que toute l'eau consommée provient du lac Léman a tendance à surestimer les coûts de transport. Une simulation a été effectuée en admettant que les six zones se trouvent à 10km du point de production le plus proche et à une altitude de 600m. Notons que la distance de transport et l'altitude sont choisis de façon aléatoire, mais tout de même plausible pour l'agglomération lausannoise. Cette simulation (cf. Figure 17) montre que, pour les zones d'étude éloignées et élevées (Cheseaux et le Mont-sur-Lausanne), les coûts par habitant diminuent. Ils restent toutefois nettement supérieurs aux coûts des zones denses du centre-ville. Le transport et le pompage sont donc très coûteux, mais ne résument pas à eux-seuls les coûts des différentes zones d'étude. A travers cette simulation, nous constatons que les coûts élevés des zones de Cheseaux, de Lonay et du Mont-sur-Lausanne ne sont que partiellement le fruit de transport et pompage trop coûteux.

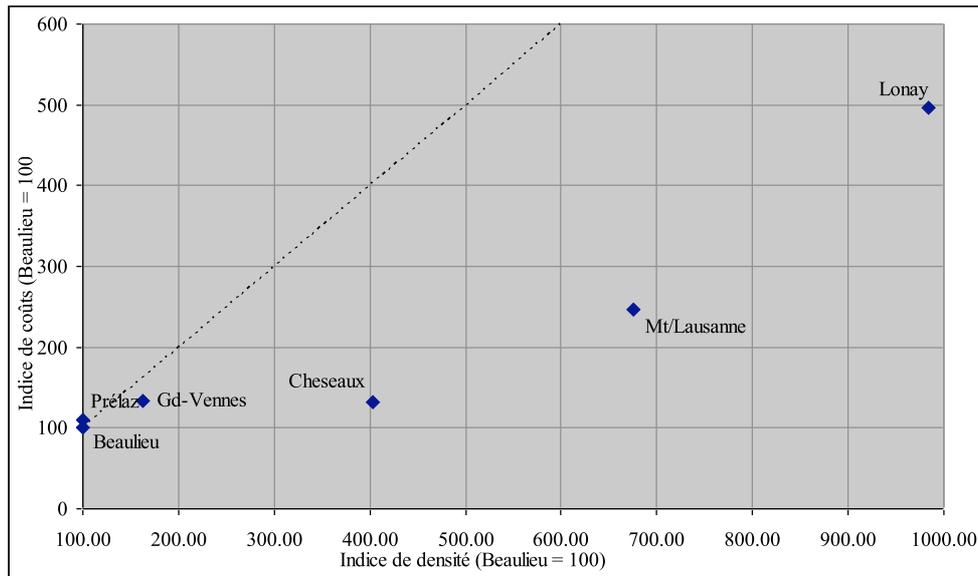


**Figure 7 : Simulation des coûts annuels de la distribution d'eau par habitant en fonction de la densité avec « transports = 10km » et « altitudes = 600m »**

Nous constatons qu'il existe une relation entre la densité d'habitants et le coût de la distribution d'eau potable. Une question reste toutefois en suspens ; Les différences de coût sont-elles directement imputables au différentiel de densité ? Afin d'esquisser une réponse, nous avons ramené l'ensemble des densités et des coûts de chaque module à un indice comparable. La zone d'étude de Beaulieu étant la plus dense des six, nous avons posé sa densité à 100 ; cette valeur représente l'indice de référence. Les indices de densité des cinq autres zones d'étude sont définis de façon à pouvoir comparer les densités par rapport à Beaulieu. Par exemple, deux zones ayant un indice de densité de 200, respectivement de 500, ont une densité deux fois, respectivement cinq fois, moins élevée que Beaulieu. Le coût total de la zone d'étude de Beaulieu est aussi posé à 100. Les coûts des cinq autres zones d'étude sont définis selon la même relation que les densités, mais de façon inversée. Ainsi, une zone dont l'indice de coûts vaut 200 est deux fois plus chère que Beaulieu.

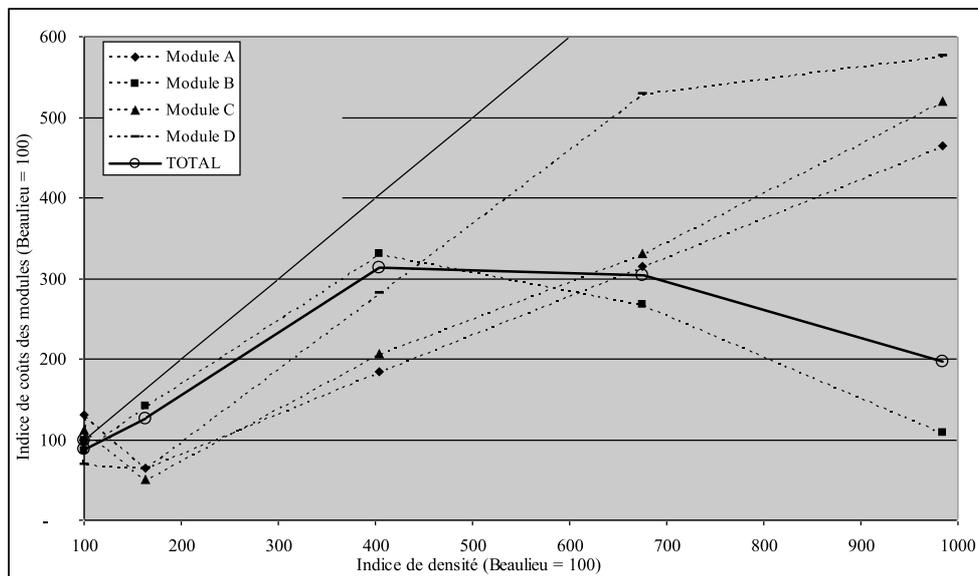
La représentation en indices permet d'isoler la densité et d'exprimer la relation entre la densité et les coûts de distribution d'eau. Le graphique ci-après présente la relation entre ces deux éléments. Nous constatons que les coûts augmentent en fonction de la densité. La tendance est révélatrice des économies d'échelle liées à la densité. La ligne en pointillés représente la ligne théorique où les économies d'échelle sont totalement compensées par les coûts de la densité. Par exemple, chaque habitant d'une zone quatre fois moins dense que Beaulieu (indice de densité = 400) et quatre fois plus chère (indice de coût = 400) coûte la même somme qu'un habitant de Beaulieu.

Il existe une relation non linéaire entre la baisse de densité et l'élévation des coûts par habitant. En effet, on observe que les cas d'étude se situent largement hors de la relation linéaire postulée (ligne en pointillés). Les coûts n'augmentent donc pas dans la même proportion que la baisse de densité.



**Figure 8 : Représentation en indices de la relation densité – coûts**

De façon identique au graphique précédent, le graphique ci-dessous représente la relation densité – coûts en indices et en décomposant le coût global par modules. Le fort impact du module B-exploitation, combiné au biais du régime de pression de Lonay montre un résultat erroné pour la tendance générale. Cependant, nous constatons à nouveau que l'ensemble des coûts se situent sous la droite des coûts par habitant équivalents (indice de densité = indice des coûts) et que les économies d'échelle des zones denses sont plus importantes que les coûts engendrés par la densité.



**Figure 9 : Représentation en indices de la relation densité – coûts par modules**

## 6.5 Zone déjà bâtie et zone non viabilisée

L'ensemble des calculs entrepris dans ce travail ne tient pas compte du contexte initial de la zone d'étude. Certaines zones ont été construites dans un milieu déjà bâti, alors que d'autres sont le fruit de constructions sur des parcelles jusqu'alors agricoles. Dans le cas de bâtiments construits en milieu urbain, le réseau de distribution d'eau est déjà présent et les coûts d'équipement sont principalement de l'ordre du renouvellement. Dans le cas de bâtiments construits sur des parcelles non viabilisées, le réseau de distribution d'eau est à construire et implique des coûts d'équipement à neuf. La présence d'un équipement initial modifie l'impact des constructions sur les coûts de distribution d'eau potable. Dans cette optique, la question se pose alors de savoir quelle stratégie utiliser lorsqu'il s'agit de réaliser de nouvelles zones d'habitations. Trois alternatives sont envisageables ; construire à neuf en périurbain, c'est-à-dire installer un équipement de A à Z, construire à neuf en milieu urbain dense, c'est-à-dire construire un équipement en milieu urbain non viabilisé, et densifier en milieu urbain, c'est-à-dire exploiter un périmètre déjà viabilisé.

Une simulation de ces trois alternatives a été réalisée. L'idée de départ est d'installer 800 habitants supplémentaires<sup>7</sup> dans les trois situations et d'extraire le coût, non pas annuel, mais initial de l'opération. Pour simplifier, le contexte peu dense est identique au cas du Mont-sur-Lausanne et le contexte dense semblable au cas de Prélaz. La démarche consiste alors à reprendre chaque module des deux zones d'étude du Mont-sur-Lausanne et de Beaulieu et de définir les coûts nécessaires pour répondre à la mise en place de chaque alternative. Le tableau ci-après résume les choix qui ont été fait ; les éléments influencés sont marqués par un « oui », alors que les éléments n'étant pas concernés sont marqués par un « non ».

		Construire à neuf en périurbain	Construire en milieu urbain dense	Densifier en milieu urbain dense
Module A		<i>Oui</i>	<i>Oui</i>	<i>Oui, en partie</i>
		<i>1'680'000.-</i>	<i>1'000'000.-</i>	<i>&lt; 1'000'000.-</i>
Module B	Production	<i>Non</i>	<i>Non</i>	<i>Non</i>
		-	-	-
	Stockage	<i>Oui</i>	<i>Non</i>	<i>Non</i>
		<i>324'000.-</i>	-	-
	Transport	<i>Oui</i>	<i>Non</i>	<i>Non</i>
		<i>???</i>	-	-
Pompage	<i>Non</i>	<i>Non</i>	<i>Non</i>	
	-	-	-	
Module C		<i>Non</i>	<i>Non</i>	<i>Non</i>
		-	-	-
Module D		<i>Non</i>	<i>Non</i>	<i>Non</i>
		-	-	-

**Tableau 12 : Synthèse des trois cas de croissance simulés**

<sup>7</sup> 800 habitants : estimation de l'augmentation de population générée par le nouveau quartier de Prélaz.

Dans les trois cas d'étude, le module A-équipement est concerné. En périurbain, les coûts sont plus élevés du fait de la plus grande longueur de conduite nécessaire par habitant. Dans le cas d'une densification en milieu urbain dense, les conduites existent déjà, mais des coûts de renouvellement ou de modification peuvent être nécessaires.

Pour le module B, seul la construction à neuf en périurbain implique des coûts. On considère que les usines de production et les infrastructures de pompage sont dimensionnées pour répondre à une croissance démographique. Au plan du stockage, l'augmentation du nombre d'habitant d'un régime de pression périurbain entraîne une augmentation du stock nécessaire en admettant que le réservoir ne dispose pas d'une importante sur-capacité. La construction de volume utile supplémentaire est à envisager. En zone dense, nous partons de l'hypothèse que le nombre et le volume des réservoirs permet de répondre à la nouvelle demande. Enfin, pour le transport, la faible densité de conduites de transport en zone périurbain implique la possible nécessité de redimensionner l'infrastructure en cas d'augmentation de population. Le coût de cette éventualité n'est pas quantifiable dans la situation simplifiée qui nous intéresse.

Les modules C et D sont concernés par l'ouverture de nouvelles zones d'habitation. Cependant, les coûts des deux modules augmentent une fois la mise en service effectuée et sont de ce fait nuls dans notre simulation. Les coûts sont difficiles à évaluer et résultent d'une estimation sommaire. Il reste néanmoins clair qu'une densification du centre ville apparaît comme l'alternative la moins coûteuse. À l'inverse, la construction à neuf en zone périurbain entraîne d'importants coûts d'infrastructure.

## 6.6 Analyse sociodémographique

Dans les différents tableaux et graphiques présentés dans ce travail, les habitants sont considérés, au plan des calculs, comme étant les seuls utilisateurs d'eau des quartiers. Dans la réalité, la consommation d'eau est également le résultat d'activités professionnelles importantes. Les zones d'étude que nous avons délimitées sont principalement constituées par de l'habitat, collectif ou individuel. Le tissu urbain n'étant jamais parfaitement monofonctionnel, nous y trouvons également un certain nombre d'emplois. Dans les zones denses de Prélaz et de Beaulieu, des coiffeurs, des commerces alimentaires ou de petites industries consomment une part d'eau non négligeable. Selon une étude menée par Julie Bergamin en 2006 (La tarification de l'eau en Suisse Romande, J. Bergamin, 2006), les foyers comptent pour 65% de la consommation d'eau en Suisse et l'industrie et l'artisanat comptent ensemble pour 15%. D'autres infrastructures consomment également de l'eau, comme par exemple les écoles. Nous avons décidé de ne pas tenir compte de ces dernières en posant l'hypothèse que ce sont principalement les enfants résidant dans le périmètre de l'école qui y étudient. Le bilan de la consommation d'eau n'est donc pas modifié de façon significative.

Afin de saisir l'impact des emplois dans les six zones d'étude, un recensement a été effectué (cf. Tableau 13). On trouve que pour les zones d'étude de Prélaz et de Beaulieu, il y a un emploi pour quatre habitants. Pour les quatre autres zones, ce rapport descend à un emploi pour approximativement quinze habitants. La proportion d'emplois est plus importante en zones denses. Ce phé-

nomène est par ailleurs typique de l'opposition entre la ville dense multifonctionnelle et la ville dispersée, à caractère monofonctionnel.

<b>Zone d'étude</b>	<b>Habitants/emploi</b>
Lonay	12.5
Cheseaux	20
Mont-sur-Lausanne	12.5
Grand-Vennes	11.1
Prélaz	3.7
Beaulieu	3.8

**Tableau 13 : Relation habitants – emplois par zone d'étude**

Nous remarquons que les zones denses de Prélaz et de Beaulieu comptent un nombre important d'emplois. En admettant qu'un emploi consomme le même volume d'eau qu'un habitant, nous pouvons additionner les emplois aux habitants. En reprenant le modèle de calcul, nous constatons que les coûts par individu (emplois et habitants confondus) diminuent de l'ordre de 40.- à Prélaz et Beaulieu et de 30.- ailleurs. Ce montant non négligeable montre que les tendances observées n'en sont que plus marquées. Les emplois accentuent les économies d'échelles des zones denses, déjà observées avec le nombre d'habitants par km<sup>2</sup>. Cependant, ils se basent sur des hypothèses de consommation qui demandent à être vérifiées.

En ce qui concerne l'agriculture, il apparaît très difficile d'estimer les volumes qui lui sont imputables. De plus, ces volumes sont fluctuants selon des variations saisonnières et annuelles. Aucune de nos zones d'étude n'englobe de terrains agricoles. Cependant, les régimes de pression concernés, à l'exception de ceux de Prélaz et Beaulieu, desservent dans des proportions variables des zones agricoles ou viticoles. Une part des coûts calculés sont donc imputables à l'agriculture. Notons que le module B est le seul concerné par la problématique de l'agriculture. En admettant que l'agriculture consomme le même volume d'eau que l'industrie, c'est-à-dire 15% du volume total, on peut estimer la part qui lui est imputable dans le module B. Pour le cas de Cheseaux, l'agriculture participerait à hauteur de 80.- au 540.- du module B. Cette somme importante ne permet toutefois pas de ramener le coût global de la zone à hauteur de ceux de Prélaz, Beaulieu ou Grand-Vennes. De plus, elle est fortement influencée par les hypothèses de la fraction imputable à l'agriculture.

Hormis l'agriculture et les activités professionnelles, les services de la voirie sont des consommateurs d'eau à hauteur de 5% du volume total (J. Bergamin, 2006). Les volumes consommés couvrent les besoins des fontaines et les activités d'entretien courant des espaces publics. Que se soit dans les zones d'habitation denses ou peu denses, les fontaines ne sont pas très nombreuses et nous avons admis que les volumes consommés pouvaient être intégrés dans le volume global consommé par les habitants.

Indirectement lié à la densité, la morphologie des populations habitant les zones d'étude peut influencer sur les volumes consommés. Le tissu bâti regroupe généralement une population plus jeune

et moins aisée que les quartiers de villas. Les foyers y sont plus petits et les activités consommant d'importantes quantités d'eau, comme les piscines privées ou les jardins, sont moins nombreuses. Le mode de vie des habitants de zones peu dense implique une consommation d'eau plus importante. Nous constatons d'ailleurs que les chiffres calculés dans le volet production du module B vont dans ce sens avec un besoin de pointe d'environ 0.35 l/min en zone dense et d'environ 0.65 l/min en zone peu dense. Les données d'EauService corroborent le constat avec des consommations par habitant de l'ordre de 380 l/hab/j pour les zones denses et environ 500 l/hab/j dans les zones peu denses<sup>8</sup>. Nous admettons que les valeurs calculées dans le modèle intègrent le mode de vie des consommateurs.

---

<sup>8</sup> La moyenne suisse est estimée à 404 l/hab/j.

## 7 Conclusion

L'étude menée a mis plusieurs éléments en lumière. En premier lieu, elle a montré la complexité de la définition des coûts dans un modèle basé sur les coûts réels. De plus, elle a montré que la définition des coûts de distribution d'eau, mais aussi des autres services en réseau, demande d'effectuer des choix et reste le résultat d'un compromis méthodologique.

Dans le contexte de l'agglomération lausannoise, nous constatons qu'en valeurs absolues, les coûts de densité sont indéniables. Nous remarquons aussi que des économies d'échelle existent et qu'elles compensent les coûts liés à la densité. Les résultats suivent donc les grandes tendances soulevées par l'étude menée à Berne pour l'Office Fédéral du Développement Territorial (Suter, 2000).

Le lien entre la densité et le coût de la distribution d'eau reste cependant difficilement quantifiable. Le nombre de paramètres entrant en interaction est très important. La localisation des zones d'habitation et des ressources hydriques, le mode de vie des habitants ou encore les activités agricoles et industrielles sont autant d'éléments qui rendent l'analyse de la seule relation densité – coût très complexe.

L'étude montre que l'étalement urbain n'entraîne pas seulement des surcoûts au plan de la densité. Il provoque aussi une augmentation des distances entre les habitants et les infrastructures de production. Ces distances génèrent des coûts très importants aux plans du transport et du pompage de l'eau. Dans le cas de l'agglomération lausannoise, ces surcoûts liés au transport défavorisent les zones peu denses en raison de l'emplacement des usines de production proches des zones denses. Toutefois, le résultat pourrait être inverse dans le cas d'une ville concentrique où les infrastructures seraient bâties dans son pourtour.

Enfin, il nous paraît important de préciser que la maison individuelle, d'un point de vue unitaire, n'est pas plus coûteuse. En effet, le cas de Lonay montre qu'à l'intérieur d'un régime de pression de nature urbaine, une zone peu dense est moins coûteuse que lorsqu'elle appartient à un régime de pression périphérique. La densification de zones urbaines avec des densités plus faibles peut être intéressante.

La meilleure alternative semble être l'habitat dense et compact. À l'inverse, l'habitat dispersé apparaît moins favorable en termes de coût de distribution d'eau, surtout lorsqu'il se situe loin des zones urbanisées et nécessite la construction d'un nouveau système. Une alternative aux quartiers périurbains peu denses semble se dessiner avec l'intégration de ceux-ci dans des zones urbaines.

Grâce aux résultats de ce travail, les différences de fonctionnement, d'impacts et de coûts qu'entraînent les diverses formes urbaines est mis en lumière. Dans le contexte de l'agglomération lausannoise, les coûts de distribution de l'eau poussent vers une densification de la ville. L'optimisation des coûts des services passe par la valorisation des friches et des « vides » du tissu urbain. Les projets affiliés au PALM (Projet d'agglomération Lausanne-Morges), à l'ouest de la ville, vont dans ce sens avec, par exemple, la densification entre Lausanne et Morges (Bourdonnette et Malley), une zone située à proximité de la station de Saint-Sulpice et dans des régimes de pression de nature urbaine.

Principaux résultats :

- Les coûts de densité et les économies d'échelle sont indéniables. Les économies d'échelle compensent les coûts de densité.
- L'étalement urbain entraîne des surcoûts au plan de la densité ainsi qu'au plan des distances à parcourir.
- Les surcoûts de l'étalement urbain sont difficilement quantifiables.
- L'intégration de zones à faible densité dans un régime de pression de nature urbaine diminue les surcoûts.
- La meilleure alternative en termes de coûts des services d'eau semble être l'habitat dense et compact.
- La densification entre Lausanne et Morges apparaît comme une alternative intéressante au plan des coûts des services en réseaux.

Pour la gestion de la distribution d'eau, la maîtrise des coûts de transport et de pompage apparaît comme un élément central. L'utilisation des ressources locales et des eaux gravitaires devrait être privilégiée lorsque des opportunités existent. Il serait également intéressant d'étudier la possibilité de diminuer les stocks par habitant et les réserves incendies pour éviter les flux d'eau inutiles.

Les coûts de gestion ont un impact important sur le budget des services. La centralisation menée à Lausanne semble être une alternative efficace pour limiter les coûts dans ce domaine, mais elle contribue aussi à une centralisation de la production qui implique des coûts de transports et de pompage.

Enfin, la différence des coûts générés par la densité pose des questions au plan de la tarification de l'eau. Le prix de l'eau doit-il varier en fonction de la densité ? Une sensibilisation de la population à la valeur de l'eau peut-il avoir les mêmes impacts ?

## 8 Bibliographie

Apothéloz, Sébastien (2005). *La tarification des services d'approvisionnement en eau potable*, Mémoire, Université de Neuchâtel.

Bergamin, Julie (2007). « La tarification de l'eau en Suisse Romande », *Cahiers ACME-Suisse*, n°1.  
Castel, Jean-Charles (2005). *Les coûts de la ville dense ou étalée*. CERTU.

Charmes, Eric (2005). *La vie périurbaine face à la menace des gated communities*, Le Mesnil-sur-l'Estrée : L'Harmattan.

Dafflon, Bernard (2005). *Application du principe de l'utilisateur-payeur à la gestion de l'eau potable*, Université de Neuchâtel.

Dirlewanger, Dominique (1998). *Les services industriels de Lausanne. La révolution industrielle d'une ville tertiaire (1896-1901)*. Besançon : Antipodes.

Eggenberger, Julien (2005). *Les acteurs et les enjeux de l'agglomération lausannoise*, Mémoire, Université de Lausanne.

Ley, Elise, Loetscher, Christoph, Seppey, Fabienne (2006). *Densifions! Le cas du métro M2*, EPFL.

Manser, Urs (2006). *Recommandations SSIGE pour le financement de la distribution de l'eau*, Société Suisse de l'Industrie du Gaz et de l'Eau.

Pouyanne, Guillaume (2004). « Des avantages comparatifs de la ville compacte à l'interaction forme urbaine-mobilité. Méthodologie et premiers résultats », *Les cahiers scientifiques du Transport*, n°45.

Rusicka-Rossier, Monique (2005). *Densité et Mixité à l'échelle des agglomérations suisses. Le cas de l'agglomération lausannoise*. EPFL.

Suter, Stefan (2000). *Siedlungsentwicklung und Infrastrukturkosten*, Ecoplan, Berne.

Wiel, Marc (1999). *La transition urbain ou le passage de la ville pédestre à la ville motorisée*. Sprimont : Pierre Mardaga.

### Sites internet

Site Internet de l'eau de l'Etat de Vaud, consulté en juin 2007,  
[www.dse.vd.ch/eaux/portail/index.html](http://www.dse.vd.ch/eaux/portail/index.html)

Banque de données des cantons et villes Suisses. [www.badac.ch](http://www.badac.ch)

Service Cantonal de Recherche et d'Information Statistiques / Vaud (SCRIS) [www.scris.vd.ch](http://www.scris.vd.ch)

**9 Annexe**

## 9.1 Méthode de calcul détaillée

Dans les chapitres précédents, le contexte de la recherche, puis la méthode de travail et enfin les zones d'étude ont été présentées. Dans le présent chapitre, nous allons traiter du cœur du travail, en l'occurrence l'évaluation des coûts. Dans les pages qui suivent, la démarche est explicitée de manière détaillée. Cela implique une description des quatre modules avec, pour chacun d'eux, l'explication détaillée du mode opératoire.

Dans ce chapitre, sont ainsi posés l'ensemble des calculs qui ont permis d'obtenir les coûts de distribution d'eau. Bien souvent, les calculs spécifiques ont été soumis à des choix. Ces options sont présentées dans ce chapitre et peuvent être liées à la disponibilité de données ou à la volonté de réaliser un calcul suffisamment fin.

D'un point de vue pratique, l'ensemble des calculs a été réalisé à l'aide d'un tableur Excel. Une application a été construite pour permettre l'évaluation rapide de chaque coût. Ci-après, le mode opératoire est donc présenté au travers de cette application. De plus, et pour simplifier la compréhension, les explications sont complétées et illustrées par le cas concret de l'une des zones d'étude, celle du Mont-sur-Lausanne.

### 9.1.1 Module A – Coûts des équipements

Le module A regroupe l'ensemble des coûts liés à l'équipement de la zone d'étude. Il s'agit donc des coûts les plus triviaux lorsque l'on pense à un réseau de distribution d'eau potable. Par analogie, si une étude similaire était menée pour le réseau de transport, ce module représenterait le coût de construction des routes et autres axes de transports.

La première étape de la mise en place de ce module a été de définir quels étaient les éléments constitutifs du réseau à l'intérieur de la zone d'étude. Il fallait intégrer les éléments suivants au module :

#### **Les conduites**

Infrastructures de distribution, les conduites sont les parties les plus importantes de la zone d'étude. On distingue deux types de conduites : les conduites de transports et les conduites de distribution. Dans le cadre de notre étude, la distinction, peu évidente dans la pratique, n'est pas nécessaire. En effet, il s'agit physiquement du même type d'éléments et la structure des coûts est identique dans les deux cas.

#### **Les vannes**

La mise en place de vannes est indispensable lors de la construction d'un réseau d'eau. En effet, ces vannes permettent de guider l'eau à travers le réseau. En d'autres termes, elles ont un rôle fondamental lorsqu'il faut dévier l'eau ou fermer une portion du réseau pour y effectuer des travaux. Cela implique la mise en place de vannes à chaque extrémité de chaque tronçon de conduite. Dans

un réseau maillé et d'extension comparable à celui d'EauService, il est donc aisé de comprendre l'importance de leur intégration dans un modèle de coûts. À titre indicatif, on dénombre ainsi plus de 10'000 vannes sur l'ensemble du réseau d'EauService.

### **Les bornes hydrantes**

Ces éléments sont l'une des seules parties visibles du réseau de distribution d'eau potable aux yeux du profane. Jalonnant les rues de nos villes, ces bornes de couleur n'ont toutefois pas un rôle indispensable dans le réseau d'eau. Leur seule utilité reste l'accès facile à l'eau en cas d'incendie. Cependant, et malgré leur fonction assez limitée, elles représentent un coût d'équipement qu'il est nécessaire d'intégrer à ce module.

### **Les branchements**

Les branchements, parfois appelés aussi connexions, sont en fait le dernier lien amenant l'eau du réseau vers les utilisateurs. Ce sont donc des tuyaux plus petits, branchés sur les conduites de distribution et amenant l'eau vers les bâtiments. Ces éléments sont de ce fait extrêmement nombreux sur un réseau de distribution d'eau et sont les éléments permettant d'utiliser l'eau du réseau.

Ces quatre éléments forment les derniers maillons de la chaîne de distribution d'eau potable qui s'étend des ressources à leur utilisation en passant par la production et la diffusion de l'eau dans l'ensemble du réseau. L'idée de départ a donc été d'intégrer les coûts de ces quatre éléments dans le module A. Au final, une modification notoire a été apportée avec la non-prise en compte des branchements. Ce choix a été opéré pour deux raisons centrales, l'une technique et l'autre économique. Au plan technique, il s'est en effet révélé extrêmement laborieux et coûteux en temps de traiter ces branchements. En effet, le système d'information géographique d'EauService représente les branchements de manière différente des autres conduites. Alors que les représentations des conduites intègrent leur trajectoire réelle, la représentation des branchements se contente d'une topologie basique. En d'autres termes, ils sont représentés par un simple trait reliant le point de branchement sur le réseau et le centre du bâtiment alimenté. Cet « approximation » du SIG, d'ailleurs en cours de modification, empêche le calcul automatique des longueurs et demande donc le passage par les plans papier de chaque branchement. L'autre raison, d'ordre économique est liée à l'attribution des frais d'installation et d'entretien de ces branchements. En effet, la grande majorité des frais incombe aux usagers privés qui demandent un raccordement. Il a donc semblé plus judicieux de ne conserver, dans ce modèle, que les coûts pris en charge par EauService, et finalement par la société.

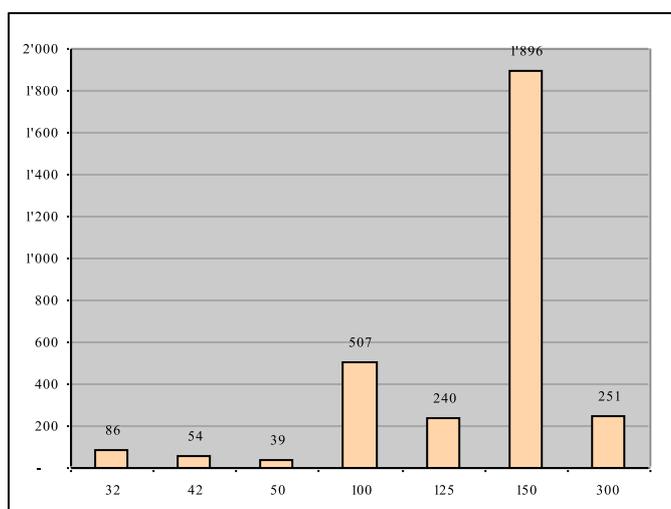
Trois éléments sont donc concernés directement par le module A, en l'occurrence les conduites, les vannes et les bornes hydrantes. Pour calculer leurs coûts d'installation, la première étape a été de réaliser une mesure de l'ensemble des conduites de la zone d'étude. Pour ce faire, le logiciel ArcView a été exploité. Les données du réseau d'eau ont été intégrées puis les différentes zones d'étude ont été dessinées. Ces zones ont alors permis d'extraire les conduites concernées à l'aide du principe de superposition du SIG. La même opération a été menée pour extraire le nombre de bornes hydrantes ou de vannes incluses dans chaque zone d'étude.

Ces données ont ensuite été transférées avec l'ensemble de leurs attributs, vers Excel afin d'être traitées. En effet, ArcView sélectionne l'ensemble des conduites incluses de manière totale ou partielle dans la zone d'étude. Les conduites n'étant que partiellement incluses dans la zone ont donc nécessité un réajustement de leur longueur. En effet, si une conduite ne dispose que de quelques mètres dans la zone, il aurait été faux d'y intégrer les coûts d'éventuelles dizaines de mètres desservant une autre zone.

Un autre problème s'est révélé être un biais majeur, notamment en zone dense. Ce problème réside dans le fait que certaines conduites de transport passent dans le sous-sol des zones d'étude mais, sans aucune connexion. Ces conduites ayant un diamètre très important, leur intégration dans le calcul aurait donc généré des coûts très importants que l'on ne pourrait pas imputer à la zone d'étude. Ces conduites de transport ont donc été identifiées puis éliminées. Notons toutefois que les conduites de transport ayant un rôle dans les zones d'étude ont été maintenues dans le décompte.

Une fois cette extraction et cette correction des données effectuées, les conduites ont été réparties selon leur diamètre. Les longueurs ont finalement été cumulées pour obtenir, pour chaque zone d'étude, les longueurs totales de chaque diamètre de conduite installé dans la zone (cf. Figure 9).

#### Longueurs cumulées, exprimée en mètres, de chaque diamètre de conduite de la zone d'étude du Mont-sur-Lausanne



Par la suite, nous avons défini le coût unitaire d'équipement de chaque élément, c'est-à-dire les coûts d'une borne hydrante, d'une vanne et d'un mètre de conduite. Pour calculer ceci, le module A s'appuie sur un modèle développé au sien d'EauService pour ses propres besoins. En effet, des estimations de coûts sont nécessaires lors de la planification d'un chantier ou lors de réparations ou de renouvellements. Le travail sur le terrain n'étant pas une science exacte, EauService a construit un modèle qui calcule le coût métrique d'une conduite selon son diamètre et les conditions de travail dans lesquelles elle est posée. Ces conditions de travail passent de facile, à moyenne et enfin à difficile lorsque la densité de construction augmente.

Le modèle d'EauService se subdivise en deux parties distinctes : le génie civil et l'appareillage. La première englobe toute la partie main-d'œuvre de l'installation avec la fouille, à la main et à la machine, la pose de remblais, la pose du tube et enfin la remise en état. Cette première partie est influencée par les conditions définies dans le paragraphe précédent. En effet, en zone dense, les conditions de travail sont nettement plus difficiles qu'en zone faiblement bâtie. Par exemple, la circulation en centre-ville pose d'importants problèmes en cas de chantier, la densité de conduites obligera à construire de manière tortueuse et la fouille sous un bâtiment posera des contraintes techniques particulières. L'appareillage englobe quant à lui l'ensemble du matériel déposé dans la fouille. Il s'agit principalement du tube, mais d'autres coûts y sont également greffés. Ainsi, on considère que, pour chaque mètre de conduite, on peut compter un montant moyen pour les vannes ou les pièces spéciales. On constate donc dès lors que le nombre de vannes de la zone d'étude n'est pas pris en compte en lui-même, mais qu'il est intégré de manière estimée dans le modèle de coût métrique développé par EauService. Notons aussi que cette partie « appareillage » ne subit pas l'influence des conditions de travail. En effet, un mètre de conduite coûte en matériau le même prix qu'il soit posé en milieu peu dense ou dense.

Notons que ce modèle développé par EauService se fonde sur un ensemble de connaissances liées à l'historique des chantiers effectués sur le réseau. Ainsi, on sait la largeur et la profondeur de la fouille à effectuer pour chaque diamètre de conduite. On peut ainsi connaître le volume de terre extrait. Le remblai est également connu et, progressivement, à l'aide de l'ensemble de ces informations, le modèle s'est développé. Par la suite, il a été validé, corrigé ou réajusté de chantier en chantier pour arriver à un résultat acceptable. Il s'agit donc d'un modèle développé de façon itérative. Toutefois, cette estimation ne permet pas de tenir compte de l'ensemble des aléas. Par exemple, ce modèle ne tient pas compte d'éventuels problèmes dans le sous-sol qui pourraient retarder le chantier et faire exploser les coûts.

Pour chaque diamètre de conduite présent dans la zone d'étude, nous pouvons définir un coût de génie civil et un coût d'appareillage par mètre de conduite. En multipliant les coûts par les longueurs cumulées, puis en additionnant ces coûts résultants, de génie civil et d'appareillage, de chaque diamètre, on obtient le coût total de génie civil, respectivement d'appareillage, pour l'équipement de la zone d'étude.

Le module A revient donc à calculer l'équation suivante :

$$C = \sum_d [L_d \times (C_{A_d} + C_{GC_d})] \quad (1)$$

Avec C, le coût d'équipement de la zone d'étude  
d, le diamètre de la conduite

L, la longueur cumulée des conduites de diamètre d

$C_A$ , le coût métrique d'appareillage

$C_{GC}$ , le coût métrique du génie civil.

Pour l'exemple du Mont-sur-Lausanne, on retrouve ainsi le tableau suivant :

Diamètre [mm]	Longueur [m]	Coût métrique		CHF zone
		Génie civil	Appareillage	
32	86	141.00 .-	47.00 .-	16'168 .-
42	54	141.00 .-	47.00 .-	10'152 .-
50	39	141.00 .-	47.00 .-	7'332 .-
100	507	141.00 .-	135.00 .-	139'932 .-
125	240	141.00 .-	180.00 .-	77'040 .-
150	1896	151.00 .-	230.00 .-	722'376 .-
300	251	209.00 .-	422.00 .-	158'381 .-

<b>Coût total pour la zone :</b>	<b>1'131'381.-</b>
----------------------------------	--------------------

**Tableau 14 Définition du coût d'équipement pour la zone d'étude du Mont-sur-Lausanne à partir de l'inventaire des conduites**

Ce montant doit alors être complété par le coût des bornes hydrantes. Celui-ci est défini de manière identique pour toute borne hydrante installée selon un coût moyen calculé dans le modèle d'EauService. En d'autres termes, une borne hydrante représente un coût d'installation de 3'000.-. Pour le cas de la zone d'étude du Mont-sur-Lausanne, on compte 13 bornes hydrantes, soit un surcoût de 39'000.-. Au total, cette zone d'étude possède un coût d'équipement de 1'170'381.-.

Le module A ne pose pas d'importants problèmes de calcul. Il reste à interpréter la signification du coût total. Pour ce faire, et il en ira de même avec les trois autres modules, ce coût doit être annualisé. Afin de ramener ce coût à un coût annuel, il a fallu calculer la durée de vie moyenne du réseau. Les archives d'EauService ont permis d'extraire l'ensemble des conduites ayant été changées durant les cinq dernières années et ceci pour chaque régime de pression. Pour ces conduites, on dispose alors de l'année de pose et de l'année où elles ont été démontées. Par simple soustraction, on obtient alors la durée de vie de chaque conduite. La durée de vie moyenne est alors obtenue en calculant la moyenne des durées de vie des conduites, pondérées par la longueur respective de chacune d'elles. Cela revient ainsi à calculer l'équation suivante :

$$DV_m = \frac{\sum_c [L_c \times (T_{f_c} - T_{0_c})]}{\sum_c L_c} \quad (2)$$

Avec  $DV_m$ , la durée de vie moyenne des conduites de la zone  
 $c$ , les conduites ayant été changées  
 $L_c$ , la longueur de la conduite  $c$   
 $T_f$ , l'année de démontage de la conduite  
 $T_0$ , l'année d'installation de la conduite.

Pour la zone d'étude, intégrée dans le régime de pression de Châtaignier, on retrouve ainsi un âge moyen de 43.16 années. Le coût d'équipement de 1'170'381.- revient alors à un coût annuel de

27'117.-. Il est cependant important de préciser que ce montant peut représenter deux grandeurs distinctes. D'une part, il représente un coût annuel d'équipement à neuf, en d'autres termes, les coûts d'amortissements d'un nouvel équipement. D'autre part, et lorsque ce réseau vieillit, il devient le coût annuel du renouvellement de cet équipement. En effet, le coût des travaux de renouvellement du réseau se base sur le même modèle de calcul et les coûts sont identiques. Cette double casquette permet ainsi de comparer des zones anciennes comme le centre ville, où les coûts sont essentiellement de l'ordre du renouvellement, avec d'éventuelles zones totalement neuves, de type villas individuelles, où les coûts sont liés à l'amortissement des coûts initiaux.

### **9.1.2 Module B – Coûts d'exploitation**

Le module B est sans aucun doute le module le plus vaste et le plus complexe de ce modèle de calcul. Il regroupe en effet l'ensemble des coûts liés à l'exploitation de la zone d'étude. En d'autres termes, après avoir défini les coûts d'équipement dans le module A, on recherche dans celui-ci à définir les coûts qui permettent à chaque client de la zone de voir couler de l'eau à ses robinets.

Comme présenté précédemment, ce module se subdivise en quatre sous-modules. Chacun d'eux développe des équations spécifiques respectivement pour traiter les coûts liés à la production, au stockage, au transport et au pompage de l'eau potable. Ci-après, le mode opératoire est donc présenté de manière distincte pour les quatre entités de ce module.

#### **Production**

Le terme production fait écho à la fabrication d'une marchandise. Pour l'eau, il n'en va pas tout à fait ainsi. La production d'eau consiste à capter l'eau dans son milieu naturel pour la rendre exploitable dans le réseau. Pour le cas du réseau d'EauService, la production s'appuie sur les usines de captage du lac Léman ainsi que sur les multiples captages d'eau souterraine desservant l'agglomération. La première étape du volet « production » consiste à définir les coûts de l'ensemble de ces infrastructures de production. Ces coûts sont exprimés par la valeur à neuf des installations. Comme pour le module A, ces valeurs sont alors ramenées à des coûts annuels. Pour ce faire, la durée de vie moyenne des installations et le taux d'intérêts des emprunts bancaires sont estimés. Notons que ce dernier, par souci de simplification, a une valeur fixe dans le modèle développé dans ce travail, en l'occurrence 3.5%, mais qu'il est bel et bien fluctuant en réalité. À l'aide des deux valeurs définies précédemment, on obtient un amortissement annuel des installations et un remboursement annuel des intérêts.

Pour le cas du Mont-sur-Lausanne, on obtient le tableau suivant :

<b>Usines</b>			
Valeur à neuf	124 mio. CHF	Amortissement	3'757'576 .-/an
Durée de vie	33 années	Remboursement intérêts	4'340'000 .-/an
Taux d'intérêt	3.5 %		
<b>Captages</b>			
Valeur à neuf	99.526 mio. CHF	Amortissement	1'244'075 .-/an
Durée de vie	80 années	Remboursement intérêts	3'483'410 .-/an
Taux d'intérêt	3.5 %		
		<b>Coût annuel</b>	<b>12'825'061 .-CHF</b>

**Tableau 15 Définition du coût annuel des installations de production**

Ce coût d'environ 13 millions de francs représente le coût annuel de production pour l'ensemble de l'aire d'EauService. Seule une partie de cette somme est imputable à chaque zone d'étude. La seconde étape consiste à définir quelle part du coût peut être attribué à chaque zone. Pour ce faire, une hypothèse de travail est indispensable. Cette dernière stipule qu'à l'intérieur de chaque régime de pression, les caractéristiques de consommation sont uniformes. Cette hypothèse est nécessaire car les données de consommation ne sont disponibles que sur les régimes de pression dans leur ensemble. Pour ramener le coût de production global au coût de production de la zone, on passe donc par le principe, issu de l'hypothèse de travail, que le coût par habitant de la zone d'étude et celui par habitant du régime de pression dans lequel se trouve la zone sont identiques. On peut donc calculer le coût de production par habitant du régime de pression concerné.

Pour chaque régime de pression, nous connaissons la population résidente ainsi que la pointe journalière, exprimée en m<sup>3</sup>/jour. Ramenée en l/min, cette dernière valeur peut alors être divisée par le nombre d'habitants du régime de pression. On obtient un besoin de production par habitant en l/min. Cette valeur représente en fait ce que chaque habitant demande en termes de production au moment de la pointe journalière. Le choix de prendre la valeur de pointe et non la valeur moyenne journalière a été posé en admettant que les installations de production sont dimensionnées pour répondre à la demande maximum.

La production de pointe de l'ensemble des installations de production représente 140'000 l/min. En divisant le coût annuel de production évalué lors de la première étape par cette production de pointe, on obtient un coût par l/min. En l'occurrence, pour le réseau de distribution d'EauService, on obtient un montant de (91.61.-/an)/(l/min). Finalement, en multipliant ce montant par le besoin de production par habitant, on obtient le coût annuel de production par habitant. D'un point de vue calculatoire, ce premier volet du module B revient donc à calculer l'équation suivante :

$$C = \frac{C_p}{P_p} \times \frac{25}{36} \times \frac{D_{pj}}{H} \quad (3)$$

Avec C, le coût annuel par habitant de la zone

$C_p$ , le coût global de production du réseau  
 $P_p$ , la production de pointe du réseau  
 $D_{pj}$ , la pointe journalière de consommation en  $m^3/j$   
 $H$ , la population de la zone d'étude.

Pour le cas du Mont-sur-Lausanne, ce mode opératoire est résumé dans le tableau ci-dessous :

<b>Appartenance</b>	Régime	Châtaignier		
	fraction totale	100	%	
	population	3655		
	pointe journ.	3447	$m^3/jour$	
<b>Pointe journalière</b>	3'447	$m^3/jour$	c'est-à-dire	2394 l/min
	<b>Besoins par habitant</b>			0.655 l/min
<b>Production pointe</b>	140000	l/min	Coût annuel par l/min	91.61.-
<b>Coût annuel par hab.</b>				<b>60.00.- CHF</b>

**Tableau 16 Définition du coût de production annuel par habitant de la zone d'étude du Mont-sur-Lausanne**

Ce montant de 60.- représente alors ce que chaque habitant de la zone d'étude du Mont-sur-Lausanne coûte annuellement, en termes de production, au réseau de distribution d'eau potable. En multipliant par le nombre d'habitants de la zone, il est alors aisé de trouver le coût global de la zone.

La production est donc neutre par rapport à la densité par habitant, son coût total augmente et diminue en fonction du nombre d'habitant. Il varie par contre en fonction du profil de consommation du régime de pression.

### Stockage

Le réseau possède des réservoirs permettant d'une part de stocker de l'eau en cas de problème et d'autre part de servir de tampon entre la production et la consommation. Le second volet du module B s'attache à définir, pour chaque zone d'étude, le coût lié au stockage de l'eau potable, c'est-à-dire au coût des réservoirs imputables à chaque zone d'étude.

La première étape consiste à caractériser le réservoir alimentant la zone d'étude. Chaque régime de pression possédant son propre réservoir, on considère que l'eau consommée par la zone d'étude provient du réservoir du régime de pression dans lequel elle se trouve. Pour la zone d'étude du Mont-sur-Lausanne, le régime de pression et le réservoir sont ceux de Châtaignier.

La seconde étape consiste à définir la valeur à neuf du réservoir. Les différentes cuves des réservoirs n'ayant pas été construites à la même date, il s'avère difficile de donner une valeur précise. Le choix s'est donc porté sur une multiplication du coût moyen par mètre cube par le volume utile du réservoir. Le coût moyen par mètre cube a été défini à hauteur de 800.-. Ce montant englobe

l'ensemble des travaux nécessaires pour construire une cuve et se base sur les coûts réels des différents chantiers de ces dernières années recensés par EauService.

La valeur à neuf du réservoir est ramenée à un coût annuel de manière similaire au volet production. Le taux d'intérêt de change pas et la durée de vie d'un réservoir est définie à 33 ans. Pour le cas du Mont-sur-Lausanne, on a donc un réservoir valant à neuf 3.3mio. Annuellement, le coût est d'environ 216'500.-.

Le coût annuel est attribuable à l'ensemble des habitants du régime de pression. La dernière étape consiste à définir le coût par habitant, considéré comme homogène sur l'ensemble du régime de pression. Pour le Mont-sur-Lausanne, où l'on recense 3'655 habitants dans le régime de pression, le coût du stockage est de 59.25.- par personne. Pour obtenir ce montant, le volet revient à calculer l'équation suivante :

$$C = \frac{\alpha V_u}{H_{RP}} \quad (4)$$

Avec  $C$ , le coût annuel par habitant de la zone

$\alpha$ , le coût moyen de construction d'un mètre cube utile

$V_u$ , le volume utile du réservoir

$H_{RP}$ , le nombre d'habitants du régime de pression.

Pour la zone d'étude du Mont-sur-Lausanne, le second volet stockage est résumé par le tableau ci-dessous :

Réservoir	Volume utile	Valeur à neuf
	m <sup>3</sup>	mio CHF
Chataignier	4145	3'316'000 .-

Durée de vie		
33 années	Amortissement	100'485 .-/an

Taux d'intérêt		
3.5%	Remboursement des intérêts	116'060 .-/an

<b>Coût annuel</b>	216'545 .-	CHF
--------------------	------------	-----

		<b>Coût par habitant</b>
Habitants du Rp	3655 hab.	<b>59.25 .- CHF</b>

**Tableau 17 Définition du coût annuel de stockage par habitant de la zone d'étude du Mont-sur-Lausanne**

Comme pour la production, le stockage est donc neutre par rapport à la densité par habitant, son coût total augmente et diminue en fonction du nombre d'habitant.

## Transport

Le troisième volet traite du transport de l'eau potable du point de production au point de stockage. Dans le déplacement de l'eau, il est toutefois important de noter que deux composantes entrent en

jeu. La première traite le transport en termes de distance à parcourir alors que la seconde s'attache à traiter la hauteur à gravir. Dans ce volet « transport », seule la première composante est traitée alors que l'aspect dénivellation est traité dans le volet « pompage ».

En traitant la question du coût du transport, nous nous sommes rendu compte que le sujet est particulièrement délicat. En effet, dans le cas de l'agglomération lausannoise, les ressources en eau sont de diverses origines. De plus, le chemin que la ressource parcourt n'est pas unique et il y a bien souvent des mélanges entre des eaux d'origine différente. Lorsque l'on ouvre un robinet en un point précis du réseau, il est donc très difficile de définir l'origine de l'eau qui y coule, le chemin qu'elle a emprunté et si il s'agit « d'une eau » ou d'un mélange de plusieurs ressources. Ces questions sont toutefois essentielles lorsque l'on veut caractériser les coûts de transport. Il serait toutefois illusoire de vouloir répondre à ces questions en tout point du réseau d'eau potable de l'agglomération lausannoise. Deux hypothèses de travail ont été définies pour répondre à cette problématique. La première stipule que toute l'eau consommée dans les zones d'étude provient du lac Léman. Cette hypothèse, inexacte, permet d'éliminer l'ensemble des captages d'eaux souterraines et de ne garder que deux points de départ possibles, en l'occurrence les usines de St-Sulpice et de Lutry. La seconde hypothèse de travail stipule quant à elle que l'eau circule dans le réseau uniquement via les conduites de transport d'une part et toujours par le chemin le plus court d'autre part. Cette hypothèse, également inexacte, permet de ne prendre en compte que les conduites de transport et de définir précisément le trajet de l'eau du point de production au point de stockage.

Mais avant de procéder à la définition du coût de la zone d'étude, ce volet du module B s'attache à définir le coût total d'équipement des conduites de transport comprises dans l'aire d'EauService. Pour ce faire, le mode opératoire est sensiblement le même que pour le module A. En d'autres termes, un recensement de toutes les conduites de transport est effectué. Ces dernières sont alors réparties par diamètres puis les longueurs sont cumulées (cf. Figure 10). Finalement, un coût métrique est défini selon le modèle développé par EauService et exploité dans le module A. Les conditions de travail ont été définies comme moyennes en admettant que certaines conduites en zone facile compensent d'autres en zone difficile. Après cette opération, on obtient un coût total des infrastructures de transport de l'ordre de 320mio.

Ce coût global est alors ramené à un coût annuel à l'aide de la durée de vie du réseau, estimée à 33ans, et du taux d'intérêts, toujours de 3.5%. On obtient alors un coût global de l'ordre de 21mio par année. Cette base de travail, commune à toutes les zones d'étude, est résumée par le tableau suivant :

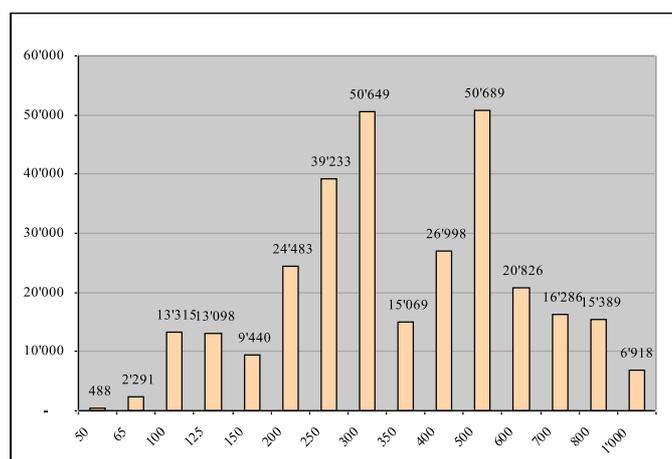


Figure 10 : Longueurs cumulées, exprimées en mètres, de l'ensemble des conduites de transport

Conduites de transport	Diam. [mm]	L. cum. [m]	CHF/m		Total
			Génie civil	Appareillage	
50	488	295.00	50.00	168'360 .-	
...	...	...	...	...	
700	16286	670.00	1'011.00	27'376'766 .-	
800	15389	670.00	1'011.00	25'868'909 .-	
1000	6918	670.00	1'011.00	11'629'158 .-	

<b>Coût cond. de transport</b>	320'913'608 .-CHF
--------------------------------	-------------------

Durée de vie	33 années	Amortissement	9'724'655 .-/an
Taux d'intérêt	3.5 %	Remboursement intérêts	11'231'976 .-/an

<b>Coût annuel</b>	20'956'631 .-CHF
--------------------	------------------

Tableau 18 Définition du coût annuel des conduites de transport

Pour la suite du calcul, l'idée de départ consistait en une définition de la distance la plus courte en l'usine et le réservoir alimentant la zone d'étude. À l'aide du coût par kilomètre, obtenu en divisant le coût annuel obtenu précédemment par la longueur totale des conduites de transport, le but était alors d'obtenir le coût pour le régime de pression, puis pour la zone d'étude par une simple règle de trois. Cette idée s'est toutefois avérée inadaptée. En effet, les conduites sont utilisées pour plusieurs réservoirs et le coût d'une conduite ne peut ainsi pas être imputable à un seul réservoir.

Le mode opératoire s'est construit différemment. Un nivellement des coûts n'étant pas une solution équitable, les coûts sont répartis selon une moyenne pondérée. En d'autres termes, à chaque réservoir est attribuée une part d'un coût global annuel définie en fonction des distances aux points de production. La première étape consiste alors à mesurer pour chaque réservoir cette distance. La somme de ces distances revient alors à 201km. La distance totale étant de 305km, cela représente environ 2/3 des coûts, soit environ 13'800'000.-. Ce montant est alors réparti entre les 22 régimes de pression selon la distance qui les sépare des points de production, puis ramené à un coût par personne au travers du nombre d'habitants par régime. Dans le cas du Mont-sur-Lau-

sanne, la distance est de 11.133km pour 3655habitants, ce qui représente au final un montant de 209.17.-.

Pour cette première étape, seul 201 des 305km de conduites de transport ont été inclus dans le calcul. Pour être complet, le dernier tiers doit également être intégré. Pour ce faire, ce montant, équivalent à environ 7'130'000.-, est réparti de manière identique entre toutes les personnes de l'aire d'EauService. Pour ce faire, et sachant que certains clients sont desservis en gros, un nombre d'équivalent-habitants est calculé. En connaissant le nombre d'habitants desservis au détail, ainsi que les volumes consommés au détail et en gros, il est aisé, par une simple règle de trois, de définir le nombre d'équivalent-habitants total. Au montant calculé dans la première étape, il s'agit donc de rajouter un montant fixe de 27.69.- par habitant et par année.

D'un point de vue calculatoire, ce volet « transport » revient donc à résoudre l'équation suivante :

$$C = \frac{\frac{d_{tot} - \sum d_{Rpi}}{d_{tot}} \times C_{trans}}{EH_{tot}} + \frac{\frac{\sum d_{Rpi}}{d_{tot}} \times C_{trans} \times \frac{d_{Rpi}}{\sum d_{Rpi}}}{H_{Rpi}} \quad (5)$$

- Avec  $C$ , le coût annuel de transport par habitant du régime de pression  $i$ ,  
 $R_{pi}$ , le régime de pression  $i$ ,  
 $d_{tot}$ , la longueur totale des conduites de transport,  
 $d_{Rpi}$ , la longueur de la conduite allant au régime de pression  $i$ ,  
 $C_{trans}$ , le coût annuel total des conduites de transport,  
 $EH_{tot}$ , le nombre d'équivalent-habitants,  
 $H_{Rpi}$ , le nombre d'habitants du régime de pression  $i$ .

Pour la zone d'étude du Mont-sur-Lausanne, la dernière étape du volet transport est résumée par le tableau ci-dessous :

<b>Vers réservoir</b>	<b>11.133 km</b>		
Vers réservoirs	201.33 km		
Longueur totale	305.17 km	Différence	103.84km
		Coût différence	7'130'853 .-CHF/an

Hab. au détail	212000		
Volume détail	22500000 m <sup>3</sup>	Volume annuel	106m3/hab
Volume gros	4836000 m <sup>3</sup>	équivalent hab. en gros	45566
		équivalent hab. total	257566
		<b>Coût différence par hab.</b>	<b>27.69 .-CHF/an</b>

Fraction Rp	0.06		
Vers réservoirs	13'825'778 .-	Coût imputable au Rp	764'520.25 .- /an
Habitants du Rp	3655 hab.	<b>Coût par habitant</b>	<b>209.17 .- /an</b>

<b>Coût total par habitant</b>	<b>236.86 .- /an</b>
--------------------------------	----------------------

**Tableau 19 : Définition du coût annuel de transport par habitant de la zone d'étude du Mont-sur-Lausanne**

## **Pompage**

Après avoir traité du transport d'un point de vue de la distance à parcourir, le module B intègre un dernier volet consacré au transport d'un point de vue de la dénivellation. En d'autres termes, ce quatrième et dernier volet s'attache à définir les coûts de pompage de l'eau jusqu'au réservoir alimentant le régime de pression. En effet, pour le réseau lausannois de distribution d'eau potable, le pompage est un élément important au vu de la topographie de l'agglomération et de l'emplacement des ressources.

Ces coûts de pompage regroupent en fait deux parties distinctes. On retrouve d'un côté les infrastructures de pompage : les pompes et les bâtiments qui s'y rattachent. De l'autre côté, il convient d'appréhender les coûts liés à l'énergie nécessaire au pompage. Il s'agit donc d'un côté d'intégrer des coûts liés à l'équipement du réseau, que l'on considère comme indépendants du volume d'eau consommé, et de l'autre d'intégrer des coûts liés à l'utilisation du réseau directement fonction du volume d'eau consommé.

Pour évaluer le coût des infrastructures, nous avons défini les infrastructures rattachées au pompage. Trois éléments ont été retenus. En premier lieu, l'ensemble des stations de pompage s'avère être la trame structurante du système de pompage d'EauService. Au nombre de 33 (stations de pompage, chambres et usines), elles permettent de pomper l'eau par paliers entre les points de production et les réservoirs, mais aussi entre les réservoirs eux-mêmes. En second lieu, le CEGEL<sup>9</sup> semble également incontournable de par son rôle de « pilote » dans le système de pompage. Cette unité, instaurée lors de l'agrandissement de l'usine de Lutry en 1952, a pour objectif de gérer les usines de production, les stations de pompage ainsi que l'alimentation des réservoirs. Le CEGEL constitue le poste de commande du réseau. Enfin, il ne faut pas oublier d'intégrer à ce volet le coût des câbles de commande reliant les stations de pompage au CEGEL. En effet, ce dernier gère automatiquement vingt zones comprenant des réservoirs, des vannes et des pompes. Cette gestion automatique nécessite un important réseau de câblages qu'il s'agit d'intégrer au calcul.

L'étape suivante consiste à définir la valeur à neuf de chacun des trois éléments, ainsi que leur durée de vie et le taux d'intérêt. Ces valeurs permettent de définir un amortissement annuel ainsi que le coût du remboursement des intérêts. On obtient alors trois amortissements et trois remboursements d'intérêts que l'on peut additionner pour obtenir le coût annuel des infrastructures de pompage pour l'ensemble du réseau de distribution. Ce montant s'élève environ à 4.9mio par année.

L'étape finale, concernant la partie « infrastructures de pompage », consiste alors à ramener cette somme globale à une somme par habitant. Le choix s'est porté sur un nivellement de ce coût sur l'ensemble de l'agglomération. En effet, chaque habitant utilise de l'eau ayant passé par un ou plusieurs réservoirs. Les paliers étant plus ou moins identiques d'un réservoir à l'autre, il n'y a donc pas d'importantes différences de coût que l'on soit proche ou loin des points de production. Pour ramener ce coût à l'habitant, le calcul a de ce fait simplement consisté en une division de ce mon-

---

<sup>9</sup> CEGEL : Centre d'exploitation et de gestion d'EauService Lausanne

tant par le nombre d'équivalent-habitants de l'agglomération lausannoise, calculé dans le volet « transport » du module B, soit 257'566. Du point de vue des infrastructures de pompage, on peut attribuer annuellement un coût d'environ 19.- à chaque habitant.

Ce montant lié aux infrastructures est complété par le coût énergétique du pompage de l'eau. Celui-ci part du principe que plus le volume à pomper et plus la différence d'altitude sera grande, plus le coût sera élevé. Connaissant le besoin énergétique pour pomper un mètre-cube sur 100m de dénivellation ainsi que le coût de l'électricité, il est possible de définir un coût par 100m et par mètre-cube. Pour le réseau d'EauService, ce montant vaut 0.0943.-/(100m/m<sup>3</sup>).

L'étape suivante consiste à définir l'altitude de départ de l'eau pompée. Notre choix a consisté à prendre l'altitude du Lac Léman comme altitude de départ. Par la suite, il s'est avéré plus juste de tenir compte des eaux gravitaires provenant des captages amont et donc n'ayant pas besoin de pompage. Le choix s'est donc réorienté vers l'altitude du « centre de gravité du réseau ». Ce point a été défini par EauService pour ses propres besoins à l'aide des caractéristiques topographiques du réseau. L'altitude de départ du pompage est donc définie à 470m.

Pour chaque zone d'étude, l'altitude du réservoir l'alimentant a également été posée pour obtenir, par simple soustraction, la dénivellation que l'eau pompée devait parcourir. Pour le cas de la zone d'étude du Mont-sur-Lausanne, on a ainsi une altitude du réservoir de 729.10m et une dénivellation de 259.10 m. À l'aide de cette dénivellation, il est possible de définir un coût, propre à la zone d'étude, pour pomper un mètre-cube. Pour le Mont-sur-Lausanne, il faut donc déboursier 24.4 centimes pour pomper un mètre-cube d'eau. On comprend donc que plus la zone d'étude est élevée, plus le pompage sera coûteux.

Enfin, à partir du besoin par habitant en l/min défini dans le volet production de ce module, transposé en m<sup>3</sup>/an, nous pouvons calculer le coût annuel de pompage par habitant de la zone d'étude. Pour le cas du Mont-sur-Lausanne, où le besoin est calculé à 0.655l/min, on obtient donc un coût de pompage de 103.09.-/année.

Ce coût de pompage doit alors être additionné au coût lié aux infrastructures. Cette somme donne alors le coût total lié au pompage et se calcule à l'aide de la fonction ci-dessous :

$$C = C_{\text{inf}} + \alpha \times D_h \times (h_R - h_{CG}) \quad (6)$$

Avec C, le coût lié au pompage pour la zone d'étude  
 $C_{\text{inf}}$ , le coût annuel des infrastructures de pompage  
 $\alpha$ , le coût de pompage en CHF/(100m/m<sup>3</sup>)  
 $D_h$ , les besoins par habitant en m<sup>3</sup>/an  
 $h_R$ , l'altitude du réservoir  
 $h_{CG}$ , l'altitude du centre de gravité du réseau.

Pour la zone d'étude du Mont-sur-Lausanne, le pompage est résumé par le tableau ci-dessous :

Altitude de production	470	m	
Réservoirs concernés	Altitude		Diff. altitude
Châtaignier	729.10	m.	259.10 m.

Coût de pompage	0.0943	.-	CHF/(m <sup>3</sup> /100m)	
Coût par m <sup>3</sup>	0.24	.-		
Besoins par habitant	0.655	l/min	Besoins par hab.	344.228 m <sup>3</sup> /an
			Coût annuel par hab.	84.11 .- CHF

Valeur à neuf STAP	65.94	mio. CHF		
Durée de vie	33	années	Amortissement	1'998'182 .- /an
Taux d'intérêt	3.5	%	Intérêts	2'307'900 .- /an
Valeur à neuf CE-GEL	3.00	mio. CHF		
Durée de vie	10	années	Amortissement	300'000 .- /an
Taux d'intérêt	3.5	%	Intérêts	105'000 .- /an
Valeur à neuf câbles	2.74	mio. CHF		
Durée de vie	33	années	Amortissement	82'879 .- /an
Taux d'intérêt	3.5	%	Intérêts	95'725 .- /an

Coût annuel par hab.	103.0900	CHF
----------------------	----------	-----

**Tableau 20 Définition du coût annuel de pompage par habitant de la zone d'étude du Mont-sur-Lausanne**

### Cas particulier : zone d'étude sur deux régimes de pression

Comme nous pouvons le constater sur l'ensemble des quatre volets du module exploitation, le régime de pression est bien souvent exploité pour passer de l'échelle globale à la zone d'étude. Le choix permet un accès à des données facilement utilisables. Toutefois, et c'est le cas pour la zone d'étude de Prélaz, il n'est pas toujours possible d'ajuster la zone à un seul régime de pression. En effet, comme expliqué précédemment, la délimitation et le calage des zones d'étude intègrent de nombreux paramètres qu'il n'est pas toujours aisé de concilier. Pour les zones chevauchant deux régimes de pression, il s'agit donc de trouver une méthode pour calculer les coûts du module B.

La procédure consiste à créer un régime de pression fictif défini en additionnant les deux régimes existants. Les volumes des réservoirs, les populations et les pointes journalières sont cumulés et les calculs sont effectués avec les nouvelles données.

### 9.1.3 Module C – Coûts d'entretien et de maintenance

Ce troisième module s'oriente vers l'ensemble des activités de maintenance du réseau, à l'exception du volet administratif et de la gestion, traités dans le module D. Ce module s'attache à définir les coûts liés à l'entretien et à la maintenance des infrastructures du réseau d'EauService.

Pour définir ces coûts, la première étape consiste en un décryptage des activités d'entretien. Celles-ci englobent principalement les actions suivantes :

- l'entretien et le contrôle des captages,

- l'entretien et le contrôle des éléments de pompage et de traitement de l'eau des usines de St-Sulpice, de Lutry et de Bret,
- l'entretien du réseau de distribution et le contrôle des raccordements,
- l'entretien des stations,
- l'entretien et le nettoyage des cuves de réservoirs,
- le contrôle et la révision des bornes hydrantes,
- l'entretien du laboratoire de contrôle de la qualité de l'eau
- la maintenance du CEGEL
- l'entretien des terrains et des bâtiments de St-Sulpice, Lutry et Bret.

Ces activités demandent une main-d'œuvre très importante et représentent, en 2006, près de 35'000 heures de travail pour l'ensemble du réseau d'EauService. Ce module C s'attache à définir la part de ce quota horaire attribuable à chaque zone d'étude. À ce stade, il est cependant important de signaler que d'autres coûts sont imputables à l'entretien et à la maintenance du réseau. En plus de la main-d'œuvre, il y a en effet un important coût de renouvellement des équipements défectueux. Nous avons choisi de ne pas tenir compte de ces coûts dans ce module et ceci pour la simple raison que ces coûts sont intégrés au modèle dans le module B. En effet, lorsque les coûts sont annualisés au travers de la durée de vie moyenne des équipements, le résultat exprime l'amortissement des coûts initiaux, puis les coûts de renouvellement lorsque l'amortissement est terminé. Compter ces coûts dans le module C reviendrait donc à créer un doublon. Un autre coût intervient aussi sous la forme des indemnités d'habillement, de l'outillage ou encore des véhicules pour les ouvriers. Le choix a également été fait de ne pas tenir compte de ces coûts dans ce module C. Ils sont intégrés dans le module D, englobant les coûts de gestion d'EauService.

En sortant les coûts de renouvellement et les coûts annexes du module C, nous conservons uniquement des coûts liés à la masse salariale. L'idée de départ de ce module a été de définir le temps nécessaire à l'entretien des divers éléments du réseau. En d'autres termes, cela revenait à définir le temps nécessaire à l'entretien d'une borne hydrante, d'une vanne ou encore d'un mètre de conduite. Cette tâche s'est révélée être particulièrement laborieuse à mettre en place. En effet, comme expliqué précédemment, chaque tâche n'est pas minutée de manière stricte et détaillée. De plus, il aurait certainement fallu y insérer des temps annexes, notamment liés aux déplacements. Après réflexion, cette idée de départ s'est avérée difficilement réalisable. Le module C s'est donc réorienté vers les coûts d'entretien du réseau global, puis sur une transformation de ce coût en un coût attribuable à la zone d'étude.

Pour calculer le coût d'entretien, la première étape, qui consiste en un recensement des activités d'entretien, est complétée par le nombre d'heures de travail pour chacune d'elles durant l'année 2006. Les heures sont extraites du programme de décompte des heures d'EauService. Ce dernier permet à chaque employé d'indiquer son nombre d'heures de travail et l'affectation des heures dans une catégorie. Le programme permet de définir le total des heures destinées à l'une ou l'autre catégorie, par exemple l'entretien des réservoirs, mais ne permet pas de savoir précisément ce qui a été effectué dans chaque réservoir.

Suite à cette première étape, il est donc possible d'additionner l'ensemble des quotas horaires pour obtenir finalement le total annuel, pour l'année 2006, des heures de travail destinées à l'entretien du réseau. D'un point de vue comptable, cette opération offre un total de 34'800 heures par année. Par la suite, il est nécessaire de transformer ce nombre d'heures en coût financier. Pour cela, un salaire horaire moyen pour le personnel réalisant ces tâches est défini. Ce salaire horaire moyen est calculé à l'aide du nombre de personnes de chaque classe de salaires concernée, ainsi qu'à partir du salaire moyen de celles-ci. En d'autres termes, l'entretien est effectué par des ouvriers, des monteurs de réseau, des chefs d'équipe et des chefs de réseau. Pour chacune de ces catégories, nous disposons du nombre de personnes s'y rattachant et de leur salaire annuel brut moyen<sup>10</sup>. Par une moyenne de ces derniers, pondérée par le nombre d'employés respectif, on obtient un salaire annuel brut moyen pour le personnel effectuant l'entretien du réseau d'EauService, qui s'élève à 74'000.-. Avant de ramener ce salaire annuel à un salaire horaire, il est toutefois important de majorer le premier à hauteur de 24.5%. Cette majoration représente le coût de ces employés en termes de cotisations à l'assurance vieillesse (5.5%) et à la caisse de pension (17% de cotisations et 2% d'assainissement pour la caisse de la ville de Lausanne).

On obtient alors un coût annuel moyen de 92'131.- qui doit alors être ramené à un coût horaire moyen. Dans les dispositions concernant le personnel de la ville de Lausanne, il est ainsi défini que, pour l'année 2007, l'année de travail à 100% représente un quota de 1'968 heures de travail. On obtient donc que le coût horaire moyen représente une somme de 46.80.-. Ce calcul du coût horaire moyen revient à traiter l'équation suivante :

$$C = \frac{1}{h} \times \left( \alpha \times \frac{\sum_i (N_i \times S_{m_i})}{\sum_i N_i} \right) \quad (7)$$

Avec C, le coût horaire moyen pour l'entretien  
h, le nombre d'heures annuel d'entretien  
α, la majoration due aux diverses cotisations  
i, les catégories d'employés  
N<sub>i</sub>, le nombre d'employés de la catégorie i  
S<sub>m</sub>, le salaire annuel moyen de la catégorie i.

En multipliant le salaire horaire moyen par le nombre d'heures annuelles consacrées à l'entretien, soit 34'800 heures, on trouve donc le coût de l'entretien pour l'ensemble de l'aire d'EauService, soit la somme de 1'628'640.-.

Le résultat global doit par la suite être ramené à la zone d'étude. Pour ce faire, l'idée de départ est de définir la fraction du réseau de distribution d'eau comprise dans la zone d'étude. Pour définir cette fraction, trois éléments du réseau ont été exploités. Ces trois éléments, déjà utilisés dans le module A, sont les kilomètres de conduites, le nombre de vannes et le nombre de bornes hydrantes. Trois fractions ont donc été définies en divisant simplement le nombre de chacun des trois éléments compris dans la zone par le nombre respectif d'éléments de l'ensemble du réseau.

<sup>10</sup> Données extraites de la grille Zadig des salaires réels 2006.

Ces trois fractions représentent la part de chaque élément du réseau appartenant à la zone d'étude et nous devons ensuite les combiner pour obtenir une fraction de l'ensemble du réseau. Plusieurs combinaisons sont possibles à commencer par la plus simple qui consiste en une simple moyenne des trois. Le choix s'est porté sur une autre moyenne intégrant des poids pour chacune des trois fractions. Il apparaît en effet plus juste de ne pas attribuer la même importance à l'entretien des trois éléments. En effet, une vanne, une borne hydrante et un kilomètre de conduite ne demandent pas le même temps d'entretien. Pour définir les poids, le module se base sur le nombre d'heures annuel destiné à chacune des trois catégories. On constate ainsi que sur 100 heures d'entretien, environ dix sont destinées aux bornes hydrantes, vingt aux vannes et finalement septante vont à l'entretien des conduites. Les poids ont donc été définis à 0.1, 0.2 et 0.7 respectivement pour les bornes hydrantes, les vannes et les kilomètres de conduite. Pour chaque zone, il est alors possible de définir aisément la part estimée du réseau global qu'elle englobe.

Pour le cas du Mont-sur-Lausanne, on obtient ainsi la fraction présentée dans le tableau ci-après :

Aire d'EauService		Zone d'étude		Fraction		
BH	3'914	BH	13	Fraction	0.33%	
Vannes	10'447	Vannes	27	Fraction	0.26%	
Conduites	948.94km	Conduites	3.07km	Fraction	0.32%	
<b>Poids de chaque élément</b>				BH	Vannes	conduite
				0.1	0.2	0.7
<b>Fraction estimée</b>					0.3116%	

**Tableau 21 : Définition de la fraction du réseau contenue dans la zone d'étude du Mont-sur-Lausanne**

Pour la zone d'étude du Mont-sur-Lausanne, il est donc possible d'imputer 0.3116% des coûts d'entretien totaux. En sachant que les coûts d'entretien représentent 1'628'640.-, cela représente, pour la zone d'étude, un montant annuel de 5'075.-. En divisant ce montant par le nombre d'habitants de la zone d'étude, on obtient aisément le coût par habitant, soit 12.20.- pour l'exemple du Mont-sur-Lausanne.

Cette dernière étape du module C se résume donc dans l'équation suivante :

$$C_e = \frac{\alpha \times \left( \frac{BH_f}{BH_{tot}} \right)^{\frac{1}{\alpha}} + \beta \times \left( \frac{V_f}{V_{tot}} \right)^{\frac{1}{\beta}} + \gamma \times \left( \frac{R_f}{R_{tot}} \right)^{\frac{1}{\gamma}}}{\alpha + \beta + \gamma} \times C \quad (8)$$

Avec  $C_e$ , le coût d'entretien de la zone d'étude  
 $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$ , respectivement le poids des bornes hydrantes, des vannes et des conduites  
 $BH_{tot}$ , le nombre total de bornes hydrantes du réseau  
 $V_{tot}$ , le nombre total de vannes du réseau

$R_{tot}$ , la longueur totale des conduites du réseau  
 $BH_f$ , le nombre de bornes hydrantes de la zone d'étude  
 $V_f$ , le nombre de vannes de la zone d'étude  
 $R_f$ , la longueur des conduites de la zone d'étude  
 $C$ , le coût horaire moyen calculé à l'aide de l'équation (7).

#### 9.1.4 Module D – Coûts de gestion

Le module D est le dernier module du modèle de calcul développé dans ce travail. Après avoir traité le réseau physique dans le module A, puis son exploitation dans le module B et enfin son entretien dans le module C, le module D ne porte pas sur le réseau à proprement parlé. Il prend du recul et s'attache à définir les coûts d'administration et de gestion d'EauService.

Comme pour le module C, l'étape initiale consiste à définir les différentes sources de coûts liées à la gestion du réseau d'eau. Les éléments suivants ont donc été retenus :

- le personnel,
- les fournitures de bureau, les impressions, ...,
- le chauffage des locaux et l'électricité,
- l'entretien des bâtiments administratifs
- l'entretien du mobilier et du parc informatique,
- les études diverses,
- les indemnités de déplacement et la location de véhicules,
- les indemnités d'habillement, ...,
- les communications (téléphone et internet),
- les prestations de tiers,
- les indemnités diverses.

Ces différentes catégories ont été définies à l'aide du budget d'EauService pour l'année 2006. Un coût annuel est rattaché à chacune des catégories. Parmi ces dernières, deux demandent toutefois un traitement particulier afin d'éviter des doublons. Ainsi, aux frais d'électricité doivent être retranchés les frais liés à l'énergie de pompage de l'eau. En effet, ces frais sont déjà intégrés dans le quatrième volet du module B. De plus, pour les frais de personnel, il faut retrancher le coût global d'entretien calculé dans le module C. Une fois ces deux corrections apportées, il est alors possible d'additionner l'ensemble des coûts de gestion pour obtenir un coût global valant environ 18'500'000.- pour EauService.

Ce coût global doit alors être ramené à la zone d'étude. Dans le module C, le choix s'est orienté vers le passage à une fraction du réseau. Ceci a du sens pour le cas de l'entretien où la taille de la zone agit directement sur celui-ci. Pour la gestion toutefois, cela n'aurait pas lieu d'être dans le sens où ce n'est pas directement la taille du réseau qui entraîne des coûts de gestion. Le choix s'est donc porté sur une autre fraction, en l'occurrence le nombre d'adresses postales. Les connections n'étant pas totalement à jour sur le SIG d'EauService, notamment à Cheseaux, une hypothèse est

posée stipulant qu'il existe un même rapport d'échelle entre les adresses postales et les connexions. En zone dense, on retrouve ainsi une adresse et une connexion pour plusieurs foyers d'un même immeuble alors qu'en zone dispersée, on retrouve une adresse et une connexion par maison individuelle.

En multipliant le coût global par cette fraction, on obtient donc le coût de gestion du réseau de distribution d'eau potable attribuable à la zone d'étude. Pour le cas du Mont-sur-Lausanne, on obtient donc une fraction de 0.4763% et donc un coût de 88'250.- par année. Mais ce coût nécessite encore un traitement avant d'être totalement abouti. En effet, dans le module A, le coût de la main-d'œuvre, autrement dit du génie civil, est intégré dans le coût annuel d'équipement. Ce montant englobe donc un certain coût compris également dans les coûts de personnel du module D. Pour ne pas compter deux fois ce coût de génie civil, il est donc nécessaire de retrancher l'amortissement annuel du génie civil, ou le coût annuel du génie civil lors du renouvellement de l'équipement, aux coûts de gestion attribuable à la zone d'étude. Pour la zone d'étude du Mont-sur-Lausanne, il faut donc déduire 469'321.- répartis sur 43.16ans, soit 10'874.- par année.

Nous obtenons un coût de gestion pour la zone d'étude, à hauteur de 77'380.- pour le cas du Mont-sur-Lausanne, que l'on peut ramener à un coût par habitant de 139.- pour l'exemple. Ce coût peut être résumé par l'équation suivante :

$$C = \left[ \beta \times \left( \sum_i C_i - C_e \right) \right] - C_{GC} \quad (9)$$

Avec  $C$ , le coût de gestion de la zone d'étude

$C_i$ , les coûts annuels de gestion affiliés à la tâche  $i$

$C_e$ , le coût annuel global d'entretien

$C_{GC}$ , le coût annuel de génie civil de la zone d'étude

$\beta$ , la fraction rattachable à la zone d'étude.

## 9.2 Résultats détaillés

### 9.2.1 Prélaz

Module A : Définition des coûts d'équipement.

Diamètre [mm]	Longueur [m]	Coût métrique		CHF zone
		Génie civil	Appareillage	
50	146	577.00 .-	55.00 .-	92'272.00 .-
65	22	577.00 .-	55.00 .-	13'904.00 .-
80	257	577.00 .-	55.00 .-	162'424.00 .-
100	54	577.00 .-	143.00 .-	38'880.00 .-
125	495	577.00 .-	199.00 .-	384'120.00 .-
...	...	...	...	...
300	33	790.00 .-	465.00 .-	41'415.00 .-

BH	144'000.-	<b>Coût total pour la zone :</b>	<b>5'409'624.-</b>
----	-----------	----------------------------------	--------------------

Module B – Production : Définition du coût annuel des installations.

Usines			
Valeur à neuf	124 mio. CHF	Amortissement	3'757'576 .-/an
Durée de vie	33 années	Remboursement intérêts	4'340'000 .-/an
Taux d'intérêt	3.5 %		

Captages			
Valeur à neuf	99.526 mio. CHF	Amortissement	1'244'075 .-/an
Durée de vie	80 années	Remboursement intérêts	3'483'410 .-/an
Taux d'intérêt	3.5 %		

<b>Coût annuel</b>	<b>12'825'061 .-CHF</b>
--------------------	-------------------------

Module B – Production : Définition du coût annuel par habitant.

Appartenance	Régime	Chablrière	Calvaire	
	fraction totale	60	40	%
	population	17'400	24'200	
	pointe journ.	5'300	14'940	

<b>Pointe journalière</b>	20'237	m <sup>3</sup> /jour	c'est-à-dire	14'053	l/min
			<b>Besoins par habitant</b>	0.338	l/min

<b>Production pointe</b>	140000	l/min	Coût annuel par l/min	91.61.-
--------------------------	--------	-------	-----------------------	---------

<b>Coût annuel par hab.</b>	<b>30.95.- CHF</b>
-----------------------------	--------------------

Module B – Stockage : Définition du coût annuel par habitant.

Réservoir	Volume utile	Valeur à neuf
	m <sup>3</sup>	mio CHF
Châtaignier + Calvaire	21'054	16'863'200 .-

Durée de vie			
33 années		Amortissement	510'400 .-/an

Taux d'intérêt			
3.5%		Remboursement des intérêts	589'512 .-/an

<b>Coût annuel</b>	1'099'912 .- CHF
--------------------	------------------

Habitants du Rp	41'600 hab.	<b>Coût par habitant</b>	<b>26.44 .- CHF</b>
-----------------	-------------	--------------------------	---------------------

Module B – Transport : Définition du coût annuel des conduites.

Conduites de transport	Diam. [mm]	L. cum. [m]	CHF/m		Total
			Génie civil	Appareillage	
	50	488	295.00 .-	50.00 .-	168'360 .-
	...	...	...	...	...
	700	16286	670.00 .-	1'011.00 .-	27'376'766 .-
	800	15389	670.00 .-	1'011.00 .-	25'868'909 .-
	1000	6918	670.00 .-	1'011.00 .-	11'629'158 .-

<b>Coût cond. de transport</b>	320'913'608 .-CHF
--------------------------------	-------------------

Durée de vie	33 années	Amortissement	9'724'655 .-/an
Taux d'intérêt	3.5 %	Remboursement intérêts	11'231'976 .-/an

<b>Coût annuel</b>	20'956'631 .-CHF
--------------------	------------------

Module B – Transport : Définition du coût annuel par habitant.

<b>Vers réservoir</b>	<b>7.833 km</b>		
Vers réservoirs	201.33 km		
Longueur totale	305.17 km	Différence	103.84km
		Coût différence	7'130'853 .-CHF/an

Hab. au détail	212000		
Volume détail	22500000 m <sup>3</sup>	Volume annuel	106m <sup>3</sup> /hab
Volume gros	4836000 m <sup>3</sup>	équivalent hab. en gros	45566
		équivalent hab. total	257566
		<b>Coût différence par hab.</b>	<b>27.69 .-CHF/an</b>

Fraction Rp	0.04		
Vers réservoirs	13'825'778 .-	Coût imputable au Rp	537'904.17 .-/an
Habitants du Rp	20'120 hab.	<b>Coût par habitant</b>	<b>26.73 .- /an</b>

<b>Coût total par habitant</b>	<b>54.42 .- /an</b>
--------------------------------	---------------------

**Module B – Pompage : Définition du coût annuel par habitant.**

Altitude de production	470	m	
Réservoirs concernés	Altitude		Diff. altitude
Calvaire	590.50	m.	120.50 m.
Chablière	558.73	m.	88.73 m.

Coût de pompage	0.0943 .- CHF/(m <sup>3</sup> /100m)		
Coût par m <sup>3</sup>	0.096 .-		
Besoins par habitant	0.338 l/min	Besoins par hab.	177.560 m <sup>3</sup> /an
		Coût annuel par hab.	16.98 .- CHF

Valeur à neuf STAP	65.94 mio. CHF		
Durée de vie	33 années	Amortissement	1'998'182 .- /an
Taux d'intérêt	3.5 %	Intérêts	2'307'900 .- /an
Valeur à neuf CE-GEL	3.00 mio. CHF		
Durée de vie	10 années	Amortissement	300'000 .- /an
Taux d'intérêt	3.5 %	Intérêts	105'000 .- /an
Valeur à neuf câbles	2.74 mio. CHF		
Durée de vie	33 années	Amortissement	82'879 .- /an
Taux d'intérêt	3.5 %	Intérêts	95'725 .- /an

<b>Coût annuel par hab.</b>	<b>35.97 .- CHF</b>
-----------------------------	---------------------

**Module C : Définition de la fraction du réseau contenue dans la zone.**

Aire d'EauService		Zone d'étude			
BH	3'914	BH	48	Fraction	1.23%
Vannes	10'447	Vannes	139	Fraction	1.33%
Conduites	948.94km	Conduites	5.92km	Fraction	0.62%

<b>Poids de chaque élément</b>	BH	Vannes	conduite
	0.1	0.2	0.7

<b>Fraction estimée</b>	<b>0.8251%</b>
-------------------------	----------------

## 9.2.2 Beaulieu

### Module A : Définition des coûts d'équipement.

Diamètre [mm]	Longueur [m]	Coût métrique		CHF zone
		Génie civil	Appareillage	
40	15	577.00 .-	55.00 .-	9'480.00 .-
50	255	577.00 .-	55.00 .-	161'160.00 .-
65	45	577.00 .-	55.00 .-	28'440.00 .-
80	243	577.00 .-	55.00 .-	153'576.00 .-
100	423	577.00 .-	143.00 .-	304'560.00 .-
...	...	...	...	...
250	314	790.00 .-	388.00 .-	369'892.00 .-

BH	144'000.-	<b>Coût total pour la zone :</b>	<b>4'623'533 .-</b>
----	-----------	----------------------------------	---------------------

### Module B – Production : Définition du coût annuel des installations.

Usines	
Valeur à neuf	124 mio. CHF
Durée de vie	33 années
Taux d'intérêt	3.5 %

Amortissement	3'757'576 .-/an
Remboursement intérêts	4'340'000 .-/an

Captages	
Valeur à neuf	99.526 mio. CHF
Durée de vie	80 années
Taux d'intérêt	3.5 %

Amortissement	1'244'075 .-/an
Remboursement intérêts	3'483'410 .-/an

<b>Coût annuel</b>	<b>12'825'061 .-CHF</b>
--------------------	-------------------------

### Module B – Production : Définition du coût annuel par habitant.

Appartenance	Régime	Bellevaux
	fraction totale	100 %
	population	9'300
	pointe journ.	4'536 m <sup>3</sup> /jour

<b>Pointe journalière</b>	4'536 m <sup>3</sup> /jour	c'est-à-dire	3'150 l/min
		<b>Besoins par habitant</b>	0.339 l/min

<b>Production pointe</b>	140000 l/min	Coût annuel par l/min	91.61.-
--------------------------	--------------	-----------------------	---------

<b>Coût annuel par hab.</b>	<b>31.03.- CHF</b>
-----------------------------	--------------------

Module B – Stockage : Définition du coût annuel par habitant.

Réservoir	Volume utile	Valeur à neuf
	m <sup>3</sup>	mio CHF
Bellevaux	2'272	1'817600 .-

Durée de vie			
33 années		Amortissement	55'079 .-/an

Taux d'intérêt			
3.5%		Remboursement des intérêts	63'616 .-/an

<b>Coût annuel</b>	118'695 .-	CHF
--------------------	------------	-----

Habitants du Rp	9'300 hab.	<b>Coût par habitant</b>	<b>12.76 .- CHF</b>
-----------------	------------	--------------------------	---------------------

Module B – Transport : Définition du coût annuel des conduites.

Conduites de transport	Diam. [mm]	L. cum. [m]	CHF/m		Total
			Génie civil	Appareillage	
	50	488	295.00 .-	50.00 .-	168'360 .-
	...	...	...	...	...
	700	16286	670.00 .-	1'011.00 .-	27'376'766 .-
	800	15389	670.00 .-	1'011.00 .-	25'868'909 .-
	1000	6918	670.00 .-	1'011.00 .-	11'629'158 .-

<b>Coût cond. de transport</b>	320'913'608 .-CHF
--------------------------------	-------------------

Durée de vie	33 années	Amortissement	9'724'655 .-/an
Taux d'intérêt	3.5 %	Remboursement intérêts	11'231'976 .-/an

<b>Coût annuel</b>	20'956'631 .-CHF
--------------------	------------------

Module B – Transport : Définition du coût annuel par habitant.

<b>Vers réservoir</b>	<b>7.456 km</b>		
Vers réservoirs	201.33 km		
Longueur totale	305.17 km	Différence	103.84km
		Coût différence	7'130'853 .-CHF/an

Hab. au détail	212000		
Volume détail	22500000 m <sup>3</sup>	Volume annuel	106m <sup>3</sup> /hab
Volume gros	4836000 m <sup>3</sup>	équivalent hab. en gros	45566
		équivalent hab. total	257566
		<b>Coût différence par hab.</b>	<b>27.69 .-CHF/an</b>

Fraction Rp	0.04		
Vers réservoirs	13'825'778 .-	Coût imputable au Rp	512'015.00 .-/an
Habitants du Rp	9'300 hab.	<b>Coût par habitant</b>	<b>55.06 .-/an</b>

<b>Coût total par habitant</b>	<b>82.74 .-/an</b>
--------------------------------	--------------------

**Module B – Pompage : Définition du coût annuel par habitant.**

Altitude de production	470	m	
Réservoirs concernés	Altitude		Diff. altitude
Bellevaux	624.09	m.	154.09 m.

Coût de pompage	0.0943 .- CHF/(m <sup>3</sup> /100m)		
Coût par m <sup>3</sup>	0.145 .-		
Besoins par habitant	0.339 l/min	Besoins par hab.	178.026 m <sup>3</sup> /an
		Coût annuel par hab.	25.87 .- CHF

Valeur à neuf STAP	65.94 mio. CHF		
Durée de vie	33 années	Amortissement	1'998'182 .- /an
Taux d'intérêt	3.5 %	Intérêts	2'307'900 .- /an
Valeur à neuf CE-GEL	3.00 mio. CHF		
Durée de vie	10 années	Amortissement	300'000 .- /an
Taux d'intérêt	3.5 %	Intérêts	105'000 .- /an
Valeur à neuf câbles	2.74 mio. CHF		
Durée de vie	33 années	Amortissement	82'879 .- /an
Taux d'intérêt	3.5 %	Intérêts	95'725 .- /an

<b>Coût annuel par hab.</b>	<b>44.85 .-</b>	<b>CHF</b>
-----------------------------	-----------------	------------

**Module C : Définition de la fraction du réseau contenue dans la zone.**

Aire d'EauService		Zone d'étude			
BH	3'914	BH	48	Fraction	1.23%
Vannes	10'447	Vannes	109	Fraction	1.04%
Conduites	948.94km	Conduites	5.11km	Fraction	0.54%

<b>Poids de chaque élément</b>	BH	Vannes	conduite
	0.1	0.2	0.7

<b>Fraction estimée</b>	<b>0.7079%</b>
-------------------------	----------------

### 9.2.3 Grand-Vennes

#### Module A : Définition des coûts d'équipement.

Diamètre [mm]	Longueur [m]	Coût métrique		CHF zone
		Génie civil	Appareillage	
100	159	295.00 .-	138.00 .-	68'847.00 .-
125	363	295.00 .-	184.00 .-	173'877.00 .-
150	671	325.00 .-	240.00 .-	379'115.00 .-
200	708	390.00 .-	286.00 .-	478'608.00 .-
				-
				-
				-

BH	45'000.-	<b>Coût total pour la zone :</b>	<b>1'145'447.-</b>
----	----------	----------------------------------	--------------------

#### Module B – Production : Définition du coût annuel des installations.

Usines			
Valeur à neuf	124 mio. CHF		
Durée de vie	33 années	Amortissement	3'757'576 .-/an
Taux d'intérêt	3.5 %	Remboursement intérêts	4'340'000 .-/an

Captages			
Valeur à neuf	99.526 mio. CHF		
Durée de vie	80 années	Amortissement	1'244'075 .-/an
Taux d'intérêt	3.5 %	Remboursement intérêts	3'483'410 .-/an
		<b>Coût annuel</b>	<b>12'825'061 .-CHF</b>

#### Module B – Production : Définition du coût annuel par habitant.

Appartenance		Régime	Dailles	
		fraction totale	100 %	
		population	11'000	
		pointe journ.	6'732 m <sup>3</sup> /jour	
<b>Pointe journalière</b>	6'732	m <sup>3</sup> /jour	c'est-à-dire	4'675 l/min
			<b>Besoins par habitant</b>	0.425 l/min
<b>Production pointe</b>	140000	l/min	Coût annuel par l/min	91.61.-
			<b>Coût annuel par hab.</b>	<b>38.93 .- CHF</b>

Module B – Stockage : Définition du coût annuel par habitant.

Réservoir	Volume utile	Valeur à neuf
	m <sup>3</sup>	mio CHF
Dailles	8'696	6'956'800 .-

Durée de vie			
33 années		Amortissement	210'812 ./an

Taux d'intérêt			
3.5%		Remboursement des intérêts	243'488 ./an

<b>Coût annuel</b>	454'300 .-	CHF
--------------------	------------	-----

Habitants du Rp	10'969 hab.	<b>Coût par habitant</b>	<b>41.42 .- CHF</b>
-----------------	-------------	--------------------------	---------------------

Module B – Transport : Définition du coût annuel des conduites.

Conduites de transport	Diam. [mm]	L. cum. [m]	CHF/m		Total
			Génie civil	Appareillage	
	50	488	295.00 .-	50.00 .-	168'360 .-
	...	...	...	...	...
	700	16286	670.00 .-	1'011.00 .-	27'376'766 .-
	800	15389	670.00 .-	1'011.00 .-	25'868'909 .-
	1000	6918	670.00 .-	1'011.00 .-	11'629'158 .-

<b>Coût cond. de transport</b>	320'913'608 .-CHF
--------------------------------	-------------------

Durée de vie	33 années	Amortissement	9'724'655 ./an
Taux d'intérêt	3.5 %	Remboursement intérêts	11'231'976 ./an

<b>Coût annuel</b>	20'956'631 .-CHF
--------------------	------------------

Module B – Transport : Définition du coût annuel par habitant.

<b>Vers réservoir</b>	<b>9.020 km</b>		
Vers réservoirs	201.33 km		
Longueur totale	305.17 km	Différence	103.84km
		Coût différence	7'130'853 .-CHF/an

Hab. au détail	212000		
Volume détail	22500000 m <sup>3</sup>	Volume annuel	106m <sup>3</sup> /hab
Volume gros	4836000 m <sup>3</sup>	équivalent hab. en gros	45566
		équivalent hab. total	257566
		<b>Coût différence par hab.</b>	<b>27.69 .-CHF/an</b>

Fraction Rp	0.04		
Vers réservoirs	13'825'778 .-	Coût imputable au Rp	619'417.29 ./an
Habitants du Rp	10'969 hab.	<b>Coût par habitant</b>	<b>56.47 .- /an</b>

<b>Coût total par habitant</b>	<b>84.16 .- /an</b>
--------------------------------	---------------------

**Module B – Pompage : Définition du coût annuel par habitant.**

Altitude de production	470	m	
Réservoirs concernés	Altitude		Diff. altitude
Dailles	751.05	m.	281.05 m.

Coût de pompage	0.0943	.-	CHF/(m <sup>3</sup> /100m)
Coût par m <sup>3</sup>	0.265	.-	
Besoins par habitant	0.425	l/min	Besoins par hab. 223.380 m <sup>3</sup> /an
			Coût annuel par hab. 59.20 .- CHF

Valeur à neuf STAP	65.94	mio. CHF	
Durée de vie	33	années	Amortissement 1'998'182 .- /an
Taux d'intérêt	3.5	%	Intérêts 2'307'900 .- /an
Valeur à neuf CE-GEL	3.00	mio. CHF	
Durée de vie	10	années	Amortissement 300'000 .- /an
Taux d'intérêt	3.5	%	Intérêts 105'000 .- /an
Valeur à neuf câbles	2.74	mio. CHF	
Durée de vie	33	années	Amortissement 82'879 .- /an
Taux d'intérêt	3.5	%	Intérêts 95'725 .- /an

<b>Coût annuel par hab.</b>	<b>78.19</b>	<b>.-</b>	<b>CHF</b>
-----------------------------	--------------	-----------	------------

**Module C : Définition de la fraction du réseau contenue dans la zone.**

Aire d'EauService		Zone d'étude			
BH	3'914	BH	15	Fraction	0.38%
Vannes	10'447	Vannes	18	Fraction	0.17%
Conduites	948.94km	Conduites	1.90km	Fraction	0.20%

<b>Poids de chaque élément</b>	BH	Vannes	conduite
	0.1	0.2	0.7

<b>Fraction estimée</b>	<b>0.2130%</b>
-------------------------	----------------

## 9.2.4 Mont-sur-Lausanne

### Module A : Définition des coûts d'équipement.

Diamètre [mm]	Longueur [m]	Coût métrique		CHF zone
		Génie civil	Appareillage	
32	86	141.00 .-	47.00 .-	16'168 .-
42	54	141.00 .-	47.00 .-	10'152 .-
50	39	141.00 .-	47.00 .-	7'332 .-
100	507	141.00 .-	135.00 .-	139'932 .-
125	240	141.00 .-	180.00 .-	77'040 .-
150	1896	151.00 .-	230.00 .-	722'376 .-
300	251	209.00 .-	422.00 .-	158'381 .-

BH	39'000.-	<b>Coût total pour la zone :</b>	<b>1'131'381.-</b>
----	----------	----------------------------------	--------------------

### Module B – Production : Définition du coût annuel des installations.

Usines			
Valeur à neuf	124 mio. CHF		
Durée de vie	33 années	Amortissement	3'757'576 .-/an
Taux d'intérêt	3.5 %	Remboursement intérêts	4'340'000 .-/an

Captages			
Valeur à neuf	99.526 mio. CHF		
Durée de vie	80 années	Amortissement	1'244'075 .-/an
Taux d'intérêt	3.5 %	Remboursement intérêts	3'483'410 .-/an
		<b>Coût annuel</b>	<b>12'825'061 .-CHF</b>

### Module B – Production : Définition du coût annuel par habitant.

Appartenance		Régime		Châtaignier	
		fraction totale	100	%	
		population	3655		
		pointe journ.	3447	m <sup>3</sup> /jour	
<b>Pointe journalière</b>	3'447	m <sup>3</sup> /jour		c'est-à-dire	2394 l/min
				<b>Besoins par habitant</b>	0.655 l/min
<b>Production pointe</b>	140000	l/min		Coût annuel par l/min	91.61.-
				<b>Coût annuel par hab.</b>	<b>60.00.- CHF</b>

**Module B – Stockage : Définition du coût annuel par habitant.**

Réservoir	Volume utile	Valeur à neuf
	m <sup>3</sup>	mio CHF
Chataignier	4145	3'316'000 .-

Durée de vie			
33 années		Amortissement	100'485 .-/an

Taux d'intérêt			
3.5%		Remboursement des intérêts	116'060 .-/an

<b>Coût annuel</b>	216'545 .-	CHF
--------------------	------------	-----

Habitants du Rp	3655 hab.	<b>Coût par habitant</b>	<b>59.25 .- CHF</b>
-----------------	-----------	--------------------------	---------------------

**Module B – Transport : Définition du coût annuel des conduites.**

Conduites de transport	Diam. [mm]	L. cum. [m]	CHF/m		Total
			Génie civil	Appareillage	
	50	488	295.00 .-	50.00 .-	168'360 .-
	...	...	...	...	...
	700	16286	670.00 .-	1'011.00 .-	27'376'766 .-
	800	15389	670.00 .-	1'011.00 .-	25'868'909 .-
	1000	6918	670.00 .-	1'011.00 .-	11'629'158 .-

<b>Coût cond. de transport</b>	320'913'608 .-CHF
--------------------------------	-------------------

Durée de vie	33 années	Amortissement	9'724'655 .-/an
Taux d'intérêt	3.5 %	Remboursement intérêts	11'231'976 .-/an

<b>Coût annuel</b>	20'956'631 .-CHF
--------------------	------------------

**Module B – Transport : Définition du coût annuel par habitant.**

<b>Vers réservoir</b>	<b>11.133 km</b>		
Vers réservoirs	201.33 km		
Longueur totale	305.17 km	Différence	103.84km
		Coût différence	7'130'853 .-CHF/an

Hab. au détail	212000		
Volume détail	22500000 m <sup>3</sup>	Volume annuel	106m <sup>3</sup> /hab
Volume gros	4836000 m <sup>3</sup>	équivalent hab. en gros	45566
		équivalent hab. total	257566
		<b>Coût différence par hab.</b>	<b>27.69 .-CHF/an</b>

Fraction Rp	0.06		
Vers réservoirs	13'825'778 .-	Coût imputable au Rp	764'520.25 .- /an
Habitants du Rp	3655 hab.	<b>Coût par habitant</b>	<b>209.17 .- /an</b>

<b>Coût total par habitant</b>	<b>236.86 .- /an</b>
--------------------------------	----------------------

**Module B – Pompage : Définition du coût annuel par habitant.**

Altitude de production	470	m	
Réservoirs concernés	Altitude		Diff. altitude
Châtaignier	729.10	m.	259.10 m.

Coût de pompage	0.0943 .- CHF/(m <sup>3</sup> /100m)		
Coût par m <sup>3</sup>	0.24 .-		
Besoins par habitant	0.655 l/min	Besoins par hab.	344.228 m <sup>3</sup> /an
		Coût annuel par hab.	84.11 .- CHF

Valeur à neuf STAP	65.94 mio. CHF		
Durée de vie	33 années	Amortissement	1'998'182 .- /an
Taux d'intérêt	3.5 %	Intérêts	2'307'900 .- /an
Valeur à neuf CE-GEL	3.00 mio. CHF		
Durée de vie	10 années	Amortissement	300'000 .- /an
Taux d'intérêt	3.5 %	Intérêts	105'000 .- /an
Valeur à neuf câbles	2.74 mio. CHF		
Durée de vie	33 années	Amortissement	82'879 .- /an
Taux d'intérêt	3.5 %	Intérêts	95'725 .- /an

<b>Coût annuel par hab.</b>	<b>103.09 .-</b>	<b>CHF</b>
-----------------------------	------------------	------------

**Module C : Définition de la fraction du réseau contenue dans la zone.**

Aire d'EauService		Zone d'étude			
BH	3'914	BH	13	Fraction	0.33%
Vannes	10'447	Vannes	27	Fraction	0.26%
Conduites	948.94km	Conduites	3.07km	Fraction	0.32%

<b>Poids de chaque élément</b>	BH	Vannes	conduite
	0.1	0.2	0.7

<b>Fraction estimée</b>	<b>0.3116%</b>
-------------------------	----------------

## 9.2.5 Cheseaux

### Module A : Définition des coûts d'équipement.

Diamètre [mm]	Longueur [m]	Coût métrique		CHF zone
		Génie civil	Appareillage	
100	523	141.00 .-	135.00 .-	144'348.00 .-
125	816	141.00 .-	180.00 .-	261'936.00 .-
150	1323	151.00 .-	230.00 .-	504'063.00 .-
300	458	209.00 .-	422.00 .-	288'998.00 .-
				-
				-
				-

BH	66'000.-	<b>Coût total pour la zone :</b>	<b>1'265'345.-</b>
----	----------	----------------------------------	--------------------

### Module B – Production : Définition du coût annuel des installations.

Usines			
Valeur à neuf	124 mio. CHF		
Durée de vie	33 années	Amortissement	3'757'576 .-/an
Taux d'intérêt	3.5 %	Remboursement intérêts	4'340'000 .-/an

Captages			
Valeur à neuf	99.526 mio. CHF		
Durée de vie	80 années	Amortissement	1'244'075 .-/an
Taux d'intérêt	3.5 %	Remboursement intérêts	3'483'410 .-/an
		<b>Coût annuel</b>	<b>12'825'061 .-CHF</b>

### Module B – Production : Définition du coût annuel par habitant.

Appartenance		Régime	Orme	
		fraction totale	100 %	
		population	4'320	
		pointe journ.	6'887 m <sup>3</sup> /jour	
<b>Pointe journalière</b>	6'887	m <sup>3</sup> /jour	c'est-à-dire	4'783 l/min
			<b>Besoins par habitant</b>	1.107 l/min
<b>Production pointe</b>	140000	l/min	Coût annuel par l/min	91.61.-
			<b>Coût annuel par hab.</b>	<b>101.39.- CHF</b>

Module B – Stockage : Définition du coût annuel par habitant.

Réservoir	Volume utile	Valeur à neuf
	m <sup>3</sup>	mio CHF
Orme	5'396	4'316'800 .-

Durée de vie			
33 années		Amortissement	130'812 .-/an

Taux d'intérêt			
3.5%		Remboursement des intérêts	151'088 .-/an

<b>Coût annuel</b>	218'900 .-	CHF
--------------------	------------	-----

Habitants du Rp	4'321 hab.	<b>Coût par habitant</b>	<b>65.24 .- CHF</b>
-----------------	------------	--------------------------	---------------------

Module B – Transport : Définition du coût annuel des conduites.

Conduites de transport	Diam. [mm]	L. cum. [m]	CHF/m		Total
			Génie civil	Appareillage	
	50	488	295.00 .-	50.00 .-	168'360 .-
	...	...	...	...	...
	700	16286	670.00 .-	1'011.00 .-	27'376'766 .-
	800	15389	670.00 .-	1'011.00 .-	25'868'909 .-
	1000	6918	670.00 .-	1'011.00 .-	11'629'158 .-

<b>Coût cond. de transport</b>	320'913'608 .-CHF
--------------------------------	-------------------

Durée de vie	33 années	Amortissement	9'724'655 .-/an
Taux d'intérêt	3.5 %	Remboursement intérêts	11'231'976 .-/an

<b>Coût annuel</b>	20'956'631 .-CHF
--------------------	------------------

Module B – Transport : Définition du coût annuel par habitant.

<b>Vers réservoir</b>	<b>13.957 km</b>		
Vers réservoirs	201.33 km		
Longueur totale	305.17 km	Différence	103.84km
		Coût différence	7'130'853 .-CHF/an

Hab. au détail	212000		
Volume détail	22500000 m <sup>3</sup>	Volume annuel	106m <sup>3</sup> /hab
Volume gros	4836000 m <sup>3</sup>	équivalent hab. en gros	45566
		équivalent hab. total	257566
		<b>Coût différence par hab.</b>	<b>27.69 .-CHF/an</b>

Fraction Rp	0.07		
Vers réservoirs	13'825'778 .-	Coût imputable au Rp	958'448.68 .-/an
Habitants du Rp	4'321 hab.	<b>Coût par habitant</b>	<b>221.81 .-/an</b>

<b>Coût total par habitant</b>	<b>249.50 .-/an</b>
--------------------------------	---------------------

**Module B – Pompage : Définition du coût annuel par habitant.**

Altitude de production	470	m	
Réservoirs concernés	Altitude		Diff. altitude
Orme	710.47	m.	240.47 m.

Coût de pompage	0.0943 .- CHF/(m <sup>3</sup> /100m)		
Coût par m <sup>3</sup>	0.227 .-		
Besoins par habitant	1.107 l/min	Besoins par hab.	581.753 m <sup>3</sup> /an
		Coût annuel par hab.	131.92 .- CHF

Valeur à neuf STAP	65.94 mio. CHF		
Durée de vie	33 années	Amortissement	1'998'182 .- /an
Taux d'intérêt	3.5 %	Intérêts	2'307'900 .- /an
Valeur à neuf CE-GEL	3.00 mio. CHF		
Durée de vie	10 années	Amortissement	300'000 .- /an
Taux d'intérêt	3.5 %	Intérêts	105'000 .- /an
Valeur à neuf câbles	2.74 mio. CHF		
Durée de vie	33 années	Amortissement	82'879 .- /an
Taux d'intérêt	3.5 %	Intérêts	95'725 .- /an

<b>Coût annuel par hab.</b>	<b>150.90.-</b>	<b>CHF</b>
-----------------------------	-----------------	------------

**Module C : Définition de la fraction du réseau contenue dans la zone.**

Aire d'EauService		Zone d'étude			
BH	3'914	BH	22	Fraction	0.56%
Vannes	10'447	Vannes	35	Fraction	0.34%
Conduites	948.94km	Conduites	3.12km	Fraction	0.33%

<b>Poids de chaque élément</b>	BH	Vannes	conduite
	0.1	0.2	0.7

<b>Fraction estimée</b>	<b>0.3534%</b>
-------------------------	----------------

## 9.2.6 Lonay

### Module A : Définition des coûts d'équipement.

Diamètre [mm]	Longueur [m]	Coût métrique		CHF zone
		Génie civil	Appareillage	
100	394	141.00 .-	135.00 .-	108'744.00 .-
125	94	141.00 .-	180.00 .-	30'174.00 .-
150	1897	151.00 .-	230.00 .-	722'757.00 .-
200	860	177.00 .-	252.00 .-	368'940.00 .-
300	98	209.00 .-	422.00 .-	61'838.00 .-
				-
				-

BH	39'000.-	<b>Coût total pour la zone :</b>	<b>1'331'453.-</b>
----	----------	----------------------------------	--------------------

### Module B – Production : Définition du coût annuel des installations.

Usines			
Valeur à neuf	124 mio. CHF		
Durée de vie	33 années	Amortissement	3'757'576 .-/an
Taux d'intérêt	3.5 %	Remboursement intérêts	4'340'000 .-/an

Captages			
Valeur à neuf	99.526 mio. CHF		
Durée de vie	80 années	Amortissement	1'244'075 .-/an
Taux d'intérêt	3.5 %	Remboursement intérêts	3'483'410 .-/an
		<b>Coût annuel</b>	<b>12'825'061 .-CHF</b>

### Module B – Production : Définition du coût annuel par habitant.

Appartenance		Régime	Crissier	
		fraction totale	100 %	
		population	25'292	
		pointe journ.	22'625 m <sup>3</sup> /jour	
<b>Pointe journalière</b>	22'625	m <sup>3</sup> /jour	c'est-à-dire	15'712 l/min
			<b>Besoins par habitant</b>	0.621 l/min
<b>Production pointe</b>	140000	l/min	Coût annuel par l/min	91.61.-
			<b>Coût annuel par hab.</b>	<b>56.91.- CHF</b>

Module B – Stockage : Définition du coût annuel par habitant.

Réservoir	Volume utile	Valeur à neuf
	m <sup>3</sup>	mio CHF
Crissier	15'532	12'425'600 .-

Durée de vie			
33 années		Amortissement	376'533 .-/an

Taux d'intérêt			
3.5%		Remboursement des intérêts	434'896 .-/an

<b>Coût annuel</b>	811429 .-	CHF
--------------------	-----------	-----

Habitants du Rp	25'292 hab.	<b>Coût par habitant</b>	<b>32.08 .- CHF</b>
-----------------	-------------	--------------------------	---------------------

Module B – Transport : Définition du coût annuel des conduites.

Conduites de transport	Diam. [mm]	L. cum. [m]	CHF/m		Total
			Génie civil	Appareillage	
	50	488	295.00 .-	50.00 .-	168'360 .-
	...	...	...	...	...
	700	16286	670.00 .-	1'011.00 .-	27'376'766 .-
	800	15389	670.00 .-	1'011.00 .-	25'868'909 .-
	1000	6918	670.00 .-	1'011.00 .-	11'629'158 .-

<b>Coût cond. de transport</b>	320'913'608 .-CHF
--------------------------------	-------------------

Durée de vie	33 années	Amortissement	9'724'655 .-/an
Taux d'intérêt	3.5 %	Remboursement intérêts	11'231'976 .-/an

<b>Coût annuel</b>	20'956'631 .-CHF
--------------------	------------------

Module B – Transport : Définition du coût annuel par habitant.

<b>Vers réservoir</b>	<b>8.683 km</b>		
Vers réservoirs	201.33 km		
Longueur totale	305.17 km	Différence	103.84km
		Coût différence	7'130'853 .-CHF/an

Hab. au détail	212000		
Volume détail	22500000 m <sup>3</sup>	Volume annuel	106m <sup>3</sup> /hab
Volume gros	4836000m <sup>3</sup>	équivalent hab. en gros	45566
		équivalent hab. total	257566
		<b>Coût différence par hab.</b>	<b>27.69 .-CHF/an</b>

Fraction Rp	0.04		
Vers réservoirs	13'825'778 .-	Coût imputable au Rp	596'274.98 .-/an
Habitants du Rp	25'292 hab.	<b>Coût par habitant</b>	<b>23.58 .-/an</b>

<b>Coût total par habitant</b>	<b>51.26 .-/an</b>
--------------------------------	--------------------

**Module B – Pompage : Définition du coût annuel par habitant.**

Altitude de production	470	m	
Réservoirs concernés	Altitude		Diff. altitude
Crissier	559.00	m.	89.00 m.

Coût de pompage	0.0943 .- CHF/(m <sup>3</sup> /100m)		
Coût par m <sup>3</sup>	0.084 .-		
Besoins par habitant	0.621 l/min	Besoins par hab.	326.511 m <sup>3</sup> /an
		Coût annuel par hab.	27.40 .- CHF

Valeur à neuf STAP	65.94 mio. CHF		
Durée de vie	33 années	Amortissement	1'998'182 .- /an
Taux d'intérêt	3.5 %	Intérêts	2'307'900 .- /an
Valeur à neuf CE-GEL	3.00 mio. CHF		
Durée de vie	10 années	Amortissement	300'000 .- /an
Taux d'intérêt	3.5 %	Intérêts	105'000 .- /an
Valeur à neuf câbles	2.74 mio. CHF		
Durée de vie	33 années	Amortissement	82'879 .- /an
Taux d'intérêt	3.5 %	Intérêts	95'725 .- /an

<b>Coût annuel par hab.</b>	<b>46.39 .-</b>	<b>CHF</b>
-----------------------------	-----------------	------------

**Module C : Définition de la fraction du réseau contenue dans la zone.**

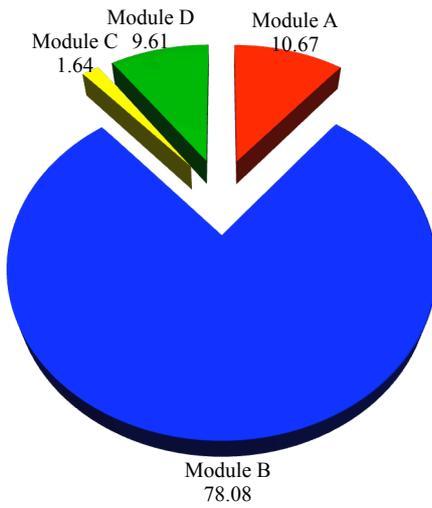
Aire d'EauService		Zone d'étude			
BH	3'914	BH	13	Fraction	0.33%
Vannes	10'447	Vannes	51	Fraction	0.49%
Conduites	948.94km	Conduites	3.34km	Fraction	0.35%

<b>Poids de chaque élément</b>	BH	Vannes	conduite
	0.1	0.2	0.7

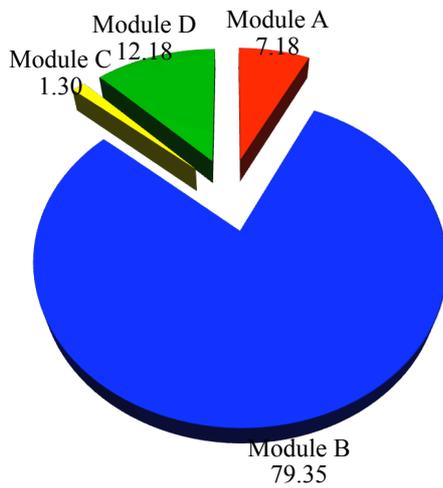
<b>Fraction estimée</b>	<b>0.3775%</b>
-------------------------	----------------

## 9.2.7 Proportions des modules par zone

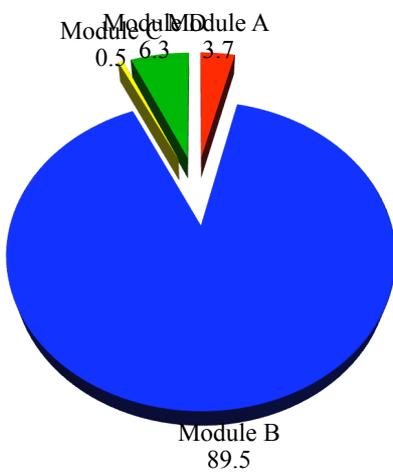
### Prélaz



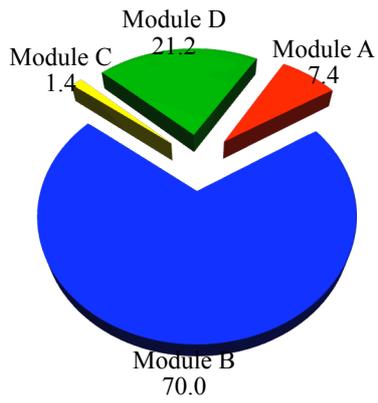
### Beaulieu



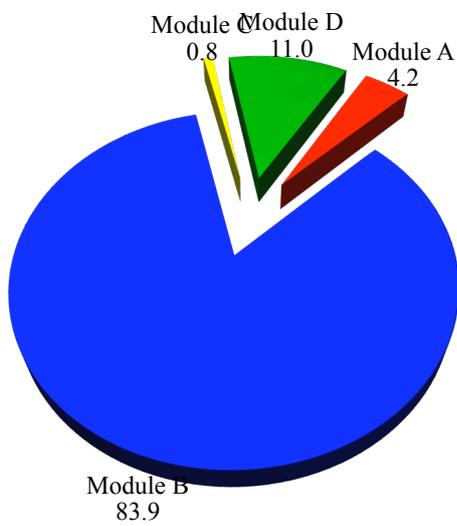
### Grand-Vennes



### Mont-sur-Lausanne



### Cheseaux



### Lonay

