

**CADASTRE HYDRAULIQUE DU CANTON DE VAUD  
EAUX DE SURFACE  
EAUX DE RESEAU**

**MHyLab**

**Décembre 2008**

**Sur mandat du**



**Service de l'Environnement et de l'Energie (SEVEN)**

**En collaboration avec le**

**Service des Eaux, Sols et Assainissement (SESA)**

**Service de la Consommation et des Affaires Vétérinaires (SCAV)**



# Table des matières

<b>A</b>	<b>RÉSUMÉ</b> .....	<b>7</b>
<b>A.1</b>	<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>7</b>
<b>A.2</b>	<b>CONTENU DU RAPPORT</b> .....	<b>8</b>
<b>A.3</b>	<b>EAUX DE SURFACE</b> .....	<b>9</b>
A.3.1	POTENTIEL TECHNIQUE.....	9
A.3.2	INSTALLATIONS EN SERVICE .....	9
A.3.3	POTENTIEL REALISABLE.....	9
<b>A.4</b>	<b>EAUX DE RÉSEAU</b> .....	<b>10</b>
A.4.1	INSTALLATIONS EN SERVICE .....	10
A.4.2	POTENTIEL REALISABLE.....	10
<b>A.5</b>	<b>POTENTIEL VAUDOIS</b> .....	<b>10</b>
<b>B</b>	<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>13</b>
<b>B.1</b>	<b>CADRE DU PROJET ET CONTEXTE</b> .....	<b>13</b>
<b>B.2</b>	<b>OBJECTIF DU CADASTRE ET CHAMP D'APPLICATION</b> .....	<b>13</b>
<b>B.3</b>	<b>PERIMETRE GEOGRAPHIQUE DE L'ETUDE</b> .....	<b>13</b>
<b>B.4</b>	<b>CENTRALE DE VEYTAUX - POMPAGE-TURBINAGE</b> .....	<b>14</b>
<b>B.5</b>	<b>CALENDRIER DE L'ETUDE ET VALIDITE DE L'ETAT DES LIEUX</b> .....	<b>14</b>
<b>B.6</b>	<b>CONFIDENTIALITÉ DES INFORMATIONS</b> .....	<b>14</b>
<b>C</b>	<b>PRODUCTION ET CONSOMMATION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE</b> .....	<b>15</b>
<b>C.1</b>	<b>ELECTRICITE EN SUISSE ET DANS LE CANTON DE VAUD</b> .....	<b>15</b>
C.1.1	QUELQUES CHIFFRES CLES.....	15
C.1.1.1	<i>En Suisse</i> .....	15
C.1.1.2	<i>Dans le Canton de Vaud</i> .....	15
C.1.2	EVOLUTION DE LA CONSOMMATION .....	15
C.1.2.1	<i>En Suisse</i> .....	15
C.1.2.2	<i>Dans le Canton de Vaud</i> .....	16
<b>C.2</b>	<b>PART DE L'HYDRO-ELECTRICITE ET EVOLUTION</b> .....	<b>17</b>
C.2.1.1	<i>En Suisse</i> .....	17
C.2.1.2	<i>Dans le Canton de Vaud</i> .....	18
<b>C.3</b>	<b>EMISSIONS ATMOSPHERIQUES PAR TYPE DE MOYENS DE PRODUCTION</b> .....	<b>20</b>
<b>D</b>	<b>HYDRO-ELECTRICITE, QUELQUES NOTIONS DE BASE</b> .....	<b>21</b>
<b>D.1</b>	<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>21</b>
<b>D.2</b>	<b>PUISSANCE D'UNE MACHINE HYDRAULIQUE</b> .....	<b>21</b>
<b>D.3</b>	<b>PRODUCTION D'ELECTRICITE</b> .....	<b>22</b>
<b>D.4</b>	<b>CLASSIFICATION DES CENTRALES HYDRO-ELECTRIQUES</b> .....	<b>22</b>
<b>D.5</b>	<b>DIFFERENTS TYPES D'INSTALLATION HYDRO-ELECTRIQUE</b> .....	<b>23</b>
D.5.1	CENTRALES EN EAUX DE SURFACE: FIL DE L'EAU / ACCUMULATION.....	23
D.5.2	CENTRALES DANS LES RESEAUX D'EAU .....	24
D.5.2.1	<i>Turbinage de l'eau potable</i> .....	25
D.5.2.2	<i>Turbinage de l'eau usée</i> .....	25
<b>D.6</b>	<b>DIFFERENTS ELEMENTS D'UNE INSTALLATION HYDRO-ELECTRIQUE</b> .....	<b>26</b>
<b>D.7</b>	<b>TURBOMACHINES</b> .....	<b>27</b>

<b>D.8</b>	<b>ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX .....</b>	<b>28</b>
D.8.1	DISPOSITIFS DE FRANCHISSEMENT .....	29
D.8.2	DEBITS .....	30
D.8.3	DETRITUS FLOTTANTS .....	30
<b>D.9</b>	<b>INGENIERIE.....</b>	<b>30</b>
<b>E</b>	<b>ASPECTS LEGAUX ET ACTIONS DE SOUTIEN .....</b>	<b>32</b>
<b>E.1</b>	<b>CADRE LEGISLATIF.....</b>	<b>32</b>
E.1.1	CADRE LEGISLATIF FEDERAL .....	32
E.1.2	CADRE LEGISLATIF CANTONAL .....	32
<b>E.2</b>	<b>PROCEDURES DE DEMANDE DE CREATION OU DE MODIFICATION DE CONCESSION DE FORCE MOTRICE.....</b>	<b>33</b>
E.2.1	EAUX DE SURFACES PUBLIQUES .....	33
E.2.2	EAUX DE RESEAU .....	34
<b>E.3</b>	<b>PRINCIPALES ACTIONS DE SOUTIEN A L'ENERGIE HYDRAULIQUE .....</b>	<b>34</b>
<b>F</b>	<b>MÉTHODOLOGIE DE L'INVENTAIRE.....</b>	<b>35</b>
F.1	PHASE 1 : IDENTIFICATION ET SELECTION .....	35
F.1.1	<i>Eaux de surface</i> .....	35
F.1.2	<i>Eaux de réseau</i> .....	36
F.2	PHASE 2 : INVESTIGATIONS SUR SITE .....	36
F.2.1	<i>Eaux de surface</i> .....	37
F.2.2	<i>Eaux de réseau</i> .....	39
<b>F.3</b>	<b>SELECTION DES SITES.....</b>	<b>39</b>
<b>F.4</b>	<b>BASE DOCUMENTAIRE .....</b>	<b>40</b>
<b>G</b>	<b>PRÉSENTATION DES RÉSULTATS .....</b>	<b>42</b>
<b>H</b>	<b>RESULTATS – EAUX DE SURFACE.....</b>	<b>44</b>
<b>H.1</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>44</b>
<b>H.2</b>	<b>POTENTIEL TECHNIQUE VAUDOIS SUR LES EAUX DE SURFACE .....</b>	<b>45</b>
<b>H.3</b>	<b>CENTRALES EN SERVICE.....</b>	<b>46</b>
<b>H.4</b>	<b>SITES EN PROJET, ANNONCÉS AU SESA.....</b>	<b>50</b>
<b>H.5</b>	<b>SITES RETENUS COMME INTERESSANTS A COURT OU MOYEN TERME.....</b>	<b>51</b>
<b>H.6</b>	<b>SITES RETENUS COMME INTERESSANTS A LONG TERME.....</b>	<b>52</b>
<b>H.7</b>	<b>SYNTHESE POUR LES EAUX DE SURFACE.....</b>	<b>55</b>
<b>I</b>	<b>RÉSULTATS - RÉSEAUX D'EAU.....</b>	<b>57</b>
<b>I.1</b>	<b>POTENTIEL TECHNIQUE VAUDOIS SUR LES EAUX DE RESEAU .....</b>	<b>57</b>
<b>I.2</b>	<b>CENTRALES EN SERVICE .....</b>	<b>58</b>
<b>I.3</b>	<b>SITES EN PROJET .....</b>	<b>62</b>
<b>I.4</b>	<b>ANALYSES SOMMAIRES RÉALISÉES DANS LE CADRE DE L'ÉTABLISSEMENT DU CADASTRE.....</b>	<b>63</b>
<b>I.5</b>	<b>SITES RETENUS COMME INTERESSANTS A COURT OU MOYEN TERME.....</b>	<b>64</b>
<b>I.6</b>	<b>SITES RETENUS COMME INTÉRESSANTS À LONG TERME.....</b>	<b>66</b>
<b>I.7</b>	<b>SYNTÈSE POUR LES EAUX DE RÉSEAU .....</b>	<b>68</b>
<b>J</b>	<b>POTENTIEL GLOBAL DU CANTON DE VAUD – CONCLUSIONS.....</b>	<b>70</b>
<b>K</b>	<b>SIGLES – ACRONYMES – ABREVIATION.....</b>	<b>73</b>
<b>L</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>74</b>

### Liste des figures

Figure 2. Répartition du potentiel vaudois en termes de puissance (kW)	11
Figure 3. Répartition du potentiel vaudois en termes de production (MWh/an)	11
Figure 4. Evolution de la consommation finale d'électricité en Suisse pour la période 1979 - 2007	16
Figure 5. Evolution de la consommation finale d'électricité dans le Canton de Vaud pour la période 1996 - 2007	16
Figure 6. Evolution de la production hydro-électrique en Suisse - Période 1992 - 2007	17
Figure 7. Production issue des centrales hydro-électriques pour les 20 premiers cantons	18
Figure 8. Evolution de la production et consommation d'électricité dans le Canton de Vaud - 1996 -2006	19
Figure 9. Evolution de la production électrique vaudoise - Période 1996 - 2007	19
Figure 10. La centrale du Seujet (© M. Leu)	23
Figure 11. Centrale de La Douve II (© MHyLab)	23
Figure 12. Principe du turbinage de l'eau potable (© J.-M. Chapallaz)	25
Figure 13. Turbinage d'eau usée avant traitement	25
Figure 14. Turbinage d'eau usée après traitement	25
Figure 15. Vue d'ensemble d'une centrale à haute pression sur canal de dérivation (©PACER)	26
Figure 16. Roue de turbine Pelton (© commune de Savièse)	27
Figure 17. Roue de turbine Francis (© MHyLab)	28
Figure 18. Vue CAO 3D d'une roue Kaplan 4 pales (© MHyLab)	28
Figure 19. Exemple de profil en long : La Promenthouse - position des sites répertoriés et de la station de mesure des débits	38
Figure 20. Répartition des sites selon leurs statuts administratifs (R = concession radiée, DP = droit permanent, C = concession active, NV = nouveau site)	44
Figure 21. Les 20 premiers cours d'eau classés en termes de nombre de sites	45
Figure 22. Les 20 premiers cours d'eau en termes de potentiel technique - puissance (kW)	45
Figure 23. Les 20 premiers cours d'eau en termes de potentiel technique -production électrique (MWh/an)-	46
Figure 24. Nombre de sites en service en fonction des cours d'eau	47
Figure 25. Puissance électrique, supérieure à 1 MW, des sites en service par cours d'eau	48
Figure 26. Production électrique des sites en service de plus de 1 MW par cours d'eau	48
Figure 27. Puissance électrique, inférieure à 1MW, des sites en service par cours d'eau	49
Figure 28. Production électrique des sites en service de moins de 1 MW par cours d'eau	49
Figure 29. Potentiel technique / potentiel en service en termes de puissance (kW)	50
Figure 30. Potentiel technique / potentiel en service en termes de production électrique (MWh/an)	50
Figure 31. Cours d'eau classés suivant leur nombre de sites identifiés comme intéressants à court ou moyen terme	51
Figure 32. Cours d'eau classés suivant le gain de puissance des sites identifiés comme intéressants à court ou moyen terme par cours d'eau (kW)	51
Figure 33. Production électrique potentielle des sites retenus par cours d'eau (MWh/an)	52
Figure 34. Cours d'eau classés suivant leur nombre de sites identifiés comme intéressants à long terme	53
Figure 35. Cours d'eau classés suivant les puissances des sites identifiés comme intéressants à long terme (kW)	53
Figure 36. Cours d'eau classés suivant la production des sites identifiés comme intéressants à long terme (MWh/an)	54
Figure 37. Potentiel technique, économique et environnemental, en termes de nombre de sites	55
Figure 38. Potentiel technique, économique et environnemental, en termes de puissance (kW)	55
Figure 39. Potentiel technique, économique et environnemental, en termes de production (MWh/an)	55
Figure 40. Les 20 premières communes classées en termes de nombre de sites	57
Figure 41. Les 20 premières communes en termes de potentiel technique - puissance (kW)	57
Figure 42. Les 20 premières communes en termes de potentiel technique -production électrique (MWh/an)-	58
Figure 43. Répartition des centrales en service sur des réseaux d'eau suivant le type d'eau turbinée (EP = eau potable, EI = eau d'irrigation, EC = eaux claires, EU1 = eaux usées avant traitement, EU2 = eaux usées après traitement)	59
Figure 44. Répartition, par type d'eau turbinée, des centrales en service suivant leur puissance	61
Figure 45. Répartition, par type d'eau turbinée, des centrales en service suivant leur production	61
Figure 46. Puissances électriques des centrales en service (classées suivant leur puissance)	61
Figure 47. Production des centrales en service (classées suivant leur puissance)	62

Figure 48. Communes classées suivant leur nombre de sites identifiés comme intéressants à court ou moyen terme	65
Figure 49. Communes classées suivant les gains de puissance des sites identifiés comme intéressants à court ou moyen terme (kW)	65
Figure 50. Communes classées suivant les gains de production électrique des sites identifiés comme intéressants à court ou moyen terme (MWh/an)	66
Figure 51. Communes classées suivant leur nombre de sites identifiés comme intéressants à long terme	67
Figure 52. Communes classées suivant les gains de puissance des sites identifiés comme intéressants à long terme (kW)	67
Figure 53. Communes classées suivant le gain de production électrique des sites identifiés comme intéressants à long terme (MWh/an)	68
Figure 54. Répartition des 101 sites répertoriés sur les réseaux d'eau	68
Figure 55. Potentiel des réseaux d'eau en termes de puissance (kW)	69
Figure 56. Potentiel des réseaux d'eau en termes de production (MWh/an)	69
Figure 57. Répartition des 388 sites suivant leur type de potentiel	70
Figure 58. Potentiel technique, économique et environnemental du canton de Vaud, en termes de puissance (kW)	71
Figure 59. Potentiel technique, économique et environnemental du canton de Vaud, en termes de production (MWh/an)	71

### **Liste des tableaux**

Tableau 1. Potentiel vaudois pour les eaux de surface et les eaux de réseau (Nb= nombre de sites, P = puissance, E = Production électrique)	12
Tableau 2. Production électrique nationale Suisse en 2007	17
Tableau 3. Evolution de la production et de la consommation d'électricité en Suisse en 2007	18
Tableau 4. Emissions de polluants atmosphériques de différents types de centrales en Europe	20
Tableau 5. Centrales à accumulation dans le canton de Vaud	24
Tableau 6. Centrales en service sur les réseaux d'eau classées suivant les puissances électriques	60
Tableau 7. Centrales en service sur les réseaux d'eau faisant l'objet d'un projet d'optimisation	63
Tableau 8. Conclusions des analyses sommaires des réseaux d'eau de 13 communes	64
Tableau 9. Potentiel vaudois pour les eaux de surface et les eaux de réseau (Nb= nombre de sites, P = puissance, E = Production électrique)	72

### **Listes des annexes**

Annexe 1. Fiches des sites non confidentiels (selon B.6) identifiés comme intéressants à court, moyen ou long terme	75
Annexe 2. Cartes des sites en service	75
Annexe 3. Cartes pour les eaux de surface	75
Annexe 4. Cartes pour les eaux de réseau	75

# A Résumé

## A.1 Introduction

Le présent rapport présente les résultats des investigations menées en vue de l'établissement du cadastre vaudois de l'hydro-électricité. Il répond à l'une des tâches assignées au Canton par la nouvelle Loi cantonale sur l'Energie du 16 mai 2006 (LVLEne), laquelle exige la mise sur pied d'un cadastre public des possibilités d'exploitation des énergies renouvelables (art. 20). Il s'inscrit également dans le cadre du programme de législature 2007-2012 dont l'un des objectifs est d'atteindre une part d'énergie renouvelable dans la consommation finale de 7.5 % au minimum à l'horizon 2012.

Ce projet est conduit par le Service de l'Environnement et de l'Energie (SEVEN), en collaboration avec le Service des Eaux, Sols et Assainissement (SESA) et le Service de la Consommation et des Affaires Vétérinaires (SCAV). Il a été réalisé par MHyLab, Fondation du Laboratoire de Petite Hydraulique de Montcherand.

L'objectif du présent cadastre est de quantifier le potentiel global de la force hydraulique cantonale, qu'elle provienne d'eaux de surface ou d'eaux de réseau. Par eaux de surface, on entend cours d'eau, alors que les eaux de réseau englobent l'eau potable, l'eau d'irrigation, leur trop plein, les eaux usées (avant et après station d'épuration) et les eaux claires (dans le cadre des PGEE).

Il a été considéré, dans cette étude, que la ressource hydraulique était exploitée le plus rationnellement et efficacement possible afin de ménager l'environnement existant.

L'inventaire de potentiel proposé dans ce cadastre n'a pas de valeur légale concernant l'octroi d'une concession. Il ne garantit pas une entrée en matière systématique du Canton et il ne modifie en rien les droits acquis des concessionnaires actuels.

Le périmètre de l'étude s'étend à l'ensemble du Canton de Vaud ainsi qu'aux zones frontières avec les autres cantons, en prenant en compte des projets exploitant des ressources à cheval sur les frontières territoriales. Les puissances et productions de projets transcantonaux sont calculées au prorata des parts de concession respectives à chaque canton.

Ce rapport représente l'état des lieux à mi-octobre 2008. Celui-ci est susceptible d'évoluer rapidement en termes de mise en valeur du potentiel, l'entrée en vigueur de la nouvelle ordonnance fédérale sur l'énergie de mars 2008 ayant un impact très important sur la réalisation des projets identifiés.

Cette étude se veut aussi exhaustive que possible. Toutefois, il a été nécessaire de faire des choix, d'entente avec le SEVEN, le SESA et le SCAV, en fonction de l'importance des ressources en eaux des rivières et réseaux. Il est donc possible que certains sites ou cours d'eau, potentiellement intéressants, aient pu échapper à cette étude.

Par ailleurs, le niveau de détail des informations collectées sur les projets en cours d'étude ou de réalisation n'est pas uniforme. Il dépend en effet de l'étendue de la collaboration des promoteurs publics ou privés, ainsi que des propriétaires de sites.

## A.2 Contenu du rapport

Le présent rapport s'articule autour des chapitres suivants :

- Production et consommation d'énergie électrique: Ce chapitre donne de manière synthétique quelques chiffres clés de l'électricité en Suisse ainsi que la situation vaudoise. On y trouve en particulier que cette énergie représente le 21% de l'énergie consommée dans le Canton en 2007. Si l'hydro-électricité représente de 55 à 60 % de la production nationale, on relève en outre que cette part est de l'ordre des 90% pour le canton de Vaud, lequel est par ailleurs fortement importateur d'électricité, puisque la production indigène représente environ 25% de la consommation<sup>1</sup>.
- Hydro-électricité, quelques notions de base: Ce chapitre donne au lecteur quelques informations sur les modes de calcul de puissance et de production, ainsi que sur les différentes applications de l'hydro-électricité. Il présente aussi de manière succincte les différents éléments constituant un aménagement et donne un rapide panorama des aspects environnementaux.
- Aspects légaux et actions de soutien: Ce chapitre présente de manière résumée les différentes lois fédérales et cantonales régissant les aménagements hydro-électriques. Il indique également la procédure à suivre dans le Canton en termes de demande d'autorisations.
- Méthodologie de l'inventaire: Ce chapitre présente de manière détaillée la méthodologie utilisée pour l'établissement du cadastre hydraulique vaudois.

Celle-ci repose sur un travail divisé en deux phases et en deux secteurs. La première phase est une phase d'identification et de sélection. Celle-ci repose essentiellement sur l'analyse des documents en possession des différents services de l'état, complétée par une collecte d'informations auprès des communes et distributeurs d'électricité. La seconde phase est une phase de validation basée sur des investigations de terrain. Le premier secteur est celui des eaux de surface, le second celui des eaux de réseau.

En parallèle à la réalisation de ce cadastre, le volet Energie pour les infrastructures du programme SuisseEnergie, en collaboration avec le SEVEN, a lancé une action d'analyse du potentiel de turbinage dans les réseaux d'eau. Treize communes y ont répondu positivement et ont bénéficié d'une analyse détaillée de leur situation.

- Présentation des résultats et synthèses: Ces chapitres présentent les résultats des investigations pour les eaux de surface et les eaux de réseau ainsi qu'une synthèse globale.

---

<sup>1</sup> En ne considérant que les parts cantonales des productions des aménagements transcantonaux, la production indigène représente 20% de la consommation.

## **A.3 Eaux de surface**

### **A.3.1 Potentiel technique**

L'établissement du cadastre pour les eaux de surface repose sur la collecte d'information et l'analyse de **287 sites** de toute nature, indépendamment de leur statut administratif et de leur exploitation.

Sur ces 287 sites, 144 correspondent à des droits d'eau et concessions radiés, 47 sont au bénéfice de droits permanents, 55 correspondent à des concessions actives et 41 sont identifiés comme nouveaux.

Le **potentiel technique** correspondant est ainsi de **235 MW** de puissance pour une production électrique envisageable de plus de **880 GWh/an**. Ce potentiel ne pourra cependant pas être entièrement exploité, que cela soit pour des raisons hydrologiques, environnementales ou économiques (aux conditions actuelles du marché).

Les cours d'eau présentant le plus grand potentiel technique sont le Rhône, l'Orbe, l'Avançon, la Grande Eau, la Sarine et l'Aubonne. En toute logique, il s'agit des cours d'eau qui, à l'heure actuelle, regroupent la majorité des sites en service.

### **A.3.2 Installations en service**

Le Canton compte **45 installations en exploitation**, réparties sur une trentaine de cours d'eau. Leur puissance cumulée est de **184 MW** pour une production annuelle de l'ordre des **690 GWh**. Leur puissance individuelle varie de 2 à 29'400 kW.

**Ainsi, le potentiel exploité à ce jour représente 79% du potentiel technique en termes de puissance, respectivement 78% en termes de production.**

On relève en outre que 6 aménagements couvrent le 78% de la puissance installée et le 71% de la production d'électricité vaudoise.

Par ailleurs, 5 cours d'eau produisent 92% de l'électricité d'origine hydraulique produite sur territoire vaudois.

Ces chiffres ne tiennent pas compte de l'aménagement de l'Hongrin-Veytaux, lequel fonctionne en pompage-turbinage (à noter, toutefois, que l'apport de cet aménagement en termes de puissance de réglage est loin d'être négligeable). De plus, seules les parts vaudoises des aménagements transcantonaux (par exemple : Lavey) sont considérés.

Enfin, l'on relève que 24 sites en service présentent un potentiel d'augmentation de puissance et de production à court, moyen et long terme, tandis que 5 sites exploités ont des potentialités jugées comme non intéressantes.

### **A.3.3 Potentiel réalisable**

Au total, le cadastre a identifié 49 sites comme intéressants à réaliser à court ou moyen terme, totalisant une puissance de 43 MW pour une production prévisible de 158 GWh/an, ainsi que 64 sites intéressants à réaliser dans le long terme, pour une puissance de 5 MW et une production prévisible de 25 GWh/an.

Ainsi, le total du **potentiel en service ou réalisable à court, moyen et long terme** totalise une puissance de plus de **233 MW** pour une production totale prévisible de plus de **873 GWh**, soit 99% environ du potentiel technique.

Enfin, on relèvera que le potentiel considéré comme non retenu représente une puissance totale de 1.5 MW pour une production de l'ordre de 7 GWh/an, réparties sur 146 sites.

Sur ce potentiel réalisable, 48 projets sont actuellement en cours, représentant une puissance de 43 MW pour une production annuelle escomptée de 164 GWh.

## **A.4 Eaux de réseau**

### **A.4.1 Installations en service**

Le Canton compte 26 centrales hydro-électriques en service sur les réseaux d'eau, dont 22 utilisent de l'eau potable ou des trop pleins.

La puissance totale installée est de **5 MW**, pour une production en 2007 de **24 GWh**. Plus de 85% de la production est faite sur les réseaux d'eau potable, plus de 60% de la production étant issue des deux seules centrales de Sonzier et Sublin.

### **A.4.2 Potentiel réalisable**

Au total, le cadastre a identifié 21 sites comme intéressants à réaliser à court ou moyen terme, totalisant une puissance additionnelle de 13 MW pour une production additionnelle prévisible de 49 GWh/an, ainsi que 30 sites intéressants à réaliser dans le long terme, pour une puissance additionnelle de 0.6 MW et une production additionnelle prévisible de 3 GWh/an.

On relèvera en outre que le projet GREHL (identifié comme un site intéressant à réaliser à court ou moyen terme) contribue à lui seul à un gain de puissance de 12 MW pour 43 GWh/an en termes de production.

Actuellement, 20 projets sont en cours d'étude dans le canton, dont 3 concernent l'optimisation d'installations en service. Par ailleurs, 13 communes ont bénéficié d'une analyse sommaire des possibilités de turbinage sur leur territoire.

Comme l'on pouvait s'y attendre, le potentiel le plus important se situe dans le Chablais et dans les Alpes Vaudoise, les dénivelés étant conséquents et les ressources en eau en altitude importantes.

## **A.5 Potentiel vaudois**

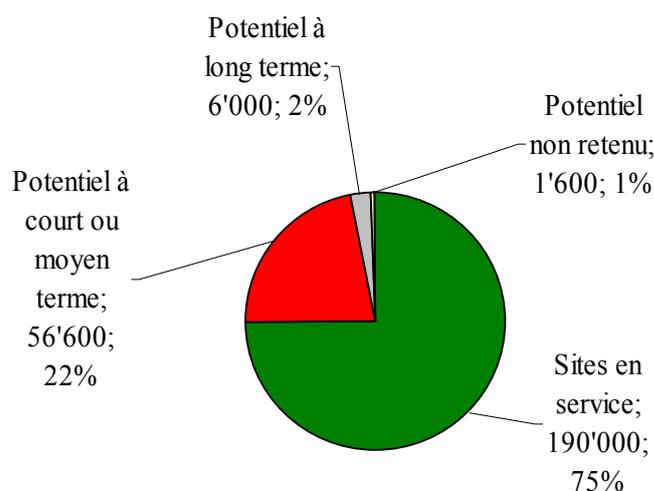
Le présent cadastre répertorie au final 388 sites, répartis à raison de 287 sur les eaux de surface et 101 sur les eaux de réseau, que ceux-ci soient en service ou non (sites à réhabiliter ou en projet). Le **potentiel technique** est estimé à **254 MW**, pour une production de **956 GWh/an**.

L'analyse conduite dans le cadre de ce projet conclut que 183 sites réduisant le potentiel technique de moins de 2 MW et 8 GWh/an.

49 sites ne présentent plus de potentiel, soit parce qu'ils sont déjà en service et ne peuvent a priori pas être optimisés, soit parce que leur potentiel est comptabilisé en fusion dans de nouveaux sites.

Au total, 164 sites présentent un potentiel encore exploitable et intéressant à court, moyen ou long terme.

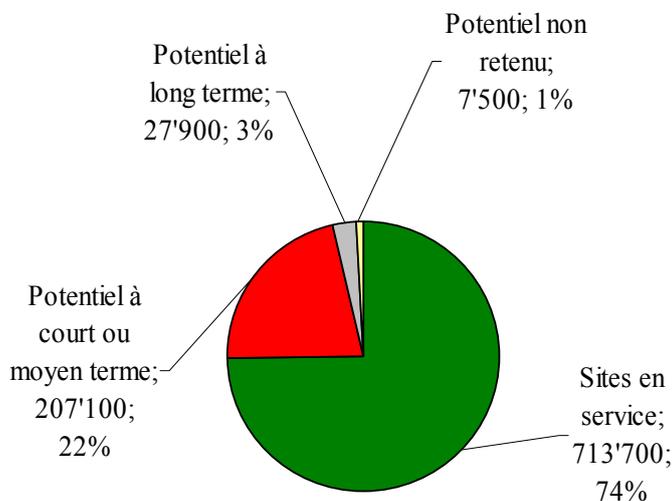
71 sites correspondent à des installations en service, leur puissance étant de près de 190 MW pour une production de 713 GWh par an, parmi lesquels 33 présentent encore un potentiel exploitable et réalisable à court, moyen ou long terme.



**Figure 1. Répartition du potentiel vaudois en termes de puissance (kW)**

Au final, 75% du potentiel technique en termes de puissance et 74% en termes de production, sont déjà exploités sur le territoire cantonal.

A court ou moyen terme, un gain de puissance de plus de 57 MW, pour une production de 207 GWh/an est envisageable, soit environ 22% du potentiel technique. Le potentiel à long terme représente, pour sa part, un gain de 6 MW en termes de puissance pour une production supplémentaire de 28 GWh.



**Figure 2. Répartition du potentiel vaudois en termes de production (MWh/an)**

Au total, le potentiel encore à développer représente 63 MW pour une production de 235 GWh par an, chiffre qu'il est intéressant de comparer à l'objectif de la Confédération qui est d'augmenter la part de l'hydraulique dans la production d'électricité de 2'000 GWh/an. Le canton de Vaud pourrait couvrir jusqu'à 12 % de cet objectif.

Au total, le potentiel encore à développer représente 63 MW pour une production de 235 GWh par an, chiffre qu'il est intéressant de comparer à l'objectif de la Confédération qui est d'augmenter la part de l'hydraulique dans la production d'électricité de 2'000 GWh/an. Le canton de Vaud pourrait couvrir jusqu'à 12 % de cet objectif.

Un tel gain en électricité représente la consommation de près de 50'000 ménages et une réduction des émissions de dioxyde de carbone de plus de 113'000 tonnes par année.

Au final, la mise en valeur du potentiel technique, économique et environnemental du Canton permettrait d'atteindre une puissance installée de 253 MW pour une production de 949 GWh/an, dont 9% sur les eaux de réseau. L'augmentation de production permettrait de couvrir 5% supplémentaires de la consommation vaudoise.

		Bilan Eaux de surface		Bilan Eaux de réseau		Bilan final	
		P	E	P	E	P	E
		kW	MWh/an	kW	MWh/an	kW	MWh/an
Sites répertoriés	Potentiel technique	234'600	880'200	19'600	76'000	254'200	956'200
	Sites en service	184'500	689'900	5'500	23'800	190'000	713'700
	Potentiel restant	50'100	190'300	14'100	52'200	64'200	242'500
Potentiel	à court ou moyen terme	43'200	158'300	13'400	48'800	56'600	207'100
	à long terme	5'400	24'800	600	3'100	6'000	27'900
	non retenu	1500	7'200	100	300	1'600	7'500
	Déjà exploité	184'500	689'900	5'500	23'800	190'000	713'700

Tableau 1. Potentiel vaudois pour les eaux de surface et les eaux de réseau  
(Nb= nombre de sites, P = puissance, E = Production électrique)

## **B Introduction**

### **B.1 Cadre du projet et contexte**

Suite à l'entrée en vigueur de la nouvelle Loi cantonale sur l'Energie du 16 mai 2006 (LVEne), le Service de l'Environnement et de l'Energie du Canton de Vaud (SEVEN) s'est vu attribuer de nouvelles missions.

L'une des tâches assignées au Canton par la Loi (art. 20) est la mise sur pied d'un cadastre public des possibilités d'exploitation des énergies renouvelables dans le canton, dont notamment l'énergie hydraulique.

Par ailleurs, dans le cadre de son programme de législature 2007 – 2012, le Canton s'est fixé, d'atteindre une part d'énergie renouvelable dans sa consommation finale d'énergie d'au minimum 7.5% d'ici 2012.

La Confédération s'est quant à elle fixé comme objectif dans la Loi sur l'Energie d'augmenter la production d'énergie renouvelable en Suisse de 5'400 GWh dont 2'000 GWh pour la seule hydraulique.

Ce projet de cadastre hydraulique est conduit par le Service de l'Environnement et de l'Energie (SEVEN), en collaboration avec le Service des Eaux, Sols et Assainissement (SESA) et le Service de la Consommation et des Affaires Vétérinaires (SCAV). Il a été réalisé par MHyLab, Fondation du Laboratoire de Petite Hydraulique de Montcherand en collaboration avec, notamment, des services communaux, des bureaux d'études en charge des réseaux d'eau communaux et des distributeurs électriques.

### **B.2 Objectif du cadastre et champ d'application**

L'objectif du cadastre hydraulique est de quantifier le potentiel global de la force hydraulique cantonale, qu'elle provienne d'eaux de surface ou d'eaux de réseau.

Il a été considéré dans cette étude que la ressource hydraulique était exploitée le plus rationnellement et efficacement possible afin de ménager l'environnement existant.

Par eaux de surface, on entend cours d'eau, alors que les eaux de réseau englobent l'eau potable, l'eau d'irrigation, leur trop plein, l'eau usée (avant et après station d'épuration) et les eaux claires (dans le cadre des PGEE).

Dans le cadre de ce cadastre, un certain nombre de nouveaux sites ont été identifiés. Cependant, l'inventaire de potentiel proposé dans ce cadastre n'a pas de valeur légale concernant l'octroi d'une concession. Il ne garantit pas une entrée en matière systématique du Canton; seule la présentation d'un projet permettra au SESA de se prononcer. De plus, ce cadastre hydraulique ne modifie en rien les droits acquis des concessionnaires actuels.

### **B.3 Périmètre géographique de l'étude**

Le périmètre de l'étude s'étend à l'ensemble du Canton de Vaud ainsi qu'aux zones frontières avec les autres cantons, en prenant en compte des projets exploitant des ressources à cheval sur les frontières territoriales. Les puissances et productions de projets transcantonaux sont calculées au prorata des parts de concession respectives à chaque canton ou, pour les nouveaux projets, selon une estimation de ces parts cantonales.

## B.4 Centrale de Veytaux - Pompage-turbinage

La centrale de L'Hongrin-Veytaux n'a pas été incluse dans l'établissement du présent cadastre, étant donné son fonctionnement en pompage – turbinage (fonction de stockage d'énergie).

Cette centrale, mise en service en 1972 et exploitée par les Force Motrices Hongrin Léman (FMHL), a une capacité de 36 m<sup>3</sup>/s, pour une puissance électrique totale de 240 MW.

S'agissant d'un aménagement bi-cantonal (Fribourg et Vaud), la part vaudoise est de 146 MW en termes de puissance et 113 GWh/an en termes de production nette<sup>2</sup>.

Un projet d'extension prévoit une augmentation de puissance à 420 MW.

## B.5 Calendrier de l'étude et validité de l'état des lieux

L'étude a été réalisée entre le 15 juin 2007 et le 15 octobre 2008.

Le présent rapport représente l'état des lieux à mi-octobre 2008. Celui-ci est susceptible d'évoluer rapidement en termes de mise en valeur du potentiel, l'entrée en vigueur de la nouvelle ordonnance fédérale sur l'énergie du 15 mars 2008 ayant un impact très important sur la réalisation des projets identifiés.

Cette étude se veut aussi exhaustive que possible. Toutefois, il a été nécessaire de faire des choix d'entente avec le SEVEN, le SESA et le SCAV en fonction de l'importance des ressources en eaux des rivières et réseaux. Certains petits cours d'eau, dont le potentiel ne semblait pas intéressant, notamment en raison du débit résiduel à laisser dans le cours d'eau pour des raisons écologiques, n'ont par conséquent pas fait l'objet d'investigations particulières.

Il est par conséquent possible que certains sites ou cours d'eau, potentiellement intéressants aient pu échapper à cette étude.

Par ailleurs, le niveau de détail des informations collectées sur les projets en cours d'étude ou de réalisation n'est pas uniforme. Il dépend en effet de l'étendue de la collaboration des promoteurs publics ou privés, ainsi que des propriétaires de sites.

## B.6 Confidentialité des informations

De manière à être en conformité avec les lois et règlements en matière de protection des données, certaines règles de confidentialité ont été suivies dans l'accomplissement de ce mandat et dans la rédaction de ce rapport

Un certain nombre de sites sont actuellement en projet ou sont déjà concédés, bien que l'installation soit hors service. La confidentialité de ces sites doit être préservée. Par conséquent, ils seront présentés de manière globale sans autre indication.

Un site est jugé **non confidentiel**, s'il il est en service, si sa concession ou son droit permanent sont radiés ou s'il s'agit d'un nouveau site identifié dans le cadre de ce mandat.

Un site est jugé **confidentiel** s'il bénéficie d'une concession ou d'un droit d'eau permanent qui n'est pas radié(e) ou qui est en cours de négociation ou s'il est en cours d'étude (création ou réhabilitation).

---

<sup>2</sup> Statistiques des aménagements hydro-électriques de la Suisse, OFEN, Etat au 1<sup>er</sup> janvier 2008

## **C Production et consommation d'énergie électrique**

### **C.1 Electricité en Suisse et dans le Canton de Vaud**

#### ***C.1.1 Quelques chiffres clés***

##### **C.1.1.1 En Suisse**

En 2007 l'électricité en Suisse a représenté 23.9% de la consommation énergétique du pays contre 54.3% pour les produits pétroliers et 12.1 % pour le gaz, les autres sources d'énergie ne représentant que 8.7 %.

En 2006, la consommation finale d'électricité par habitant, obtenue en divisant la consommation finale du pays tous secteurs confondus par le nombre d'habitants, s'est élevée à 7'646 kWh. La consommation moyenne d'un ménage s'est quant à elle élevée à 5'357 kWh. En d'autres termes, 1 GWh permet d'alimenter environ 185 ménages suisses.

La consommation des ménages représente environ 1/3 de la consommation finale d'électricité, les 2/3 restants étant consommés par l'industrie, les services et les transports.

##### **C.1.1.2 Dans le Canton de Vaud**

L'électricité consommée en 2007 a représenté le 21% de la consommation totale d'énergie, contre 54.3 % pour les produits pétroliers, 17.8 % pour le gaz et 6.9 % pour les autres agents énergétiques. La structure de consommation est par conséquent assez similaire à celle de la Suisse, à l'exception du gaz qui est plus développé.

La population permanente vaudoise à fin 2007 étant de 668'581 personnes pour une consommation d'électricité de 4'168 GWh, la consommation finale ramenée au nombre d'habitants s'est élevée ainsi à 6'235 kWh.

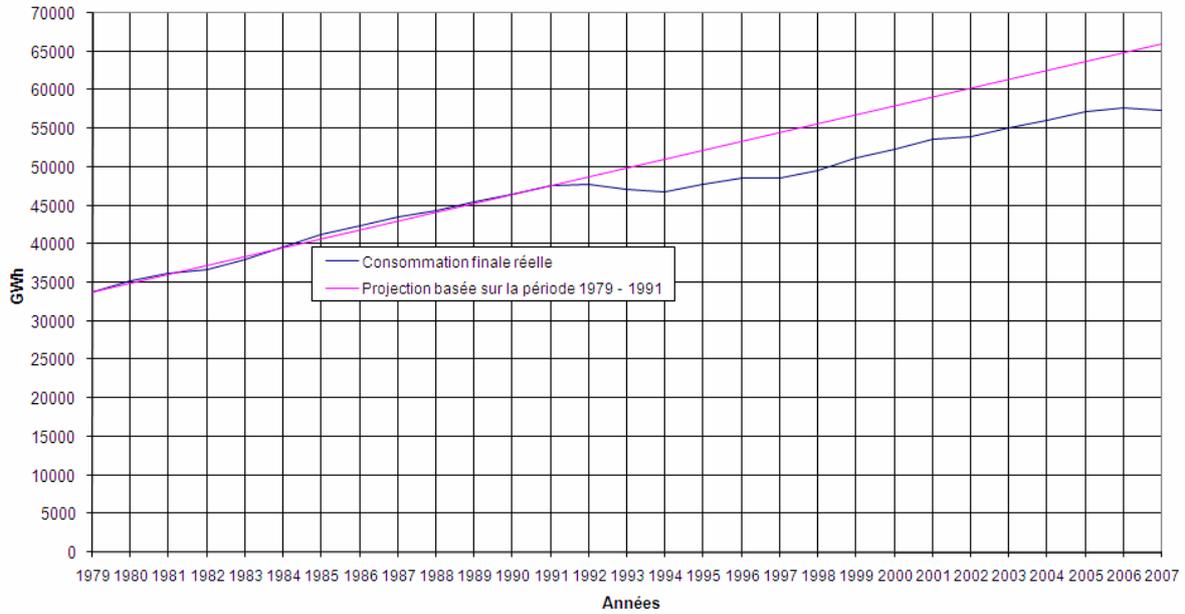
#### ***C.1.2 Evolution de la consommation***

##### **C.1.2.1 En Suisse**

L'observation de la consommation finale d'électricité ces trois dernières décennies permet de mettre en évidence l'effet de la récession des années 1990, conjugué aux effets du programme Energie 2000, dont le but était de stabiliser, voire de diminuer la consommation d'énergie en Suisse.

Outre les efforts en matière d'efficacité énergétique, les variations d'une année à l'autre peuvent s'expliquer par des effets liés à la conjoncture et aux conditions météorologiques. L'une des raisons de la baisse de consommation finale en 2007 (57'432 GWh) relativement à 2006 (57'782 GWh) s'explique, par exemple, par la clémence du climat durant les quatre premiers mois de l'année.

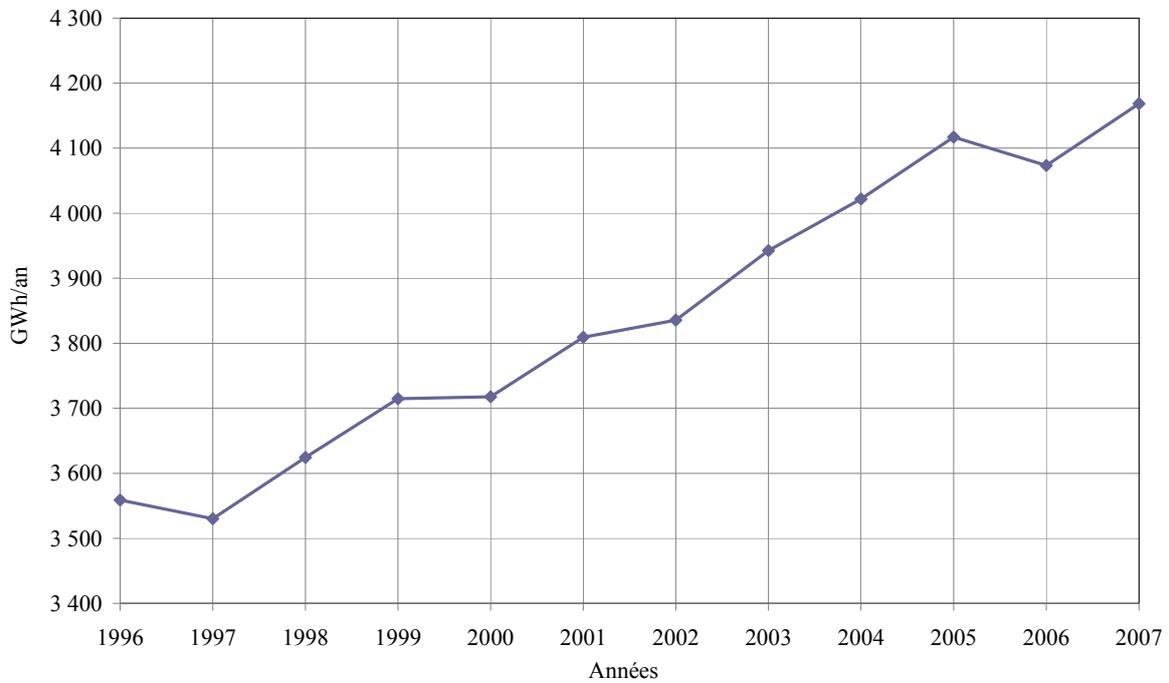
**Consommation finale d'électricité en Suisse  
Années 1979 - 2007**



**Figure 3. Evolution de la consommation finale d'électricité en Suisse pour la période 1979 - 2007**

**C.1.2.2 Dans le Canton de Vaud**

Contrairement à la consommation Suisse, la consommation vaudoise a poursuivi sa progression à la hausse en 2007 (4'168 GWh) après une tendance à la baisse en 2006.

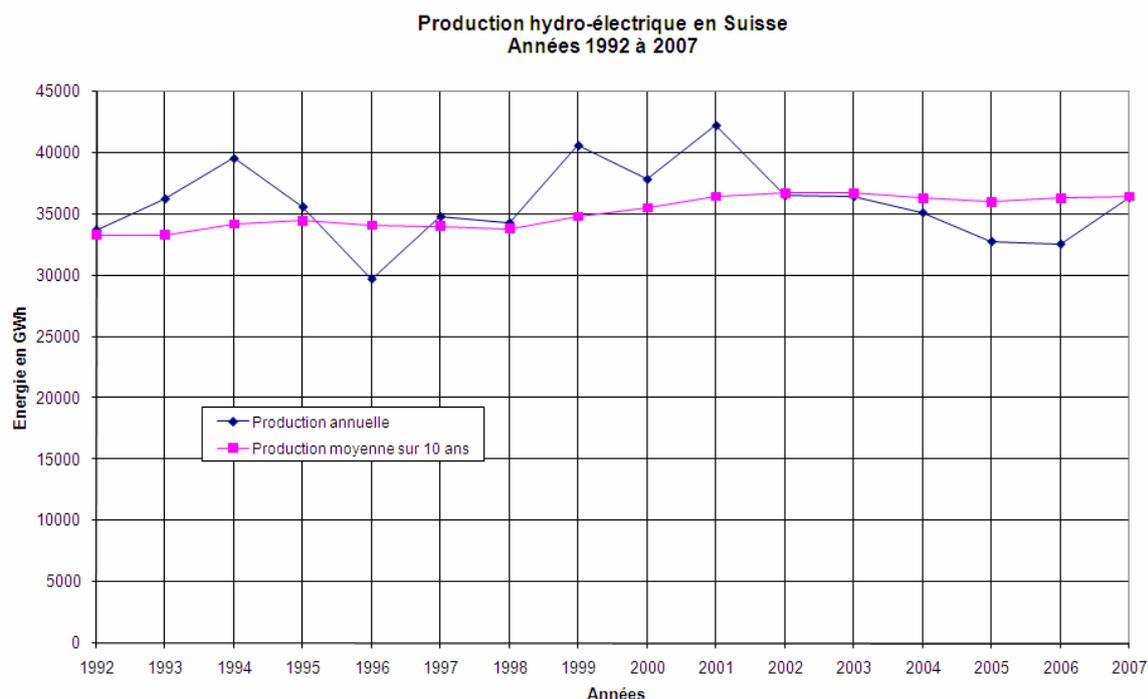


**Figure 4. Evolution de la consommation finale d'électricité dans le Canton de Vaud pour la période 1996 - 2007**

## C.2 Part de l'hydro-électricité et évolution

### C.2.1.1 En Suisse

Si la production d'électricité d'origine hydraulique est naturellement dépendante des conditions météorologiques (variations entre 30'000 et 42'000 GWh par an pour la Suisse sur la période 1992-2007), il est remarquable de constater que la moyenne glissante sur dix ans durant la même période est relativement stable (variations de 33'300 à 36'800 GWh).



**Figure 5. Evolution de la production hydro-électrique en Suisse - Période 1992 - 2007**

La production hydro-électrique suisse représente de 55 à 60 % de la production totale d'électricité

Production nationale 2007	en GWh	en %
Centrales hydrauliques	36'373	55.2 %
Centrales nucléaires	26'344	39.9 %
Centrales thermiques et divers	3'199	4.8%
<b>Total</b>	<b>65'916</b>	<b>100.0 %</b>

**Tableau 2. Production électrique nationale Suisse en 2007**

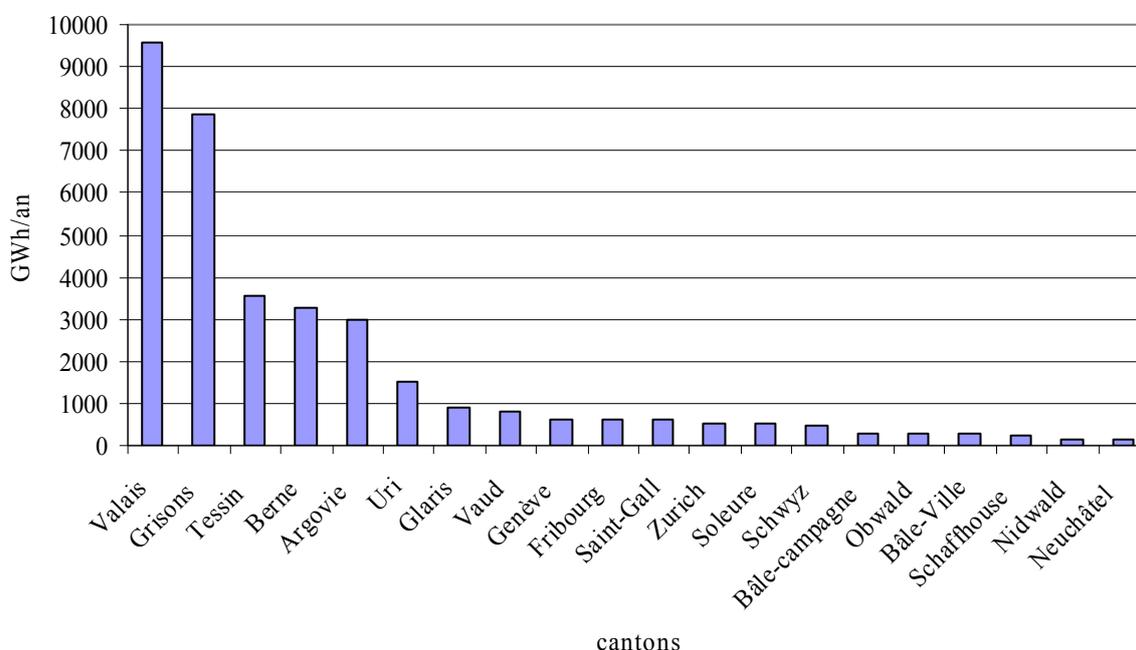
La production nationale ne représentant pas le degré d'autonomie d'un pays en matière d'énergie électrique, il est intéressant de rapporter la production nette (c'est-à-dire l'énergie de pompage pour les ouvrages d'accumulation déduite) à la consommation du pays.

Production nette en GWh	Consommation finale en GWh	Consommation/ Production	Solde exportateur en GWh	Solde exportateur en %
63'812	61'750	96.8 %	2'062	3.2 %

**Tableau 3. Evolution de la production et de la consommation d'électricité en Suisse en 2007**

On peut donc constater qu'en 2007, la Suisse s'est comportée comme exportateur de courant électrique.

En termes de production, le canton de Vaud occupe la 8<sup>ème</sup> place avec une production de 810 GWh/an, loin derrière le Valais avec 9'566 GWh/an. A noter qu'il se situe en dessous de la moyenne suisse de 1'365 GWh/an par canton<sup>3</sup>, laquelle est essentiellement tirée vers le haut par deux cantons alpins (VS & GR).



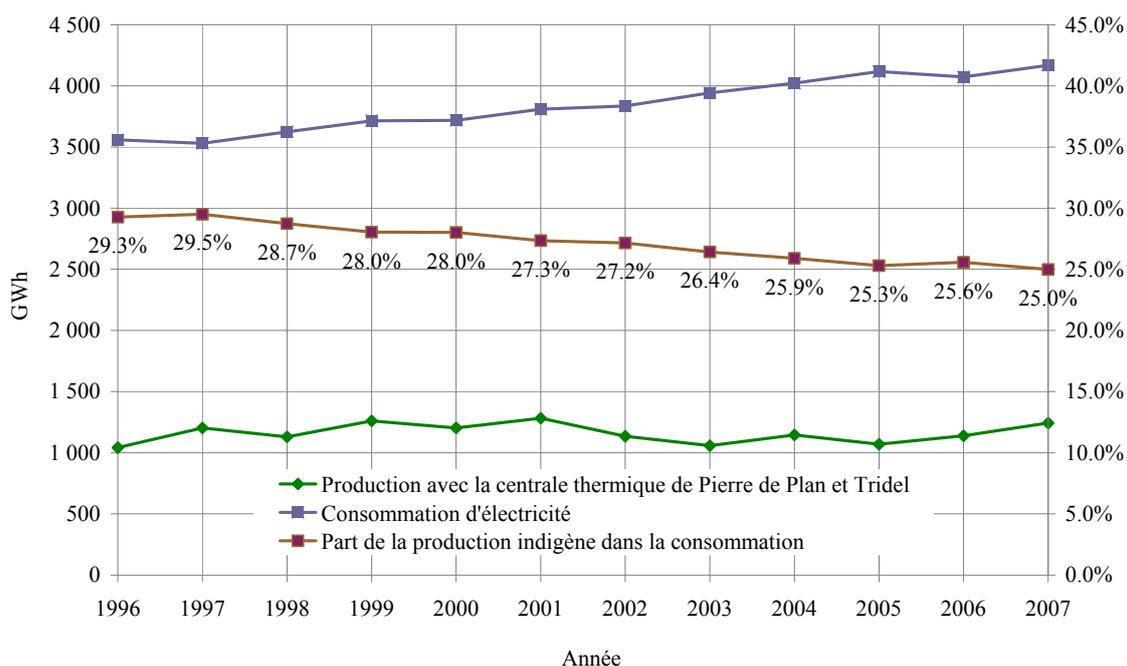
**Figure 6. Production issue des centrales hydro-électriques pour les 20 premiers cantons<sup>3</sup>**

### C.2.1.2 Dans le Canton de Vaud

Contrairement au reste de la Suisse, le Canton de Vaud ne produit environ qu'un quart de sa consommation en électricité<sup>4</sup>, comme l'illustre le graphique ci-après. Le Canton de Vaud est donc de loin un importateur net d'électricité.

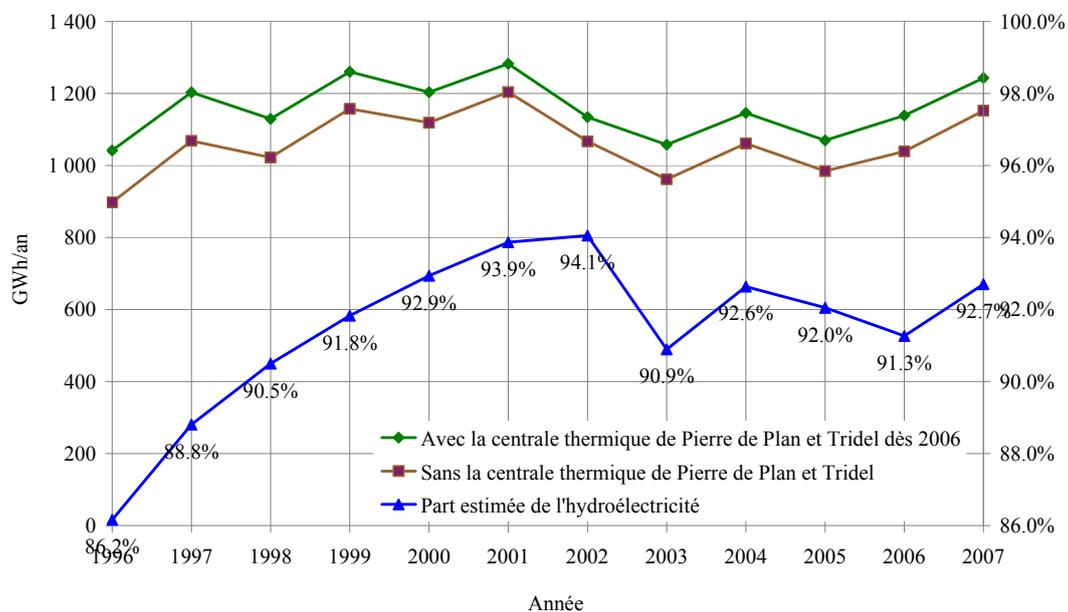
<sup>3</sup> Source: Statistique des aménagements hydro-électriques de la Suisse, Office Fédéral de l'Energie, centrales existantes classées par canton, état au 1<sup>er</sup> janvier 2008

<sup>4</sup> Source : Service de recherche et d'informations statistiques. Ce chiffre englobe les productions globales des entreprises électriques sises sur sol vaudois. Il ne tient pas compte des parts cantonales attribuées à un aménagement. Par exemple, la production de l'aménagement de Lavey est entièrement comptabilisée dans la statistique vaudoise (environ 400 GWh). La part cantonale est, elle, de 168 GWh.



**Figure 7. Evolution de la production et consommation d'électricité dans le Canton de Vaud – 1996 -2006**

A l'exception de la centrale thermique de Pierre-de-Plan à Lausanne et de la production de l'usine d'incinération TRIDEL depuis 2006, la majeure partie de la production vaudoise est d'origine hydraulique.



**Figure 8. Evolution de la production électrique vaudoise - Période 1996 - 2007**

### C.3 Emissions atmosphériques par type de moyens de production

Les centrales hydro-électriques ne font qu'un usage temporaire de l'eau, puisque l'intégralité de l'eau captée est rendue au milieu naturel après passage dans les turbines. Il n'y a dès lors aucune production de déchet ou d'émission de CO<sub>2</sub> dans le processus de production d'énergie électrique, à l'exception de la phase de construction et de démantèlement des ouvrages. L'hydro-électricité possède, en outre, un niveau de rendement très élevé, puisqu'environ 80% de l'énergie de l'eau est transformée en énergie électrique. Le tableau suivant montre l'avantage indiscutable des aménagements hydro-électriques sur les centrales électriques de type conventionnel.

	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	Particules
	kg/GWh d'énergie électrique produite		
Electricité d'une centrale thermique à lignite	1'335'524	13'045	928
Electricité d'une centrale oléothermique	825'768	8'494	349
Electricité d'une centrale au fuel-gaz	884'992	210	58
Electricité d'une centrale nucléaire	12'977	90	26
Electricité d'une usine hydro-électrique à accumulation	4'010	12	8
Electricité d'une usine hydro-électrique au fil de l'eau	3'529	9	7
Moyenne européenne	493'276	2'970	355

**Tableau 4 . Emissions de polluants atmosphériques de différents types de centrales en Europe<sup>5</sup>**

Les valeurs indiquées correspondent au nombre de kg de polluant par GWh d'électricité produite, compte tenu de la construction, de l'exploitation et de l'élimination liées aux divers types de centrales. Ceci explique pourquoi les centrales hydro-électriques ou nucléaire n'ont pas un bilan nul, bien que leur exploitation ne dégage aucun polluant dans l'atmosphère.

Les réseaux électriques étant interconnectés à l'échelle du continent, chaque nouveau GWh électrique provenant d'une centrale hydro-électrique permet ainsi de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de 489 tonnes par an. L'interconnexion implique que même un projet d'apparence locale a des répercussions sur une plus large échelle.

<sup>5</sup> Source: Ökoinventare von Energiesystemen, Frischknecht et al. Ökoinventare von Energiesystemen. 3ème édition. Sur mandat de l'Office fédéral de l'énergie. EPF de Zurich, PSI Villigen, juillet 1996.

## D Hydro-électricité, quelques notions de base

### D.1 Introduction

Le cadastre hydraulique, de par son intitulé, couvre aussi bien les installations hydro-électriques de grande puissance que celles de petite puissance.

L'ensemble des paragraphes suivants ont donc pour but de donner un aperçu des aspects techniques, environnementaux et légaux liés à cette source d'énergie renouvelable.

Chaque fois que cela est nécessaire, une distinction est faite entre les petites centrales hydrauliques et les grandes centrales hydrauliques.

Pour qu'il soit acceptable et réalisable, le développement d'un projet hydro-électrique doit assurer une utilisation rationnelle de la force hydraulique en servant au mieux l'intérêt public et en intégrant, de manière optimale, les contraintes liées au cours d'eau ou au réseau d'eau et à son environnement.

Dans ce contexte, ce chapitre a pour objectif de décrire sommairement les domaines techniques et environnementaux principaux qui concernent tout projet hydro-électrique.

### D.2 Puissance d'une machine hydraulique

La puissance d'une machine hydraulique s'exprime de la manière suivante :

$$P = \rho Q \cdot g H \cdot \eta \quad [\text{W}]$$

avec :	$\rho Q$	= débit-masse	[kg/s]
	où $\rho$	= masse volumique de l'eau	[kg/m <sup>3</sup> ]
	et $Q$	= débit-volume	[m <sup>3</sup> /s]
	$gH$	= énergie massique	[J/kg]
	où $g$	= accélération de la pesanteur	[m/s <sup>2</sup> ]
	et $H$	= "hauteur de chute nette"	[m]
	$\eta$	= rendement de la machine hydraulique	[-]

La puissance électrique d'une installation s'obtient quant à elle par la formule suivante :

$$P_e = \rho Q \cdot g \cdot \Delta Z \cdot \eta_c \cdot \eta_t \cdot \eta_e \cdot \eta_{tr} \quad [\text{W}]$$

avec :	$\Delta Z$	= dénivellation exploitable	[m]
	$\eta_c$	= rendement de la conduite (ou du canal d'amenée)	[-]
	$\eta_t$	= rendement de la turbine	[-]
	$\eta_e$	= rendement de l'alternateur	[-]
	$\eta_{tr}$	= rendement du transformateur	[-]

Une installation permettant d'utiliser la ressource hydraulique le plus rationnellement possible devrait au moins présenter les rendements suivants (ordres de grandeur) :

- Conduite ou canal d'amenée:  $\eta_c \geq 90\%$
- Turbine:  $89\% \leq \eta_t \leq 94\%$  (en fonction du type de machine)
- Alternateur:  $\eta_e \geq 92\%$
- Transformateur:  $\eta_{tr} \geq 97\%$

De manière simplifiée, la puissance électrique maximale d'un groupe hydro-électrique est donnée en kW par la formule suivante:

$$P \cong 7.7 \times Q_{\max} \times \Delta Z^6 \quad [\text{kW}]$$

Avec  $Q_{\max}$  = débit-volume maximal [m<sup>3</sup>/s]

A noter que pour les sites de petites puissances dont la chute est inférieure à 30 m, un multiplicateur de vitesse sera à intégrer (rendement de l'ordre de 95 %). D'autre part, certains sites pourront être raccordés au réseau local sans nécessiter de transformateur.

### D.3 Production d'électricité

L'énergie produite par un groupe hydro-électrique s'exprime en kWh (une puissance de 1 kW produite en continu pendant une heure donne une énergie de 1 kWh). En Suisse, une estimation sommaire de la production annuelle d'une installation peut être obtenue par la formule suivante :

$$E \cong 4'500 \times P \quad [\text{kWh/an}]$$

Avec  $P$  = puissance électrique maximale de l'installation [kW]

$E$  = production annuelle d'électricité [kWh/an]

Cette estimation se base sur l'observation des centrales suisses en termes de puissance installée et de production annuelle, hors centrales à accumulation dimensionnées pour une production de pointe.

### D.4 Classification des centrales hydro-électriques

En Suisse, les aménagements hydro-électriques sont principalement distingués en deux catégories en fonction de leur puissance définie au sens de la Loi Fédérale sur les Forces Hydrauliques de 1916 (cf. § E.1.1). Ainsi, toute centrale de moins de 10 MW de puissance est considérée comme étant une petite centrale hydraulique (PCH), toute centrale ayant une puissance supérieure à cette limite étant une grande centrale hydraulique. Cette distinction de puissance sera conservée pour la suite de ce rapport.

Cette limite de 10 MW n'est cependant pas universelle, bien qu'adoptée par de nombreux pays européens. Elle est par ailleurs quelque peu réductrice si l'on considère les exemples donnés ci-après.

---

<sup>6</sup> Le facteur 7.7 est obtenu en considérant une constante de gravité à 9.81 m/s<sup>2</sup>, un rendement conduite de 95 %, un rendement turbine de 90 %, un rendement alternateur de 94% et un rendement transformateur de 98 %. Ces valeurs correspondent à l'état de la technique actuelle pour une exécution professionnelle.



Figure 9. La centrale du Seujet (© M. Leu)



Figure 10. Centrale de La Douve II (© MHyLab)

La centrale du Seujet, située sur le Rhône à Genève, compte trois groupes bulbe de chacun 2'900 kW, pour des débits unitaires de 135 m<sup>3</sup>/s, leur roue mesurant 5 m de diamètre. La centrale de La Douve II exploite le rejet d'une station d'épuration située dans les Alpes et développe une puissance de 75 kW. Du point de vue du seul critère de puissance, ces deux installations sont des petites centrales. Si la première a nécessité près de huit ans de travaux, la seconde a été assemblée en atelier en quelques mois avant d'être installée, par hélicoptage, sur un site inaccessible par véhicule.

Ces deux exemples, bien qu'extrêmes, montrent que les contraintes sont différentes malgré l'appartenance à une même famille administrative. Il n'en reste pas moins que, dans les deux cas, il est essentiel de mettre en œuvre des solutions et équipements spécifiques à même de répondre aux exigences fondamentales d'intégration environnementale, simplicité, rendement énergétique élevé, fiabilité maximale et entretien aisé.

## D.5 Différents types d'installation hydro-électrique

### D.5.1 Centrales en eaux de surface: fil de l'eau / accumulation

Les centrales hydro-électriques sont soit au fil de l'eau, soit à accumulation. L'accumulation, réalisée au moyen de barrages, permet de stocker l'eau lorsque la demande en électricité est faible et de l'utiliser dans les périodes de forte demande.

Une application particulière de la centrale à accumulation est le pompage turbinage qui consiste à réunir dans un même aménagement des turbines hydrauliques et des pompes. Le principe de fonctionnement est de remonter de l'eau par pompage dans la retenue lorsqu'il y a un surplus d'électricité sur le réseau (par exemple la nuit) pour la turbiner lorsque la demande est forte. De telles installations sont d'autant plus utiles dans un réseau électrique interconnecté que celui-ci possède des sources de production non modulables en fonction de la demande.

Le canton de Vaud possède trois centrales à accumulation sur son territoire, dont la centrale de L'Hongrin-Veytaux en pompage turbinage. Celles-ci sont présentées dans le tableau ci-après.

District	Commune	Nom de la centrale	Réservoir	Puissance électrique installée (kW)	Production électrique 2007 (MWh/an)
Aigle	Ormont-Dessus	Diablerets (Au Plan)	Lac d'Arnon	1'930	5'650 <sup>7</sup>
Jura – Nord Vaudois	Vallorbe	La Dernier	Lac de Joux	27'000	31'000
Riviera - Pays d'En Haut	Veytaux	L'Hongrin-Veytaux	Lac de l'Hongrin	146'000	113'000 <sup>7</sup>
<b>Total: 3 sites</b>				<b>174'930</b>	<b>149'650</b>

**Tableau 5. Centrales à accumulation dans le canton de Vaud<sup>8</sup>**

Tout comme les éoliennes, qui produisent en fonction du vent, les centrales hydrauliques au fil de l'eau produisent en fonction de la quantité d'eau disponible dans la rivière et non en fonction des besoins immédiats. Ces centrales ne possèdent pas de retenues d'eau importantes permettant de faire de la production à la demande. Dans la plupart des cas, le barrage a pour unique fonction de garantir le niveau d'eau constant nécessaire au fonctionnement de la prise d'eau. Si quelques capacités de marnage existent, elles n'excèdent pas quelques heures de fonctionnement.

L'appellation de centrale au fil de l'eau est généralement assimilée, à tort, aux aménagements basse chute. Elle signifie simplement que l'installation ne dispose pas de capacité de stockage et qu'elle utilise l'eau en fonction de sa disponibilité dans la rivière dont elle suit le comportement hydrologique.

Contrairement aux aménagements de grande taille, les petites centrales hydrauliques sont très majoritairement au fil de l'eau, ce qui les rend particulièrement tributaires du régime hydrologique de la rivière sur laquelle elles se trouvent.

Dans le Canton de Vaud, la gamme de puissance des centrales en service s'échelonne de moins de 10 kW pour des petites installations sur des ruisseaux à 29 MW pour la part vaudoise de l'usine hydro-électrique de Lavey sur le Rhône (dont la puissance maximale est de 70 MW en comptant la part valaisanne).

### ***D.5.2 Centrales dans les réseaux d'eau***

Les pressions excédentaires des réseaux d'eau peuvent être valorisées par turbinage. La gamme de puissance des petites centrales sur les eaux de réseau dans le Canton de Vaud s'échelonne d'une dizaine de kW, comme par exemple l'installation de Belle-Fontaine sur le réseau de la commune de L'Isle, à 1'600 kW pour la centrale de Sonzier, toutes deux turbinant de l'eau potable.

<sup>7</sup> Seule la part vaudoise de l'aménagement est prise en compte

<sup>8</sup> Source: Statistiques des aménagements hydro-électriques de la Suisse, OFEN, Etat au 1<sup>er</sup> janvier 2008

### D.5.2.1 Turbinage de l'eau potable

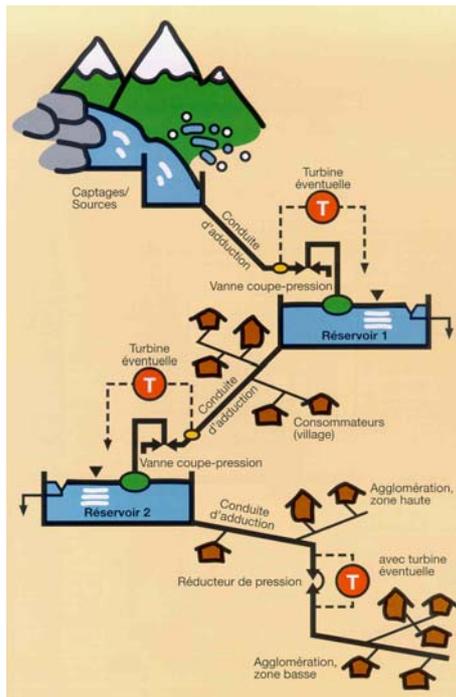


Figure 11. Principe du turbinage de l'eau potable  
(© J.-M. Chapallaz)

En région de montagne, la dénivellation est souvent importante entre les captages et les consommateurs. Il en résulte une pression trop élevée pour le réseau de distribution que l'on est obligé de dissiper avant l'entrée dans le réservoir de tête du réseau.

Plutôt que d'utiliser un brise charge, il est très souvent possible techniquement et financièrement d'utiliser cette pression dans de petites turbines Pelton, l'eau étant utilisée de manière optimale, puisqu'elle produit de l'énergie avant d'être consommée.

L'impact sur l'environnement dû à la centrale est par ailleurs nul, puisque les captages, bassins et conduites doivent de toute façon être réalisés pour satisfaire aux besoins en eau de la population.

Comme on le verra dans la suite de ce rapport, plusieurs communes vaudoises possèdent déjà de telles installations.

### D.5.2.2 Turbinage de l'eau usée

Il existe deux possibilités de turbiner l'eau usée. La première est avant la station d'épuration (STEP). Dans ce cas, le réseau d'assainissement d'une agglomération, située en altitude, aboutit à une chambre de tamisage et de mise en charge. L'eau usée est ensuite amenée par une conduite forcée jusqu'à la STEP, située dans la vallée, où elle est turbinée avant d'être traitée.

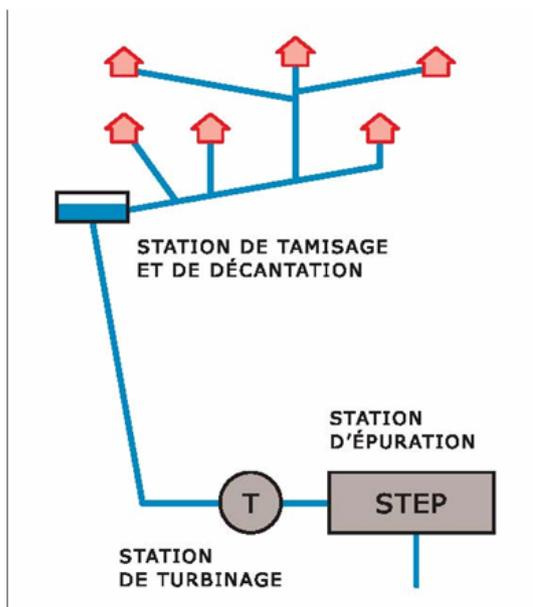


Figure 12. Turbinage d'eau usée avant traitement

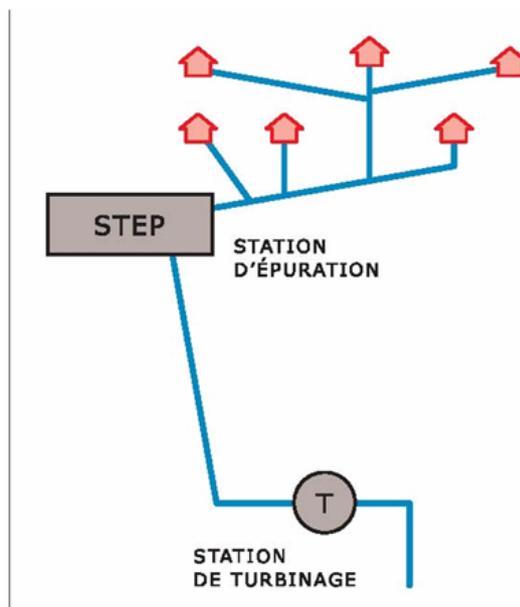


Figure 13. Turbinage d'eau usée après traitement

La seconde est après STEP. Dans ce cas, la STEP est située en altitude, et c'est l'eau épurée qui est descendue dans la vallée par une conduite forcée pour aboutir à une installation de turbinage, avant d'être rejetée dans un lac ou un cours d'eau. On aura principalement recours à cette méthode lorsque le cours d'eau dans lequel le rejet doit s'effectuer (en altitude) est à trop faible débit et que la dilution n'est pas suffisante, ou lorsqu'il n'y a pas de cours d'eau à proximité de la STEP.

Le canton de Vaud ne comprend aucune centrale sur les eaux usées avant STEP. En Valais, la petite centrale hydro-électrique de la STEP du Val de Bagnes turbine les eaux usées brutes de la station de montagne de Verbier. La dénivellation est de 449 m, pour un débit maximum de 100 l/s, une puissance maximum de 360 kW et une production annuelle d'environ 1'250'000 kWh.

Par contre, le canton de Vaud comprend plusieurs centrales sur les eaux traitées, en sortie de STEP, comme la petite centrale de La Douve I sur le réseau de la commune de Leysin. Elle exploite une dénivellation de 559 m pour un débit de 108 l/s. Sa puissance maximum est de 430 kW et la production annuelle est d'environ 2'100'000 kWh.

## D.6 Différents éléments d'une installation hydro-électrique

La Figure 14 présente un aménagement des plus complets. Dans la réalité, il sera assez rare de retrouver l'ensemble de ces éléments sur un seul aménagement.

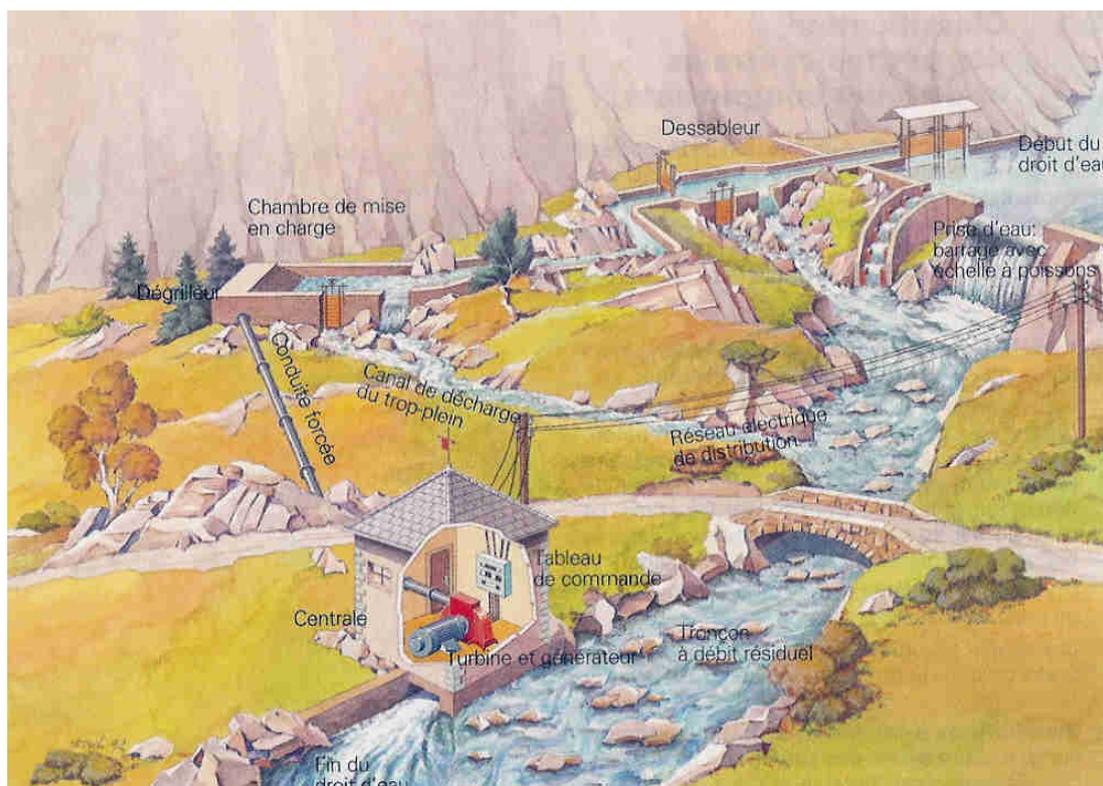


Figure 14. Vue d'ensemble d'une centrale à haute pression sur canal de dérivation (©PACER)

Les principaux composants sont les suivants :

- Prise d'eau: Constituée d'un barrage maintenant le niveau d'eau amont constant, elle est accompagnée d'un ouvrage de franchissement pour la faune piscicole. Sa fonction est de prélever le débit concessionné. Elle est en outre munie d'une grille permettant d'éviter le passage des corps flottants dans l'installation ainsi que des poissons.
- Organe de dotation: Il garantit le passage du débit résiduel (fixé selon la LEaux) dans la rivière. Cet organe peut consister en une vanne ou un orifice calibré à la prise d'eau. Pour les cours d'eau chargés en corps flottants, il est préférable de prévoir l'organe de dotation au droit aval de la grille de la prise d'eau, en tête du canal ou de la conduite d'amenée.
- Canal d'amenée: partant de la prise d'eau, il amène l'eau à turbiner à la chambre de mise en charge.
- Chambre de mise en charge: Il s'agit d'un bassin permettant de garantir que la conduite forcée est en eau en permanence. Tout comme la prise d'eau, elle peut être équipée d'une grille.
- Conduite forcée: Elle a pour but d'amener l'eau sous pression de la chambre de mise en charge à la centrale.
- La centrale: Il s'agit du bâtiment dans lequel sont installés les équipements comme les vannes de garde, les turbines, les alternateur, etc.
- Canal de fuite: il restitue l'eau en sortie de turbine jusqu'au cours d'eau.
- Passe à poissons: elle permet d'assurer le continuum du cours d'eau.
- Canal de dévalaison: Pour les cours d'eau piscicole, ce canal permet d'assurer la descente des poissons dans la rivière.

## D.7 Turbomachines

Les principaux types de turbomachines rencontrés en hydraulique sont les suivants :



**Figure 15. Roue de turbine Pelton**  
(© commune de Savièse)

### **Turbines Pelton**

Convenant pour les applications hautes chutes (de 60 m à plus de 1'800 m) à débit variable, les turbines Pelton sont constituées d'une roue à augets actionnée par un ou plusieurs jets libres provenant des injecteurs.

Le fonctionnement de ces turbines s'adapte facilement aux variations de débit.

Le niveau de rendement de ces machines peut atteindre 91%.



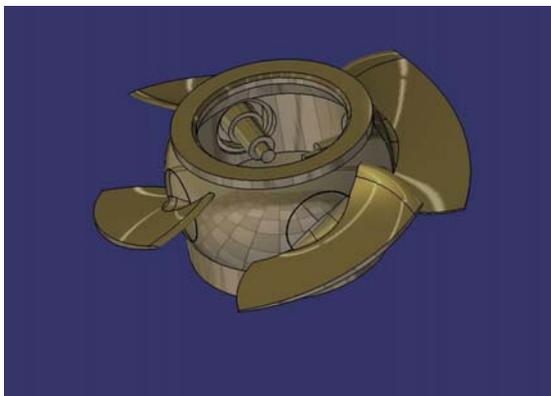
**Figure 16. Roue de turbine Francis**  
(© MHyLab)

### **Turbines Francis**

Convenant pour les applications moyennes chutes (de 20 m à plus de 400 m) à fort débit, les turbines Francis se rencontrent néanmoins régulièrement dans les vieux aménagements basse chute (moins de 10 m).

Leur flexibilité relativement aux variations de débit est cependant peu élevée.

Le niveau de rendement de ces machines peut atteindre 94% (voire plus pour les grosses unités).



**Figure 17. Vue CAO 3D d'une roue Kaplan**  
4 pales (© MHyLab)

### **Turbines axiales**

Convenant pour les applications basses chutes (de 2 m à plus de 50 m) à fort débit, la famille des turbines axiales regroupe les Kaplan, les bulbes et les hélices. De multiples possibilités d'installations existent en fonction de l'aménagement, notamment la solution en siphon pour les faibles dénivellations.

Si la flexibilité des hélices à pales fixes est nulle relativement aux variations de débit, celle-ci est élevée pour les Kaplan à pales mobiles.

Le niveau de rendement de ces machines peut atteindre 94% (voire plus pour les grosses unités).

Comme pour l'ensemble d'un projet hydro-électrique, il est important de choisir des solutions éprouvées et de qualité.

Pour des installations de petite puissance (de l'ordre de la dizaine de kW), il arrive également que l'on ait recours à d'autres types de machines comme des pompes inversées, des turbines à flux traversant (également appelées Crossflow ou Banki) ou des roues à eau.

Ces solutions, généralement à faible coût, s'utilisent essentiellement si des solutions techniques plus élaborées et présentant de meilleures performances ne peuvent permettre d'atteindre la rentabilité de l'installation.

## **D.8 Aspects environnementaux**

Le sujet étant vaste, ce paragraphe ne se prétend pas exhaustif. Il a pour but de dresser un panorama de la problématique et de répondre à quelques questions souvent posées.

Un cours d'eau naturel forme une unité fonctionnelle avec ses zones alluviales et ses rives. Sa dynamique est réglée par ses crues, étiages, charriages de détritits et de sédiments, le gel en hiver et la croissance végétale en été. L'ensemble des mécanismes naturels se déroulant dans

un tel cours d'eau permet sa colonisation par les plantes, les invertébrés et les poissons. De plus, il crée son propre lit.

Les projets de centrales hydro-électriques doivent limiter au maximum leurs impacts sur les cours d'eau. Pour cela, elles doivent répondre à la Loi sur la protection des eaux et à la Loi sur la pêche (voir. § E.1.1).

Il est à noter que toute centrale de puissance supérieure à 3MW (puissance calculée selon la Loi fédérale sur les Forces Hydrauliques) est soumise à étude d'impact sur l'environnement (voir § E.2.1). Pour les puissances inférieures, une notice d'impact est suffisante.

### **D.8.1 Dispositifs de franchissement**

L'un des principaux problèmes des seuils et retenues est l'obstacle infranchissable qu'ils représentent pour les poissons et invertébrés. Une solution à ce problème consiste à créer des ouvrages de franchissement qui permettent aux espèces concernées de remonter vers les zones de fraye et de redescendre dans les zones de vie. Les types d'ouvrage les plus fréquemment rencontrés sont soit les échelles à poissons, soit, pour autant que la situation le permette, les canaux latéraux, dont l'aspect est très similaire à celui d'un cours d'eau naturel.

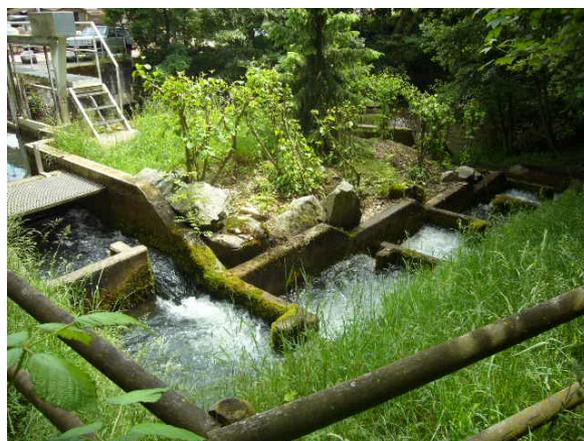
En outre, des grilles sont à prévoir à l'entrée des prises d'eau pour empêcher les poissons de transiter dans les turbines.



**Photo 1. Passe à poissons sur le Nozon  
(©MHyLab)**



**Photo 2. Passe à poissons sur l'Arnon  
(©MHyLab)**



**Photo 3. Passe à poissons sur la Promenthouse  
(©MHyLab)**



**Photo 4. Passe à poissons à brosse en laboratoire  
(©ISET)**

### **D.8.2 Débits**

L'un des points essentiels de la préservation de la faune et de la flore aquatique est la stricte observation des débits résiduels. Le débit résiduel est défini comme étant le débit minimum que l'exploitant de la centrale hydro-électrique doit laisser en tout temps dans le tronçon de rivière court-circuité du cours d'eau. Il est fixé sur la base de la Loi sur la protection des Eaux (cf. § E.1.1) et figure dans toute nouvelle concession accordée depuis 1991.

Il est par ailleurs possible de limiter l'effet de la baisse du débit sur un tronçon court-circuité par l'adoption de débits résiduels modulables en fonction de la saison et de l'aménagement du lit de la rivière pour assurer une profondeur et une vitesse d'écoulement suffisantes en période d'étiage. Cette manière de faire permet également d'éviter une sédimentation excessive.

### **D.8.3 Détritus flottants**

Les rivières drainent toutes sortes de débris flottants, soit d'origine biologique, soit d'origine humaine. Les aménagements hydro-électriques retiennent bon nombre de ces débris, soit par leur retenue, soit par leur grille de prise d'eau. Il y a donc là un effet positif quant à l'élimination des déchets.

## **D.9 Ingénierie**

L'utilisation de la ressource en eau devant se faire de manière optimale, il est primordial que les projets soient étudiés par des spécialistes des différents domaines entrant en jeu. Par essence pluridisciplinaire, un projet hydro-électrique engagera ainsi des spécialistes de l'environnement, de l'hydraulique, des ouvrages d'art et de l'électromécanique.

Le dimensionnement adéquat des installations et le choix de solutions performantes et fiables contribuent notamment à préserver l'environnement en maximisant la production pour une quantité d'eau donnée, avec, comme corollaire, une bien meilleure rentabilité économique.

L'exemple suivant illustre ce propos :

Pour obtenir une puissance de 1000 kW en exploitant une dénivellation de 30 m, le débit nécessaire sera de 4.15 m<sup>3</sup>/s si le dimensionnement des ouvrages est correctement réalisé (rendement de la conduite de 95%, peu de pertes à la prise d'eau) et que l'on installe sur le site des équipements performants (rendement de la turbine à 92%, rendement de la machine électrique à 94%). Si le dimensionnement des ouvrages de génie civil n'est pas correctement réalisé (rendement de la conduite à 88%, perte importante à la prise d'eau) ou si l'on choisit des équipements de moins bonne qualité (rendement de la turbine à 87%, rendement de la machine électrique à 92%), il faudra alors utiliser 4.70 m<sup>3</sup>/s pour arriver à la même puissance, soit près de 13% de débit en plus, alors que les différences de performance paraissent somme toute faibles.

Au vu de la problématique évoquée plus haut concernant le respect des débits résiduels, il apparaît clairement qu'un aménagement réalisé selon les règles de l'art ménagera également de manière significative l'environnement, puisque il utilisera un minimum d'eau pour produire une quantité donnée d'énergie.

Il est également important de noter que l'optimisation, la remise en service de sites existants et le développement de nouveaux sites présentent souvent plus de difficultés que par le passé.

Cela est dû non seulement au fait que les sites facilement exploitables sont en général déjà tous réalisés, mais également à l'évolution de l'environnement bâti et naturel, de la législation et à une nécessité plus accrue de conserver ou de redonner aux sites un état permettant le développement de la faune et la flore locales.

La réalisation d'un projet dans ce nouveau contexte nécessite par conséquent des compétences accrues pour mettre en place des solutions adaptées.

Ainsi, la remise en service ou l'optimisation d'ouvrages hydro-électriques nécessite souvent des modifications importantes des équipements existants dans un espace limité que cela soit :

- pour la remise en état des canaux d'amenée et de fuite originellement très longs,
- pour l'installation de nouveaux équipements dans un bâtiment existant,
- pour l'augmentation de la taille des ouvrages d'amenée et de fuite (canaux et conduites) et des équipements électromécaniques, dans le cas d'une augmentation du débit de l'aménagement,
- pour une augmentation de la hauteur de chute soit par rehaussement du seuil ou réalisation d'une nouvelle prise d'eau plus en amont ; la fusion de plusieurs sites entre dans cette dernière catégorie.

Les régimes hydrologiques des rivières ont souvent été modifiés par la réalisation de drainages et la réduction des zones d'infiltration. Cette situation entraîne des pointes de débit qui sont difficilement exploitables en terme de turbinage, d'une part, et d'autre part, la nécessité d'implantation d'une centrale hors du lit de la rivière avec la création d'une dérivation.

Certains sites actuellement hors service ne disposent pas encore d'un ouvrage de franchissement pour la faune piscicole. Leur remise en service nécessitera la réalisation d'un tel ouvrage.

Certains cours d'eau largement canalisés seraient a priori favorables à la réalisation d'un aménagement hydro-électrique. L'aspect fortement aménagé de ces cours d'eau et les seuils situés sur ces « canaux », déjà infranchissables pour les poissons, sont un argument en faveur d'une réalisation d'aménagement. Toutefois, une large infrastructure urbaine s'est souvent construite le long de ces cours d'eau, ce qui nécessite l'utilisation de techniques spéciales pour l'installation et la réalisation des différents ouvrages de l'aménagement hydro-électrique.

La plupart des difficultés évoquées plus haut sont techniquement surmontables. Ces solutions impliquent cependant des coûts supplémentaires qui peuvent remettre en question la faisabilité financière de l'aménagement. Malgré l'instauration de la reprise à prix coûtant par la révision de l'ordonnance sur l'énergie, modèle de rétribution favorable aux aménagements de moins de 10 MW, un certain nombre de sites restent malheureusement souvent difficilement rentables, notamment les aménagements basse-chute et de faible puissance. Toutefois, l'évolution du prix de l'énergie et le développement de nouvelles techniques et équipements pourraient changer la donne.

## **E Aspects légaux et actions de soutien**

### **E.1 Cadre législatif**

#### ***E.1.1 Cadre législatif fédéral***

Les centrales hydro-électriques sont principalement concernées par les lois suivantes :

- Loi fédérale sur les Forces Hydraulique (LFH) du 22 décembre 1916 (721.80). Cette Loi définit le droit des concessions ainsi que les droits et obligations des bénéficiaires des concessions.
- Loi fédérale sur la protection des Eaux (LEaux) du 24 janvier 1991 (814.20). Cette Loi a pour but de protéger les eaux contre toute atteinte nuisible. Elle définit en particulier les questions relatives aux prélèvements des eaux de rivière et les débits résiduels (chapitre 2).
- Loi fédérale sur l'Approvisionnement en Electricité (LApEl) du 23 mars 2007 (734.7). Cette loi a pour objectif de créer les conditions propres à assurer un approvisionnement en électricité sûr ainsi qu'un marché de l'électricité axé sur la concurrence. Elle fixe en outre les modalités d'accès au réseau et les modalités relatives à l'encouragement des énergies renouvelables.
- Loi fédérale sur l'Energie (LEne) du 26 juin 1998 (730.0) vise à contribuer à un approvisionnement énergétique suffisant, diversifié, sûr, économique et compatible avec les impératifs de la protection de l'environnement. Elle définit en outre les conditions d'encouragement aux énergies renouvelables, dont la petite hydro-électricité.
- Loi fédérale sur la Pêche (LFSP) du 21 juin 1991 (923.0). Son but est de préserver ou d'accroître la diversité naturelle et l'abondance des espèces indigènes de poissons, d'écrevisses, d'organismes leur servant de pâture ainsi que de protéger, d'améliorer ou, si possible, de reconstituer leurs biotopes, de protéger les espèces et les races de poissons et d'écrevisses menacées, d'assurer l'exploitation à long terme des peuplements de poissons et d'écrevisses et d'encourager la recherche piscicole.

En outre, les modifications de l'Ordonnance fédérale sur l'Energie apportées par l'Ordonnance de la loi sur l'Approvisionnement en Electricité du 14 mars 2008 (OApEl 734.71) fixe, entre autres, les modalités de vente du courant produit par les petites centrales hydrauliques (jusqu'à 10 MW de puissance au sens de la LFH), ainsi que les tarifs applicables permettant l'essor de la branche.

#### ***E.1.2 Cadre législatif cantonal***

Les centrales hydro-électriques sont principalement concernées par les lois suivantes :

- Loi cantonale sur l'utilisation des lacs et cours d'eau dépendant du domaine public (LLC) du 5 septembre 1944 (731.01). Cette loi définit le droit des concessions.
- Loi cantonale sur l'Energie (LVLEne) du 16 mai 2006 (730.01). Cette loi poursuit des buts similaires à la LEne. Elle définit en particulier l'obligation de réaliser le présent cadastre hydraulique du Canton. Elle demande d'utiliser rationnellement l'énergie. Elle règle également le principe de la perception d'une taxe sur l'électricité permettant, entre autres, le financement des énergies renouvelables.

- Loi Cantonale sur la Pêche (LPêche) du 23 novembre 1978 (923.01). Cette loi poursuit des buts similaires à la LFSP.

## **E.2 Procédures de demande de création ou de modification de concession de force motrice**

Les paragraphes suivants donnent les procédures administratives propres aux installations de turbinage. Les sujets liés au droit de la construction ou à l'aménagement du territoire applicables à toute construction ne sont par conséquent pas abordés.

### **E.2.1 Eaux de surfaces publiques**

L'utilisation des eaux publiques pour force motrice est soumise à l'octroi d'une concession de force motrice.

Le Conseil d'État est l'autorité compétente pour octroyer des concessions ayant pour objet une section d'un cours d'eau vaudois.

Le SESA, par sa division économie hydraulique, pilote le dossier de demande de concession et établit la coordination y relative avec les autres services de l'État et les offices fédéraux concernés.

Les principales étapes d'une demande d'octroi de concession, de modification ou de réhabilitation d'une concession existantes sont les suivantes :

- Demande de concession à adresser par écrit au SESA accompagnée d'une description sommaire du projet
- Entrée en matière ou non du SESA
- Constitution de l'avant-projet par le requérant en cas d'entrée en matière. Cet avant-projet doit être réalisé dans un délai de 1 an.
- Circulation de l'avant projet auprès des services de l'Etat et des Offices fédéraux concernés coordonnée par le SESA en vue d'obtenir les préavis liants
- Constitution du projet final et de l'acte de concession
- Mise à l'enquête publique soit parallèlement soit successivement :
  - de l'acte de concession, accompagné de l'avant-projet, en vue d'obtenir l'octroi de concession
  - et /puis du projet technique de l'installation hydro-électrique en vue d'obtenir les permis de construire et autorisations spéciales nécessaires.

Pour les projets dont la puissance hydraulique est supérieure à 3 MW, le dossier technique doit être accompagné d'une étude d'impact.

Une concession est octroyée pour une durée minimale de 30 ans jusqu'à une durée maximale de 80 ans. La durée est fixée de manière à assurer l'amortissement de l'installation hydro-électrique.

Dans le cas particulier des droits d'eau inscrits au registre foncier, donc les droits d'eau distincts et permanents, toute modification du droit d'eau, dans le but d'optimiser et de réhabiliter l'installation, passe par les mêmes procédures qu'une concession à durée limitée.

La remise en route d'une installation au bénéfice d'un droit d'eau distinct et permanent et sa réhabilitation, sans modification du droit d'eau et sans modification significative de l'installation, sont soumis à autorisation du SESA sous présentation du projet de réhabilitation mais ne nécessitent pas une demande d'octroi de concession.

### **E.2.2 Eaux de réseau**

Pour le turbinage des eaux de réseau, il est nécessaire que le distributeur d'eau concerné obtienne l'approbation du SCAV, conformément à la loi sur la distribution de l'eau (cf. l'art. 7b de la LDE (RSV 721.31) et art. 5 à 10 du RAPD (RSV 721.31.1). Cette approbation a valeur de permis de construire.

Le cas échéant, l'Etablissement Cantonal d'Assurance, ECA, en charge de l'assurance incendie immobilière dans le canton de Vaud, doit également être consulté de manière à ne pas préteriter les conditions de défense incendie tant à l'amont qu'à l'aval (chute de pression, limitation de débit de réalimentation d'ouvrages, etc.).

De plus, tous les dispositifs techniques et matériaux en contact avec l'eau potable doivent être parfaitement conformes aux normes relatives aux denrées alimentaires ainsi qu'aux directives de la SSIGE (Société Suisse de l'Industrie, du Gaz et des Eaux).

## **E.3 Principales actions de soutien à l'énergie hydraulique**

Les centrales hydrauliques et projets bénéficient d'un soutien au niveau cantonal et fédéral.

Le soutien direct se traduit par :

- la mise à disposition d'informations par le service Infoénergie Petites centrales hydrauliques<sup>9</sup> assuré pour la Suisse Romande par le laboratoire MHyLab<sup>10</sup>
- le soutien aux travaux d'ingénierie et conseil par le biais d'octroi d'aides financières:
  - fédérales dans le cadre du programme SuisseEnergie<sup>11</sup>
  - cantonales via le SEVEN.

Pour de plus amples informations, se renseigner auprès de SuisseEnergie et du Service de l'environnement et de l'énergie.

Le soutien indirect est quant à lui effectué par le biais de la reprise à prix coûtant définie dans l'Ordonnance sur l'Energie (OEne).

---

<sup>9</sup> [www.petitehydraulique.ch](http://www.petitehydraulique.ch)

<sup>10</sup> MHyLab, [info@petitehydraulique.ch](mailto:info@petitehydraulique.ch), [www.mhyllab.com](http://www.mhyllab.com), tél.: 024 442 87 87

<sup>11</sup> [www.suisseenergie.ch](http://www.suisseenergie.ch)

## **F Méthodologie de l'inventaire**

La méthodologie choisie pour la réalisation du cadastre vaudois de l'hydro-électricité se base sur un travail divisé en deux phases et en deux secteurs. La première phase est une phase d'identification et de sélection. La seconde phase est une phase de validation basée sur des investigations de terrain. Le premier secteur est celui des eaux de surface, le second celui des eaux de réseau.

En parallèle à la réalisation de ce cadastre, le volet Energie dans les infrastructures du programme SuisseEnergie, en collaboration avec le SEVEN, a lancé une action d'analyse du potentiel de turbinage dans les réseaux d'eau. Treize communes ont répondu positivement et ont bénéficié d'une analyse détaillée de leur situation. Les investigations correspondantes ont été réalisées dans le cadre de la phase 2 de ce projet.

De manière générale, les travaux se sont déroulés en collaboration étroite avec le SEVEN, le SESA et le SCAV.

### **F.1 Phase 1 : Identification et sélection**

La première étape du projet a principalement consisté à analyser les documents en possession des différents services de l'Etat concernés. La base documentaire a également été complétée par la collecte d'informations réalisée par le SEVEN auprès des communes et distributeurs d'électricité. Le but de cette première phase était, d'une part, d'obtenir une vue d'ensemble sur le potentiel vaudois, et, d'autre part, d'identifier les sites méritant une analyse plus détaillée.

La majeure partie des travaux inhérents à cette phase s'est effectuée dans les locaux de l'administration concernée, ceci de manière à pouvoir, d'une part, bénéficier de la proximité des professionnels attachés aux différents services et, d'autre part, éviter toute sortie de document original (confidentialité des données).

#### **F.1.1 Eaux de surface**

Le SESA dispose d'une liste de 120 concessions "actives" (c'est-à-dire non radiées, mais non obligatoirement exploitées). Une vingtaine d'entre-elles correspondent aux grands aménagements exploités par les sociétés productrices et distributrices vaudoises ou des cantons limitrophes. Elles sont donc connues et n'ont pas nécessité d'analyse détaillée, si ce n'est au niveau des éventuels turbinages des débits de dotation en pied de retenue et des éventuelles synergies que l'on pourrait trouver entre plusieurs concessions, utilisées ou non, sur un même cours d'eau.

La majeure partie du travail a porté sur la centaine de concessions restantes, considérées comme actives, mais dont l'état de certaines d'entre elles n'est pas connu dans le détail, ainsi que sur plus de 140 concessions radiées. Les concessions dont la radiation est antérieure à 1985, se trouvant aux archives cantonales, n'ont pas fait l'objet de recherches. Il est en effet peu probable que des sites intéressants y figurent, sans quoi, ils auraient fait l'objet d'investigation de la part des acteurs du milieu de l'hydro-électricité. Certaines d'entre-elles figurant dans des listes du SESA ont cependant été intégrées au cadastre sur la seule base des informations contenues dans ladite liste.

L'analyse a porté en particulier sur :

- Les possibilités offertes par la concession ou le droit d'eau actuel en fonction de la dénivellation exploitable et du débit concédé,
- Les possibilités d'extension, dans le respect absolu de la LEaux et de l'environnement. On pense en particulier à l'existence ou non de dispositifs de franchissement, à l'état du cours d'eau (naturel ou fortement corrigé) et aux débits résiduels.
- Les aspects de protection des cours d'eau et du paysage

Pour chacun des sites, une rapide appréciation de la puissance exploitable et de la production annuelle possible a été effectuée en fonction des données à disposition.

Le résultat de cette première phase se présente sous la forme d'une liste présentant les principales informations collectées réparties sous les rubriques:

- situation géographique,
- données administratives,
- potentiel technique,
- situation en 2006-2007-2008,
- potentiel restant,
- environnement,
- critères économiques.

Cette liste donne également une appréciation de l'intérêt de chaque site.

### **F.1.2 Eaux de réseau**

Une démarche similaire à celle retenue pour la phase 1 des eaux de surface n'était pas possible. Il n'était en effet pas réaliste, dans le cadre de ce mandat, de contacter individuellement les 378 communes vaudoises pour rencontrer les responsables des eaux et de l'assainissement afin d'établir une analyse au cas par cas, ceci d'autant plus que de nombreuses communes de plaine ne possèdent pas de fortes dénivellations et ont par conséquent recours à des pompages pour l'approvisionnement de leurs réseaux d'eau potable ou d'irrigation.

La première phase de l'étude a donc essentiellement consisté à identifier les installations existantes pour obtenir un premier bilan de la capacité installée en termes de puissance et de production.

A relever que le cadre de ce mandat n'a pas permis d'analyser toutes les possibilités d'optimisation et d'augmentation de production d'installations existantes.

L'enquête a donc été menée par le biais d'envoi de courriers aux communes et aux distributeurs d'électricité, ceux-ci devant en principe connaître les caractéristiques de ces petites installations, le courant produit étant injecté sur leurs réseaux. Des informations ont également été transmises par le SCAV.

### **F.2 Phase 2 : Investigations sur site**

Sur la base de l'analyse « théorique » de la phase 1, la seconde étape a consisté à approfondir les connaissances acquises pour les sites les plus intéressants, de manière à valider un échantillonnage suffisamment représentatif pour permettre de donner une précision suffisante à l'ensemble des données du cadastre hydraulique.

Cette seconde phase s'est principalement articulée autour d'investigations sur le terrain. Le lecteur est cependant rendu attentif au fait que ces analyses de site restent sommaires et ne constituent pas en soi une base suffisante pour lancer une réalisation de projet. Tout au plus peut-on considérer que les sites visités et identifiés comme intéressants valent la peine d'être étudiés plus en détail.

### **F.2.1 Eaux de surface**

L'analyse de la phase 1 a permis de déterminer qu'une centaine de cours d'eau ont été ou sont encore utilisés par des centrales hydro-électriques. Si certains sont de petits ruisseaux, d'autres sont de grandes rivières comme par exemple la Broye, l'Aubonne ou la Venoge.

Plutôt que de procéder par un échantillonnage de sites sur cette centaine de cours d'eau, il est apparu plus intéressant de procéder à une analyse par rivière. Cette démarche est logique dans le sens où la présence de plusieurs concessions existantes ou radiées sur une rivière laisse présager que celle-ci possède un débit et une pente intéressants.

Par ailleurs, une analyse par cours d'eau permet d'avoir une vision globale prenant en compte des éventuelles fusions de concessions ou sites abandonnés, ce que ne permettrait pas une approche par site. Les cours d'eau retenus ont été sélectionnés par les différents intervenants du projet (SEVEN/SESA/MHyLab) en considérant :

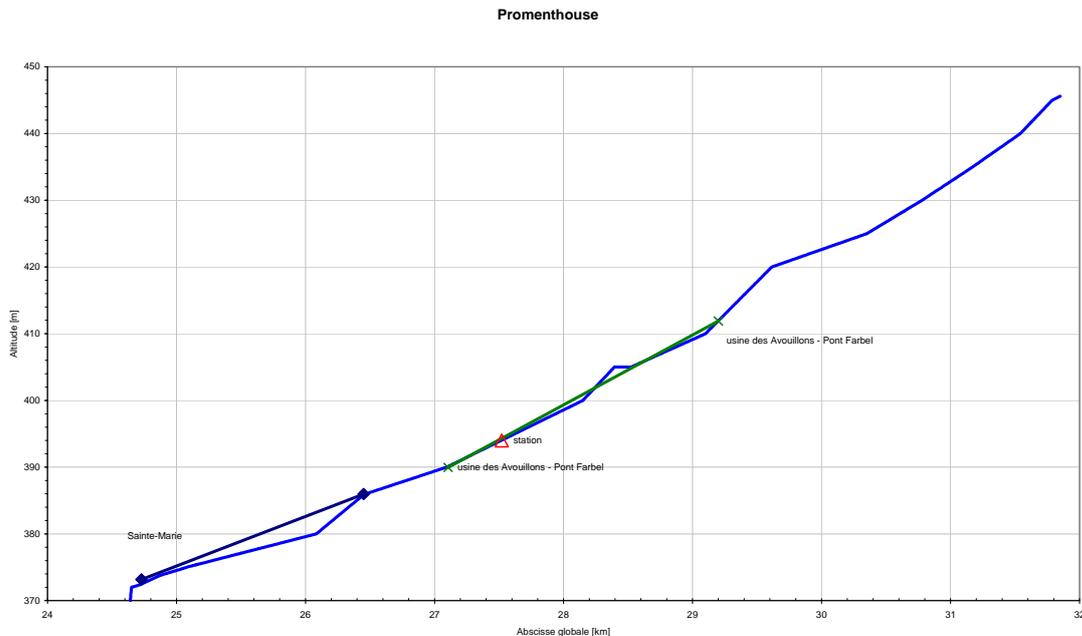
- Leur pente totale ou locale,
- Le nombre de concessions existantes ou radiées,
- Le nombre de sites potentiellement nouveaux.
- Le débit potentiellement exploitable compte tenu de la LEau et du bassin versant considéré.

De manière détaillée, les critères suivants ont été retenus pour classer les cours d'eau et déterminer lesquels devaient prioritairement faire l'objet de visites :

- Présence d'au moins un site d'une puissance minimale de 15 kW correspondant :
  - A une chute minimale exploitable de 1.5 m, limite en dessous de laquelle il est difficile de rentabiliser un site avec les moyens techniques à disposition. Le débit exploitable minimum nécessaire pour obtenir 15 kW sous une telle dénivellation est alors de 1.3 m<sup>3</sup>/s.
  - A un débit minimum exploitable d'au moins 100 l/s, ce qui correspond à une chute minimale d'au moins 19 m pour atteindre les 15 kW. A noter toutefois que des débits plus faibles peuvent être valablement exploités dans le domaine des chutes supérieures à 60 m.
- Investissement maximal possible supérieur à CHF 370'000.-. Cet investissement maximum est calculé en considérant que la totalité du chiffre d'affaire est utilisé pour payer les frais d'exploitation et les frais financier sur une durée de 25 ans avec un taux d'intérêt de 5%. La limite de CHF 370'000.- correspond au montant obtenu pour une production de 75'000 à 80'000 kWh/an. Ce montant est déterminé en considérant que l'ensemble des travaux est réalisé par des entreprises. Il n'est donc pas exclu que des passionnés ne comptant pas leurs heures puissent remettre en service des installations pour des investissements moins importants.

- Nombre de sites existants ou répertoriés, ce critère donnant une information a priori sur l'intérêt du cours d'eau en termes énergétiques, l'exploitation des sites ayant en général été abandonnée pour des raisons financières à une époque où le courant vendu par les producteurs indépendants n'avait pour ainsi dire aucune valeur marchande.
- Etendue et potentiel du bassin versant.

Le travail d'investigation a donc été précédé de l'établissement des profils en long des rivières sur lesquels ont été reportés les concessions existantes ou radiées ainsi que les chutes potentiellement intéressantes.



**Figure 18. Exemple de profil en long : La Promenthouse - position des sites répertoriés et de la station de mesure des débits**

Les visites se sont effectuées en suivant les cours d'eau de l'amont vers l'aval, en visitant, chaque fois que cela était possible, les nouveaux sites identifiés, les centrales existantes en service ou non et en collectant un maximum d'informations sous forme de documents photographiques, relevés de terrains et observations. Au final, c'est plus de la moitié des 287 sites que compte l'inventaire, qui ont été visités.

Les informations ainsi collectées ont permis de compléter et valider les informations figurant dans la liste établie en phase 1. Les sites ainsi répertoriés ont également fait l'objet d'une classification quant à leur intérêt énergétique et économique.

Enfin, la plupart des sites visités ont également fait l'objet de fiches descriptives plus détaillées (une soixantaine de fiches ont été générées, au final). Selon les critères de confidentialité appliqués et décrits dans le paragraphe B.6, seules les fiches des nouveaux sites et des sites dont le droit d'eau est radié, qui ont été identifiés comme intéressants à court, moyen et long terme sont présentées en annexe (cf. Annexe 1).

Pour chaque site identifié, les principales données techniques ont été relevées. Une description succincte des infrastructures et des équipements existants a été faite. Enfin, les possibilités de construction, remise en service, réhabilitation ou extension ont été évaluées sur la base de calculs techniques et économiques. Les éventuelles difficultés techniques,

environnementales, économiques et administratives identifiables à ce niveau ont également été relevées.

Les sites ayant déjà fait l'objet d'une étude disponible n'ont pas été analysés plus en avant.

Il est à noter que le cadastre a également conduit à l'analyse des possibilités de fusion de certaines concessions et/ou droits d'eau. Une attention particulière a été portée sur le comptage de ces sites en fusion pour éviter tout doublon.

## **F.2.2 Eaux de réseau**

La phase 2 de l'analyse pour les réseaux d'eau s'est articulée autour de deux actions.

La première est celle qui a été lancée conjointement par le SEVEN et le volet Energie dans les Infrastructures du programme SuisseEnergie. Celle-ci proposait une analyse gratuite du potentiel. Les 13 communes qui y ont répondu favorablement et qui ont dès lors pu bénéficier d'une analyse détaillée sont (par ordre alphabétique) :

Ballaigues, Blonay, Corcelles-le-Jorat, Gland, Gryon, Lavey, Leysin, Lignerolle, Montcherand, Ormont-Dessous, Ormont-Dessus, Rossinière, Villeneuve.

Pour chacune de ces communes, un rapport d'analyse sommaire a été établi lorsqu'un potentiel existait, qu'il s'agisse d'une nouvelle installation ou de l'optimisation d'installations existantes. Dans le cas contraire, seule une note expliquant l'absence de potentiel a été rédigée.

La seconde action a consisté à sélectionner, avec le SEVEN et le SCAV, les communes qui pouvaient disposer d'un potentiel à exploiter. Cette sélection s'est opérée sur la base des documents à disposition au SCAV et selon la connaissance des réseaux d'eau interne au service. Les 37 communes retenues sont :

Aigle, Aubonne, Bassins, Baulmes, Begnins, Bex, Bonvillars, Château-d'Oex, Chessel, Coppet, Corbeyrier, Cuarnens, Gimel, Gland, La Tour de Peilz, Lausanne, L'Isle, Longirod, Maracon, Marchissy, Montreux, Morges, Noville, Nyon, Ollon, Onnens, Puidoux, Rennaz, Roche, Rougemont, St-George, Suchy, Vallorbe, Vaulion, Veytaux, Villars-Burquin, Vugelles-La Mothe.

A noter que la Ville de Lausanne a également été considérée, son approvisionnement en eau étant assuré par des sources et captage bien au-delà de son territoire communal.

Chacune des communes a été contactée individuellement pour une première prise de renseignements par téléphone. Ces entretiens ont permis de déterminer si un potentiel existait a priori, et dans l'affirmative s'il faisait ou avait déjà fait l'objet d'une analyse. Les communes possédant déjà une analyse ou pour lesquelles une analyse était en cours, ont été invitées à communiquer les renseignements principaux nécessaires à l'établissement du cadastre. Les communes n'ayant aucune étude en cours ou à disposition ont fait l'objet d'une visite personnalisée. Les diverses informations collectées ont ainsi permis de compléter l'inventaire tout en mettant en évidence les sites intéressants.

## **F.3 Sélection des sites**

Que ce soit pour les eaux de surface ou les eaux de réseau, la classification suivante est adoptée pour la sélection des sites:

- Site intéressant à court ou moyen terme

Un site est considéré comme "intéressant à court ou moyen terme" si les investigations sur site ont permis de définir un potentiel a priori intéressant d'un point de vue technique et économique. En d'autres termes, un site peut être qualifié d'intéressant s'il ne présente pas de difficultés majeures de réalisation, que cela soit d'un point de vue technique ou environnemental et que la production prévisible permet un investissement a priori suffisant pour permettre sa réalisation. Ces sites peuvent être réalisés à court ou moyen terme.

- Site intéressant à long terme

Un site est considéré comme tel si:

- les investigations sur site n'ont pas permis de déterminer une nette tendance,
- le site n'a pas été visité, mais pourrait être intéressant.
- une contrainte environnementale forte peut s'appliquer
- ils peuvent être réalisés à moyen-long terme

- Site non intéressant, non retenu

Un site est considéré comme tel si le potentiel encore non exploité aujourd'hui présente trop de difficultés techniques ou environnementales ou encore s'il ne paraît a priori pas possible de le rentabiliser.

- Site ou projet non retenu dans le cadre de ce mandat car ne représentant pas de potentiel encore exploitable.

Il s'agit des sites:

- destinés à un projet de fusion,
- actuellement en service, pour lesquels nous n'avons pas identifié de potentiel d'amélioration.

On peut noter qu'un site en service peut avoir un potentiel supplémentaire encore non exploité qui peut être soit intéressant à court, moyen ou long terme, ou non.

## **F.4 Base documentaire**

Les documents et informations suivantes ont été utilisés pour l'établissement du cadastre vaudois de l'hydraulique :

- Les informations disponibles au SESA pour tout ce qui concerne les eaux de surface, à savoir:
  - Les dossiers de concessions et de droits permanents postérieurs à 1985 (dossiers papier),
  - L'inventaire des concessions et des droits d'eau permanents établi par le SESA en 1994 (fichier informatique),
  - Le Rapport sur les Centrales de Force Hydraulique Vaudoises et Proposition d'Aide à la Promotion, établi par le SESA en 1999,
  - Les investigations sur site réalisées par le SESA en 2000 (dossiers papier),
  - L'inventaire des concessions et des droits d'eau permanents établi par le SESA en 2007 (fichier informatique),

- Les cartes et profils en long des cours d'eau, issus du logiciel Gésreau,
- Les informations sur les concessions et droits permanents compilés dans l'outil Gésreau,
- L'annuaire hydrographique vaudois 2005 publié par le SESA,
- L'annuaire hydrologique de la Suisse 2006, publié par l'Office fédéral de l'Environnement ([www.hydrodaten.admin.ch/f/](http://www.hydrodaten.admin.ch/f/)),
- Les informations transmises par le SCAV dont, notamment, la liste des communes dont les réseaux d'eau pourraient être intéressants en termes de turbinage,
- Les informations collectées par le SEVEN auprès des distributeurs locaux d'électricité: puissance électrique et production électrique pour l'année 2006 ou 2007,
- Les résultats de l'enquête réalisée par le SEVEN en 2007 auprès des communes, précisant essentiellement l'existence ou non d'une centrale ou d'un projet sur cours d'eau ou sur réseau,
- La liste des projets et études ayant bénéficié d'un soutien du volet Petites centrales Hydrauliques du programme SwissEnergie de la Confédération (état à fin 2007),
- La liste des centrales existantes avec part de souveraineté du canton de Vaud, issue du département de l'Environnement, des transports, de l'Energie et de la Communication (DETEC) et de l'Office Fédéral de l'Energie (OFEN), qui répertorie notamment les puissances des centrales de plus de 300 kW (état au 1<sup>er</sup> janvier 2008),
- Les trois rapports établis pour l'Etat de Vaud en 1996 par JMC Engineering: "Recherche et Evaluation des Sites Potentiels" en ce qui concerne les turbinages des eaux potables, des eaux claires et des eaux usées.
- Le rapport « Etude des possibilités de réactivation de petites centrales hydrauliques arrêtées (Canton de Vaud) » réalisé en 1997 par le bureau TCE SA sous mandat de l'Office fédéral de l'Economie des Eaux et le Service cantonal des eaux et de la protection de l'environnement,
- La liste de références (études et réalisation) de divers acteurs de la petite hydraulique dans le canton de Vaud: M. J.M. Chapallaz – Ingénieur Conseil, M. R. Sighartner – Atelier mécanique, Bertholet & Mathis SA - GASA SA, HEIG-Yverdon-les-Bains (Etudiants des Pr. J.-F. Gaille et J.-F. Affolter, IEEEE), EPFL-LCH (Pr. J.-L. Boillat, Pr. A. Schleiss) - état à fin 2007.
- Les investigations menées par MHyLab par Internet, par téléphone ou sur site, effectuées essentiellement entre mai et août 2008, et qui donnent lieu, pour la plupart, à des fiches techniques d'identification de site illustrées de photos,
- Les études réalisées pour des tiers par MHyLab, et les différents contacts établis de manière formelle ou non par MHyLab dans le cadre de son activité.

## G Présentation des résultats

Les chapitres H à J présentent la synthèse des résultats des travaux menés dans le cadre de l'établissement de ce cadastre cantonal des possibilités offertes par l'hydro-électricité.

24 cartes sont annexées (cf. Annexe 2, Annexe 3 et Annexe 4), organisées sous 3 catégories:

- 12 cartes pour les sites en service, présentés par commune
- 6 cartes pour les sites sur les eaux de surface, présentés par cours d'eau
- 6 cartes pour les sites sur les eaux de réseau présentés par commune.

Pour des raisons de confidentialité des données, le présent rapport ne donne pas de liste nominative de l'ensemble des sites investigués sur les eaux de surfaces (voir § B.6).

Ces résultats, mis à disposition exclusive des services de l'Etat concernés, se présentent sous la forme de fichiers Microsoft Excel<sup>®</sup> regroupant plusieurs tableaux distincts permettant d'effectuer des tris en fonction des informations recherchées.

Le tableau résultant de l'inventaire des **eaux de surface** donne la liste des :

- sites en service,
- sites existants mais hors service (seule une partie des sites radiés avant 1985 a été répertoriée),
- nouveaux sites en cours d'étude ou de réalisation,
- nouveaux sites identifiés dans le cadre de ce mandat.

La trentaine de rivières ayant fait l'objet d'investigations de terrain font l'objet d'un fichier Excel composé:

- d'un tableau similaire à l'inventaire de base présentant uniquement les sites répertoriés sur le cours d'eau considéré,
- du profil en long du cours d'eau avec la localisation des sites répertoriés,
- de fiches de présentation détaillées de certains sites (une soixantaine au total).

De manière générale, les informations nécessaires à l'évaluation d'un site potentiel sur un **réseau d'eau** sont moins nombreuses que celles utiles pour une installation en rivière. Cela vient bien évidemment du fait que l'on utilise ici des infrastructures existantes ou à réaliser dans un but autre que celui de la production d'énergie.

Outre les tableaux complets regroupant l'ensemble des sites analysés, 13 communes ont fait l'objet d'une analyse détaillée des possibilités de turbinage sur leurs eaux de réseau conjointement avec le programme Energie dans les Infrastructures de SuisseEnergie. Les résultats sont présentés sous forme de rapport lorsqu'un potentiel de turbinage est intéressant, sinon sous forme de fiche. Ils ont été remis aux communes concernées ainsi qu'au SEVEN et au SCAV.

Une fois encore, il convient de relever que les informations relevées pour chaque site et l'analyse qu'il a été possible de conduire dans le cadre de ce mandat ne suffisent pas à lancer un projet. Chaque site potentiellement intéressant devra faire l'objet d'une étude de faisabilité détaillée, puis, en cas de résultat positif, d'un avant-projet détaillé avant de pouvoir passer en phase d'exécution, une fois les démarches administratives habituelles effectuées. Toutes les évaluations compilées dans les tableaux de synthèse sont, par conséquent, à prendre comme des indications préliminaires permettant, d'une part, d'apprécier le potentiel de l'hydro-

électricité sur sol vaudois, et, d'autre part, de donner une indication relative à l'intérêt d'un site en particulier en fonction des critères techniques et économiques actuels.

## H Résultats – Eaux de surface

Sur la base des hypothèses exposées dans le chapitre F. Méthodologie de l'inventaire, et, à la date d'établissement du présent rapport, le potentiel technique du canton de Vaud pour les eaux de surface est estimé à:

- une puissance électrique d'environ 235 MW,
- une production électrique d'environ 880 GWh/an.

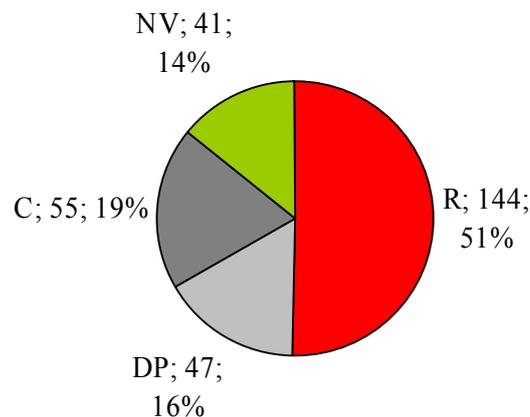
Il est réparti sur 287 sites, de toute nature, indépendamment de leur statut administratif et de leur exploitation,

De manière à être aussi clair que possible, il a été choisi de présenter les résultats par cours d'eau.

### H.1 Introduction

En 1999, le rapport établi par le SESA mentionne que 438 anciens droits ont été radiés entre la fin des années 1800 et 1999. De ces 438 concessions, au moins 294 ont montré par analyse des archives qu'elles ne comportaient plus d'ouvrages établis sur le domaine public".

Le présent cadastre répertorie 144 sites radiés sur le total des 287 sites recensés. Le solde se répartit comme indiqué sur la Figure 19.



**Figure 19. Répartition des sites selon leurs statuts administratifs (R = concession radiée, DP = droit permanent, C = concession active, NV = nouveau site)**

Les principales causes de radiation d'un droit ou d'une concession sont les suivantes:

- le propriétaire de la concession ne veut ou ne peut plus prendre en charge la maintenance du site (seuil, prise d'eau, canaux),
- les caractéristiques du site ont évolué: il s'agit en général d'une diminution de la disponibilité de l'eau turbinable, liée soit au débit résiduel imposé au renouvellement de la concession soit à un changement du régime hydrologique dû, par exemple, à un drainage en amont,
- le site a été fusionné en un site plus important.

On peut donc observer, qu'à ce jour, la moitié des sites identifiés dans ce cadastre devrait donc faire l'objet d'une nouvelle procédure administrative pour pouvoir être exploités.

## H.2 Potentiel technique vaudois sur les eaux de surface

Le potentiel technique est défini comme correspondant au potentiel exploitable indépendamment de considérations environnementales et économiques.

**287 sites** et plus d'une centaine de rivières sont répertoriés dans le cadre de ce cadastre, totalisant un potentiel technique global de **235 MW** et une production d'environ à **880 GWh/an**.

La Venoge est le cours d'eau sur lequel le plus grand nombre de sites (21) a été répertorié (cf. Figure 20). Situés sur une rivière protégée et dans un environnement sensible (le PAC Venoge interdisant notamment tout nouveau prélèvement), la mise en valeur de ces sites pourra être difficile et devra, dans tous les cas, être réalisée avec le plus grand soin.

Pour les cours d'eau ou aménagements transfrontaliers tel que le Rhône, seule la part vaudoise a été considérée.

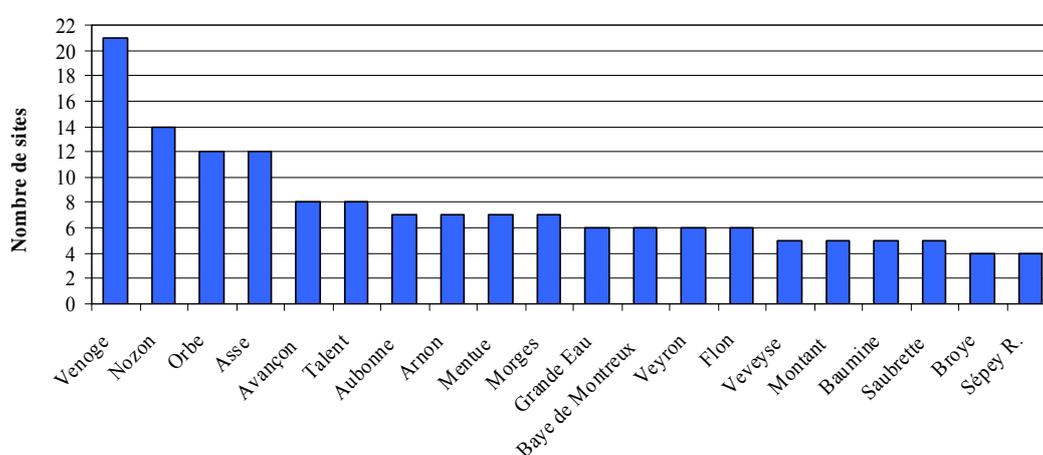


Figure 20. Les 20 premiers cours d'eau classés en termes de nombre de sites

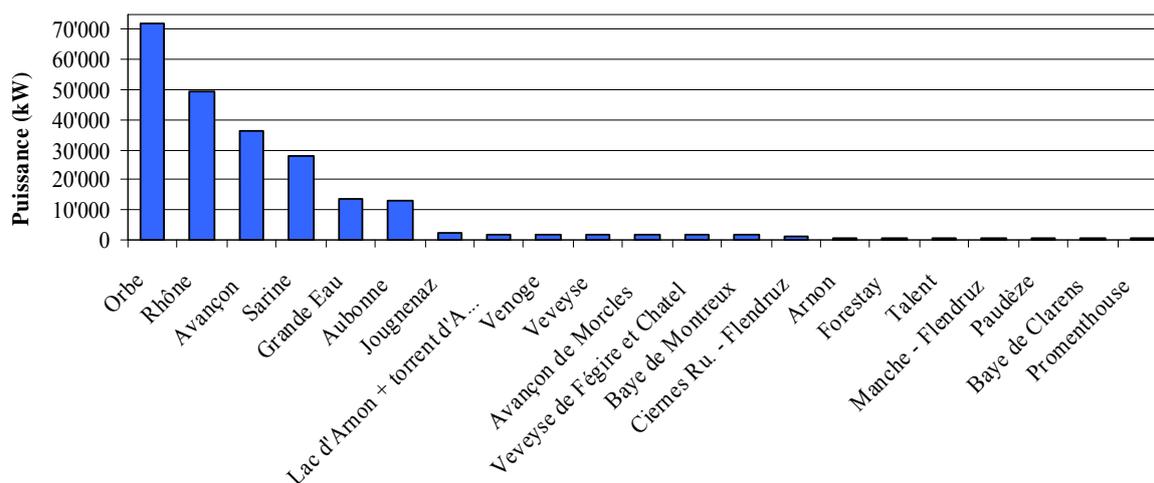
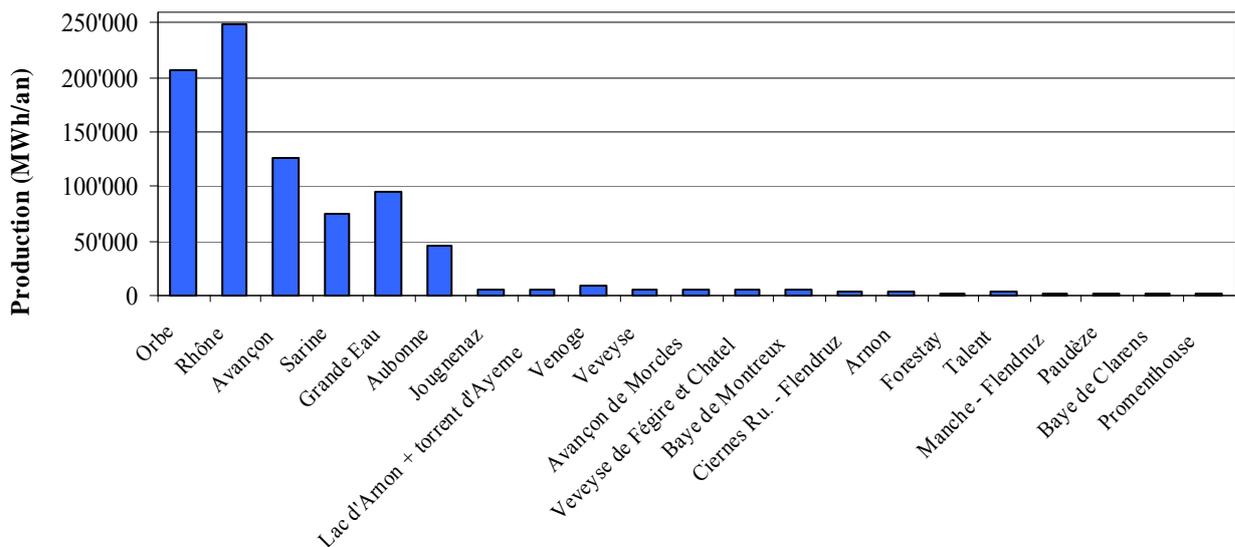


Figure 21. Les 20 premiers cours d'eau en termes de potentiel technique – puissance (kW)



**Figure 22. Les 20 premiers cours d'eau en termes de potentiel technique -production électrique (MWh/an)-**

Le potentiel technique le plus important se trouve sur le Rhône et l'Orbe avec, chacun, plus de 45 MW. La production potentielle est supérieure pour le Rhône, les installations existantes et projetées étant au fil de l'eau, alors que l'Orbe, rivière à forte déclivité sur plusieurs tronçons, est équipée de centrales de production de pointe, comme la centrale de La Dernière, dont la puissance est, par définition, élevée relativement à la production annuelle.

La Venoge n'arrive qu'en 9<sup>ème</sup> position dans le classement des puissances, témoignant de la petite taille de ses 21 sites. Le plus important a une puissance technique théorique de 255 kW.

Comme on le verra dans le chapitre suivant, les cours d'eau présentant le plus fort potentiel technique sont également ceux qui, en toute logique, sont déjà les plus exploités.

### H.3 Centrales en service

Dans cette étude, une centrale est considérée en service lorsqu'il y a génération d'énergie mécanique. Ainsi, une centrale non raccordée au réseau électrique mais dont l'énergie mécanique ou l'électricité est utilisée sur place (couplage direct à une pompe, ou autoconsommation pour un locatif – chauffage et éclairage) est considérée comme telle.

Les données relatives aux centrales en service (puissance électrique et production) proviennent principalement des distributeurs d'électricité. Or, pour de nombreux petits sites, seule la production excédentaire (c'est-à-dire la production non consommée sur site et revendue au réseau) est comptabilisée. Cet état de fait a pour conséquence de biaiser le résultat global. S'agissant de petites productions, l'influence de ce biais reste toutefois marginale.

Par recoupements, certains sites en service non raccordés ont pu être identifiés. Leur puissance installée et leur production sont en général très modestes.

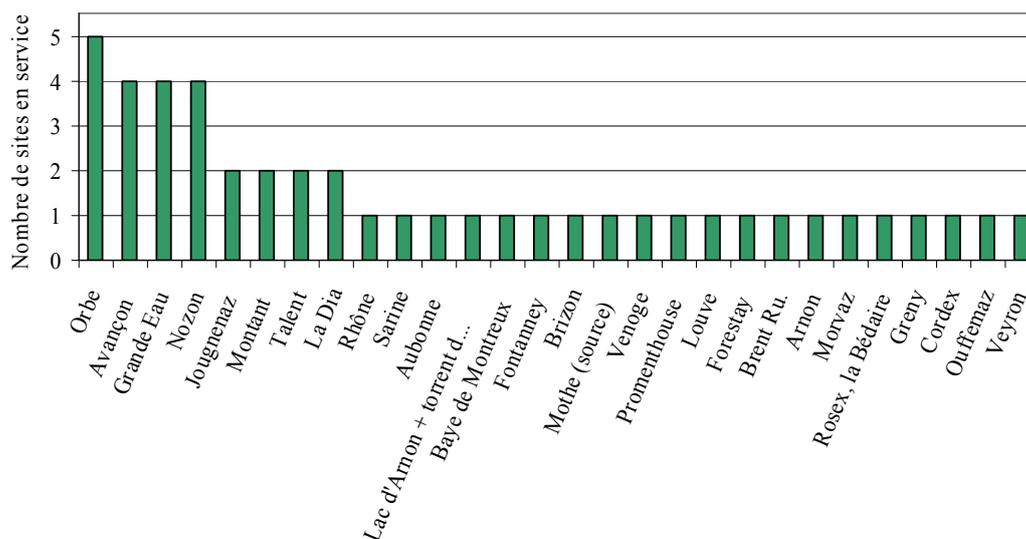
S'agissant d'une installation de pompage-turbinage, la centrale de L'Hongrin-Veytaux n'est pas incluse dans ce décompte (cf. B.4).

A fin 2006, **45 sites**, actuellement en service, répartis sur une trentaine de cours d'eau, génèrent une puissance électrique installée de **184 MW** environ et une production électrique de **690 GWh/an**.

Les cartes de l'Annexe 2 présentent ces 45 sites selon leur potentiel par commune.

La puissance de ces 45 sites en service dans le canton de Vaud varie entre 2 et 29'400 kW, avec une puissance moyenne de 4 MW et une production moyenne de 15 GWh/an.

Le cours d'eau comptant le plus de centrales est l'Orbe avec 5 sites, suivi de l'Avançon, de la Grande Eau et du Nozon avec 4 sites.



**Figure 23. Nombre de sites en service en fonction des cours d'eau**

En termes de puissance électrique installée, l'Orbe est à nouveau en tête avec plus de 70 MW, ceci grâce à ses installations de production de pointe, en intégrant la puissance maximale de la centrale d'accumulation de la Dernier (27 MW).

De plus, seule la "part vaudoise" des centrales de Lavey et des Diablerets est considérée dans l'inventaire, conformément aux statistiques établies par l'OFEN<sup>8</sup>, ce qui explique les relatives faibles puissances installées pour le Rhône et le Lac d'Arnon/Torrent d'Ayerne<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> Pour la centrale de Lavey, la part vaudoise est de 29.4 MW et 168 GWh/an, tandis que la part valaisanne est de 40.6 MW et 232 GWh/an. Pour la centrale des Diablerets, la part vaudoise est de 1.93 MW et 5.65 GWh/an, tandis que la part bernoise est de 3.27 MW et 9.55 GWh/an.

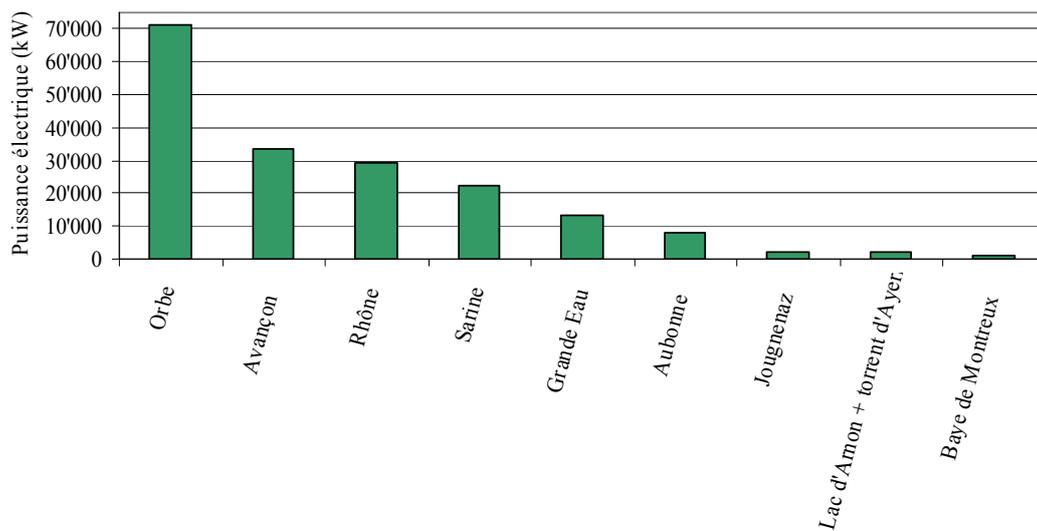


Figure 24. Puissance électrique, supérieure à 1 MW, des sites en service par cours d'eau

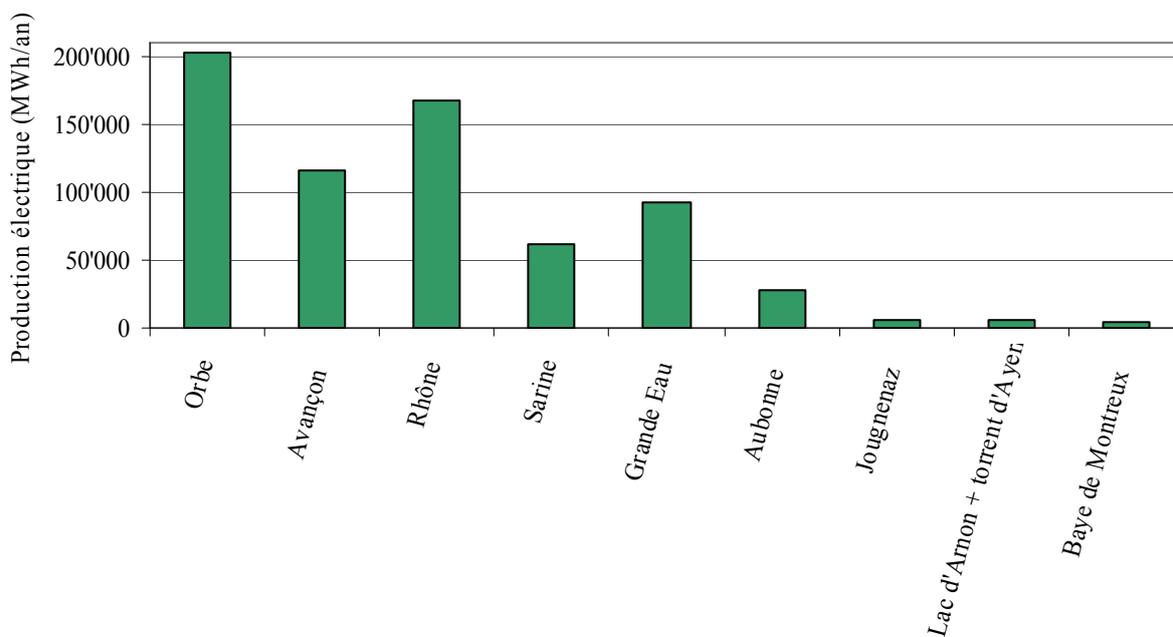
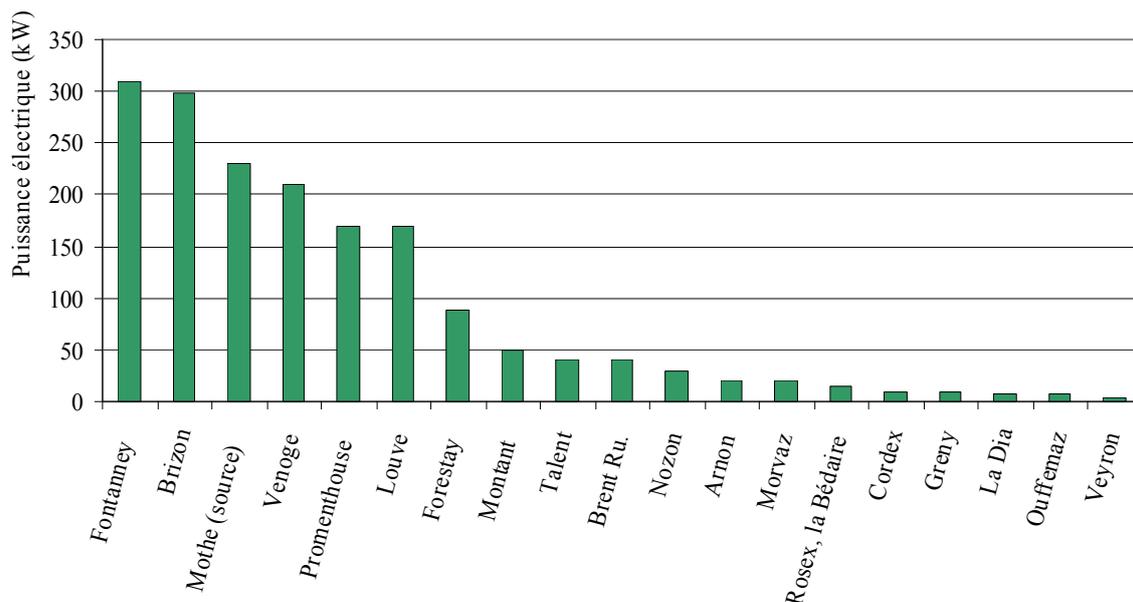


Figure 25. Production électrique des sites en service de plus de 1 MW par cours d'eau

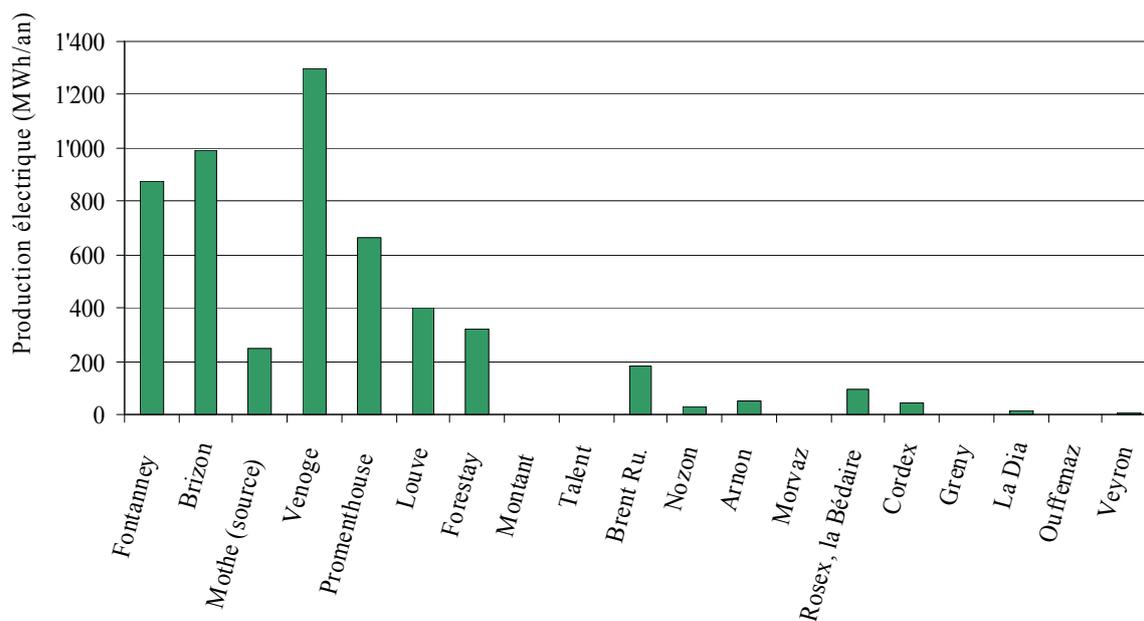
Les centrales à accumulation de la Dernière sur l'Orbe et des Diablerets sur le lac d'Arnon correspondent ainsi à une production faible par rapport à leurs puissances installées et aux autres centrales.

Six sites en service dépassent les 10 MW (Lavey, La Dernière, Les Clées, Montcherand, La Peuffeyre et Montbovon). Ils couvrent 78 % de la puissance installée et 71 % de la production électrique du canton de Vaud.

Finalement, sur la trentaine de cours d'eau considérés, seuls 9 totalisent une puissance installée dépassant le mégawatt en service, et 6 d'entre eux totalisent une production dépassant les 10 GWh/an.



**Figure 26. Puissance électrique, inférieure à 1MW, des sites en service par cours d'eau**



**Figure 27. Production électrique des sites en service de moins de 1 MW par cours d'eau**

La production issue du turbinage du Montant, du Talent, du Morvaz, de Greny, de l'Ouffemaz et du Veyron est nulle ou négligeable (cf. Figure 27), pour une des trois raisons suivantes:

- Seul l'excédent est injecté dans le réseau électrique,
- La centrale n'est pas reliée au réseau électrique,
- Le turbogroupe est peu performant.

Sur les 8 sites en service n'ayant pas injecté d'électricité sur le réseau électrique en 2006, 7 ne sont pas raccordés. Ils sont équipés:

- soit d'une roue à aubes pour utilisation de la force mécanique:

- Moulin de St Barthélémy à titre de démonstration,
- Es Près de Foule: la roue est couplée à une pompe sur le réseau d'eau potable de la commune de Croy.
- soit d'une turbine couplée à un générateur avec autoconsommation: centrale de Genolier, Grands Moulins de Croy, Centrale de Bey, Moulin de la Foule, Moulin de Bavois.

L'injection de la production de ces 8 sites sur le réseau électrique représenterait près de 1.5 GWh/an. Ils sont tous retenus comme potentiellement intéressants, compte tenu de la possibilité de les raccorder au réseau électrique et éventuellement d'augmenter leur production, si le régime hydrologique du cours d'eau le permet. En effet, les installations non raccordées ont été dimensionnées pour répondre à un besoin local et non pour optimiser le potentiel énergétique du site.

Finalement, l'Orbe et le Rhône sont les 2 cours d'eau les plus exploités, puisqu'ils assurent à eux deux les 53 % de la production électrique du canton de Vaud. Ceci s'explique, d'une part, par la configuration favorable: débits disponibles – pente de la rivière pour l'Orbe, et, d'autre part, par les débits importants du Rhône compensant l'absence de forte pente.

En résumé, les sites en service représentent 79 % de la puissance totale et 78 % de la production potentielle totale identifiée dans le potentiel technique du canton de Vaud.

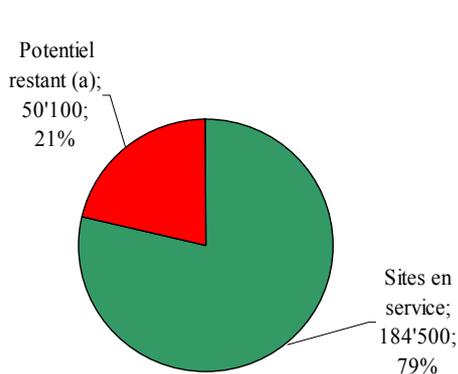


Figure 28. Potentiel technique / potentiel en service en termes de puissance (kW)

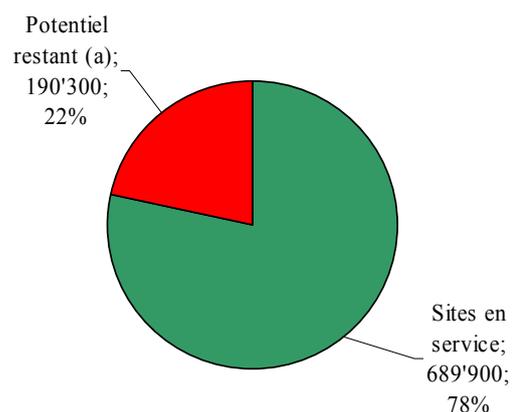


Figure 29. Potentiel technique / potentiel en service en termes de production électrique (MWh/an)

#### H.4 Sites en projet, annoncés au SESA

Quarante-huit projets ont été annoncés au SESA (sans compter la centrale de l'Hongrin-Veytaux) répartis sur 30 cours d'eau. Le gain de puissance potentiel est ainsi de **43 MW**, pour un gain de production électrique d'environ **164 GWh/an**:

- 8 concernent des sites en service,
- 12 portent sur la réhabilitation de sites actuellement hors service,
- 28 sont des nouveaux sites.

Les cours d'eau concernés par ces projets sont indiqués par \* dans les graphes qui suivront ainsi que dans les cartes (cf. Annexe 4). On pourra relever que certains ont été identifiés comme réalisables à court ou moyen terme (cf. § H.5), et d'autres plutôt comme réalisables à long terme (cf. § H.5 et H.6)

## H.5 Sites retenus comme intéressants à court ou moyen terme

49 sites ont été identifiés dans le cadre de ce cadastre comme étant intéressants et réalisables à court ou moyen terme. Situés sur une trentaine de cours d'eau, ils totalisent un gain de puissance de plus de **43 MW** pour une production de plus de **158 GWh/an**.

Ces sites sont présentés, par cours d'eau, dans les cartes de l'Annexe 3.

Sur les graphes suivants, (\*) indique que le cours d'eau comprend au moins un projet annoncé au SESA (cf. § H.4).

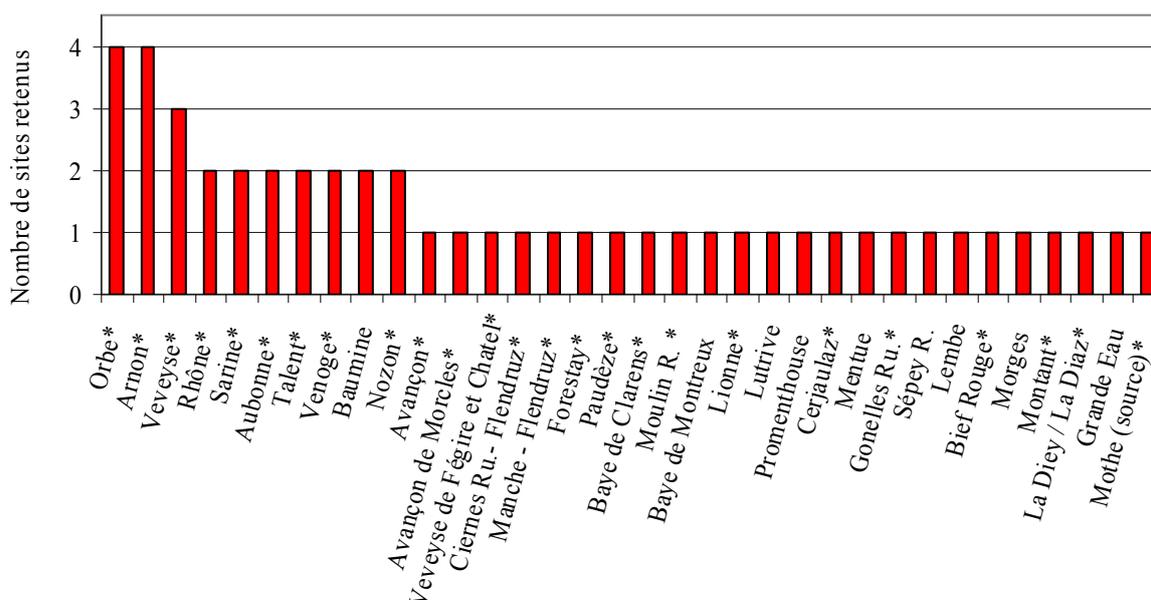


Figure 30. Cours d'eau classés suivant leur nombre de sites identifiés comme intéressants à court ou moyen terme

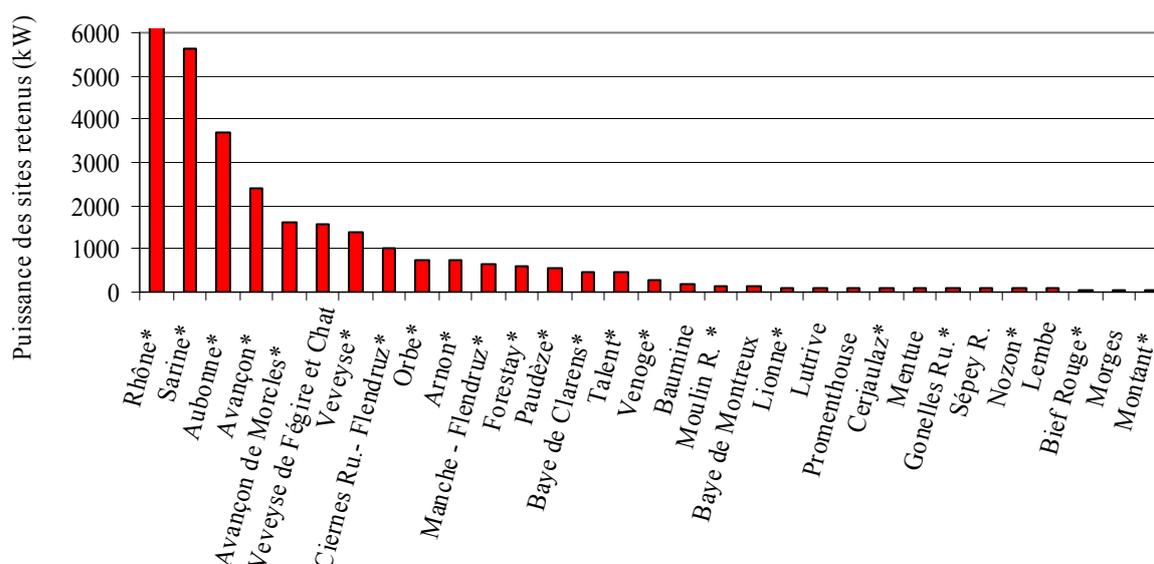


Figure 31. Cours d'eau classés suivant le gain de puissance des sites identifiés comme intéressants à court ou moyen terme par cours d'eau (kW)

En termes de puissance, le potentiel restant pour le Rhône est le plus élevé (part vaudoise d'environ 20 MW) avec les projets de Massongex et l'extension de la centrale de Lavey. Suit la Sarine avec le projet Chaudanne et enfin l'Aubonne avec la centrale de la Petite Vaux encore en construction lors de l'établissement de ce rapport.

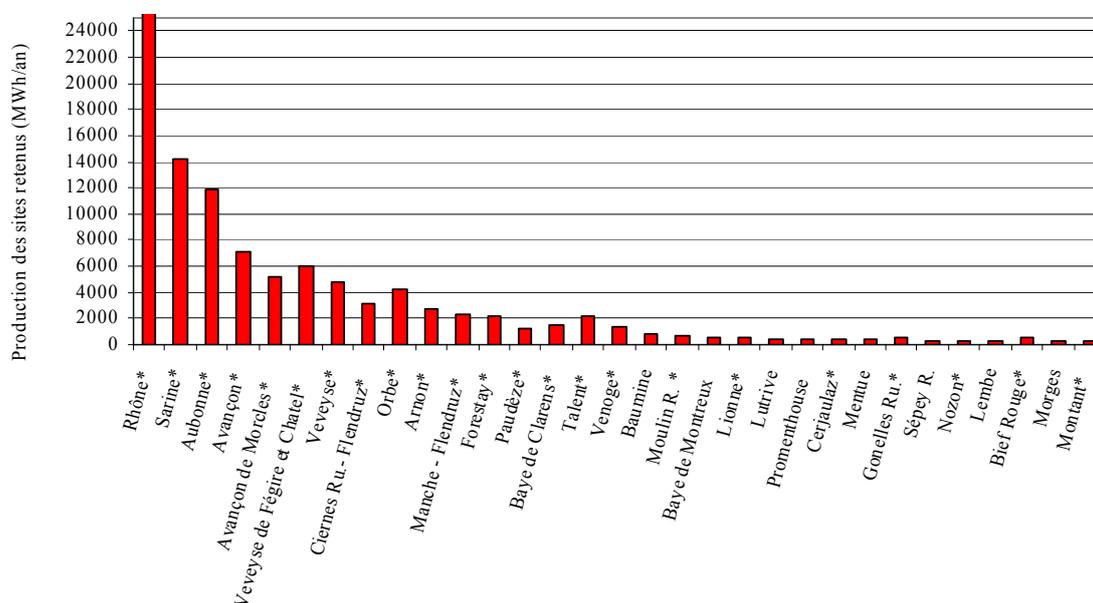


Figure 32. Production électrique potentielle des sites retenus par cours d'eau (MWh/an)

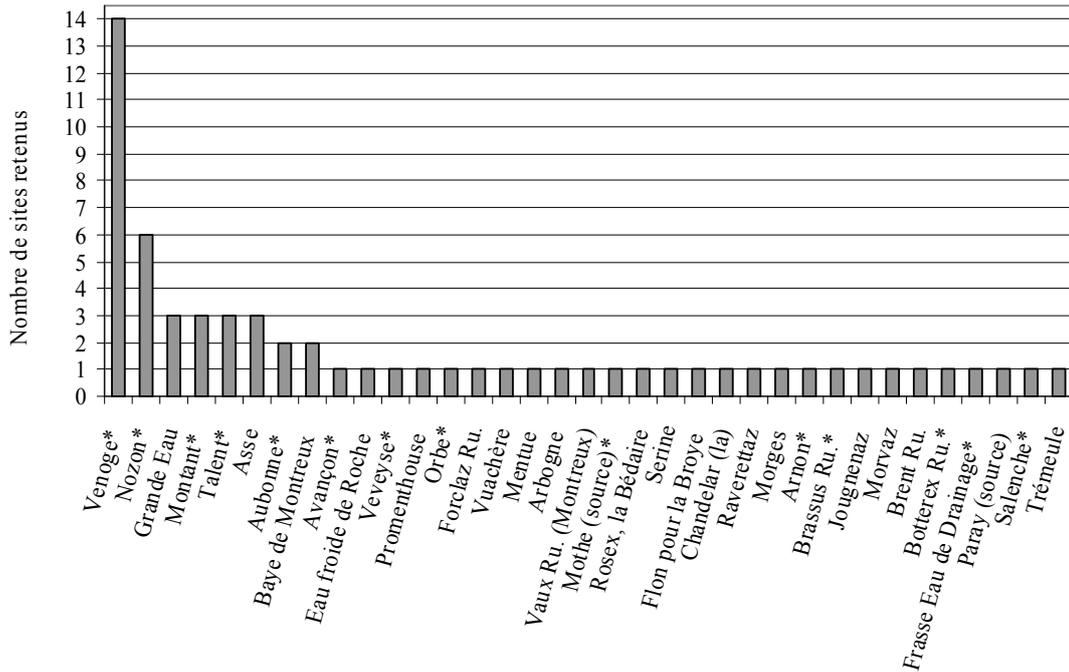
## H.6 Sites retenus comme intéressants à long terme

Comme indiqué dans la méthodologie, les sites appartenant à cette catégorie s'avèrent plus difficilement réalisables soit pour des raisons environnementales (réserve naturelle, débit résiduel, esthétique de la chute) ou économiques, soit par manque d'informations à ce stade de l'analyse.

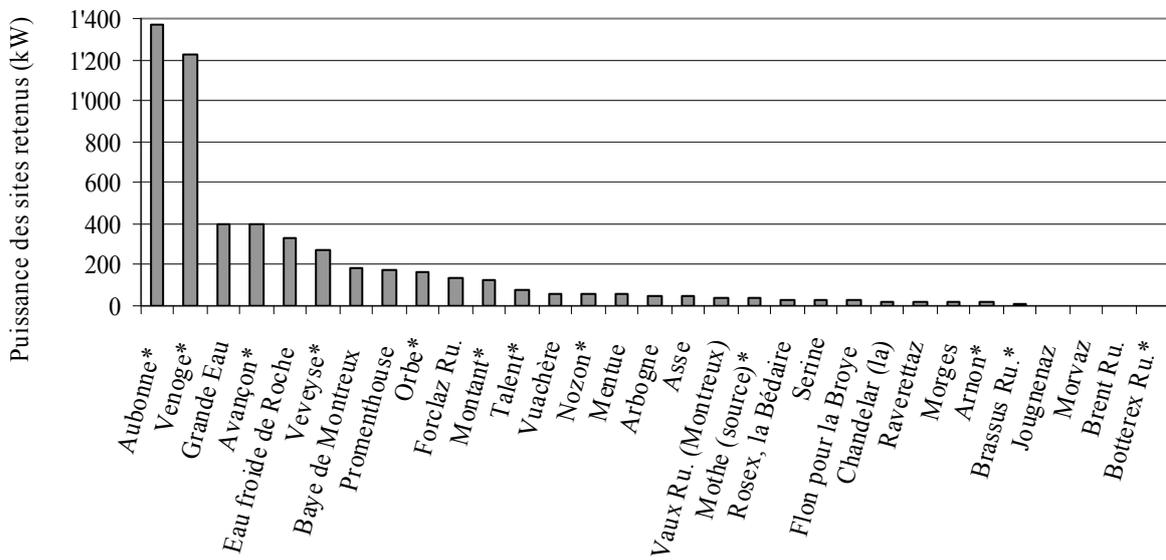
Le présent cadastre a identifié **64 sites** de ce type totalisant une puissance de **5 MW** environ pour une production potentielle **25 GWh/an**.

Ces sites sont présentés, par cours d'eau, dans les cartes de l'Annexe 3.

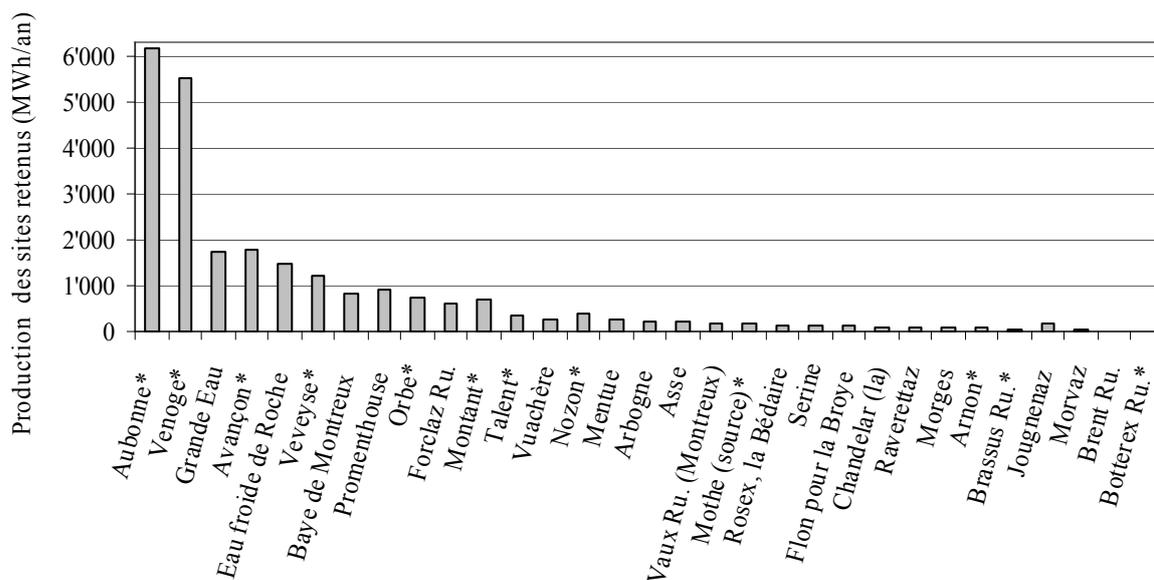
Sur les graphes suivants, (\*) indique que le cours d'eau comprend au moins un projet annoncé au SESA.



**Figure 33. Cours d'eau classés suivant leur nombre de sites identifiés comme intéressants à long terme**  
 Ces sites sont répartis sur une trentaine de cours d'eau, dont 14 sur la Venoge et 6 sur le Nozon.



**Figure 34. Cours d'eau classés suivant les puissances des sites identifiés comme intéressants à long terme (kW)**



**Figure 35. Cours d'eau classés suivant la production des sites identifiés comme intéressants à long terme (MWh/an)**

## H.7 Synthèse pour les eaux de surface

Sur les 287 sites répertoriés dans l'inventaire, plus de la moitié (146) se révèlent ne pas être intéressants, réduisant le potentiel technique en termes de puissance de 1.6 MW et de 7 GWh/an en termes de production

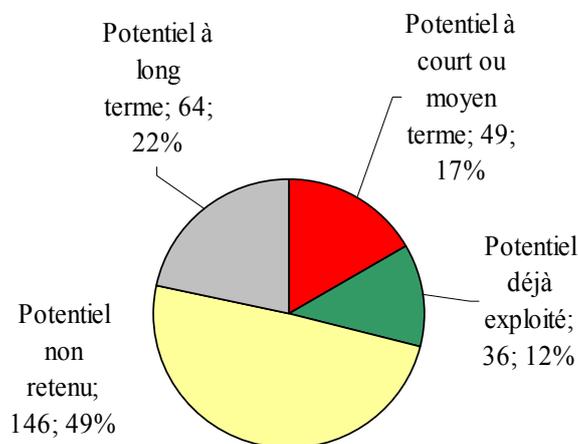


Figure 36. Potentiel technique, économique et environnemental, en termes de nombre de sites

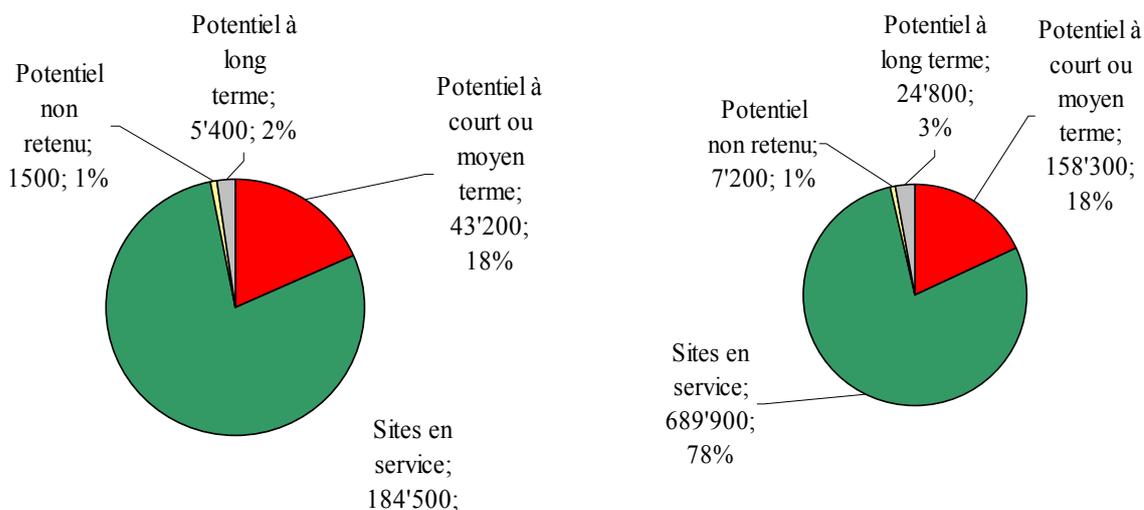


Figure 37. Potentiel technique, économique et environnemental, en termes de puissance (kW)

Figure 38. Potentiel technique, économique et environnemental, en termes de production (MWh/an)

Le potentiel réalisable à court ou moyen terme représente quant à lui 86 % du potentiel technique restant à exploiter en termes de puissance, respectivement 83 % en termes de production.

Le potentiel réalisable à long terme représente 11 % du potentiel technique à exploiter en termes de puissance, respectivement 13 % en termes de production.

On peut relever, de plus, que 24 des 144 sites radiés sont retenus comme réalisables à court, moyen ou long terme.

L'analyse des 287 sites a permis de dresser un portrait du site moyen vaudois:

- Moyenne des chutes: 32 mètres
- Moyenne des débits maximaux: 2.4 m<sup>3</sup>/s
- Moyenne des puissances potentielles théoriques : 800 kW.
- Exploitation au fil de l'eau

En considérant uniquement les centrales de moins de 10 MW, les moyennes deviennent:

- Chute: 29 mètres
- Débit: 0.9 m<sup>3</sup>/s
- Puissance théorique: 250 kW.

Le site moyen du canton de Vaud est donc un site basse chute de petite puissance, ce qui est d'autant plus vrai, en termes de potentiel technique restant, si l'on considère que la majorité des sites haute chute sont déjà équipés.

De plus, nombreux sont les sites de moins d'une vingtaine de kW, abandonnés dans les années 1950, qui étaient utilisés pour faire tourner une scierie, un moulin ou toute autre industrie (ils constituent d'ailleurs la majorité des 144 sites actuellement radiés). Ces sites se caractérisaient par une faible dénivellation (une dizaine de mètre au maximum), exploitée par:

- une roue à eau, l'usine jouxtant alors le cours d'eau
- ou une turbine Francis, le local de turbinage étant intégré au bâtiment.

Cette utilisation de la force hydraulique impliquait souvent la création de canaux d'amenée de faible pente, dont les longueurs pouvaient dépasser les 2 km. De même, de longs canaux de fuite ont été creusés de manière à aller chercher le niveau d'eau aval le plus bas possible et à limiter l'influence du niveau de la rivière sur celui de la dérivation.

S'ils n'ont pas été remblayés, ces canaux se sont envasés et ont été gagnés par la végétation. Certains n'étant plus utilisés pour la force hydraulique servent aujourd'hui de pisciculture ou sont utilisés pour des pompes à chaleur.

Les 12 cartes de l'Annexe 2 présentent les sites en service, par commune, en terme de puissance, de production et de potentiel d'optimisation.

Les 6 cartes de l'Annexe 3 présentent, par cours d'eau, le potentiel en service / intéressant à court, moyen ou long terme / non retenu, en terme de puissance ou de production électrique.

# I Résultats - Réseaux d'eau

## I.1 Potentiel technique vaudois sur les eaux de réseau

Le potentiel technique est défini comme correspondant au potentiel exploitable indépendamment de considérations environnementales et économiques.

**101 sites et plus d'une soixantaine de communes** sont répertoriés dans le cadre de ce cadastre, totalisant un potentiel technique global de plus de **20 MW** et une production d'environ à **76 GWh/an**.

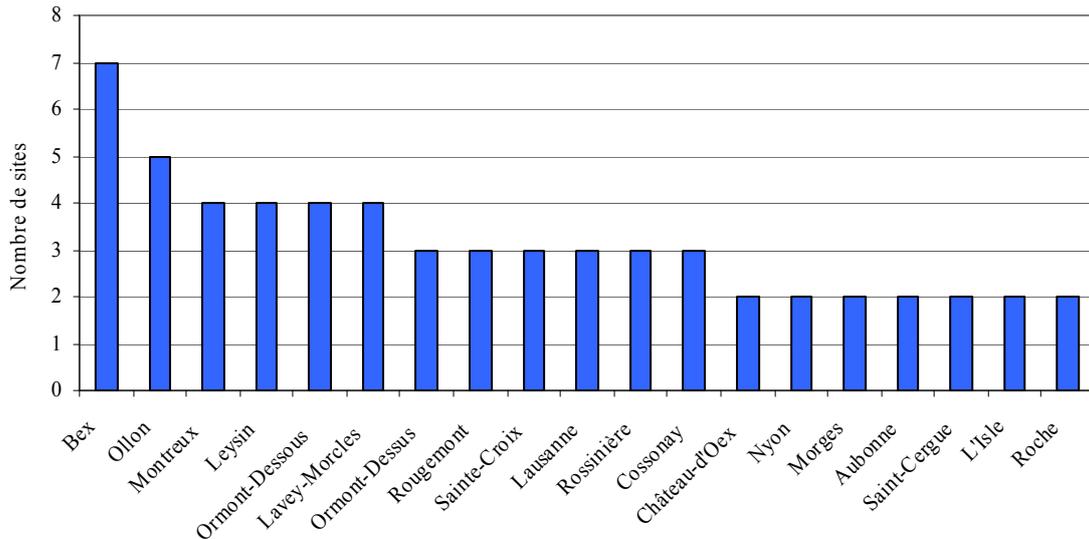


Figure 39. Les 20 premières communes classées en termes de nombre de sites

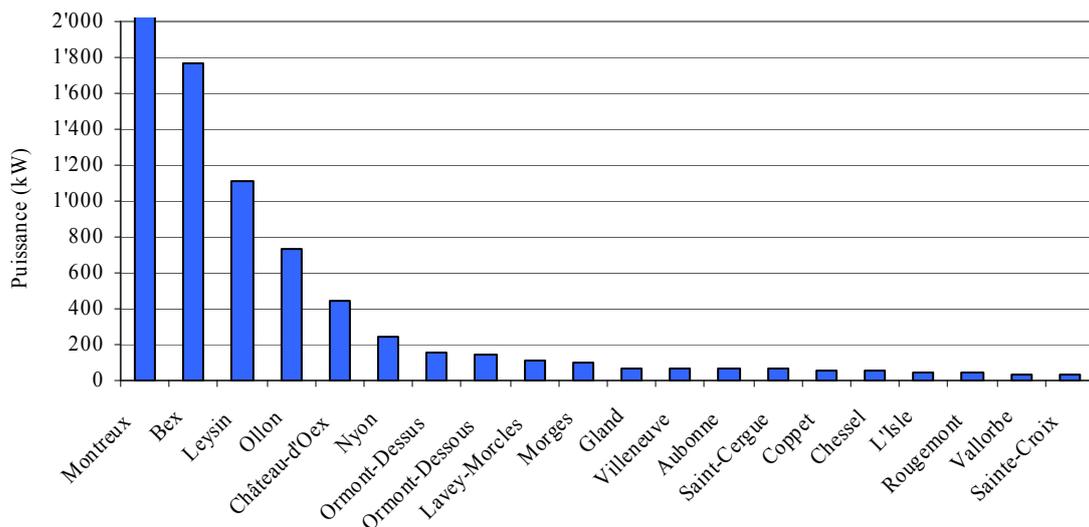
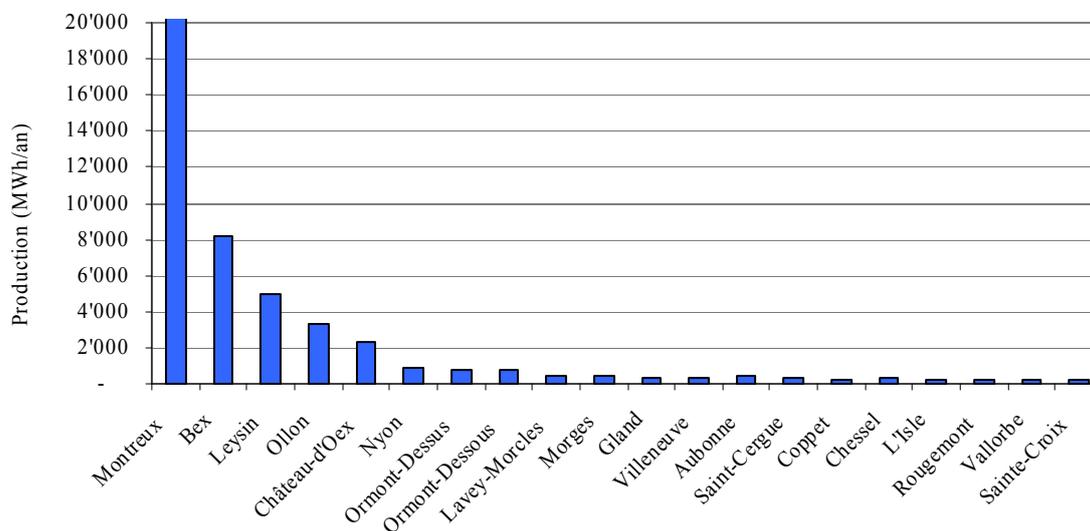


Figure 40. Les 20 premières communes en termes de potentiel technique – puissance (kW)

Bex est la commune présentant le plus grand nombre de sites (7) de turbinage sur ses réseaux, suivie d'Ollon, Lavey-Morcles-Savatan et Leysin et par le réseau du SIGE sur la commune de Montreux.

En termes de puissance et de production, c'est le réseau du SIGE qui est largement en tête avec la centrale de Sonzier et le projet GREHL (14 MW et 50 GWh/an).



**Figure 41. Les 20 premières communes en termes de potentiel technique -production électrique (MWh/an)-**

La répartition de ces potentiels est développée dans les chapitres suivants.

## 1.2 Centrales en service

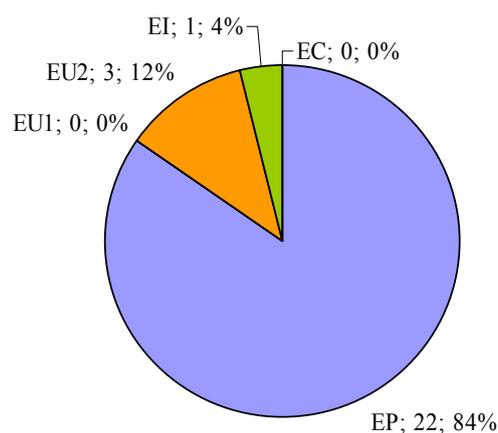
L'inventaire des centrales en service a été effectué sur la base des informations reçues des distributeurs d'électricité et du SCAV. Il reflète l'état au 31 décembre 2007.

A ce jour, **26 centrales** sont en service sur les réseaux d'eau, dont la plupart (22) turbinent les eaux potables ou les trop-pleins. Elles représentent une puissance électrique d'environ **5.5 MW** et une production de **24 GWh/an** environ<sup>13</sup>.

Les cartes de l'Annexe 2 présentent ces 26 sites selon leur potentiel par commune.

Seule la centrale de l'Armary à Aubonne turbine des eaux d'irrigation. Le canton de Vaud ne compte, par ailleurs, encore aucune turbine sur les eaux claires ou sur les eaux usées avant traitement, tandis que 3 utilisent les eaux traitées en sortie de station d'épuration: 2 pour le réseau de Leysin et 1 pour celui de Nyon.

<sup>13</sup> Il est à noter que les deux centrales sur le réseau d'eau potable de Morges (15 et 35 kW) sont actuellement hors service et ne sont pas incluses dans ce total. Face au changement des conditions d'écoulement dû au remplacement de la conduite du Morand, un projet de réhabilitation est envisagé. De plus, comme la centrale du Fontanney à Aigle turbine à la fois le trop-plein du réseau d'eau potable et les eaux du Fontanney, elle n'apparaît pas dans le décompte eaux de réseau, mais dans celui des eaux de surface.



**Figure 42. Répartition des centrales en service sur des réseaux d'eau suivant le type d'eau turbinée (EP = eau potable, EI = eau d'irrigation, EC = eaux claires, EU1 = eaux usées avant traitement, EU2 = eaux usées après traitement)**

Contrairement aux installations utilisant les eaux de surface, toutes les centrales en service recensées sur les réseaux d'eau génèrent de l'électricité. Comme pour les eaux de surface, les petites installations n'injectent souvent que l'excédent de production sur le réseau électrique. Pour la plupart communiqués par les distributeurs, les chiffres indiqués correspondent aux productions injectées sur le réseau. Ils peuvent, de ce fait, être sous-estimés<sup>14</sup>.

Commune	Nom de la centrale	Type d'eau	Type de turbine	Puissance électrique installée (kW)	Production électrique (MWh/an)
Montreux	Sonzier	EP	Pelton	1600	6'600
Bex	Sublin 2	EP	Pelton	1300	6'100
Château-d'Oex	La Pontia / Gérignoz	EP	Pelton	450	2'350
Leysin	Douve I	EU2	Pelton	430	1'850
Leysin	Pont de la Tine	EP	Pelton	250	1'470
Ollon	Panex	EP	Pelton	240	1'080
Ollon	Chenalettaz 1	EP	Pelton	240	1'080
Nyon	STEP de Nyon	EU2	Pompe inversée	215	700
Villars-Burquin	Mauborget	EP	Pompes inversées	100	50
Bonvillars	Le Devent	EP	Pompes inversées	80	10
Leysin	Douve II	EU2	Pelton	75	330

<sup>14</sup> Pour les centrales de Villars-Burquin, Bonvillars et Onnens, il s'agit bien des productions totales, celles-ci nous ayant été communiquées par les exploitants.

Aubonne	L'Armary - Es-Bon	EI	Pelton	70	450
Bex	Solalex	EP	Pelton	55	250
Lavey-Morcles	Dailly - Savatan I	EP	Pelton	50	230
Onnens	Onnens	EP	Pompes inversées	50	0
Ormont-Dessous	Lioson-Dessous 1	EP	Pelton	45	300
Bex	Rippaz II / Glareys	EP	Pelton	45	75
Vallorbe	La Gerlette	EP	Francis	35	160
Ormont-Dessous	Lioson-Dessous 3	EP	Pelton	30	165
Ollon	Chenalettaz 2	EP	Pelton	30	135
L'Isle	Belle-Fontaine	EP	Pelton	20	80
Ormont-Dessous	Lioson-Dessous 2	EP	Pelton	20	100
Bex	Benjamine	EP	Pelton	15	75
Ollon	STEP, en Bruet	EP	Pompe inversée	15	5
Ormont-Dessus	Les Diablerets	EP	Pelton	15	90
Lavey-Morcles	Dailly - Savatan II	EP	Pelton	10	50
<b>Total:</b>			<b>26 centrales en service</b>	<b>≅ 5'500</b>	<b>≅ 23'800</b>

**Tableau 6. Centrales en service sur les réseaux d'eau classées suivant les puissances électriques<sup>15</sup>**

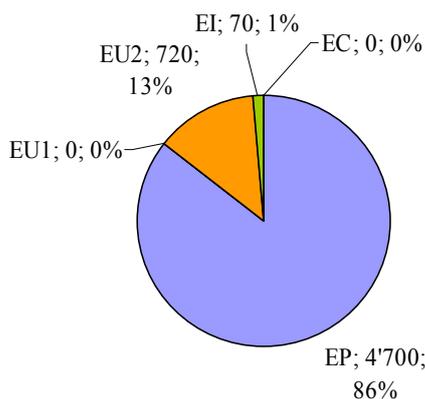
On relève également que la technique du turbinage de l'eau potable est appliquée de longue date, puisque plusieurs centrales datent du début du 20<sup>ème</sup> siècle (Sonzier – 1901, Sublin 2 – 1911, Pont de la Tine – 1913 et la Gerlette – 1929). Toutes les autres centrales ont été mises en service après 1985.

Toutes les dénivellations turbinées sont supérieures à 60 m, sauf celle de la Gerlette avec une dénivellation de 11 m. Ainsi, la plupart des machines équipant ces centrales sont des turbines Pelton.

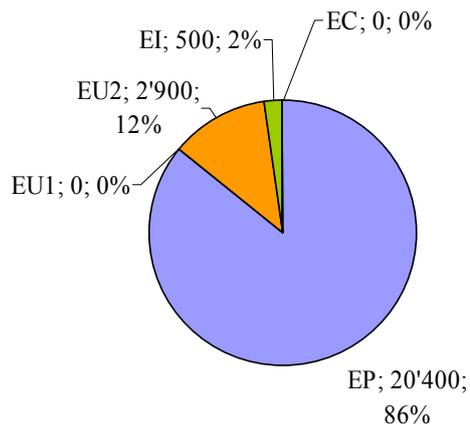
Quatre sites sont équipés de pompes inversées, moins coûteuses, en général, que les turbines Pelton, mais dont la flexibilité et les performances sont moindres. Leur fonctionnement à débit fixe impose l'accumulation, d'où un nombre d'heures de fonctionnement par an inférieur à celui des autres sites<sup>16</sup>.

<sup>15</sup> Les sites sont répertoriés par commune celle-ci étant généralement la propriétaire du réseau d'eau ou de l'eau turbinée. Il ne s'agit pas forcément de la commune où est implantée la centrale. Ainsi, les centrales de la Douve turbinant les eaux usées de la commune de Leysin sont situées sur la commune d'Aigle, mais sont repérées ici sous la commune de Leysin. A quelques exceptions près, les centrales sur les réseaux d'eau sont en mains communales ou intercommunales.

<sup>16</sup> Le nombre d'heures de fonctionnement en équivalent pleine puissance est de l'ordre des 3'300 h/an, que l'on peut comparer aux 4'500 h/an pour les centrales sur les eaux de surface. Ceci s'explique en



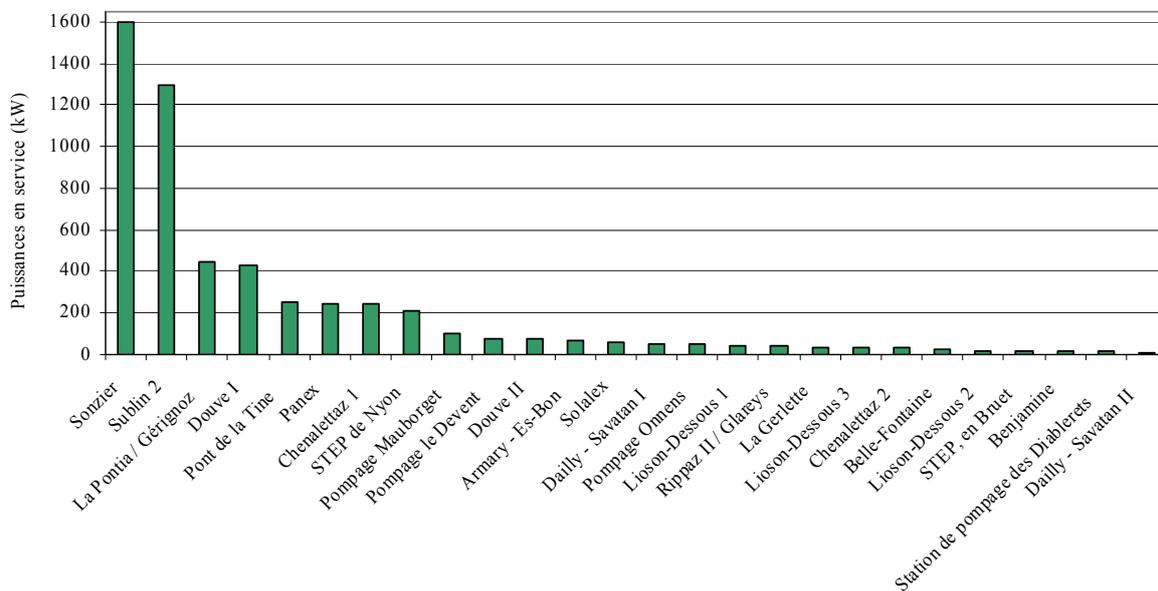
**Figure 43. Répartition, par type d'eau turbinée, des centrales en service suivant leur puissance**



**Figure 44. Répartition, par type d'eau turbinée, des centrales en service suivant leur production**

La Figure 43 et la Figure 44 montrent la répartition des puissances en service et des productions selon le type d'eau.

On relève en particulier que si plus de 85% de la puissance installée et de la production le sont sur des réseaux d'eau potable, cela est essentiellement dû à l'apport prépondérant des centrales de Sonzier et de Sublin. Celles-ci comptent en effet pour 62 % de la puissance installée et de la production, sur les eaux potables.



**Figure 45. Puissances électriques des centrales en service (classées suivant leur puissance)**

grande partie par le fait que ces installations considèrent des débits d'équipement plus élevés vu la double utilisation de l'adduction.

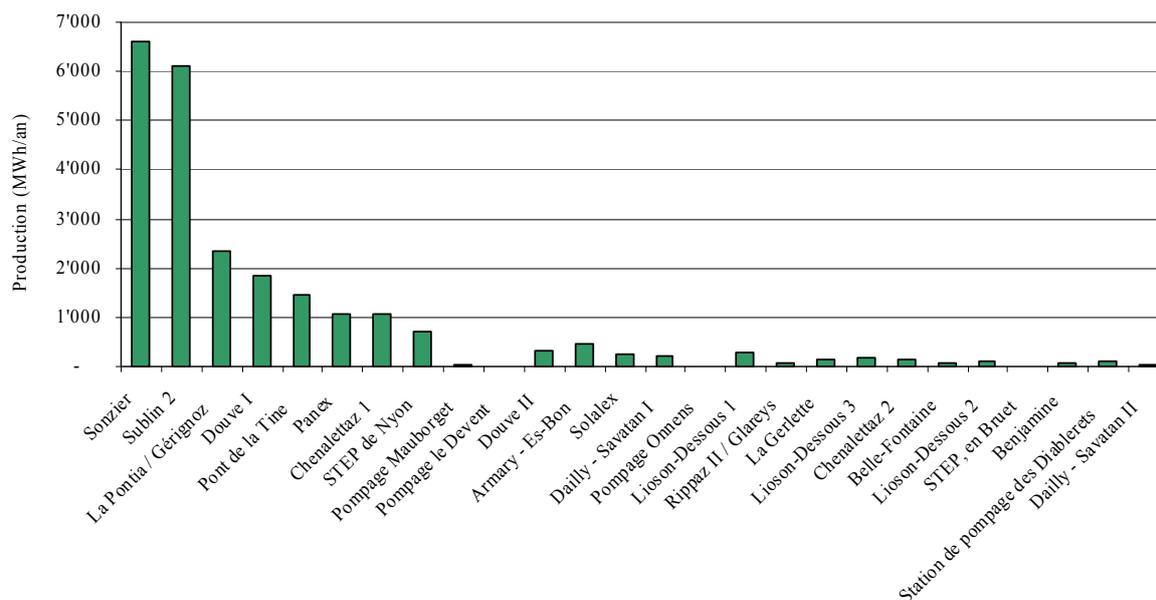


Figure 46. Production des centrales en service (classées suivant leur puissance)

### I.3 Sites en projet

Vingt projets sont actuellement en cours d'étude dans le Canton<sup>17</sup>. Le gain de puissance potentiel est ainsi d'environ **13 MW**, pour un gain de production électrique de plus de **46 GWh/an**:

- 3 concernent des sites en service, tous sur l'eau potable, totalisant un gain de puissance de 12 MW et de production de 43 GWh/an (cf. Tableau 7).
- 17 sont des nouveaux sites, 14 sur l'eau potable, et 3 sur les eaux usées<sup>18</sup>, totalisant une puissance de plus de **0.6 MW** et une production de près de **3 GWh/an**<sup>19</sup>.

Comme pour les eaux de surface, on rappellera que le niveau de qualité de l'information n'est pas uniforme, certains projets étant plus avancés que d'autres. Par ailleurs, il n'a pas toujours été possible de procéder à une vérification des informations données par les promoteurs de projets lorsque ceux-ci étaient étudiés en dehors de ce cadastre. En ce cas, seuls des recoupements ont pu être faits.

Pour tous les sites pour lesquels nous ne disposons que de données partielles, les gains de puissance et de production possibles ont été calculés sur la base de notre propre analyse des données du site, en considérant une exploitation optimale.

<sup>17</sup> A noter que seules les centrales sur le réseau d'eau potable de Morges qui ne sont plus en service pourraient faire l'objet d'un projet de réhabilitation. Faute d'information, elles ne sont pas prises en compte dans ce cadastre.

<sup>18</sup> Réseaux d'eaux usées des communes de Mont-la-Ville, Lausanne et 11 communes de la région de Coppet.

<sup>19</sup> Pour cinq de ces 17 nouveaux sites, nous ne disposons d'aucune information si ce n'est qu'ils font l'objet d'une étude. Aucun chiffre de production ou de puissance supplémentaire n'a donc pu être pris en compte. Les études réalisées pour deux sites situés sur la commune de Rossinière concluent par ailleurs qu'ils ne sont pas intéressants (puissance électrique totale envisagée de 20 kW pour une production de 0.09 GWh/an). Quatre sites ont été jugés comme réalisables à long terme, soit par manque d'information, les études n'étant pas terminées, soit par leur faible puissance envisagée, rendant difficile une rentabilité (puissance électrique totale envisagée de 70 kW pour une production de 0.3 GWh/an). Enfin, 6 projets ont été considérés comme intéressants à court ou moyen terme (puissance électrique totale envisagée de 0.6 MW pour une production de 2 GWh environ).

Commune	Nom de la centrale	Puissance électrique en service kW	Production électrique en 2006 MWh/an	Optimisation	Gain de puissance kW	Gain de production MWh/an
Montreux	Sonzier + projet GREHL	1'600	6'600	Augmentation des captages	12'400	43'400
Bex	Rippaz II / Glareys	45	75	Changement de la conduite + augmentation des débits	-	150
Bex	Benjamine	15	75	Remplacement de la turbine non automatique	-	-
<b>Total</b>		<b>1'660</b>	<b>6'750</b>		<b>12'400</b>	<b>43'550</b>

Tableau 7. Centrales en service sur les réseaux d'eau faisant l'objet d'un projet d'optimisation

#### I.4 Analyses sommaires réalisées dans le cadre de l'établissement du cadastre

Comme indiqué dans la méthodologie (voir F.2.2) une analyse sommaire de potentiel a été réalisée sur les réseaux d'eau potable de 13 communes en collaboration avec le programme SuisseEnergie dans les infrastructures. Chacune des études a fait l'objet d'un rapport, lorsque le potentiel était avéré, ou d'une note, en cas de potentiel nul. Le tableau suivant donne de manière résumée les principales conclusions de ces investigations.

A noter que la plupart des potentiels identifiés correspondent à des remplacements d'équipements obsolètes par des turbogroupes modernes et performants.

Commune	Sources / centrale / emplacement	Gain de puissance (kW)	Gain de production (MWh/an)	Commentaires
Leysin	Pont de la Tine	316	1'075	Site intéressant à réhabiliter vu le turbogroupe installé, la puissance du site et l'investissement maximal possible (implique l'optimisation de la gestion du réseau d'eau potable)
Ormont-Dessus	Source Ruisseau Froid	70	350	L'analyse sommaire montre que ce turbinage est rentable
Gland	Château Grillet	70	313	Puissance intéressante, projet en cours
Villeneuve	Sources de la Tinière	69	309	Projet intéressant si le changement de la conduite n'est pas dû uniquement au projet de turbinage
Lavey-Morcles	Source de Fontaine Froide	33	148	Nouveau site éventuellement intéressant dans le long terme, à approfondir
Ormont-Dessous	Lioson-Dessous 1	32	168	Le remplacement du turbogroupe actuel et de la conduite s'avère rentable, pour une augmentation de la production de plus de 50 %
Ormont-Dessus	Source du Ruisseau Froid et de la Combe	30	135	L'analyse sommaire montre que ce turbinage est à la limite de la rentabilité
Gryon	Réservoir de Sergnièle	19	76	L'analyse sommaire montre que ce turbinage est à la limite de la rentabilité

Lavey-Morcles	Source de Rosaire	16	73	Nouveau site éventuellement intéressant dans le long terme, faible puissance, peu de données disponibles
Ormont-Dessous	Lioson-Dessous 3	15	67	Le remplacement du turbogroupe actuel s'avère rentable, pour une augmentation de la production de plus de 40 %
Ormont-Dessous	Lioson-Dessous 2	2	21	Le remplacement du turbogroupe actuel s'avère rentable, pour une augmentation de la production de plus de 20 %
Ballaigues		-	-	Pas de potentiel, pas de dénivelé
Blonay		-	-	Réseau composé de nombreux réservoirs et coupe-pression et des consommateurs sur un dénivelé important
Corcelles-le-Jorat		-	-	Pas de dénivelé
Lignerolle		-	-	Sources pompées ou très faibles puissances
Montcherand		-	-	Potentiel non rentable
Rossinière		-	-	Très faibles puissances
<b>Total</b>		<b>≅ 670</b>	<b>≅ 2'700</b>	

**Tableau 8. Conclusions des analyses sommaires des réseaux d'eau de 13 communes**

Le potentiel identifié total est d'environ 670 kW pour un gain de production de plus de 2.7 GWh/an. L'analyse détaillée de ces rapports permet par ailleurs d'affirmer que 75 % de cette puissance et 73 % de cette production peuvent être considérés comme un potentiel économique à court ou moyen terme.

## **1.5 Sites retenus comme intéressants à court ou moyen terme**

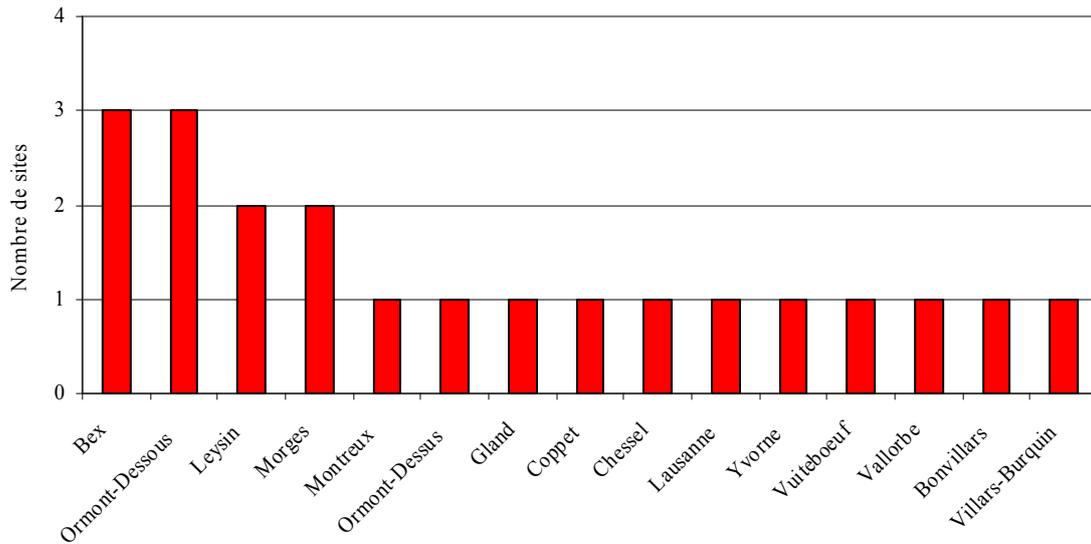
**22 sites** ont été identifiés dans le cadre de l'établissement de ce cadastre comme étant intéressants et réalisables à court ou moyen terme. Ils totalisent un gain de puissance de plus de **13 MW** pour une production de plus de **49 GWh/an**.

Ces sites sont présentés, par commune, dans les cartes de l'Annexe 4.

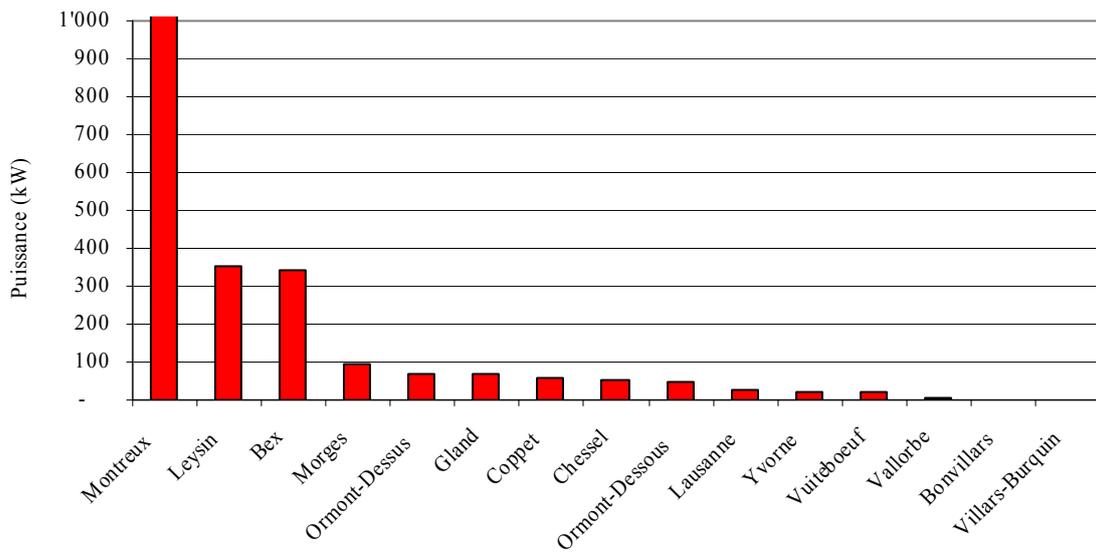
Ce potentiel se trouve essentiellement sur les réseaux d'eau potable, à l'exception du projet SITSE (région de Coppet) sur les eaux usées traitées. Le site le plus intéressant est de loin celui des eaux du SIGE avec le projet GREHL qui représente à lui seul environ 90% du potentiel des sites retenus comme intéressants à court ou moyen terme.

On relève en particulier que le potentiel identifié à court terme est constitué d'un grand nombre d'installation à moderniser ou à optimiser. Outre l'obsolescence de certains matériels, les nouvelles conditions en faveur des énergies renouvelables peuvent remettre en cause un certain nombre de choix techniques effectués il y a quelques années.

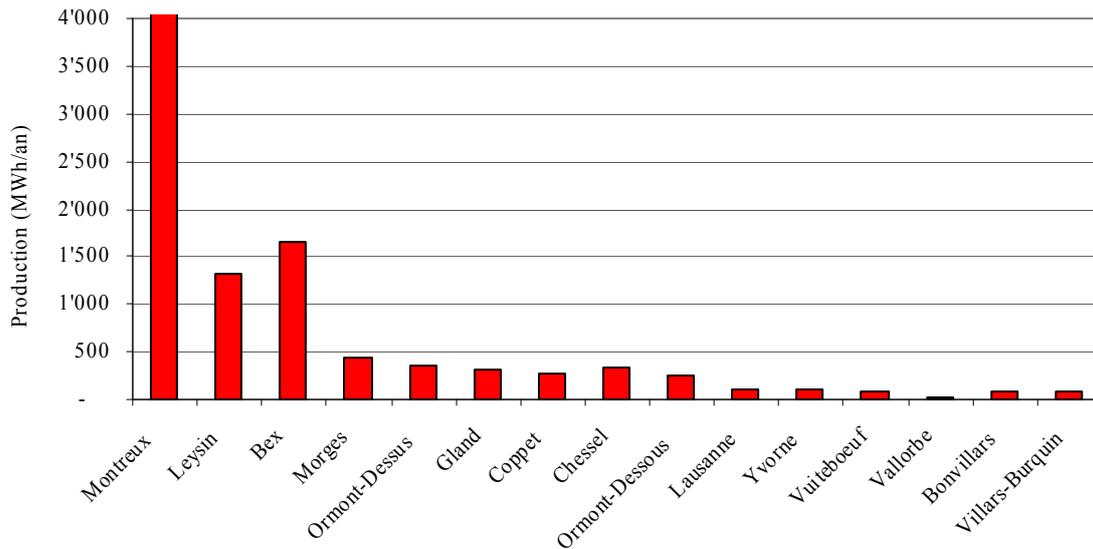
On remarque également que les optimisations de centrales peuvent se traduire par une baisse de puissance installée pour une production en hausse. C'est particulièrement le cas des installations fonctionnant avec des stockages (par exemple Bonvillars et de Villars-Burquin) permettant de turbiner à débit fixe, qui pourraient être remplacées par des groupes de plus faible puissance mais capables de turbiner en continu avec de meilleures performances.



**Figure 47. Communes classées suivant leur nombre de sites identifiés comme intéressants à court ou moyen terme**



**Figure 48. Communes classées suivant les gains de puissance des sites identifiés comme intéressants à court ou moyen terme (kW)**



**Figure 49. Communes classées suivant les gains de production électrique des sites identifiés comme intéressants à court ou moyen terme (MWh/an)**

## I.6 Sites retenus comme intéressants à long terme

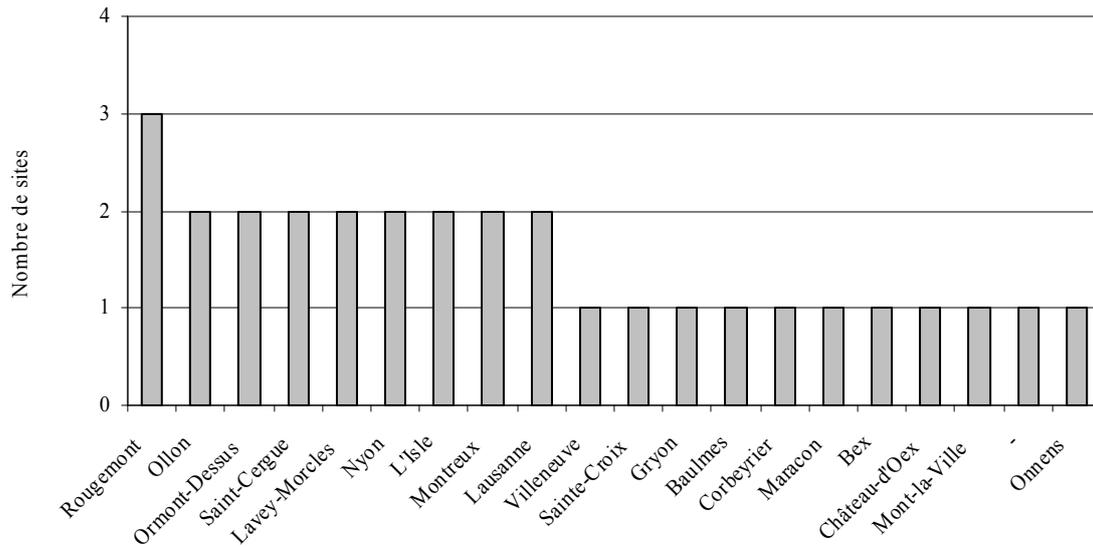
**29 sites** ont été identifiés dans le cadre de l'établissement de ce cadastre comme étant intéressants et réalisables à long terme. Ils totalisent un gain de puissance de plus de **0.6 MW** pour une production de plus de **3 GWh/an**. 21 d'entre eux sont sur l'eau potable, 4 sur les eaux usées avant STEP, 2 sur les eaux usées après STEP et 3 sur les eaux claires.

Ces sites sont présentés, par commune, dans les cartes de l'Annexe 4.

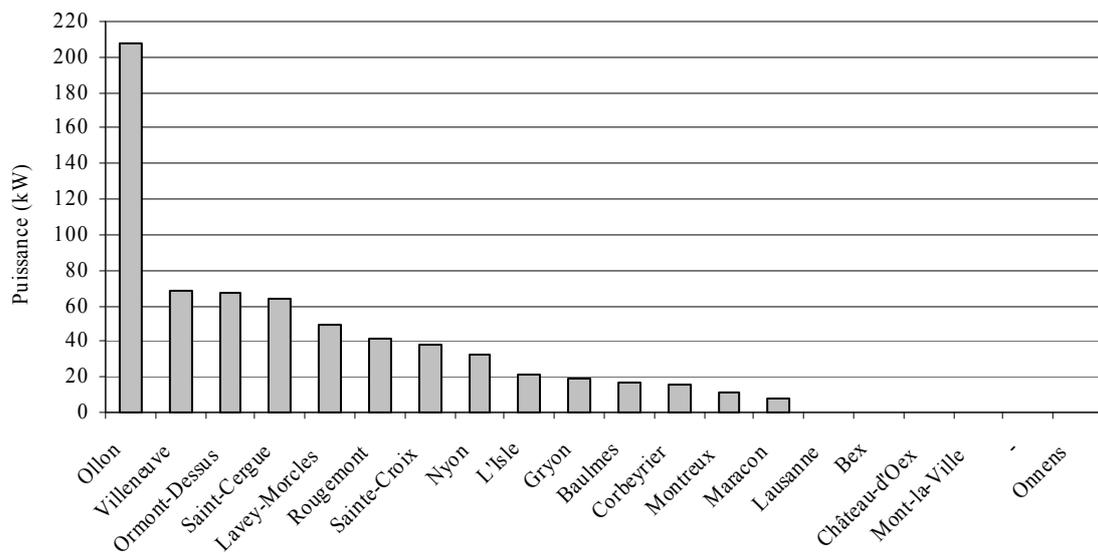
Huit de ces sites sont mentionnés pour mémoire, mais ne comportent aucune valeur chiffrée en termes de gain. Cela est dû au manque d'informations ou/et à l'incohérence concernant les données récoltées qui ne nous permettent pas de nous positionner par rapport à leur intérêt réel.

Le frein au développement des sites sur les eaux usées est essentiellement dû au coût de la conduite (souvent longue de plus de 1 km). En effet, les conduites d'eaux usées sont souvent en écoulement libre et doivent être remplacées par des conduites forcées dans le cas d'un turbinage. De plus, elles reçoivent en général les effluents des communes situées sur le trajet jusqu'à la station d'épuration.

Le frein au développement des sites sur les eaux claires est essentiellement dû à l'irrégularité des débits à turbiner et au régime torrentiel que cela implique s'il n'y a pas de stockage intermédiaire, d'où un facteur de risque non négligeable.



**Figure 50. Communes classées suivant leur nombre de sites identifiés comme intéressants à long terme**



**Figure 51. Communes classées suivant les gains de puissance des sites identifiés comme intéressants à long terme (kW)**

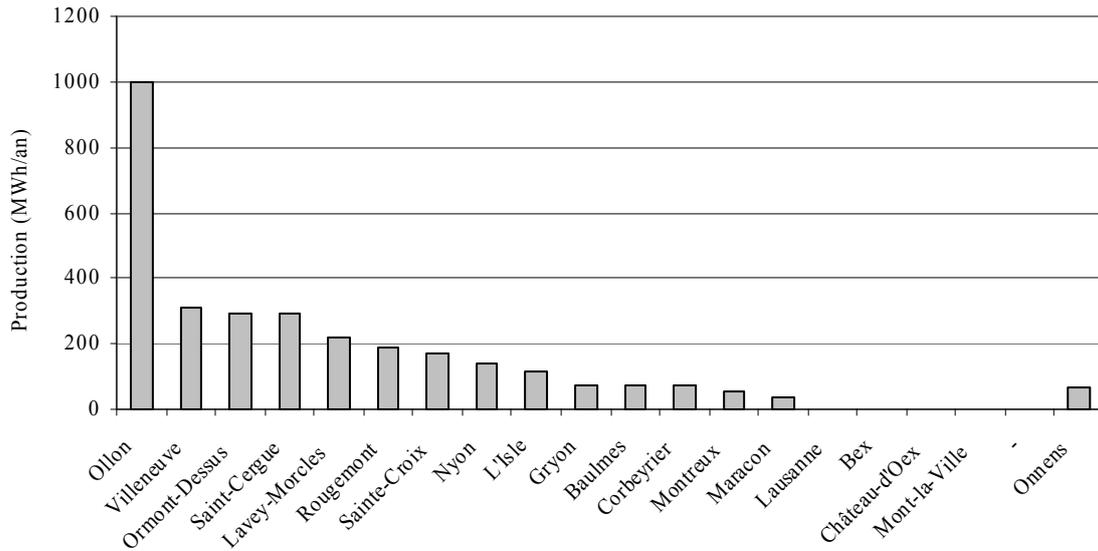


Figure 52. Communes classées suivant le gain de production électrique des sites identifiés comme intéressants à long terme (MWh/an)

## I.7 Synthèse pour les eaux de réseau

Finalement, sur les 101 sites répertoriés dans l'inventaire y compris les sites en service, 37 se révèlent ne pas être intéressants, réduisant le potentiel technique en termes de puissance de moins de 0.1 MW et 0.3 GWh/an en termes de production électrique.

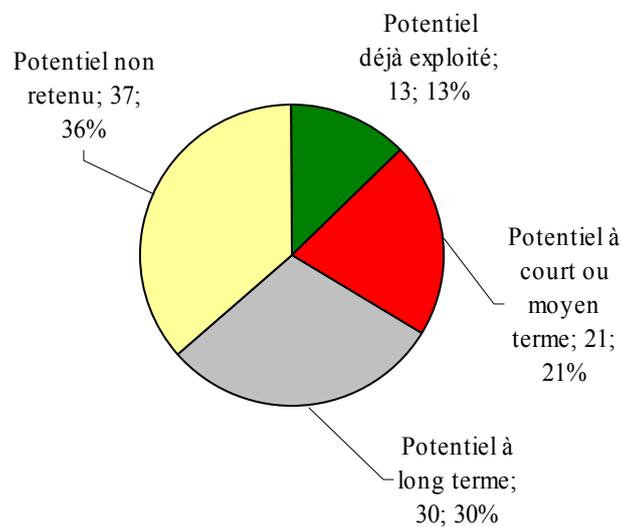
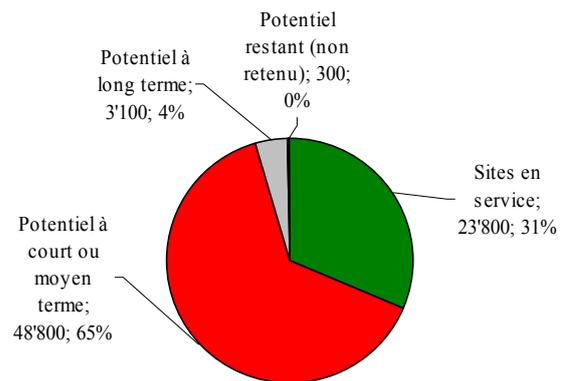
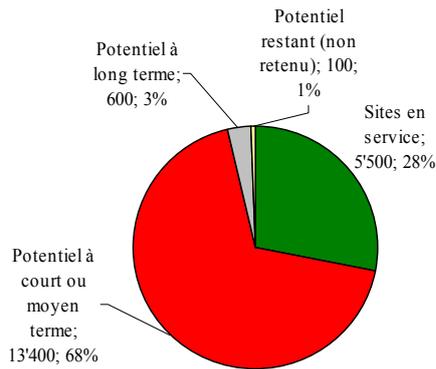


Figure 53. Répartition des 101 sites répertoriés sur les réseaux d'eau



**Figure 54. Potentiel des réseaux d'eau en termes de puissance (kW)**

**Figure 55. Potentiel des réseaux d'eau en termes de production (MWh/an)**

Le projet GREHL avec ses 12 MW et 43 GWh/an est le projet qui, s'il se réalise va permettre de multiplier par 3 la puissance en service pour les réseaux d'eau, et par 10 la production électrique.

Pour ce qui est des autres sites, il apparaît que l'hydrogéologie et la topographie du canton de Vaud conduit à 3 types principaux de réseaux:

- Des réseaux où la source se trouve à plus basse altitude que la commune, nécessitant du pompage,
- Des réseaux où la pression est entièrement utilisée pour l'approvisionnement,
- Des réseaux où le dénivelé entre la source et les consommateurs est faible, ce qui se traduit par des puissances de turbinage limitées exploitées par des machines peu performantes.

Comme on pouvait s'y attendre, le potentiel le plus intéressant se trouve dans le Chablais et dans les Alpes Vaudoises, les dénivelés étant conséquents et les ressources en eau en altitude abondantes. 21 des 51 sites retenus à court, moyen et long terme sont dans cette région. Ils sont au nombre de 27 si l'on y ajoute les 6 sites situés dans la Riviera, soit aux portes de Alpes. 21 sites sont quant à eux situés dans l'Arc jurassien ou sur La Côte. Enfin, trois sont identifiés en région lausannoise, l'eau pouvant parvenir de plus loin (par exemple Lac de Bret).

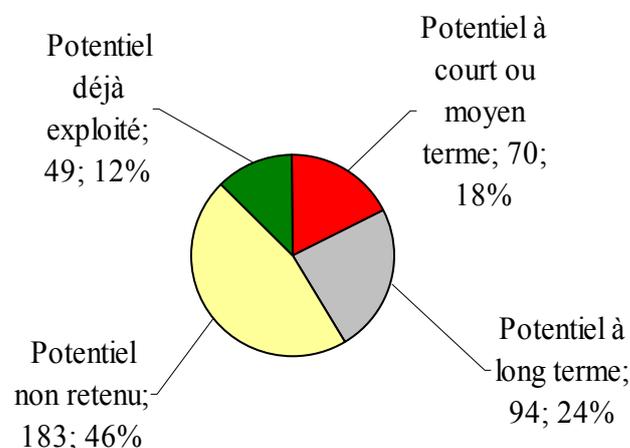
De manière générale, le site vaudois sur les eaux de réseau est de petite puissance, puisque 17 des 26 centrales en service ont une puissance inférieure à 100 kW. Il en est de même pour le potentiel restant à exploiter, puisque seuls 4 sites sur les 51 identifiés comme intéressants à court, moyen et long terme correspondent à un gain de puissance supérieur à 100 kW.

## J Potentiel global du canton de Vaud – Conclusions

Il est utile de rappeler en préambule que le potentiel technique du canton de Vaud tel que défini dans ce rapport ne pourra pas forcément être utilisé dans sa totalité, certains sites n'étant pas exploitables pour des questions environnementales ou économiques. Par ailleurs, il est possible que certains sites réalisables aient pu échapper aux investigations menées dans le cadre de ce cadastre. De plus, certains sites, non retenus à ce jour, peuvent redevenir d'actualité en fonction des évolutions techniques et économiques (nouvelles solutions techniques, augmentation du prix de l'électricité). Les études détaillées nécessaires à la mise en valeur du potentiel identifié comme réalisable à court, moyen ou long terme pourraient, par ailleurs, conclure à l'abandon de certains sites pour les mêmes raisons. Quand bien même les critères hydrologiques, hydrauliques, environnementaux et financiers ont été considérés dans la sélection et la classification des sites, le degré de détails possible, dans le cadre d'un tel mandat, ne peut, en effet, pas permettre une analyse individuelle fouillée.

De plus, il est rappelé que la mention ou le repérage d'un site intéressant dans ce cadastre ne permet aucunement de contraindre le propriétaire des lieux à réaliser le projet.

Le présent cadastre répertorie au final 388 sites, répartis à raison de 287 sur les eaux de surface et 101 sur les eaux de réseau, que ceux-ci soient en service ou non (sites à réhabiliter ou en projet). Le potentiel technique est donc estimé à 254 MW, pour une production de 956 GWh/an.



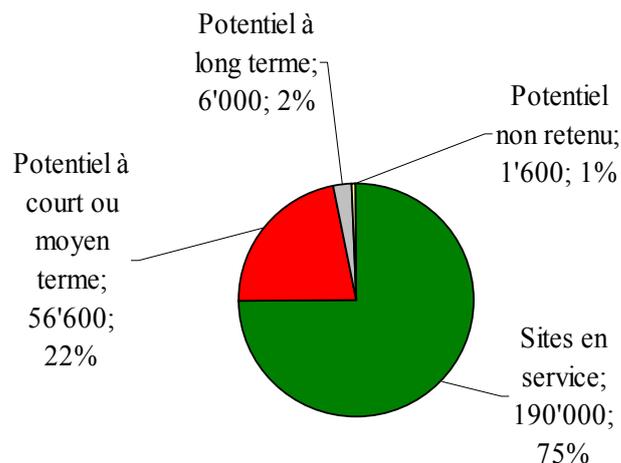
**Figure 56. Répartition des 388 sites suivant leur type de potentiel**

L'analyse conduite dans le cadre de ce projet conduit à ne pas retenir 183 sites, ceux-ci impliquant, par exemple, de trop gros investissements, ayant un impact trop fort sur l'environnement relativement à leur production possible, ou étant situés sur des cours d'eau à trop faible débit. Le potentiel technique est ainsi réduit de moins de 2 MW et de 8 GWh/an en termes de production potentielle totale.

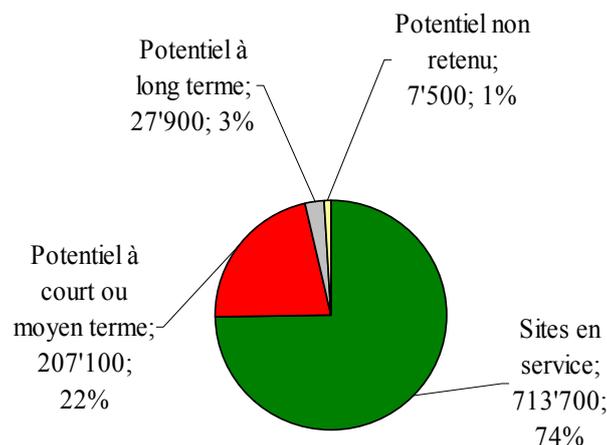
49 sites ne présentent plus de potentiel, soit parce qu'ils sont déjà en service et ne peuvent a priori pas être optimisés, soit parce que leur potentiel est comptabilisé en fusion dans de 8 nouveaux sites de fusion.

Au total, 164 sites présentent un potentiel encore exploitable et intéressant à court, moyen ou long terme.

71 sites correspondent à des installations en service, leur puissance étant de près de 190 MW pour une production de 713 GWh par an, parmi lesquels 33 présentent un potentiel encore exploitable et intéressant à court, moyen ou long terme.



**Figure 57. Potentiel technique, économique et environnemental du canton de Vaud, en termes de puissance (kW)**



**Figure 58. Potentiel technique, économique et environnemental du canton de Vaud, en termes de production (MWh/an)**

Au final, 75% du potentiel technique en termes de puissance et 74% en termes de production, sont déjà exploités sur le territoire cantonal.

A court ou moyen terme, un gain de puissance de plus de 57 MW, pour une production de 207 GWh/an est envisageable, soit environ 22% du potentiel technique. Le potentiel à long

terme représente, pour sa part, un gain de 6 MW en termes de puissance pour une production supplémentaire de 28 GWh.

Au total, le potentiel encore à développer représente 63 MW pour une production de 235 GWh par an, chiffre qu'il est intéressant de comparer à l'objectif de la Confédération qui est d'augmenter la part de l'hydraulique dans la production d'électricité de 2'000 GWh/an. Le canton de Vaud pourrait couvrir jusqu'à 12 % de cet objectif.

Un tel gain en électricité représente la consommation de près de 50'000 ménages et une réduction des émissions de dioxyde de carbone de plus de 113'000 tonnes par année.

Au final, la mise en valeur du potentiel technique, économique et environnemental du Canton permettrait d'atteindre une puissance installée de 253 MW pour une production de 949 GWh/an, dont 9% sur les réseaux d'eau, représentant le quart de la consommation d'électricité du canton de Vaud en 2007 (4'168 GWh/an). Pour mémoire, ces chiffres comprennent uniquement les parts vaudoises des aménagements transcantonaux et ne prennent pas en considération la production de l'aménagement de pompage-turbinage de Veytaux.

L'augmentation de production permettrait de couvrir 5% supplémentaires de la consommation vaudoise d'électricité.

		Bilan Eaux de surface			Bilan Eaux de réseau			Bilan final		
		Nb	P	E	Nb	P	E	Nb	P	E
			kW	MWh/an		kW	MWh/an		kW	MWh/an
Sites répertoriés	Potentiel technique	287 <sup>20</sup>	234'600	880'200	101	19'600	76'000	388	254'200	956'200
	Sites en service	45	184'500	689'900	26	5'500	23'800	71	190'000	713'700
	Potentiel restant	242	50'100	190'300	75	14'100	52'200	317	64'200	242'500
potentiel	à court ou moyen terme	49	43'200	158'300	21	13'400	48'800	70	56'600	207'100
	à long terme	64	5'400	24'800	30	600	3'100	94	6'000	27'900
	non retenu	146	1'500	7'200	37	100	300	183	1'600	7'500
	déjà exploité	36 <sup>21</sup>	184'500	689'900	13	5'500	23'800	49	190'000	713'700

**Tableau 9. Potentiel vaudois pour les eaux de surface et les eaux de réseau**  
(Nb= nombre de sites, P = puissance, E = Production électrique)

<sup>20</sup> Ces 287 sites sont ceux identifiés à mi-octobre 2008. Ne sont pas inclus: les sites déjà fusionnés (mais leurs sites de fusion correspondant) et les nouveaux sites de fusion encore en projet à cette date.

<sup>21</sup> Ces 295 sites potentiels sur les eaux de surface comptent 8 sites de fusion supplémentaires, les 21 sites fusionnés (dont 2 en service) se retrouvant dans les 36 sites dits "déjà exploités". 17 sites en service ne présentent pas de potentiel d'optimisation, et sont également comptabilisés dans ces 36 sites.

## K Sigles – acronymes – abréviation

Ci-dessous la liste des sigles utilisés dans ce rapport et dans l'inventaire.

C	Concession active
DETEC	Département de l'Environnement, des Transports, de l'Energie et de la Communication
DP	Droit permanent,
EC	Eaux claires
ECA	Etablissement Cantonal d'Assurance
EI	Eau d'irrigation
EP	Eau potable
EU1	Eau usée avant traitement
EU2	Eau usée après traitement
GWh	Gigawatt heure, 1 GWh = 1'000'000 kWh
kW	Kilowatt, 1 kW = 1000 W
kWh	Kilowattheure, une puissance de 1 kW produite en continu pendant une heure donne une énergie de 1 kWh
LApEl	Loi fédérale sur l'Approvisionnement en Electricité
LEaux	Loi fédérale sur la protection des Eaux
LEne	Loi fédérale sur l'Energie
LFH	Loi fédérale sur l'utilisation des Forces Motrices
LFSP	Loi fédérale sur la Pêche
LLC	Loi cantonale sur l'utilisation des Lacs et des Cours d'eau
Lpêche	Loi cantonale sur la Pêche
LVLene	Loi cantonale sur l'Energie
MWh	Megawatt heure, 1 MWh = 1'000 kWh
NV	Nouveau site, encore non concédé
OApEl	Ordonnance sur l'Approvisionnement en Electricité
OFEE	Office Fédéral de l'Economie des Eaux, aujourd'hui remplacé par l'OFEV
OFEN	Office Fédéral de l'Energie
OFEV	Office Fédéral de l'Environnement
PCH	Petite centrale hydraulique, dont la puissance est inférieure à 10 MW
PGEE	Plan Général d'Evacuation des Eaux
R	Concession radiée
RPC	Rétribution à Prix Coûtant définie dans l'OApEl
Ru.	Ruisseau
S	En Service
SCAV	Service de la Consommation et des Affaires Vétérinaires
SESA	Services des Eaux, Sols et Assainissement
SEVEN	Service de l'Environnement et de l'Energie
SSIGE	Société Suisse de l'Industrie, du Gaz et des Eaux
STEP	Station d'Epuration
*	Cours d'eau faisant l'objet d'au moins un projet d'hydro-électricité annoncé au SESA

## L Bibliographie

Titre	Auteur	Année	Edition	Pays	Site web
Petites centrales hydrauliques et écologie des eaux, Analyse de situation, Diane 10, Petites centrales hydrauliques, Programme Energie 2000	Claudia Zaugg, Hanspeter Leutwiler	1997	Office fédéral de l'Energie, Berne	Suisse	www.smallhydro.ch
Poissons et petites centrales hydrauliques, Solutions avantageuses de franchissement pour les poissons et la microfaune aquatique, Diane 10, Petites centrales hydrauliques, Programme Energie 2000	Claudia Zaugg, J.C. Pedroli	1997	Office fédéral de l'Energie, Berne	Suisse	www.smallhydro.ch
Pico-centrales, les toutes petites centrales à installer soi-même, Diane 10, Petites centrales hydrauliques, Programme Energie 2000	Gian-Andri Tannò	1996	Office fédéral de l'Energie, Berne	Suisse	www.smallhydro.ch
Rénover au lieu d'abandonner, Modernisation et remise en service des petites centrales hydrauliques, Critères d'évaluation, Diane 10, Petites centrales hydrauliques, Programme Energie 2000	Walter Nüssli	1994	Office fédéral de l'Energie, Berne	Suisse	www.smallhydro.ch
Aperçu général sur les petites centrales hydrauliques, Aspects économiques et écologiques, Diane 10, Petites centrales hydrauliques, Programme Energie 2000	Louis von Moos, Hanspeter Leutwiler	1997	Office fédéral de l'Energie, Berne	Suisse	www.smallhydro.ch
L'eau potable génératrice d'Electricité, Inventaire et étude du potentiel des usines électriques sur l'alimentation en eau potable en Suisse, Diane 10, Petites centrales hydrauliques, Programme Energie 2000	Markus Hintermann	1994	Office fédéral de l'Energie, Berne	Suisse	www.smallhydro.ch
Petits aménagements hydro-électriques en Suisse	Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie, Office Fédéral de l'Economie des Eaux	1987	Office Fédéral de l'Economie des Eaux	Suisse	www.smallhydro.ch
Petites centrales hydrauliques sur l'eau potable, Diane 10, Petites centrales hydrauliques, Programme Energie 2000	Peter K. Burger, Heinz Gross	1997	Office fédéral de l'Energie, Berne	Suisse	www.smallhydro.ch
L'Eau usée génératrice d'Electricité, Dossier technique et étude du potentiel, Diane 10, Petites centrales hydrauliques, Programme Energie 2000	R. Chenal, C.-A. Vuillerat, J. Roduit	1995	Office fédéral de l'Energie, Berne	Suisse	www.smallhydro.ch
Guide pour la Réalisation de Projets de petite hydro-électricité	Réseau Thématique de la Petite Hydro-électricité	2005	ESHA: Association pour la petite Hydraulique, Bruxelles	Belgique	www.esha.be
Questions souvent posées (FAQs)	Réseau Thématique de la Petite Hydro-électricité	2005	ESHA: Association pour la petite Hydraulique, Bruxelles	Belgique	www.esha.be

## M Annexes

### **Annexe 1. Fiches des sites non confidentiels (selon B.6) identifiés comme intéressants à court, moyen ou long terme**

### **Annexe 2. Cartes des sites en service**

Les 12 cartes pour les sites en service sont organisées:

- par région: Arc Jurassien + La Côte / Plateau /Chablais + Alpes + Riviera,
- **par commune,**
- **par type d'eau:** eaux de surface / eau potable / eaux usées / eaux d'irrigation,
- selon le potentiel, en terme de puissance ou de production électrique, exploité / non exploité, intéressant à court, moyen ou long terme.

### **Annexe 3. Cartes pour les eaux de surface**

Les 6 cartes pour les eaux de surface sont organisées:

- par région: Arc Jurassien + La Côte / Plateau /Chablais + Alpes + Riviera,
- **par cours d'eau,**
- selon la puissance ou la production électrique,
- selon le potentiel: en service / intéressant à court, ou moyen terme /intéressant à long terme / non retenu.

### **Annexe 4. Cartes pour les eaux de réseau**

Les six cartes du canton pour les eaux de réseau sont organisées:

- **par commune,**
- selon la puissance ou la production électrique,
- tout type d'eau de réseau confondu ou par type d'eau: eaux de surface / eau potable / eaux usées / eaux d'irrigation,
- selon le potentiel: en service / intéressant à court, ou moyen terme /intéressant à long terme / non retenu.