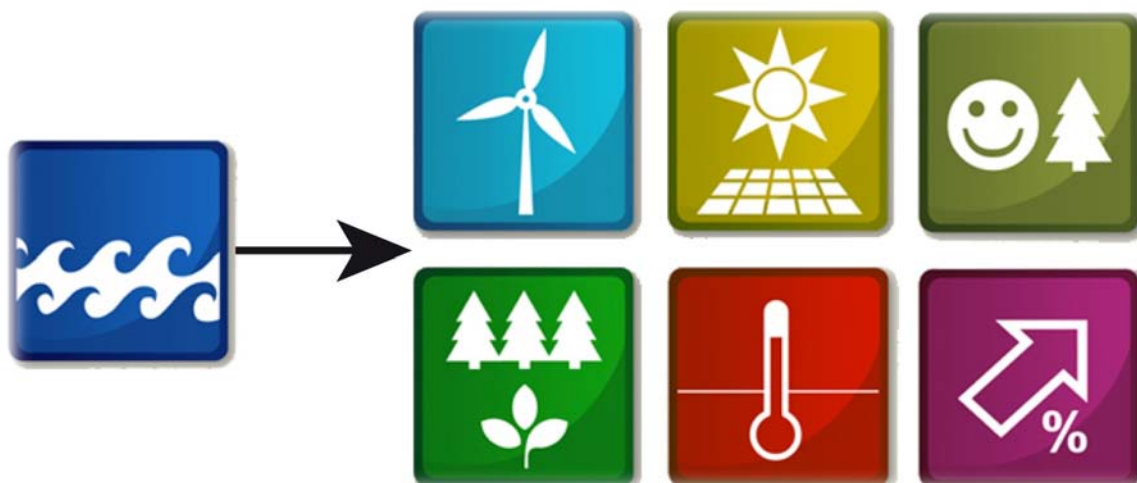




14 Alternatives au projet de barrage hydroélectrique à Conflan

Mandat d'étude réalisé pour et sur demande du WWF-Genève

Table des matières

TABLE DES MATIÈRES	2
AVANT-PROPOS	3
RÉSUMÉ ET RÉSULTATS DE L'ÉTUDE	4
RÉSULTATS POUR 2022	5
COMMENTAIRE PAR FICHE	7
MÉTHODOLOGIE	9
LES SOURCES UTILISÉES :.....	9
DIFFICULTÉS ET LIMITES DE LA RECHERCHE, CHOIX DES HYPOTHÈSES DE DÉPART	10
CONFLAN : PROJET HYDROÉLECTRIQUE SUR LE RHÔNE FRANCO-SUISSE.....	13
DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE.....	13
ESTIMATION DU COÛT DU KWh ÉLECTRIQUE EN 2022	14
ESTIMATION DU POTENTIEL DE CONFLAN.....	14
IDENTIFICATION DES LIMITES	14
SCÉNARIO DE MOBILISATION DE LA RESSOURCE ET POTENTIEL MOBILISABLE EN 2022	15
IMPACT ÉCOLOGIQUE.....	15
CO-BÉNÉFICES.....	16
POUR EN SAVOIR D'AVANTAGE	16
BIBLIOGRAPHIE.....	17
QUATORZE ALTERNATIVES AU PROJET DE BARRAGE HYDROÉLECTRIQUE À CONFLAN	18
1. ÉNERGIE SOLAIRE LOCALE : THERMIQUE ET PHOTOVOLTAÏQUE	18
2. GÉOTHERMIE MOYENNE ET PROFONDE	21
3. CENTRALE CHALEUR-FORCE (CCF) & COMBINED CYCLE GAS TURBINE (CCGT)	25
4. BIOMASSE	29
5. PROJET HÉLIOS EN GRÈCE : PRODUCTION D'ÉNERGIE PHOTOVOLTAÏQUE	32
6. INVESTISSEMENT DANS DES FERMES ÉOLIENNES FRANÇAISES (ONSHORE ET OFFSHORE).....	34
7. APPOINT THERMIQUE PROVENANT DU LAC: PROJET <i>GENÈVE-LAC-URBAIN - GLU</i>	37
8. ISOLATION THERMIQUE DES VILLAS	40
9. EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE CHEZ LES « GRANDS CONSOMMATEURS ».....	42
10. Éco21 PLUS	46
11. FACTURATION INCITATIVE	49
12. COMPTEURS INTELLIGENTS & TARIFICATION DIFFÉRENCIÉE	51
13. SOBRIÉTÉ ÉNERGÉTIQUE OU CHANGEMENTS DE COMPORTEMENT	54
14. CAMPAGNE POUR UNE TAXE INCITATIVE SUR LE GAZ ET L'ÉLECTRICITÉ	57
DISCUSSION DES RÉSULTATS ET CONCLUSION DE NOÉ21	59
MAÎTRISER LA DEMANDE POUR RÉUSSIR LE TOURNANT ÉNERGÉTIQUE.....	59
COMPARAISON DES ALTERNATIVES	60

Avant-propos

Le projet de barrage à Conflan ravive un débat dans le mouvement écologiste. Ceci parce que le projet, bien que renouvelable, provoquerait des dégâts à la nature, son lieu d'implantation se trouvant dans une zone inscrite à l'Inventaire fédéral des sites naturels (IFP). La question qui a animé les auteurs de ce rapport était "quelles sont les alternatives au projet de Conflan ?". La consommation d'électricité du canton est actuellement de 3000 GWh/an, Conflan fournirait 140 GWh/an. Nous avons orienté nos recherches vers des alternatives fournissant une quantité comparable de production ou d'économies d'énergie. En même temps, les auteurs sont bien conscients que le projet de Conflan est pensé pour remplacer des sources d'énergie non renouvelables et hautement polluantes et ce de façon globale : les centrales nucléaires, les centrales à gaz et à charbon, qu'elles soient situées en Suisse ou ailleurs en Europe mais dont nous importons le courant. Pour se documenter avec des données récentes, le comité du WWF Genève a décidé de confier à Noé21 (acronyme de Nouvelle orientation économique pour le 21ème siècle) une étude sur ces alternatives, sur leurs coûts et leurs potentiels. Chaque alternative retenue a été étudiée pour définir ou estimer son coût par kWh fourni ou par kWh évité, son potentiel mobilisable, ses impacts sur l'environnement, etc.

Nous vous souhaitons une bonne lecture et nous tenons à votre disposition pour répondre à toute question que vous pourriez vous poser.

Pour l'équipe de recherche « Mandat WWF »,

Chaim Nissim, chef de projet
cnissim@noe21.org

Équipe Mandat WWF : Chaïm Nissim, Rédha Farah, Félix Dalang, Philippe de Rougemont, Christian Buezod, Jérôme Strobel et Anouk Zosso

.....
Noé21 est l'acronyme de Nouvelle orientation économique pour le 21e siècle
ONG indépendante spécialisée dans les solutions au changement climatique
Membre du Bureau européen de l'environnement et du Réseau action climat Europe CAN-E
Accrédité à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
Noé21 - 19 Quai Ch. Page - 1205 Genève - Tel. + 41 22 329 51 36 info@noe21.org

Résumé et résultats de l'étude

Les 14 alternatives contenues dans ce rapport concernent des solutions de différents types. Pour chaque alternative une fiche synthétique a été rédigée résumant les résultats des enquêtes entreprises par l'équipe de recherche.

Six fiches décrivent une production d'énergie d'origine renouvelable (éolien à l'étranger, solaire en Suisse et à l'étranger, biomasse, géothermie).

Une fiche décrit la production d'énergie provenant de la combustion de gaz.

Quatre fiches décrivent la réduction de la consommation d'énergie pour un service rendu identique (utilisation de la température du lac pour réguler la température des bâtiments, isolation des maisons contre le froid, aide à la réduction de la consommation d'électricité chez les ménages et chez les grands consommateurs.)

Quatre dernières fiches décrivent des programmes qui incitent les consommateurs finaux à réduire leur consommation d'énergie (facturation, taxes et tarifs incitatifs, contraintes légales).

Prises ensemble les fiches dépassent largement la production du projet de Conflan. Mais les potentiels que décrivent ces fiches ne sont pas tous additionnables linéairement. Dans la conclusion nous discuterons des perspectives énergétiques les plus crédibles, en fonction de certains buts que nous pourrions nous donner : la discussion portera par exemple sur des scénarios, comme : « comment remplacer les 15% de notre approvisionnement qui proviennent actuellement de la centrale à gaz du Luxembourg ? »

<i>Prévisions des coûts et potentiels électriques et thermique pour Genève</i>	2022		2050	
	Coûts c/kWh	GWh	Coûts c/kWh	GWh
Conflan : barrage hydroélectrique	7	141	7	133 ¹
1. Solaire électrique local	20.5	150	13.4	955
5. Solaire électrique délocalisé	19.1	141	-	-
1. Solaire thermique local	22.2	36	12	219
2. Géothermie moyenne et profonde thermique	-	-	15	2400
2. Géothermie profonde électrique	-	-	30	240
7. Géothermie de surface (GLU, GLN, GLA)	14	120	12	300
3. CCF électrique	14	120	12	240
3. CCF thermique	14	278	12	556
3. CCGT électrique	12	175	12	175
3. CCGT thermique	12	280	12	175
4. Biomasse électrique	30	16	12	16
4. Biomasse thermique	20	32	12.8	32
6. Éolien délocalisé	2.4	141	2	141
8. Rénovations thermiques villas PAC	100	30	60	100
9. Économie d'énergie chez les grands consommateurs	6	350	6	350
10. DSM eco21	8	350	8	350
11. facturation incitative	5	100	5	200
12. compteurs intelligents	10	38	8	72
13. Sobriété énergétique	1	80	2	160
14. Taxe incitative	2	165	2	165

¹Voir explication de la baisse p.14 : Disponibilité de la ressource primaire

Tableau 1: Calcul des coûts et potentiels électriques et thermiques des différentes alternatives étudiées. Couleurs selon figure 1 ci-dessous.

Résultats pour 2022

Les 2 graphiques ci-dessous reprennent les chiffres du tableau. En abscisse on voit le potentiel, en GWh/an, en ordonnée le coût. Les différentes alternatives et Conflan ont été placées dans l'ordre croissant des coûts du kWh.

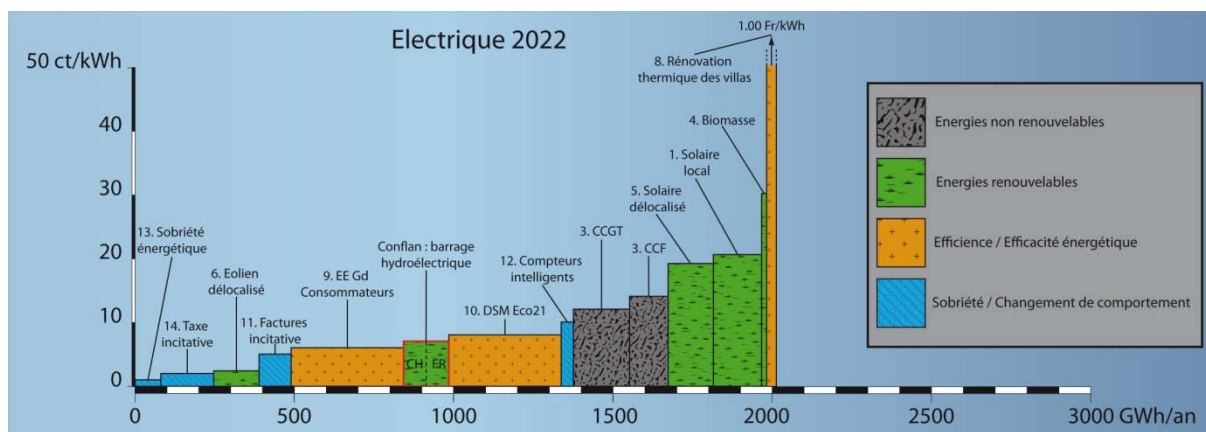


Figure 1 : Le projet de barrage de Conflan et ses alternatives en 2022

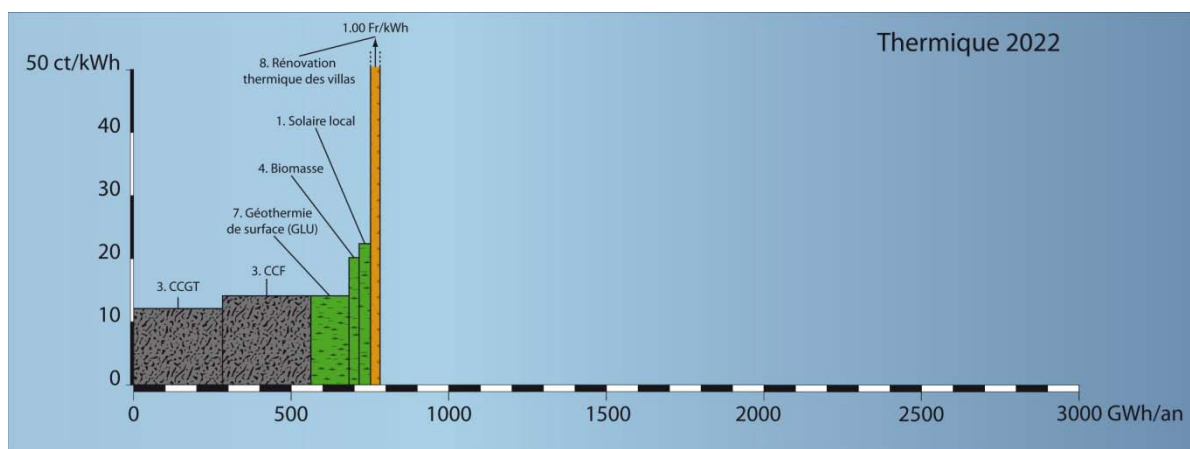


Figure 2 : Les alternatives, partie thermique

Les 4 graphiques ci-dessous reprennent les chiffres du tableau. En abscisse on voit le potentiel, en GWh/an, en ordonnée le coût. Les 2 premier graphiques sont les mêmes que les 2 ci-dessus mais les différentes alternatives sont classés par ordre des fiches explicatives².

Les 2 derniers graphiques représentent une estimation des potentiels électriques et thermiques en 2050.

² Voir chapitre « Quatorze alternatives au projet de barrage hydroélectrique à Conflan », p.18 à 58

14 Alternatives au projet de barrage hydroélectrique à Conflan

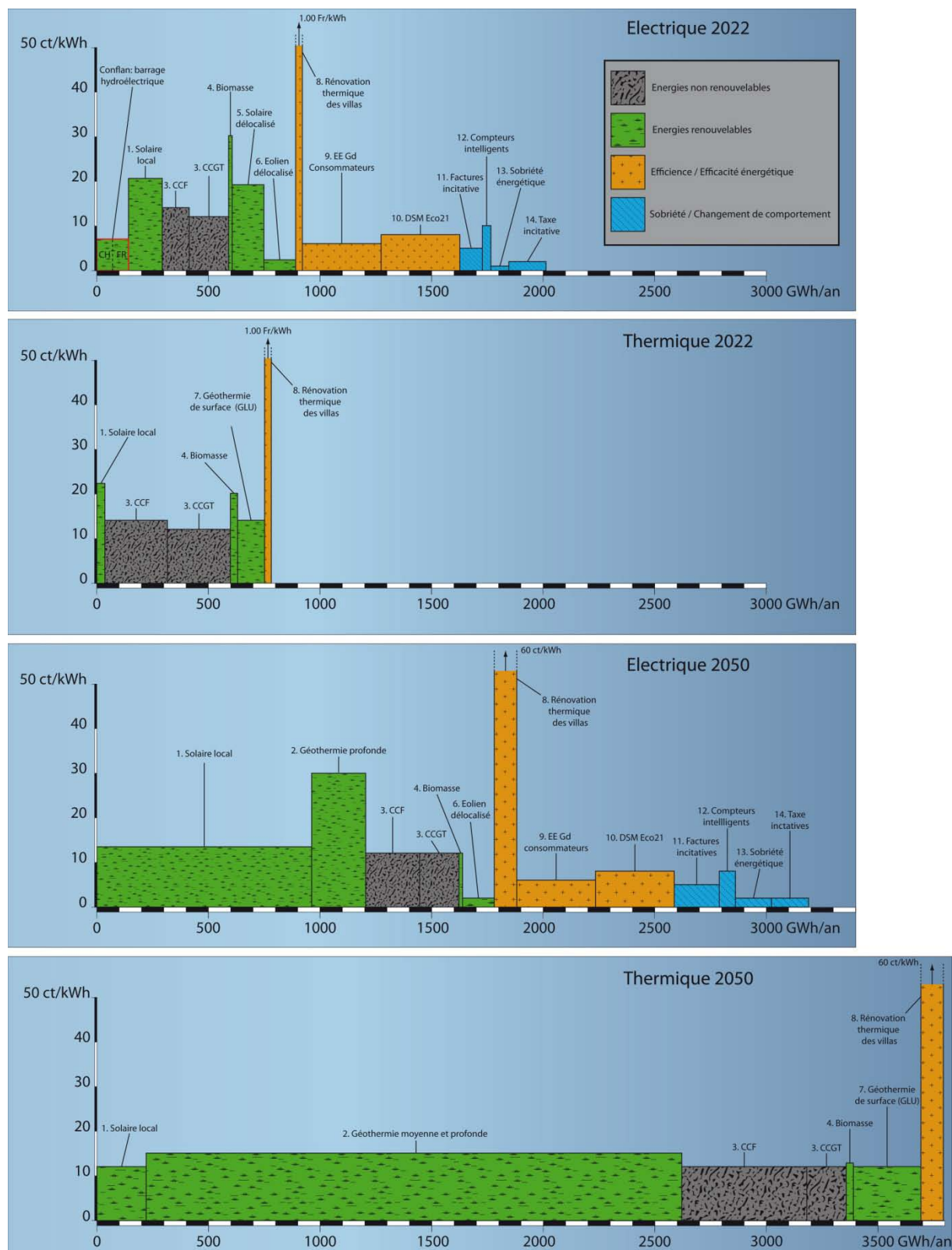


Figure 3: Potentiels et coûts des différentes alternatives en 2022 et 2050

Commentaire par fiche

Conflan : barrage hydroélectrique

Début des travaux en 2019 fin en 2022 Coût : CHF 240 millions, production : 141 GWh à 8ct/kWh. Il faut noter que le barrage de Chancy-Pougny (en amont) perdra 20 GWh par an de production à cause de la mise en place de Conflan. Conflan permettra donc de produire annuellement 121 GWh d'électricité³.

Fiches 1 à 6 : productions supplémentaires renouvelable et non-renouvelable

1. Pour le solaire, photovoltaïque (PV) et thermique, nous avons choisi l'hypothèse b du rapport de Jérôme Faessler, selon lequel l'optimum est de 0,5 m² de solaire thermique par habitant, complété en PV sur les surfaces disponibles en toits versant sud. Le mazout économisé par le solaire thermique ne se voit que sur le second graphique, celui représentant le thermique. Cette fiche solaire est représentée par deux rectangles, le premier dans le graphique thermique le, 2^e dans le graphique électrique. Le solaire PV peut fournir 300W/hab donc 1000 GWh en 2050, nous l'évaluons à 50 W/hab. en 2020, soit 150 GWh.
2. Géothermie, séparé en deux : électrique et thermique pour les grandes profondeurs, et thermique uniquement pour les moyennes profondeurs, dont la température ne dépasse pas 200 degrés.
3. CCF-CCGT, le prix de 20 CCF de quartier sera plus cher que le prix d'une seule CCGT avec réseau (économie d'échelle). Cette fiche donnera elle aussi 2 rectangles, un pour la chaleur et l'autre pour l'électricité
4. Bois-biomasse. Elle se base également sur la thèse Faessler. Cette fiche donne 2 rectangles, un pour la chaleur et un pour l'électricité. Le bois biomasse peut produire 66% thermique et 33% électrique et la partie thermique donnera 32 GWh. Coproduits agricoles, bois, déchets organiques, cultures dédiées très petites.
5. Photovoltaïque à l'étranger. Hélios. Nous comptons 19ct/kWh. Le potentiel est énorme, pour fixer les idées, on importera par exemple 141 GWh/an, la production de Conflan. Mais le potentiel permettrait de couvrir l'ensemble des besoins de l'agglomération.
6. Éolien à l'étranger. Potentiel limité arbitrairement à 140 GWh, l'électricité produite à Conflan, pour fixer les idées mais là aussi le potentiel est énorme.

Fiches 7 à 10 : efficacité énergétique

7. GLN réseaux hydrothermiques dont parle Faessler, lui parle carrément d'une « filière hydrothermique » 300 MW en tout, très écologique pour le froid (COP 16), pas tellement pour le chaud (COP 4). Notons que la fourniture de froid par GLU dépasse de très loin les besoins de froid, créant une impression tronquée d'économie. GLN fait 18MW de froid et 13 MW de chaleur. Mais GLU fera beaucoup plus s'il se réalise - 100 GWh-, et encore plus si les immeubles sont mal construits ou mal rénovés.
8. PAC - isolation des villas, si les villas étaient mieux isolées on économiserait du courant, vu l'explosion du marché des pacs dans les villas. On évite du courant ou du gaz en isolant les villas. Nous avons utilisé cette fiche pour mettre un pied dans l'intervalle entre thermique et électrique.
9. Efficacité moteurs électriques/lampes/ventilations chez les gros consommateurs. Fiche basée sur les graphiques de Mme Le Strat. La fiche 9 concerne les

³ Voir PL10951 p.6

consommateurs de > 1 GWh/an.

10. Eco21 + DSM plus poussé chez les ménages et les petites entreprises. On part de l'objectif de Eco21, que l'on considère comme le scénario "business as usual", et on va au-delà : La fiche 10 représente Eco21 allongé au-delà des 150 GWh déjà prévus en 2014 pour CHF 53 millions. Eco21 communs d'immeuble, particuliers, pauvres, entreprises et collectivités. Les communs d'immeuble vont être équipés de lampes performantes munies de capteurs de passage.

Eco21 « regonflé » propose un potentiel de 737 GWh/an en 2018, (slide 15 Mme Le Strat) donc 1000 GWh/an en 2022. Eco21 va réaliser 300 GWh/an (v slide 4 Cédric Jeanneret), il restera donc 700 GWh/an pour eco21 regonflé. Sur ces 700 GWh/an, la moitié proviendra des grands consommateurs. (slide 26-27 de Mme Le Strat) soit 350 GWh. Reste 350 GWh pour eco21 regonflé, sans les grands consommateurs.

Fiches 11 à 14 : sobriété et incitations à changer de comportement

Les mesures d'efficacité et de productions alternatives ci-dessus peuvent aussi bénéficier des quatre mesures de financement ci-dessous. Les potentiels d'économie de ces quatre fiches sont chiffrables, mais pas additionnables linéairement à ceux des autres fiches. Nous avons été sévères sur les prévisions de succès concernant la fourniture de « négawatts ».

11. Opower software smiley sur la facture incitations tarifaires, visité par Obama. Cette fiche change le comportement.
12. CPP « Critical Peak Pricing » et « Smart Meters », compteurs intelligents en Ontario. 6% de potentiel et des coûts bas.
13. Sobriété obtenue par des règlements (= des interdictions et des obligations d'autorisation) et des tarifs incitatifs : vitrines éteintes à Tokyo, réductions de 15-25% à Tokyo. Quel prix pour faire de la pub ou des lois ? le coût de ces mesures est bas. Interdire l'éclairage des vitrines ? Combien d'économies peut-on en attendre ? 4%, comme Conflan, après avoir passé en revue les études japonaises récentes.
14. Taxe incitative redistribuée qui réduit les consommations de 5%, selon INFRAS qui a expertisé la Lenkungsabgabe bâloise (v PL9197). La mettre sur pieds coûte 50 millions. Une partie de cette taxe peut financer d'autres mesures de comportement ou d'efficacité.

Méthodologie

Noé21 a identifié des solutions alternatives à la centrale de Conflan disponibles ou réalisables dans le canton (ou dans l'agglomération, si les chiffres sont disponibles). Nous avons cherché tant des nouvelles énergies renouvelables, que des mesures d'économie d'énergie. Le présent rapport évalue le potentiel de chaque mesure en énergie (GWh/an) et en coût (ct/kWh). Nous donnerons une aussi une appréciation de la mesure.

Nous avons ajouté deux alternatives qui sortent du cadre local mais nous semblent particulièrement intéressantes, soit les éoliennes dans la mer du Nord et le solaire photovoltaïque dans des pays à ensoleillement élevé et coût relativement bas, par exemple en Grèce.

Les résultats sont représentés par un graphique synoptique qui reporte en abscisse le potentiel de la mesure en GWh/an et en ordonnée le prix du kWh produit ou économisé. Chaque mesure est représentée par un rectangle, ces derniers selon le prix du kWh. Un code de couleur indique notre appréciation de la qualité écologique de chaque mesure. A titre de comparaison nous incluons toutefois la centrale à gaz et le barrage de Conflan lui-même dans notre graphique.

Ce rapport est inspiré par la courbe de coûts réalisée par l'institut McKinsey (graphique ci-dessous).

Overall Swiss GHG abatement cost curve: base case

2030, mesures with costs below €100 per tonnes of CO₂

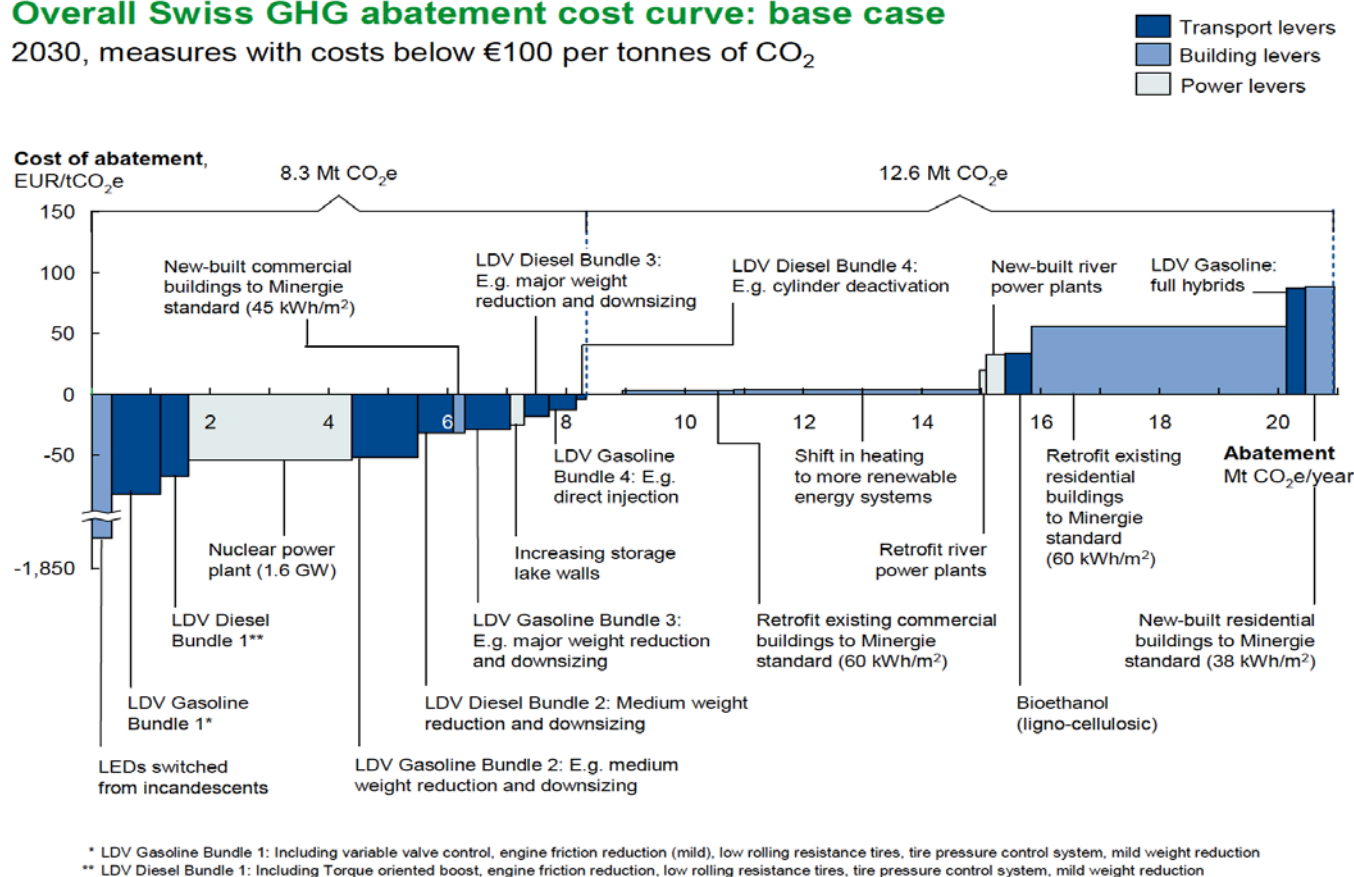


Figure 4 Les coûts de la réduction du CO₂ d'après McKinsey

Les sources utilisées :

Pour le potentiel d'énergie renouvelable, nous nous sommes basés sur les travaux de Jérôme Faessler, et sur l'expérience de SIG. Pour l'efficacité et les coûts des méthodes d'économie d'énergie, nous nous sommes basés principalement sur les études de Mme Le Strat, mais aussi sur l'expérience d'éco21. Pour les changements de comportement et les

mesures de sobriété, les succès obtenus au Japon suite à Fukushima nous ont servi d'exemple, et nous nous sommes appuyés sur nos recherches précédentes.

Le prix du kWh, produit ou économisé, est estimé par Noé21 sur la base de ses propres recherches.

Le rapport de Noé21 permettra ainsi de comparer le coût et la quantité d'électricité produite par Conflan avec les mêmes capacités d'autres énergies renouvelables. Il sera utile à celles et à ceux qui veulent particulièrement tenir compte de l'impact des énergies renouvelables sur l'environnement.

Difficultés et limites de la recherche, choix des hypothèses de départ

Additionnalité des mesures proposées

Le budget limité alloué à cette recherche ne permettait pas d'étudier l'additionnalité au sens du protocole de Kyoto. Ce critère détermine si une mesure prônée aurait de toute façon été réalisée ou si sa mise en œuvre apporte vraiment une amélioration. Nous avons essayé de nous limiter à des mesures additionnelles, en partant d'une situation de référence raisonnablement estimée. Les mesures que nous proposons ne sont cependant pas totalement nouvelles.

Délimitation des mesures proposées et recouvrements (effet « spill-over »)

Il n'est pas facile de délimiter le champ de chaque fiche pour éviter que des kWh soient comptabilisés dans deux fiches différentes. Pour les toitures solaires par exemple, nous sommes partis de la méthode de Jérôme Faessler, qui propose de placer des capteurs solaires thermiques sur tous les toits orientés au sud, pour 0,5 m² par habitant, et de recouvrir le reste du toit par des capteurs solaires PV. Ce choix est arbitraire, il a pour fonction d'éviter de compter à double certains kWh solaires.

Mais pour l'essentiel, il est impossible de fixer des catégories « étanches », une classification avec des méthodes hermétiquement séparées. Si les gens sont encouragés à éteindre la lumière, par des tarifs incitatifs ou une campagne de pub, ils vont se comporter d'une manière différente dans d'autres aspects de leur vie quotidienne, impossibles à calculer ou à évaluer précisément. Il s'agit de l'effet rebond, du « spill over » et de la psychologie des comportements. Pour tenir compte de ces imprécisions, nous avons diminué délibérément de 30% les GWh économisés par les méthodes « bleues », c'est à dire les méthodes du comportement

Confusions entre kWh thermiques et kWh électriques

Nous étudions dans plusieurs fiches une technique produisant de la chaleur – renouvelable ou non – tout en produisant ou en économisant de l'électricité. Le biogaz provenant de déchets organiques, par exemple, permet d'alimenter une turbine à gaz, de récupérer la chaleur pour chauffer directement un immeuble, et d'utiliser l'électricité pour alimenter une pompe à chaleur (récupération de la chaleur dans l'environnement par l'intermédiaire d'une sonde géothermique). D'où de nombreuses complications pour déterminer avec précision la valeur exergétique des différents types de kWh !

Dans certains cas, la délimitation est simple : si on isole correctement une villa, la PAC qui la chauffe pourra alors être redimensionnée, réduisant sa consommation d'électricité.

Pour distinguer les kWh électriques des kWh thermiques nous avons choisi de représenter deux graphiques, le premier gradué en GWh électriques, le second en GWh thermiques et en CO₂.

En principe, les kWh thermiques ne devraient pas nous intéresser, du fait que Conflan ne produirait que de l'électricité. Mais les alternatives mixtes devraient elles pour autant être écartées? Comme elles produisent un mix de thermique et d'électrique, elles seraient alors prétéritées, comme le serait un toit solaire mixte, produisant du thermique et de l'électrique.

Étude des limites, hypothèses de départ

Nous présentons dans chaque fiche le potentiel, les coûts et les limites d'une alternative à Conflan. Le potentiel se réfère à 2022 pour être comparable avec Conflan qui pourrait être mis en exploitation à cette date.

Les limites juridiques, politiques, économiques et écologiques sont décrites pour chaque alternative. Elles sont parfois utilisées comme excuses pour ne pas commencer quelque chose de neuf, tout projet comportant des potentiels et des limites. Nous avons donc décidé de ne pas écarter d'alternatives en raison des limites identifiées, mis à part les centrales nucléaires et thermiques à fioul ou à charbon.

Codes des couleurs pour les rectangles

Il ne suffit pas de représenter chaque alternative par des kWh thermiques ou électriques. On manquerait alors la composante CO₂. En effet, un kWh électrique produit dans une centrale à gaz générant tant des kWh électriques que thermiques a moins de valeur, en termes de CO₂ émis, qu'un autre kWh, électrique lui aussi, mais produit par une éolienne! Nos codes de couleur visent à clarifier cet aspect des choses.

Pour faciliter la compréhension nous avons aussi représenté les rectangles des nouvelles énergies renouvelables en vert, ceux des énergies non renouvelables en gris, ceux de l'efficacité en orange et ceux des changements de comportement en bleu.

Calcul des coûts

Calculer des coûts actualisés est difficile. La formule générale suppose que nous connaissions les coûts en capital, en fonctionnement et en combustible, le taux d'escompte appliqué (qui dépend du risque perçu), la durée d'amortissement, ainsi que les quantités d'électricité produites :

Ces éléments sont intégrés dans la formule suivante:

$$LEC = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

Où

LEC = Durée de vie moyenne des coûts actualisés de production d'électricité

I_t = Les dépenses d'investissement à l'année t

M_t = Dépenses de fonctionnement et d'entretien à l'année t.

F_t = Les dépenses en combustible à l'année t

E_t = La production d'électricité à l'année t

r = Taux d'escompte :

n = Durée de vie du système

La formule ci-dessus est précise, mais assez difficile à utiliser.

C'est pourquoi nous avons décidé de faire appel, dans la fiche N°1 et dans d'autres, à une formule simplifiée qui ne tient compte que des frais de capital, avec des amortissements qui décroissent linéairement au fur et à mesure des remboursements, ce qui fait qu'en moyenne, sur la durée de vie de l'installation, on paiera la moitié de ce qu'on payait tout au début.

Mais cette formule simplifiée n'est, hélas, pas exacte dans tous les cas.

Heureusement, le Département américain de l'énergie a mis à la disposition du public un outil de calcul qui simplifie l'opération. Nous avons fait usage de cet outil pour la plupart de nos fiches.

On peut le trouver à l'adresse suivante :

http://www.nrel.gov/analysis/tech_lcoe.html

Dans certains cas, nous avons eu recours à la documentation des promoteurs de la méthode pour évaluer les coûts de production

Précision de nos chiffres

La précision de nos chiffres est évidemment très inégale. Le potentiel des énergies renouvelables est basé sur les travaux de Faessler, qui sont, malgré une recherche fouillée, souvent seulement des estimations grossières. Faessler ne s'exprime pas sur les coûts des énergies. Nous nous sommes basés à ce propos sur des recherches Internet peu précises et souvent contradictoires.

Le potentiel des mesures d'efficacité est basé sur le travail de Madame Le Strat, qui s'est largement appuyée sur les statistiques de vente de SIG. Ce sont sans doute les chiffres les plus précis du rapport.

Pour les mesures de changement de comportement nous nous sommes basés sur les quelques rares exemples suffisamment documentés. Le potentiel et le coût de ces mesures sont dès lors seulement des estimations grossières.

Nous avons veillé à ce que nos mesures soient additionnables, soit qu'il n'y ait pas de double comptage de certaines économies. Les mesures qui visent un changement de comportement de la part des particuliers peuvent cependant également impliquer l'achat d'appareils électroménagers plus efficaces, soit une mesure d'efficacité énergétique.

Conflan : Projet hydroélectrique⁴ sur le Rhône franco-suisse

Description de la technologie

Le projet hydroélectrique de Conflan consiste à construire sur le Rhône au lieu dit Sous-Conflan, à l'aval de la centrale existante de Chancy-Pougny, une centrale hydroélectrique au fil de l'eau intégrée dans un barrage (ex. fig. 1).

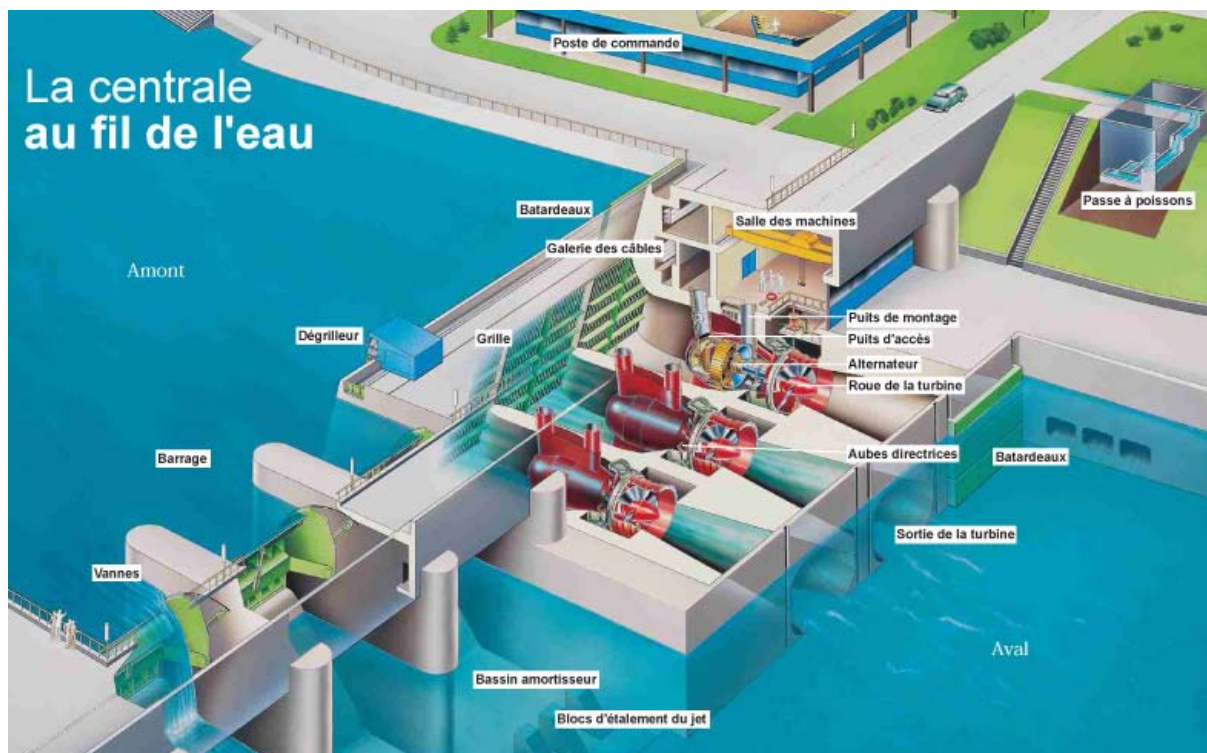


Figure 5 : Une centrale au fil de l'eau.

Source: SIG

Cet ouvrage est conçu pour exploiter l'eau courante en continu, en utilisant une hauteur de chute très faible (6m). La centrale fonctionnerait en général 24h/24 mais sa production d'électricité varierait selon le débit du Rhône (en moyenne 620m³/s). Il est toutefois possible de faire baisser la production pendant la nuit en laissant monter le niveau du lac mais, étant donné le fort débit du fleuve, le barrage ne pourrait pas contenir toute l'eau arrivant la nuit. De plus, les fluctuations du niveau de la retenue d'eau auraient des impacts écologiques non négligeables.

La production d'électricité fournie par ce type de technologie varie donc très peu et ne peut pas faire face à une hausse rapide de la demande d'électricité, à moins de la coupler avec un autre réservoir (voir point 8).

L'énergie renouvelable produite serait partagée (50%-50%) entre le canton de Genève et la France.

A Genève, depuis 2000, la production d'hydroélectricité n'a pas vraiment évolué. Trois centrales sont en fonction, Verbois Chancy et le Seujet. La puissance totale des turbines installées est de 142,5 MW, pour une puissance maximum disponible de 132 MW aux bornes

⁴ L'hydroélectricité provient de la transformation de l'énergie mécanique de l'eau en électricité avec un rendement de transformation élevé qui, aujourd'hui, repose sur une technique parvenue à maturité.

des alternateurs. Pour l'année 2011, la production escomptée aux bornes des alternateurs est de 634,58 GWh. En 2000, elle était de 633,5 GWh⁵. Seul le barrage de Chancy-Pougny augmentera progressivement sa production grâce aux rénovations en cours des turbines, qui devrait être achevées en 2014 (Faessler 2011).

Estimation du coût du kWh électrique en 2022

Nous retenons : 8 ct/kWh

Malgré des coûts de réalisation généralement élevés, les coûts de maintenance sont raisonnables et l'infrastructure est prévue pour durer longtemps. C'est un des systèmes de production d'électricité les plus rentables.

Le projet Conflan coûterait 240 millions CHF et produirait 141GWh/an. Pendant toute la durée de vie des installations, les dépenses de fonctionnement ne dépassent généralement pas 25% du coût du kWh. Le coût du kWh hydroélectrique est donc constitué à 75% de charges d'investissement.

En considérant une durée de vie de 50 ans et un taux d'intérêts de 2% sur 25 ans, on arrive à un coût d'environ CHF 0,064 par KWh. Majoré des coûts d'exploitation, nous arrivons à 8 ct/kWh

L'association Hydro21⁶ cite des coûts beaucoup plus bas : 3-6 ct/kWh mais qui ne tiennent pas compte des particularités locales. Selon la même source les coûts externes de la filière hydroélectrique sont estimés entre 0.05 et 0.9 ct/kWh⁷.

D'autres estimations se situent entre 4 et 12 ct, ou de 5 à 9 ct/kWh⁸ à la production

Après avoir lu ces études nous choisissons de retenir un chiffre moyen, 8 ct/kWh

A garder en tête :

En raison des fortes sommes investies, les coûts de production de l'électricité d'origine hydraulique réagissent fortement aux fluctuations des taux d'intérêt.

Estimation du potentiel de Conflan

Le potentiel de Conflan est de 141 GWh/an soit environ 5% de la consommation genevoise de courant renouvelable. Mais seuls 70.5 GWh reviennent au canton de Genève.

Identification des limites

Disponibilité de la ressource primaire

A long terme, les changements climatiques auront un fort impact sur la production, la réduisant en raison de la diminution de la circulation de l'eau (jusqu'à 7900 MWh/an en 2050 pour Conflan).

Contraintes législatives

La législation énergétique sur les eaux est complexe. Outre les questions légales, des aspects techniques, économiques, écologiques et politiques doivent également être pris en

⁵ Statistique des aménagements hydroélectriques de la Suisse,
<http://www.bfe.admin.ch/themen/00490/00491/index.html?lang>

⁶ <http://www.hydro21.org>

⁷ <http://www.globaleducation.ch>

⁸ <http://www.avenirelectricite.ch>

14 Alternatives au projet de barrage hydroélectrique à Conflan

compte. Les dispositions se trouvent dans la loi sur l'utilisation des forces hydrauliques (loi fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques⁹) et dans ses ordonnances d'exécution. L'Office fédéral de l'énergie (OFEN) exerce la surveillance dans le domaine de l'utilisation des forces hydrauliques, dirige la procédure d'octroi d'une concession aux usines hydroélectriques frontalières et surveille directement les grands ouvrages d'accumulation.

Les procédures en Suisse

- Procédures d'autorisation d'octroi de concession.
- La concession doit obtenir une autorisation de construire.
- Celle-ci est délivrée sur la base d'un projet de concession (projet d'ouvrage) accompagné d'un rapport d'impact environnemental.

Les procédures en France

- Après annonce d'un potentiel de concession, l'État français procède à une soumission publique d'appel à candidature
- L'État choisit le futur concessionnaire parmi les répondants au concours
- L'État délivre la concession sur la base d'un projet de concession
- Obtention d'une autorisation de construire

La concertation entre les deux États:

- Mise à l'enquête publique simultanée (Convention internationale d'Espoo)
- Nécessité d'un accord binational préalable qui règle les procédures à la base

Concurrence des ressources

Il n'y a pas de concurrence des ressources pour ce type de technologies par contre il doit y avoir une bonne gestion entre les différents barrages afin qu'il n'y ait pas de concurrence d'où d'impacts négatifs entre les barrages.

Scénario de mobilisation de la ressource et potentiel mobilisable en 2022

Le potentiel de cette ressource est de 141GWh/an à partir de sa mise en fonction. C'est une ressource stable. Ce qui augmente la production d'électricité hydraulique de ~10% pour le canton.

Sur l'agglomération Franco-valdo-genevoise (AFVG), 273.34 MW sont actuellement mobilisés et il reste 22.49 MW mobilisable soit 5.8 % du total mobilisable (Faessler, 2011). Il ne sera cependant pas possible de produire davantage d'hydroélectricité sur le tronçon du Rhône genevois après la construction du projet Conflan.

Impact écologique

Le rehaussement progressif du niveau de l'eau depuis le barrage de Chancy Pougny engendrerait un impact négatif en faisant disparaître des zones alluviales. Le site prévu pour ce projet de barrage est inscrit à l'Inventaire fédéral du paysage. Le site est un haut lieu de migration des oiseaux.

Une série d'impacts a été examinée de plus près:

Impact Piscicole :

- Suppression d'un important secteur lotique
- Mise en place d'un nouvel obstacle à la migration

⁹ http://www.admin.ch/ch/f/rs/c721_80.html

Rhône atteint dans ses fonctions écologiques.

Impact avifaune et faune terrestre

Perte des habitats sauvages et donc des oiseaux dépendant de ce milieu relativement unique

Perte de plus d'un milieu de bonne qualité et beaucoup de questions et de doutes sur l'impact réel du barrage et des possibilités de compensation

Impact sur les zones protégées, réserves, milieux, habitats

Atteinte à la dernière section de Rhône sauvage torrentiel

Atteinte à l'existence et la fonction du dernier corridor biologique (bleu et vert) à l'Ouest du canton

Impact aspects abiotiques

Atteinte au dernier tronçon à écoulement libre avec un caractère alluvial

Atteinte aux fortes valeurs environnementales du tronçon et de son aval immédiat

Modification du profil sédimentaire.

Nuisances causées par la maîtrise des sédiments pour la fonctionnalité de l'ouvrage et de ses annexes

Reconnexion des nappes phréatiques avec des sites pollués (relations nappe/Rhône)

Impact Agriculture et forêts

Perte de zones agricoles et forestières déjà de plus en plus rares

Risque d'instrumentalisation de la procédure forestière (effet levier des autorisations de défrichement concernant des forêts protégées au niveau national)

IFP et patrimoine

Perte d'un dernier tronçon d'eaux vives

Insertion d'un « bloc de béton » dans le paysage

Insertion routière

Développement du «loisir-touristique»

Brume liée à la retenue

En résumé, la construction de ce projet aurait des incidences au niveau de l'agriculture, des forêts, des sols, des berges naturelles, de la migration transversale, des nappes phréatiques et menacerait en plus la migration longitudinale, les habitats, la dynamique alluviale des affluents et le paysage.

Co-bénéfices

Il n'y a pas de co-bénéfices lors de production d'hydroélectricité.

Pour en savoir davantage

Projet lié: Aménagement de pompage-turbinage de Sorgia.

En stockant le surplus d'énergie aux heures creuses pour le restituer aux périodes de forte consommation, cette installation aurait pu assurer la satisfaction de la demande en électricité aux heures de pointe et la mise en valeur des énergies renouvelables aux heures creuses. Ces ouvrages se raccorderaient aux réseaux français et SIG existants. L'eau serait pompée pendant les heures creuses, généralement de nuit de la retenue de Conflan dans un réservoir supérieur (un lac à créer sur les crêtes du Jura) utilisant l'énergie disponible.

Le coût de ce projet a été estimé à 700 millions de francs suisses pour une puissance installée de 360 MW. Mais aujourd'hui, cette tranche du projet est abandonnée car elle présentait un risque écologique et économique inacceptable associé à des problèmes

techniques et géologiques considérables. De plus, des points se distinguaient par leur grande incohérence, à commencer par l'estimation de la production d'électricité, qui se serait élevée à 530 GWh par an, alors que l'énergie nécessaire pour acheminer l'eau vers la retenue du Sorgia aurait été de 715 GWh par an.

Bibliographie

- Faessler, J. (2011). Valorisation intensive des énergies renouvelables dans l'agglomération franco-valdo-genevoise (VIRAGE) dans une perspective de société à 2'000W (Vol. 103). Genève: Terre & Environnement.
- Séminaire Conflan ; Un ouvrage acceptable pour le Rhône 2011 (Corealis)
- Faut-il construire de nouvelles centrales nucléaires?, 2009 (Fondation Éducation et Développement)
- Statistique des aménagements hydroélectriques de la Suisse, 2011 (OFEN)
- Ordonnance sur l'utilisation des forces hydrauliques (OFH), 2000
- La redevance hydraulique - principale taxe frappant l'utilisation de la force hydraulique en Suisse, 2002
- Loi fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques (LFH), 2011
- Stratégie d'utilisation de l'énergie hydraulique en Suisse, 2008 (OFEN)
- Projet de barrage de Conflan ; Présentation aux associations environnementales, 2011 (SIG)
- Séminaire : Démarche participative ; Ouvrage hydroélectrique transfrontière sur le Rhône Franco-suisse, 2011 (SIG)
- Projets hydroélectriques sur le Rhône Franco-suisse, 2011 (CNR & SIG)
- Force hydraulique Suisse, Association suisse pour l'aménagement des eaux
- Économie de l'hydroélectricité, 2004 (Hydro21)

Quatorze alternatives au projet de barrage hydroélectrique à Conflan

1. Énergie solaire locale : thermique et photovoltaïque

Description de la technique

Panneaux solaires thermiques et photovoltaïques sur le toit des immeubles

L'énergie solaire est captée par des panneaux installés sur des toitures d'immeubles bien exposées au soleil. Les panneaux *thermiques* servent à chauffer entièrement ou partiellement l'eau chaude sanitaire. Les panneaux *photovoltaïques* génèrent de l'énergie électrique qui est consommée localement et/ou introduit dans le réseau électrique. Les deux types de capteurs sont "en concurrence" et le rapport optimal thermique / photovoltaïque peut varier d'un site à l'autre.



Figure 6: Panneaux photovoltaïques (en haut) et thermiques (en bas)

Estimation du coût du kWh électrique en 2022

Thermique

Nous retenons : 22 ct/kWh

1 m² coûte 2000.- et fournit 450 kWh thermique/an. Frais d'entretien négligeables. Durée de vie estimée à 25 ans. Taux d'intérêt: 2%

Coût = CHF 2000 (1/25 + 0,02/2) / 450kWh = **CHF 0,222/kWh thermique**

Photovoltaïque

Nous comptons avec 20.5 ct/kWh photovoltaïque en 2020.

Une bonne estimation du prix de revient des énergies renouvelables est la rétribution à prix coûtant pour les installations calculée par la confédération. En 2012 selon l'OEnE, la rétribution à prix coûtant pour les installations "ajoutées" ou "intégrées" était de 40 ct/kWh (moyenne entre le minimum de 30.7 et le maximum de 48.8 ct/kWh) et diminue de 8%/an.

14 Alternatives au projet de barrage hydroélectrique à Conflan

Pour 2020 on trouve alors 20.5 ct/kWh.

L'étude SATW donne un coût de 78.6 ct/kWh pour 2003 et 13.4 ct/kWh pour 2050, ce qui est compatible avec l'OEné.

Estimation du potentiel total

Nous retenons : 150 GWh électrique (PV)

Dans la variante retenue, Jérôme Faessler (voir référence en fin de la fiche) estime le rapport global optimal comme suit: le thermique préchauffe l'eau chaude sanitaire (ECS) à raison d'1/2 m² par habitant. Le reste de la surface utilisable est destiné au photovoltaïque.

Le potentiel en 2050 est de 218,7 Gwh/an d'énergie thermique de l'ECS, donc 4% de l'énergie de chauffage totale. On peut évaluer à 1/6 de ce potentiel total le potentiel en 2022, soit **36 GWh/an**. Pour le photovoltaïque le potentiel est de 300 W/hab, soit 954,5 GWh photovoltaïque. Là aussi 1/6, soit **159 GWh/an** pourraient être disponible en 2022.

Identification des limites

Main d'œuvre et investissement

On pourrait avoir un problème de saturation du marché (capteurs PV et main d'œuvre insuffisante).

Disponibilité de la ressource primaire

En principe illimité

Contraintes législatives

Protection du patrimoine bâti.

Les panneaux thermiques sont obligatoires pour toute rénovation. Ils doivent couvrir au moins 30% des besoins en eau chaude sanitaire.

Concurrence des ressources

Concurrence entre le photovoltaïque et le thermique (nous avons choisi l'hypothèse B de Faessler).

Scénario de mobilisation - potentiel en 2022

Nous estimons le potentiel PV en 2022 à 15% du potentiel en 2050, soit 150 GWh.

Le potentiel Thermique en 2022 est estimé à 15% du potentiel en 2050, soit 36 GWh.

Impact écologique

L'impact écologique est quasi nul. Seule l'énergie grise pour fabriquer un capteur photovoltaïque compte. Elle était importante il y a 15 ans car il fallait compter sept ans pour rembourser sa dette énergétique. À l'heure actuelle, seuls 3 ans sont nécessaires pour y arriver. Un autre impact très subjectif est l'aspect esthétique.

Co-bénéfices énergétiques et autres

Grace au solaire, on peut fabriquer de l'énergie thermique et électrique. De plus, ces deux technologies n'émettent pas de CO₂.

Remarques

Selon notre mode de calcul, le PV est plus intéressant que le thermique. Il serait alors plus intéressant de faire uniquement du PV et produire la chaleur par PAC.

Pour en savoir d'avantage

- J. Faessler, "Valorisation intensive des énergies renouvelables dans l'agglomération franco-valdo-genevoise (VIRAGE) dans une perspective de société à 2'000W", thèse Université de Genève 2011, pp152.
- "Plan de route: Énergies renouvelables Suisse, Une analyse visant la valorisation des potentiels d'ici 2050". Académie suisse des sciences techniques, Cahier SATW no 39, Zurich 2006, P12.
- Ordonnance sur l'énergie (OEne), appendice 1.2

2. Géothermie moyenne et profonde

Description de la technique

La température augmente en moyenne de 3 °C par 100 mètres de profondeur. La géothermie vise à étudier et exploiter ce phénomène. De toutes les technologies de transformation visant l'exploitation des sources d'énergie renouvelables, le DHM est une des plus prometteuses mais aussi malheureusement la moins éprouvée.

Géothermie : chaleur, électricité et énergie en ruban

Si cette source d'énergie est considérée comme inépuisable, le rythme d'exploitation de la géothermie est presque toujours supérieur au rythme de renouvellement naturel de la chaleur. Mais l'exploitation de la géothermie, si elle est irréfléchie, est non durable.

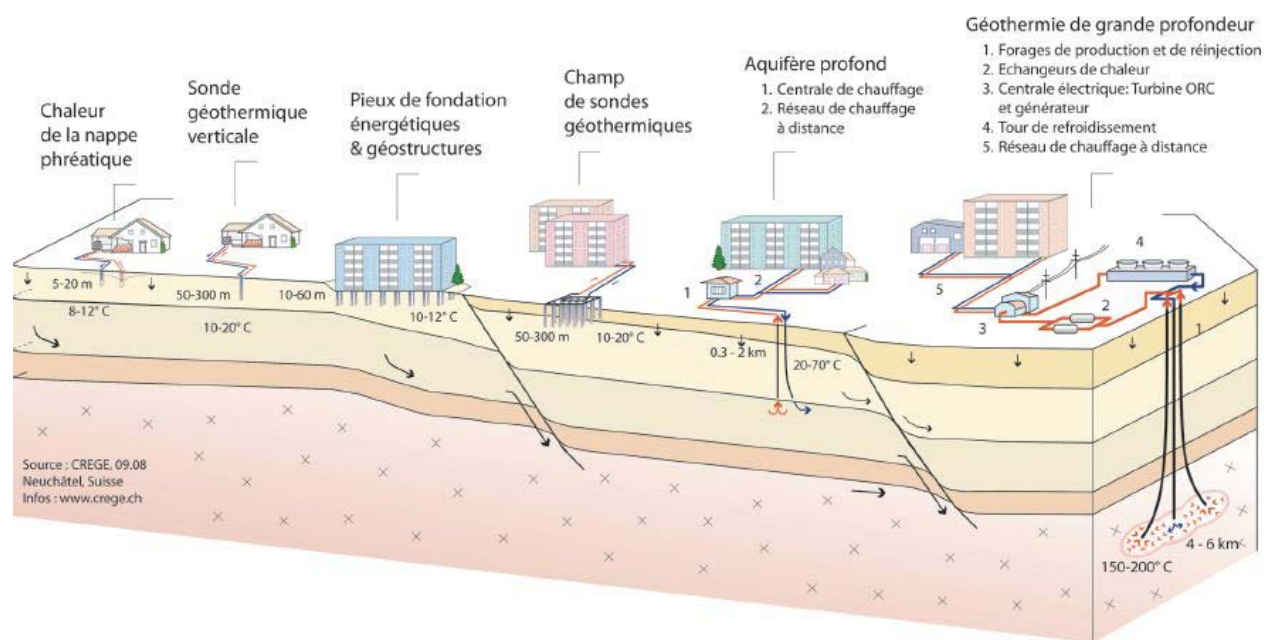


Figure 7 : Principales techniques pour exploiter la chaleur terrestre

Géothermie moyenne : chaleur

Les eaux thermales issues de couches géologiques profondes servent à alimenter des réseaux locaux de chauffage à distance des bâtiments.

Géothermie profonde : chaleur et électricité

Si la ressource géothermique atteint ou dépasse la température de 180° C, il devient alors rentable de produire de l'électricité, puisqu'il se trouve sous forme d'un mélange d'eau liquide et de vapeur.

A la sortie de la turbine, après la conversion de l'énergie géothermique, le fluide est encore à une température élevée, ce qui permet aussi son usage thermique direct pour des applications de chauffage par exemple¹⁰.

Le projet le plus avancé en Suisse, à Bâle a dû être arrêté en raison d'un séisme induit par un forage effectué sans évaluation suffisante du risque sismique.

Estimation du coût du kWh électrique en 2022

Nous retenons : 30 ct/kWh

¹⁰ <http://www.geothermie.ch>

Les projets genevois actuellement possibles coûteraient 100 millions de CHF. Selon SIG. D'après Michel Meyer, de SIG, le kWh électrique serait assez cher et moins abondant, il se produirait à 30 ct. Mais le kWh thermique serait plus abondant et moins cher, aux alentours de 15 ct/kWh

Estimation du potentiel total

Nous retenons : Le potentiel thermique en 2050 est de 2400 GWh thermiques. Le total thermique actuel est de 5555 GWh.

(Source Ocstat 2010 10 000 TJ gaz et 10 000 TJ mazout soit 20 000 TJ/an chaleur Genève soit 5555 GWh/an)

Mais le potentiel électrique restera faible.

Selon l'Académie suisse des sciences techniques, ("Plan de route Énergies renouvelables Suisse 2050"), en fin d'expansion (2050), il devrait être possible de produire annuellement en Suisse jusqu'à 6,9 TWh d'électricité sans épuiser les ressources de la géothermie profonde.

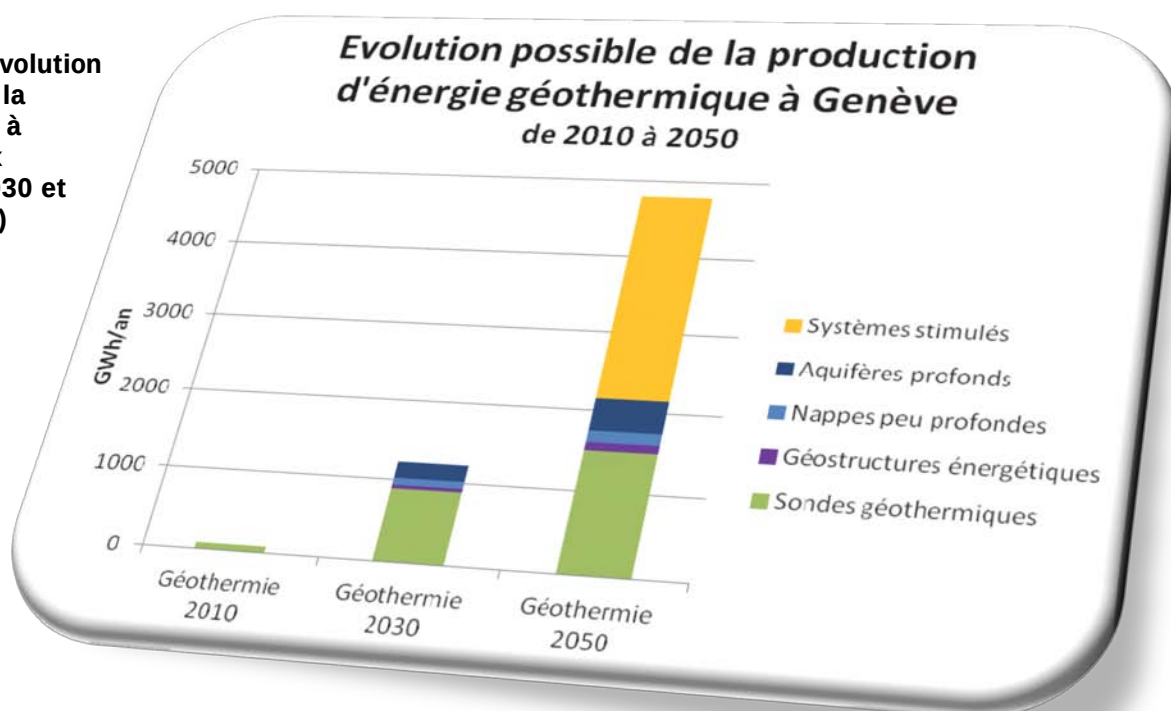
Selon le géologue Michel Meyer, de SIG, la Suisse a pour objectif d'augmenter la part de la production d'électricité renouvelable à 70% au moins. La géothermie profonde contribuera de façon sensible à augmenter cette part¹¹.

Le potentiel d'exploitation d'énergie géothermique d'ici à 40 ans pourrait être de l'ordre de 40% de la consommation énergétique actuelle du canton et de 75% de la part dévolue au chauffage. Mais d'ici à 2022 son exploitation ne sera pas encore possible.

Rappelons de plus que les objectifs énergétiques visent à diminuer la consommation globale d'énergie (société à 2'000 Watts), ce qui tendra à augmenter nettement ces pourcentages.

On peut dès lors estimer l'évolution possible de la géothermie à Genève aux horizons 2030 et 2050 selon le graphique ci-contre.

Figure 8 : Évolution possible de la géothermie à Genève aux horizons 2030 et 2050, (PGG)



Les techniques pouvant fournir le plus d'énergie sont, dans un premier temps, les sondes géothermiques, déjà en plein essor puis, dans un deuxième temps, les systèmes stimulés qui permettent non seulement de produire de la chaleur mais également de l'électricité.

Identification des limites

MW installables par an¹²

Les difficultés:

- En 2006 un séisme a été provoqué par l'injection d'eau lors d'un essai de « Deep Heat Mining » à Bâle. Des leçons ont été apprises depuis, mais le souvenir du séisme reste dans les mémoires.
- Disponibilité de la ressource (capacité des nappes, températures par exemple)
- Rejet des eaux (nappes phréatiques)
- Dimensionnement des installations géothermiques (équilibre saisonnier)
- Conception des bâtiments et définitions des besoins (courbes de consommations)

Contraintes législatives

La loi sur les mines nécessite des aménagements pour l'utilisation de la géothermie à une profondeur > 500 m :

- Les permis de prospection et d'exploration sont délivrés par le DCTI
- Les concessions d'exploitation sont octroyées par le Conseil d'État.

La question transfrontalière est également importante du fait que l'exploitation du sous-sol genevois peut avoir des influences importantes sur le sous-sol français, en particulier les aquifères transfrontaliers.

Concurrence des ressources

Tant que les aquifères d'eau potable ne sont pas touchés il n'y a pas de concurrence des ressources.

Scénario de mobilisation de la ressource et potentiel mobilisable en 2022¹³

Les pompes à chaleur fournissent l'essentiel de la production de chaleur (2'400 GWh). 86% de cette énergie provient de systèmes fonctionnant avec des sondes géothermiques. Le reste de l'utilisation avec pompe à chaleur est partagé entre l'exploitation d'aquifères surfaciques (291 GWh), les géostructures (25,3 GWh), les aquifères profonds (13,3 GWh), l'utilisation d'eau des tunnels (4.6 GWh) et les sondes géothermiques profondes (0,7 GWh). Les systèmes non basés sur les pompes à chaleur sont principalement les bains thermaux (240 GWh). Il faut ajouter à cela la production de l'installation de Riehen (aquifère profond), partiellement réalisée sans pompe à chaleur (0,7 GWh).

Aquifères profonds

Le manque de connaissances du sous-sol profond et de leurs aquifères ne permet pas d'établir un potentiel réel. Si d'ici à 2030, 10 doublets géothermiques sont réalisés avec succès pour du chauffage à distance, la production géothermique annuelle serait de 200 GWh thermiques, respectivement de 20 GWh électriques¹⁴. Le débit de production est très variable (10-100 l/s) et donc la puissance thermique d'un forage peut varier de 1 à 10 MW.

¹² Potentialités de la géothermie dans le canton de Genève, (Deriaz 2009)

¹³ Geothermie.ch ; Statistik der geothermischen Nutzung in der Schweiz Ausgabe 2010

¹⁴ Évaluation du potentiel géothermique du canton de Genève – PGG Rapport de synthèse, nov. 2011

Systèmes géothermiques simulés (EGS)

L'incertitude liée à la résolution des problèmes de la technologie EGS et au prochain développement de centrales industrielle ne permet pas d'établir un potentiel réel. Si dans une période de 30 ans, 10 centrales EGS de 3 MWe et 30 MWth chacune sont réalisées avec succès pour la génération conjointe d'électricité et de chaleur, la production géothermique annuelle serait de 240 GWh électriques et 2400 GWh thermiques.

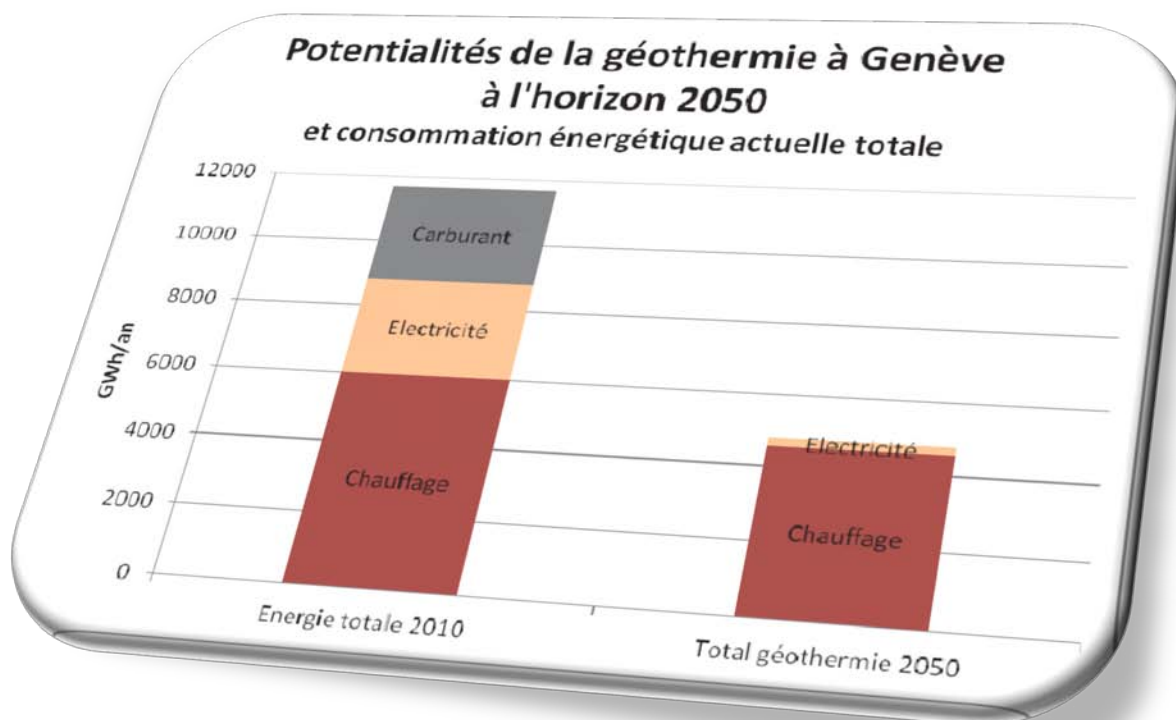


Figure 9: Présentation : Développement de la géothermie profonde par Michel Meyer

Impact écologique

Très faible. Elles peuvent cependant avoir une incidence sur l'environnement selon la technologie utilisée (fracture hydraulique). La production d'électricité par voie géothermique permet d'éviter des rejets de CO2 et son impact environnemental est très restreint.

Co-bénéfices

Production d'électricité renouvelable en ruban, contrairement à d'autres énergies d'origine renouvelable telles que le solaire et l'éolien qui présentent des défis pour le stockage.

Pour en savoir davantage

- La géothermie dans la politique énergétique du canton de Genève, O Eppelly, ScanE, Genève,
http://etat.geneve.ch/dt/SilverpeasWebFileServer/01_Epelly_JGG09.pdf?ComponentId=kmelia197&SourceFile=1253172536094.pdf&MimeType=application/pdf&Directory=Attachment/Images/

3. Centrale chaleur-force (CCF) & Combined cycle gas turbine (CCGT)

Description de la technique :

Un Couplage Chaleur Force (CCF) est un moteur ou une turbine à gaz qui fait tourner un alternateur produisant du courant et de la chaleur pour chauffer un bâtiment.

Le rendement total d'une CCF ou d'une CCGT (Combined Cycle Gas Turbine) est meilleur que celui d'un chauffage et d'un alternateur séparés, comme le montre le diagramme ci-dessous :

Une CCF offre un meilleur rendement qu'une chaudière traditionnelle. Tant qu'un bâtiment ne sera pas construit ou rénové sur le principe zéro énergie (ou immeuble passif ou à énergie positive), les CCF seront un progrès sur la traditionnelle et obsolète chaudière à mazout. Pour que les CCF représentent un progrès suffisant, il faut que les bâtiments dans lesquels ils sont installés soient bien isolés thermiquement.

Une CCGT (telle que projetée par SIG au Lignon) possède deux turbines, elle offre un meilleur rendement mais demande un plus gros investissement.

En produisant de l'électricité, une CCF produit de la chaleur en permanence. Or les besoins de chaleur ne sont pas les mêmes en été et en hiver.

L'un des inconvénients des CCF est qu'elles fournissent de la chaleur en permanence, été comme hiver alors que les besoins de chaleur varient énormément dans l'année.

Pour corriger cela il faut, en été, soit produire de la chaleur à perte (voir le triangle turquoise dans la figure 11 ci-dessous) soit fermer l'installation pour la saison.

Les mois d'hiver, le projet de centrale à gaz CCGT fournirait la chaleur en ruban.

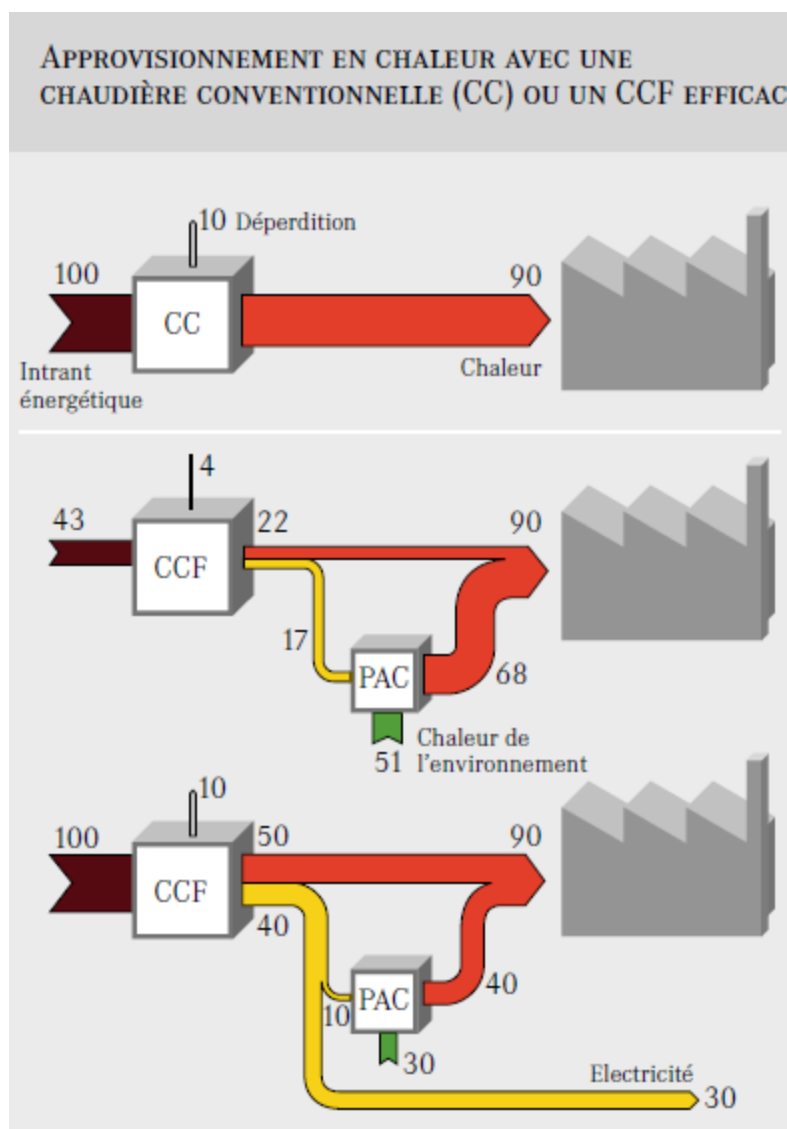
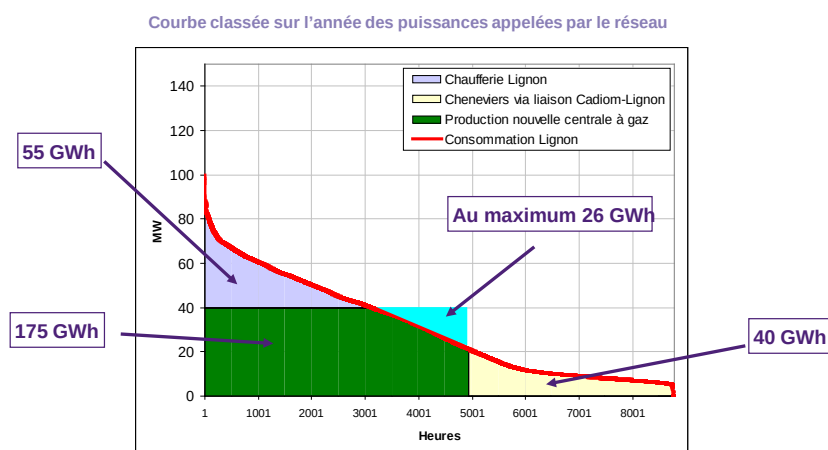


Figure 10: Rendement des CCFs

Le CAD du futur



- Les 3 producteurs de chaleur sont parfaitement complémentaires :
 - ▶ La nouvelle centrale à gaz assurera le ruban d'hiver
 - ▶ L'énergie d'été sera acheminée depuis les Cheneviers par la liaison entre CADIOM et Lignon
 - ▶ Le complément en hiver, ainsi que le secours seront fournis par la chaufferie existante



4

Figure 11 : Le triangle turquoise représente la chaleur perdue

Une façon de lisser les pointes de consommation et donc d'augmenter le rendement d'une CCF est d'avoir un réseau de chaleur avec différents preneurs qui ont un profil différent et complémentaire.

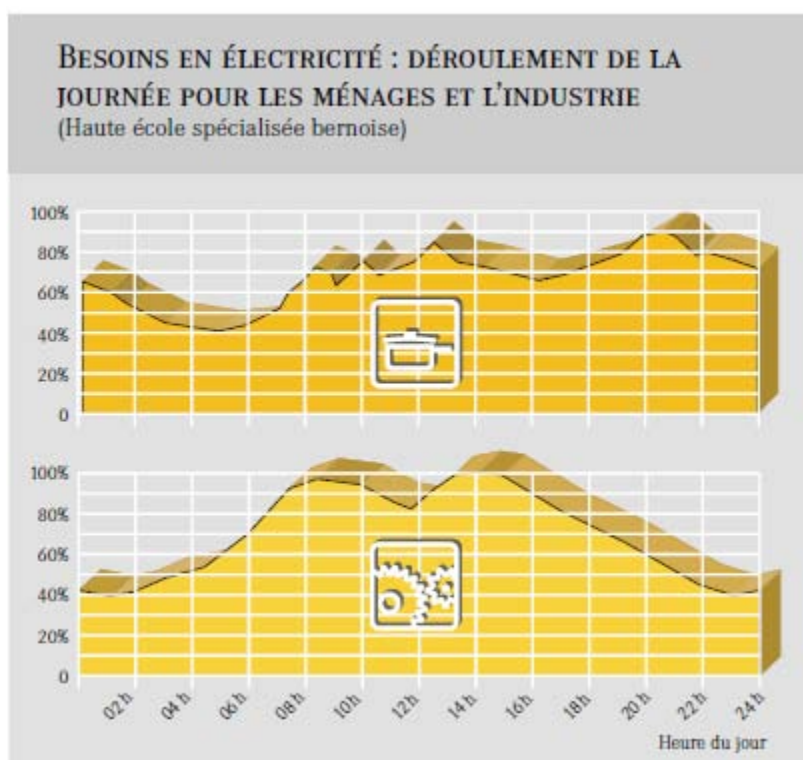


Figure 12 : Exemple de simultanisation

14 Alternatives au projet de barrage hydroélectrique à Conflan

Malheureusement, à Genève il y a peu de zones mixtes où ménages et industries coexistent.

Il n'en reste pas moins que tant que nous chaufferons les bâtiments avec une source d'énergie fossile, la CCF sera un des meilleurs moyens d'utiliser cette ressource.

Les questions de dimensionnement à poser lors de l'installation d'une CCF :

- Peut-on tirer profit d'une simultanéité des besoins de chaleur et d'électricité dans la journée et pendant les différentes saisons ? Un réseau de distribution de chaleur peut arranger les choses si les besoins ne sont pas simultanés.
- Une partie du courant produit peut-il être utilisé pour alimenter des pompes à chaleur ? (v graphique ci-dessus)
- Quelle compensation pour le surcroît d'émissions de CO₂, en Suisse ou à l'étranger ?
- A quelle distance doit-on transporter la chaleur ? (pertes dans les tuyaux)
- Raccorde-t-on un bâtiment à un réseau de chaleur même s'il n'est pas préalablement isolé thermiquement ?
- Installe-t-on une grande CCF (CCGT) ou plusieurs petites CCF de quartiers ?

En fonction des réponses à ces questions on peut évaluer la performance environnementale d'un projet de CCF

Une CCGT de 40 MW électrique au Lignon, versus de nombreuses CCF de quartier ?

La CCGT présente un meilleur rendement parce qu'elle a deux turbines :

65% électrique – 35% chaleur, donc $3 \times 65 = 195 + 35$ chaleur soit 230% au total

Les CCF 40% électrique, 60% chaleur, donc $3 \times 40 = 120 + 60$ seulement 180% au total.

Mais on peut aussi argumenter que certains des critères ci-dessus sont plus faciles à réaliser avec plusieurs petites CCF

Estimation du coût du kWh électrique en 2022

Le prix du courant et de la chaleur de la CCGT est calculé ici en utilisant un calculateur¹⁵ et les données sur la CCGT proviennent de SIG¹⁶.

On voit que la CCGT nécessiterait un investissement de 155 millions CHF, elle représenterait 60 MW de puissance électrique. Le prix du combustible et le taux d'intérêt représentant des variables flottantes, le calculateur donne 12 ct/kWh si on considère que le prix de revient n'augmente pas au fil du temps. Le calculateur prend ces variables flottantes en compte pour estimer le prix du courant vendu, cela permet ensuite de déterminer si tel projet de centrale est rentable.

Le prix de la chaleur est de 14ct/kWh plus ou moins 4 ct, ce prix va dépendre des variables mentionnées précédemment (balance politico-économique entre chaleur et électricité)

Selon le rapport annuel *Energy Outlook 2010* de l'Agence internationale de l'énergie le kWh électrique revient à 6 ct pour la CCGT et 12 pour les CCF selon le rapport « cost of electricity »¹⁷.

Estimation du potentiel total

CCF

Nous retenons : le potentiel thermique en 2022 est de 278 GWh

¹⁵ http://www.nrel.gov/analysis/tech_lcoe.html

¹⁶ http://www.coordination-energie.org/docs/centrale_gaz_lignon.pdf

¹⁷ http://en.wikipedia.org/wiki/Cost_of_electricity_by_source

14 Alternatives au projet de barrage hydroélectrique à Conflan

Le potentiel électrique est de 120 GWh

Le potentiel en 2030 est de 10% de la chaleur et 8% de l'électricité consommées en Suisse, il est donc considérable¹⁸.

On peut estimer le potentiel en 2022 à la moitié de ces potentiels, soit 5% de la chaleur et 4% de l'électricité

CCGT

Le potentiel thermique est de 175 GWh, le potentiel électrique est de 280 GWh thermiques

Identification des limites

Disponibilité de la main d'œuvre

Il existe déjà des petites CCF dans le canton, à l'hôpital et à l'aéroport notamment. Il n'y a pas de problème de personnel *a priori*.

Disponibilité de la ressource primaire

Le gaz doit être importé mais l'approvisionnement ne pose pas de problème pour l'instant. Les réserves mondiales disponibles sont bien plus importantes que celles de pétrole. Une CCF peut aussi être alimentée en biogaz, donc d'origine locale.

Contraintes législatives

Pour que les CCF soient rentables, il faut augmenter le prix du courant de reprise de 3 ct. Ceci peut se faire au niveau fédéral (un groupe de travail mandaté par Doris Leuthard y travaille), ou cantonal.

Pour en savoir plus

- Nouvelle politique énergétique, Swissgrid, Frick, 2011
http://www.swissgrid.ch/dam/swissgrid/current/energy_debate/Netz-Szenario_II_fr.pdf
- Combiner efficacement chaleur et électricité, Verband effiziente energie erzeugung, Sarnen, 2011
http://www.iwk.ch/images/stories/News/News_pdf/V3E-WKK-Broschuere-fr-aug11.pdf

¹⁸ Voir wkk broschuere:

http://www.iwk.ch/images/stories/News/News_pdf/V3E-WKK-Broschuere-fr-aug11.pdf

4. Biomasse

Description de la technologie

Le terme « biomasse » désigne l'ensemble des matières organiques d'origine végétale, animale ou fongique pouvant devenir source d'énergie (chaleur et/ou électricité) par combustion (bioénergie), par méthanisation (biogaz) ou suite à des transformations chimiques (agrocarburants)¹⁹.

On distingue trois grands types de ressources de biomasse :

- A. Coproduits agricoles
- B. Bois, y compris usagé
- C. Déchets organiques ménagers et industriels.

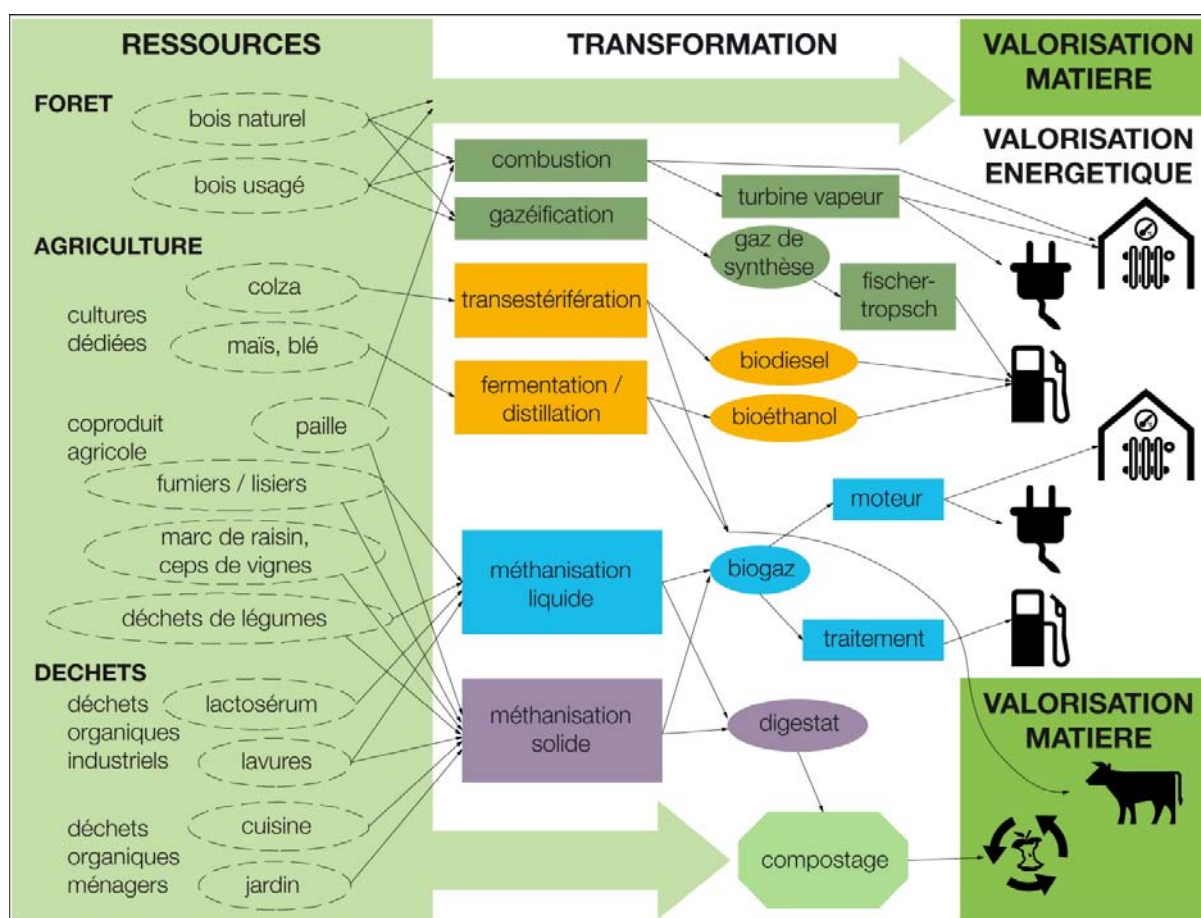


Figure 13: Filière énergie-matière des biomasses (modifié d'après Faessler, 2011)

Estimation du coût du kWh électrique en 2020

Nous retenons un coût moyen de CHF 0,30/kWh

A Genève, SIG ne produit pas d'électricité avec la biomasse mais rachète celle qui est produite en surplus par la centrale de méthanisation de Nant de Châtillon qu'elle injecte ensuite dans le réseau public.

Cette électricité approvisionne le courant vert *SIG Vitale Vert* au même titre que celle produite par des panneaux photovoltaïques et les centrales hydrauliques²⁰.

Dans un document réalisé par l'Académie suisse des sciences techniques, on découvre que l'électricité issue de la biomasse, actuellement produite dans 28 usines d'incinérations à

¹⁹ [http://fr.wikipedia.org/wiki/Biomasse_\(énergie\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Biomasse_(énergie))

²⁰ <http://www.sig-ge.ch/particuliers/electricite/choisir-mon-electricite/sig-vitale-vert/index.lbl>

14 Alternatives au projet de barrage hydroélectrique à Conflan

travers le pays, est estimée pour 2050 à CHF 0,12/kWh pour une production de 3,8 TWh contre CHF 0,176 /kWh pour une production de 0,78 TWh en 2003²¹.

Estimation du potentiel total

Nous retenons : 16 GWhel/an et 32 GWhth/an

Sur la base du tableau ci-dessus, voici une synthèse des ressources disponibles en région AFVG et leur potentiel énergétique.

Coproduits agricoles :

Ressources biomasses qui découlent directement de l'agriculture locale.

Somme AVFG mobilisable: 6 W/hab ou 0.003 W/m2 ≈2 W/hab - électrique

Somme AVFG brute : 201 w/hab ou 0.090 w/m2

Bois naturel:

Le stock de bois estimé dans l'AFVG serait de 11'860'000 T sur 88'550 ha de forêts, soit environ 30% du flux de ressource brute.

Somme AVFG mobilisable: 6 W/hab ou 0.003 W/m2 ≈2 W/hab - électrique

Somme AVFG brute : 168 W/hab ou 0.075 w/m2

Bois usagé:

Défini comme déchets de bois. Les stocks de bois usagés en AFVG sont estimés à 1'450'000 tonnes, soit environ 40 fois le flux annuel de cette ressource.

Somme AVFG mobilisable: 20 W/hab ou 0.009 W/m2 ≈6.6 W/hab - électrique

Somme AVFG brute : 32 W/hab ou 0.014 w/m2

(Les Cheneviers traitent déjà le bois usagé pour 17 W/hab)

Déchets organiques:

Compost des ménages et déchets de la filière agroalimentaire. Élimination soit par incinération comme à l'usine des Cheneviers ou par méthanisation à Châtillon. Ce dernier permet une double valorisation grâce aux digestats après méthanisation. Les digestats peuvent être utilisés en agriculture. Cette méthanisation permet un rendement global de 31% directement valorisé en énergie-chaleur et électricité.

À l'usine des Cheneviers, qui reçoit environ 250'000 tonnes de déchets par année, le rendement actuellement obtenu est d'environ 47% dont 25 % est vendu.

Déchets organiques ménagers :

Somme AVFG mobilisable: 1.6 W/hab ou 0.001 W/m2 ≈0.53 W/hab - électrique

Somme AVFG brute : 32 W/hab ou 0.014 w/m2

Déchets organiques industriels :

Somme AVFG mobilisable: 1.5 W/hab ou 0.001 W/m2 ≈0.50 W/hab - électrique

Somme AVFG brute : 12 W/hab ou 0.005 w/m2

Bilan annuel de gisement biomasse régional:

Somme AVFG mobilisable: 15 W/hab ou 0.007 W/m2 ≈5 W/hab - électrique

Somme AVFG brute : 445 W/hab ou 0.198 w/m2

En résumé, le potentiel de la biomasse est de 70% thermique et 30% électrique. 5 W/hab électriques donnent 16GWh/an et les 10 W/hab thermiques donnent 32 GWh th /an

²¹ http://www.satw.ch/publikationen/schriften/39_roadmap_f.pdf

(Ce calcul considère 800 000 hab et la moitié du potentiel en 2022)

Identifications des limites

Disponibilité de la main d'œuvre

La main d'œuvre disponible est directement liée aux domaines relatifs à chaque ressource. Les déchets agricoles sont travaillés par les agriculteurs et le bois usagé des chantiers par les ouvriers. A part les déchets organiques récupérés par un organisme spécialisé, on peut considérer la main d'œuvre comme limitée car le transport ou la manipulation des déchets des ressources ne constitue qu'un pourcentage du travail journalier.

Disponibilité de la ressource primaire

Coproduit agricole

Après déduction des ressources utiles à l'exploitation et la consommation, seuls la paille et le fumier sont des ressources mobilisables (Faessler).

Bois : La filière bois-énergie est en constante évolution. Actuellement 25% de la ressource de bois naturel a une utilisation énergétique en Suisse. Cette valeur a tendance à augmenter.

Pour le bois usagé, 90% de sa valeur énergétique peut être prise en compte, les 10% étant considérés comme matières dangereuses dans une usine d'incinération. La valorisation des 90% induit une concurrence entre une valorisation matière et une valorisation énergétique.

Déchets organiques : Elle nécessite un recyclage pour valoriser leur élimination. La récolte de cette ressource reste régionale et leur teneur en humidité limite les longs transports.

Pour les déchets industriels, les ressources accessibles sont très faibles en raison de la transformation biochimique qui limite énormément la partie réellement valorisable en énergie.

Contraintes législatives

Coproduit agricole : Les coproduits agricoles sont mobilisés pour la production alimentaire. Modifier l'affectation de surface d'une partie de la production alimentaire vers une production énergétique n'est heureusement pas envisagé dans la politique actuelle de la Suisse.

Bois : Les politiques prônées en Suisse mettent en avant l'utilisation en cascade du bois avec comme priorité la valorisation matière et comme finalité une valorisation ultime énergétique.

Déchets organiques : Les déchets organiques ménagers sont traités par territoire administratif communal et non cantonal, ce qui impose certaines contraintes au niveau de leur transport.

Concurrence des ressources

La valorisation énergétique est liée à l'énergie de chauffage de ces trois ressources. On considère comme une double valorisation de la ressource.

Co-bénéfices énergétiques

Coproduit agricole : Comme indiqué plus haut, cette ressource biomasse découle directement de l'agriculture locale principalement liées à la consommation alimentaire humaine.

Déchets organiques : Les digestats peuvent être utilisés comme fertilisant en agriculture.

5. Projet Hélios en Grèce : production d'énergie photovoltaïque

Description du projet

Le projet Hélios est le nom de code d'un vaste projet de champs de capteurs photovoltaïques en Grèce, destiné à alimenter en électricité solaire une partie de l'Europe, en particulier l'Allemagne et la Suisse (Le ministre grec de l'énergie et de l'environnement est venu en mars 2012 présenter ce projet à Doris Leuthard et à quelques professionnels du secteur).

Le projet prévoit jusqu'à 10 GW de puissance solaire en 2050, pour un budget de 20 milliards d'euros. Une première tranche de 2,2 GW serait achevée pour 2020. La production d'énergie solaire en Grèce est pour l'instant très en deçà de son potentiel, avec environ 460 MW installés en septembre 2011. La retenue des investisseurs est due à la difficulté administrative pour développer des projets PV en Grèce et au risque économique du pays. Si ce projet est sérieusement mené, il permettrait à la Grèce d'exporter de l'énergie propre, de stimuler son économie, et de rembourser une partie de sa dette grâce à la vente de l'électricité.



Figure 14 : Centrale photovoltaïque de Drama. L'une des centrales électriques solaires les plus grandes du Nord de la Grèce.

Estimation du coût du kWh électrique en 2020

Nous retenons : 22 ct/kWh

Détail: En janvier 2012, la Grèce annonçait son projet de construire un parc de panneaux PV de 200 MW (la moitié de la puissance de Mühleberg). L'investissement de 807Mio \$ est prévu sur une ancienne mine de lignite à Kozani.

$3'180'000 \text{ EUR} / \text{MW} = 3180 \text{ EUR kW}$

$1 \text{ MW} = 10'000 \text{ m}^2$, $1 \text{ kW} = 10 \text{ m}^2 = \text{EUR } 3180 = \text{CHF } 3816 \text{ (4000)}$, 1800 kWh/kW

Facteur de capacité = 20.5 %

Durée d'amortissement : 20 ans

Taux d'intérêt 5%

$\text{CHF } 4000 \times (1/20 + 0.05/2) / 1800 \text{ kWh} = 0.16 \text{ CHF/kWh}$

Durée d'amortissement 20 ans, taux 10% = 0.22 CHF/kWh

Avec le calculateur multifactoriel LCOE on obtient 19.1 ct/kWh en prenant un taux d'intérêt à 5%.

En février 2012, le prix de rachat du kWh photovoltaïque se situe en Grèce, pour les centrales au sol supérieures à 100 kW à 29,2 centimes d'Euro. Il devrait baisser à 20,3 centimes d'Euro en août 2014.

14 Alternatives au projet de barrage hydroélectrique à Conflan

A titre de comparaison, le prix de rachat du kWh en Allemagne a été fortement réduit récemment, et n'est plus que de 16,5 centimes/kWh jusqu'à une puissance 1 MW et 13,5 centimes/kWh jusqu'à 10 MW, et cela malgré un ensoleillement en moyenne 50% inférieur à celui de la Grèce.

Il est clair que le rendement financier des centrales PV en Grèce est très élevé en raison du risque d'investir dans ce pays. Dans le cas du projet Hélios, destiné à fournir de l'électricité solaire dans des pays plus solides comme l'Allemagne ou la Suisse, les tarifs devraient être réduits, tout en procurant aux investisseurs des rendements suffisants pour qu'ils mettent à disposition les très grosses sommes nécessaires. Ce pourrait être le cas de SIG, qui s'assurerait à un prix raisonnable une grande quantité d'électricité propre.

Estimation du potentiel total

Le potentiel est illimité au regard des besoins genevois, le projet est beaucoup plus grand que nos besoins. Si SIG se lance dans cette entreprise, il sera un investisseur parmi d'autres. En attendant, nous évaluerons à 141 GWh le potentiel en 2020, pour mieux comparer avec Conflan

Identification des limites du projet

Comme pour le projet DESERTEC (centrales solaires de très grande taille en Afrique du Nord reliées au réseau européen) auquel il est souvent comparé, le projet grec nécessite de développer le réseau d'acheminement : le coût est estimé à CHF 25 milliards pour aménager 35'000km de lignes à haute tension en courant continu.

Un cadre clair pour concentrer les investissements est indispensable. Étant donné son expérience dans le photovoltaïque, l'Allemagne se montre le plus intéressé à investir. L'UE pousse la Grèce à mettre en place ce projet

Limite financière : le gouvernement grec aura-t-il l'argent pour payer le rachat du courant garanti pour 20 ans provenant des champs PV ?

Scénario de mobilisation de la ressource et potentiel mobilisable en 2022

2,2 GW

Impact écologique

200 km² de terrains nécessaire, possible concurrence avec les besoins de l'élevage et de l'agriculture à étudier plus précisément.

Nécessité de développer l'infrastructure pour transporter l'électricité, avec les prises au sol nécessaires.

Mobilisation de ressources minérales.

Pour en savoir davantage

- Série d'articles d'actualité en ligne dans le magazine spécialisé (en anglais) PV Magazine:
http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/dampened-support-for-greek-project-helios_100006361/#axzz1vBxqhzjR

6. Investissement dans des fermes éoliennes françaises (Onshore et Offshore)

Description de la technologie

L'éolien est la source de production d'électricité propre la meilleure marché à court et moyen terme. C'est aussi la filière qui a le meilleur bilan écologique dans le cadre du classement effectué dans l'étude multicritère *Review of solutions to global warming, air pollution, and energy security*, étude réalisée par le département énergie et atmosphère de l'université de Stanford.

Malheureusement, les ressources en vent de Suisse ne sont pas favorables et des oppositions fréquentes, souvent justifiées, résultent de l'étroitesse du territoire suisse.

Nous considérons donc que l'acquisition par des producteurs d'électricité suisses de champs d'éoliennes bien situés, par exemple sur les côtes françaises, peut constituer une alternative à la construction du barrage de Conflan. La France constitue le second gisement éolien d'Europe après le Royaume-Uni.

Économiquement, ce mouvement se justifierait par le moindre coût d'investissement (reflété par la différence des prix de rachat de l'électricité produite entre la Suisse – jusqu'à CHF 0,215/kWh et la France – EUR 0,082/kWh, et EUR 0,13/kWh pour l'éolien offshore). Si on tient compte du change CHF/EUR très favorable pour la Suisse, le coût indiqué par le tarif de rachat se situe à CHF 0,1, soit moins de la moitié de la RPC suisse.

Reste à savoir si un tel mouvement serait considéré comme une concurrence pour l'éolien français ou un apport financier indispensable pour accélérer la réalisation du potentiel éolien français. Un potentiel qui risque de rester inexploité tant les choix énergétiques du pays restent bloqués par le poids du lobby nucléaire.



Figure 15: En Europe, fin 2009, un peu plus de 2000 MW d'éoliennes offshore sont en fonctionnement, soit 828 turbines dans 38 fermes, celles-ci sont réparties sur 9 pays²².

²² © Cameron Davidson/Corbis

Estimation du coût du kWh électrique en 2022

Nous retenons : 2.4 ct/kWh

Les estimations du coût réel du kWh éolien sont assez divergentes, et dépendent évidemment de la technologie employée.

Une étude officielle américaine de janvier 2010 (NREL) constate la réalité actuelle du coût du kWh éolien terrestre moyen : 5,5 c€/kWh, soit moins élevé de 30 % que celui du nucléaire : 8,1 c€/kWh. Elle constate également que ce coût est 100 % lié au coût d'investissement, de transport de l'électricité et de maintenance - puisque le vent est gratuit.

La projection à 2020 de l'EWEA (European Wind Energy Association) prévoit un coût de l'éolien ramené à 2,45 c€/kWh. C'est dire que cette énergie sera de plus en plus concurrentielle par rapport au coût du kWh hydraulique de Conflan.

Estimation du potentiel total

Nous retenons : 141 GWh

Ainsi, la production d'électricité éolienne en mer est plus importante qu'à terre à puissance équivalente. On donne couramment comme moyenne 2 500 MWh par MW installé en mer au lieu de 2 000 MWh par MW installé à terre. Dans les zones maritimes géographiquement très favorables à l'éolien, les estimations des études indiquent le potentiel de cas extrêmes de 3 800 MWh par MW installé.

Le potentiel est très grand, au regard des besoins genevois. Pour une meilleure compréhension nous nous sommes volontairement limités ici aussi à 140 GWh/an, l'énergie de Conflan

On peut aussi pour faciliter la comparaison calculer l'énergie électrique qu'on pourrait acheter dans un parc éolien en France, avec 240 millions CHF (coût de Conflan). Vu le coût inférieur de moitié à celui de Conflan, on peut dire que ce champ d'éoliennes produira 2 fois plus de GWh, soit 282 GWh/an

Identification des limites

Disponibilité de la main d'œuvre

Pas de limite prévue pour la réalisation du potentiel.

Disponibilité de la ressource primaire

Inépuisable

Contraintes législatives

Pas de contrainte à priori.

Concurrence des ressources

Aucune. Les énergies fossiles restent "disponibles à la demande".

Impact écologique

L'impact est négatif sur les populations d'oiseaux (effet mur) et sur les espèces marines pendant la phase de construction (pose des lignes d'acheminement de courant) et d'exploitation. Les sons qui se propagent dans l'eau et à travers le sol peuvent masquer les signaux que les animaux émettent pour naviguer, s'orienter, communiquer²³.

²³ Voir : <http://www.universcience.fr/fr/science-actualites/articleas/wl/1248114100497/eoliennes-marines-quels-risques-pour-l-environnement/>

14 Alternatives au projet de barrage hydroélectrique à Conflan

Ces effets indésirables sont à comparer avec ceux qui sont associés à d'autres sources d'énergies non renouvelables et renouvelables.

Co-bénéfices

D'importants investissements provenant de Suisse devraient déclencher un mouvement d'investissements français pour réaliser le potentiel dormant de l'éolien dans l'hexagone. Un investissement endogène déjà amorcé²⁴.

Pour en savoir d'avantage

- Mark Z. Jacobson, *Review of solutions to global warming, air pollution, and energy security*, Energy Environ. Sci., 2009,2, 148-173, http://www.google.ch/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CGcQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.stanford.edu%2Fgroup%2Ffemh%2Fjacobson%2FArticles%2FI%2FBriefing1008.pdf&ei=R22_T_aQHISDOrbZvNIJ&usg=AFQjCNGDMGEgipMB-9oRw4K8NRZnGyxO_Q&sig2=IdAt49UFRfYJ6AglcpXBjQ
- National Renewable Energy Laboratory (NREL), <http://www.nrel.gov/>
- European Wind Energy Association - EWEA, <http://www.ewea.org/>

²⁴ Voir : <http://ecologie.blog.lemonde.fr/2011/01/26/la-france-doit-elle-miser-sur-leolien-offshore/>

7. Apport thermique provenant du lac: Projet Genève-Lac-Urbain - GLU

Description de la technique

Cette technique tire profit du fait que la température du lac en profondeur est plus élevée que l'air en hiver et plus basse que l'air en été. En acheminant l'eau du lac vers des pompes à chaleur (PAC) en hiver, le travail requis par ces PACs est allégé. Idem en été, lorsque l'acheminement d'eau du lac permet de faciliter le travail de refroidissement des bâtiments. Le défi écologique d'un tel réseau de PACs est d'éviter qu'il devienne un tremplin à la consommation d'électricité qui est actuellement pour l'essentiel non renouvelable (charbon, nucléaire, fioul...). Aussi, remporter le défi de fournir une électricité à 100% renouvelable dépend d'une réduction de la consommation du canton. Nous développerons plus bas une série de critères pour qu'un tel réseau soit vert.

Un réseau identique existe déjà dans le quartier de l'ONU, (*Genève Lac Nations, GLN*). D'autres pourraient voir le jour, tel le projet de réseau *Genève Lac Urbain, GLU* présenté par M. Jérôme Faessler et les SIG. Avec GLU, le potentiel selon M. Faessler et les SIG est de 300MW, répartis dans les secteurs de distribution répertoriés ci-dessous :

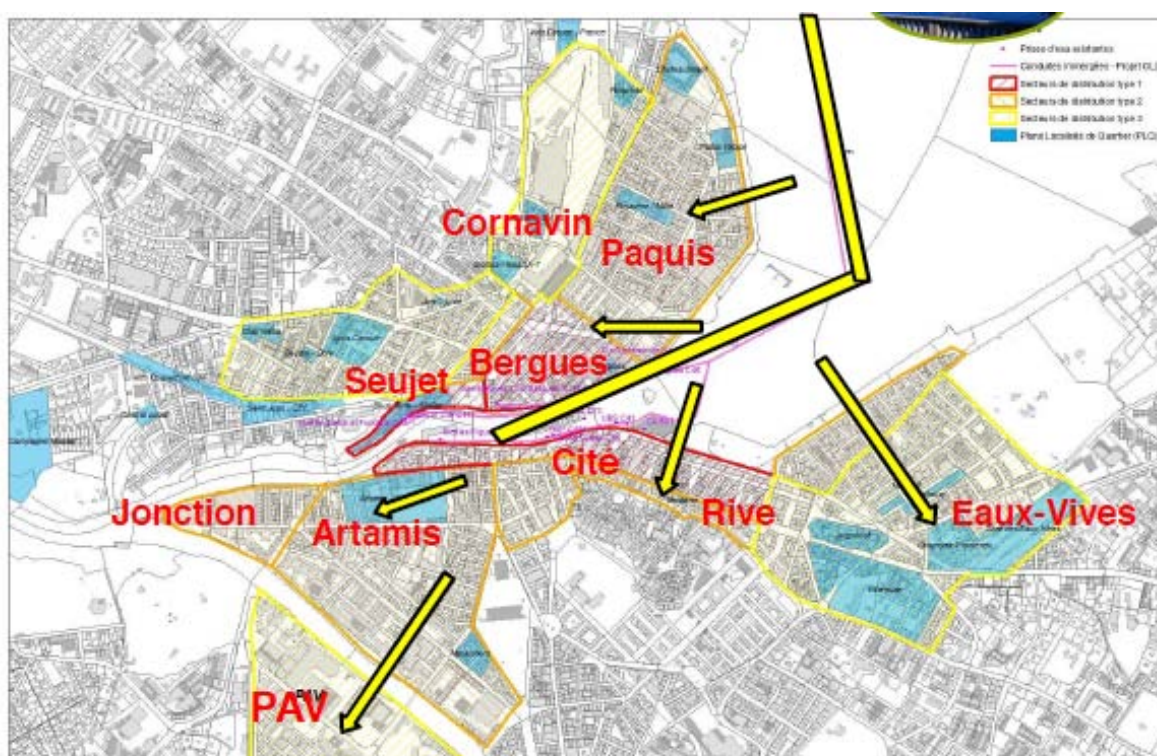


Figure 16: Secteurs de distribution GLU, (SIG)

Gains pour l'environnement

► Economie d'électricité	:	8 000 MWh / an
► COP (Coefficient de performance)	:	14 à 18
► Substitution des tours évaporatives	:	
► Economie de pétrole	:	1 500 t / an
► Economie CO ₂	:	6 000 t / an
► Economie d'eau potable	:	400 000 m ³ / an

Figure 17 : Économies d'électricité du GLN selon SIG

Malheureusement ce système, s'il présente en effet des coefficients de performance (COPs) intéressants pour le froid (14 à 18 selon le tableau ci-dessus), présente des COPs beaucoup moins intéressants pour la chaleur (COP = 4), ce qui signifie que le froid est fourni avec un meilleur rendement que la chaleur, or en Suisse le froid n'est que peu utile, sauf dans les grandes banques et les grands bureaux qui sont actuellement climatisés.

Concrètement, on nous annonce dans le tableau ci-dessus qu'on va faire des économies de pétrole, et de CO₂, en oubliant de préciser que la consommation d'électricité pour le chauffage va augmenter ! De même, on prétend dans le tableau ci-dessus que GLN a permis des économies d'électricité (8000MWh/an), mais on omet de préciser que ces économies-là ne sont réalisées que dans la partie refroidissement, et que dans la partie chaleur c'est une augmentation de la consommation d'électricité qui est obtenue.

Pour conclure, il importe que le "besoin" en froid additionnel soit réduit au maximum avant de construire un tel réseau, vorace en électricité pour le chauffage

Estimation du coût du kWh électrique en 2022

Les kWh thermiques fournis

Les kWh thermiques fournis se négocieront aux alentours de 14ct/kWh, un prix voisin de celui du réseau de chaleur à distance de l'usine des Cheneviers *Cadiom*.

Les kWh électriques économisés

Les kWh électriques économisés se négocieront aux alentours 15ct/kWh dans la partie froid du projet, soit un coût de revient à 36 millions d'investissements amorti en 36 ans soit 1 million par an pour 8000 MWh/an ça mettrait le coût du kWh aux alentours de 21 ct mais ce calcul est purement théorique il s'appuie sur un chiffre (8000 MWh/an) qui est partiel.

Estimation du potentiel total

Le potentiel hydrothermique à Genève est de 300 MW (production de chaleur et surtout de froid), ce qui est considérable puisque les besoins de chaleur au total atteignent 700 MW, (ou 1400 W/hab). Nos évaluations pour 2020 :

- 50 MW de chaleur, dont 10 MW en 2020, sur 4000h/an ça fait 40 GWh
- 200 MW de froid, dont 20 MW en 2020, sur 4000h/an ça fait 80 GWh thermique. On peut compter 1 GWh électrique économisé par GWh thermique fourni.

Le potentiel considérable de production de froid par le lac dans une ville qui n'a pas une culture de climatisation intérieure crée une opportunité pour que Genève héberge à l'avenir des data centers (Centres de traitement de données). Ces data centers consomment énormément d'énergie précisément pour refroidir les machines. Si on trouve des clients, et si on n'est pas trop regardant sur l'isolation de ces clients, le potentiel en 2022 de GLU est considérable, on peut chauffer et refroidir Genève avec de tels systèmes

Identification des limites

Disponibilité de la main d'œuvre

GLN a pu être construit, GLU serait une opération plus ambitieuse mais à priori ne devrait pas présenter de problème de main d'œuvre.

Disponibilité de la ressource primaire

Le ressource primaire est inépuisable à vues humaines, l'eau du Rhône va se réchauffer un peu si on lui prend des calories, mais la ressource est vaste

Contraintes législatives

Pas de contraintes législatives identifiées.

Concurrence des ressources

A priori pas de concurrence cet ordre.

Impact écologique

Recommandations pour un GLU vert:

La température de 8 à 10°C issue du lac (au point de pompage, en profondeur) en été constitue une présence de froid renouvelable; cependant *l'acheminement* de ce froid en ville dans des ventilations de bâtiments représente une consommation additionnelle d'énergie (station de pompage et sous-station client) essentiellement non renouvelable. En hiver ce différentiel est surcompensé par l'évitement de chauffage à mazout, gaz ou électrique direct, en été le différentiel est compensé que dans des bâtiments qui ne devront plus être équipés de climatiseurs directs.

Afin d'assurer que GLU une fois réalisé aboutisse à une diminution nette de la consommation, hiver comme été, un soin particulier devra être apporté pour éviter l'effet d'opportunité créé par l'offre de froid supplémentaire en été. Ainsi, la fourniture de froid à des bâtiments non encore desservis devra être évitée. La rentabilité financière ne doit pas péjorer la rentabilité écologique du projet, ce qui relèverait d'un non sens évident.

La fourniture de froid par GLU aux seuls bâtiments actuellement équipés de climatiseurs devrait permettre de réduire fortement la quantité d'eau pompée dans la station principale en été.

8. Isolation thermique des villas

Description de la technique

Une nouvelle législation cantonale pourrait accélérer le rythme de rénovation thermique des villas par le biais d'incitations financières s'ajoutant au *Programme bâtiments* de la Confédération. L'accroissement du nombre de villas rénovées permettra de diminuer le recours aux chauffages électriques indirects (pompes à chaleur, PAC), facilitant ainsi le passage à une électricité d'origine 100% renouvelable. Cette diminution touchera la puissance et le nombre de PACs installées. Plus le besoin de chauffage d'une maison est réduit par l'isolation thermique, plus la puissance de la PAC peut être dimensionnée à la baisse, réduisant ainsi sa consommation d'électricité. L'isolation d'une maison peut aussi servir d'occasion bienvenue pour passer à un chauffage à pellets.



Figure 18: L'isolation thermique des villas permet la réduction de consommation d'énergie

Estimation du coût du kWh électrique économisé en 2022

Selon l'étude "Coût de l'assainissement énergétique du parc immobilier du canton" (CEPIC) conduite par noe21, isoler les villas revient cher. Le courant économisé dans les PACs mieux dimensionnées, dans des villas isolées, coûtera plus d'un franc le néga-kWh

Estimation du potentiel total

Nous retenons : 30 GWh économisés en 2022.

On peut considérer qu'il y a 43 000 villas en ce moment dans le canton. Le taux de renouvellement est de 2%, que ce soit par rénovation du chauffage existant ou par la construction d'une nouvelle villa. La moitié de ces villas vont être équipées avec des PACs, (soit 430 villas/an) et si leur isolation était meilleure l'énergie électrique consommée par ces PACs pourrait être réduite de moitié.

A GE en 2009: 1270 PACs, 35'000 en CH

Une villa mieux isolée économisera 7500 kWh/an, pour 400 villas on obtient 3 GWh. C'est très peu, 3 GWh, c'est 1 pour mille de la consommation du canton, mais ces 3 GWh sont cumulatifs, la 2^e année les 400 villas deviennent 800, la 3^e année 1200, il s'agit d'une progression arithmétique !

Il s'agit donc de mieux isoler ces villas bien que les premières années les gains puissent paraître faibles

Le potentiel d'économies d'électricité pour ces PACs peut être évalué à 30 GWh en 2022.

Identification des limites

Disponibilité de la main d'œuvre

La disponibilité de main-d'œuvre formée d'origine locale est limitée. La venue de personnes formées à Genève est limitée par la pénurie de logements. Les filières de formation sont en développement.

Disponibilité de la ressource primaire

Équivalent au nombre de villas non encore équipées en PACs.

Contraintes législatives

Nécessité de faire voter des lois et des lois de financement en particulier, soumises à référendum facultatif.

Concurrence des ressources

Les ressources limitées à mettre à contribution sont essentiellement en finances publiques, il faut y ajouter un coût en capital politique. Faute de détermination suffisante dans l'opinion publique pour agir sérieusement sur le changement climatique, des mesures comme celle-ci resteront autant indispensables que politiquement coûteuses.

Scénario de mobilisation de la ressource et potentiel mobilisable en 2022

30 GWh/an

Impact écologique

Les travaux de rénovation ont un impact écologique (utilisation de ressources non renouvelables, énergie grise) mais cet impact est très largement amorti par la réduction de la consommation d'énergie permise par les travaux et portant sur plusieurs décennies.

Co-bénéfices

Cette mesure réduit la demande d'énergie qui atteint des pics pendant les mois d'hiver. Étant donné que pratiquement tout type de production d'énergie a un impact sur la nature, réduire la demande d'énergie est un soulagement pour l'environnement.

Étant donné qu'à terme tout le domaine bâti devra être rénové pour respecter le protocole de Kyoto et l'objectif de la société à 2000 Watts, l'accélération des rénovations dans les villas aura un effet d'entraînement sur les autres bâtiments (locatif, administratif) et entraînera l'adaptation à la hausse du nombre de personnes formées dans les métiers du bâtiment.

Pour en savoir davantage

- Rapport de Noé21 "Coût de l'assainissement énergétique du parc immobilier du canton" (CEPIC). Rapport sous embargo au moment de la remise de la présente étude. Consulter le site www.noé21.org à partir de juin 2012

«Chauffer un bâtiment n'est rien d'autre qu'une adaptation constante aux erreurs de construction»

Günter Lang, IG Passivhaus (Autriche).

9. Efficacité énergétique chez les « grands consommateurs »

Description de la mesure:

Cette mesure s'adresse aux grands consommateurs, présentant une consommation annuelle d'électricité supérieure à 1 GWh. L'objectif du programme *Ambition Négawatt* de SIG lancé en automne 2011 est d'encourager les acteurs industriels, commerciaux et administratifs à réduire leur consommation d'électricité. *Ambition Négawatt* les accompagne par le biais de subventions ciblées, notamment en contribuant à la formation de spécialistes énergétiques dans ces organisations ou en apportant une rémunération supplémentaire de CHF 0,07/kWh par kWh économisé, pour les gros clients devenus plus efficaces. Pour éviter de disperser ses forces, le programme vise en priorité les 96 sites dépassant 3,5 GWh/an.

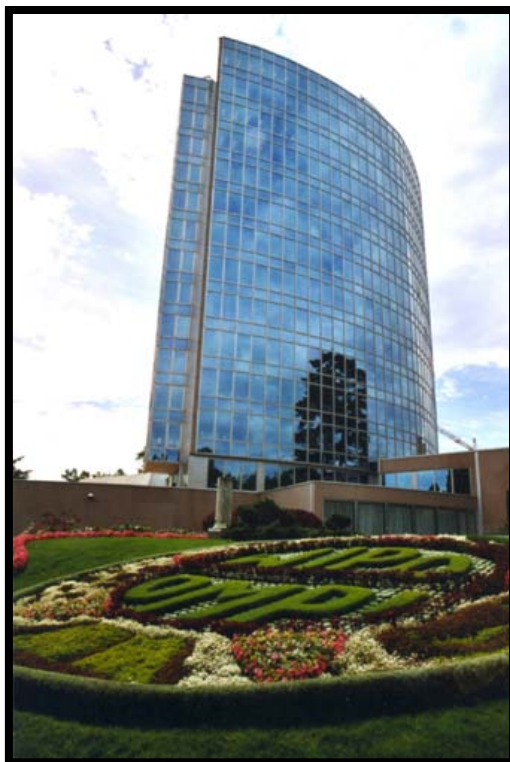


Figure 19: Bâtiment administratif situé dans le quartier des Nations.

Dès 2013, les incitations de SIG feront place à une obligation légale de réduction de la consommation énergétique, définie dans la loi sur l'énergie d'août 2010 et son règlement d'application. Il faut donc envisager des mesures dépassant ce qui sera imposé dès 2013 aux grands consommateurs, soit au-delà d'une augmentation de 20% de l'efficacité énergétique sur 10 ans (Convention d'objectifs cantonaux) et dont le retour sur investissement est réalisé en 3 ans.

Le potentiel estimé pour l'augmentation de l'efficacité énergétique des grands consommateurs au-delà de l'objectif d'éco21 est de 200GWh (v. étude MDE de Madame Le Strat en fin de la fiche).

La mesure préconisée dans cette fiche est de doubler le financement du programme *Ambition négawatt*. Ce financement additionnel pourra être utilisé pour étudier l'évolution de la consommation annuelle des 96 sites les plus gros consommateurs et d'intervenir le cas échéant vers ceux qui présenteraient une diminution de leur performance d'efficacité, soit pour assurer ou cofinancer un bon déploiement des nouvelles technologies (domotique, techniques de gestion fine de sa consommation d'électricité), des techniques pour lesquelles on attend un développement ces prochaines années. L'ambition d'un financement plus conséquent est d'aller chercher la réalisation du potentiel de réduction

de la consommation identifié dans le rapport de Mme Le Strat, au delà des objectifs formulés dans le programme éco21.

Estimation du potentiel total

Nous retenons : 350 GWh/an économisés

En 2022 (année de mise en service potentielle de Conflan), grâce au rodage effectué sur les sites des plus gros consommateurs (les 96 sites actuellement retenus par *Ambition négawatts*), la technologie sera mûre pour réduire la consommation d'électricité des 600 sites « grands consommateurs », avec à la clef 40% d'efficacité énergétique additionnels chez les grands consommateurs.

Scénario de MDE : (étude de Mme Le Strat)

En partant du potentiel d'efficiency retenu par Mme Le Strat, 737 GWh/an en 2018, et en extrapolant à 2022, on arrive à 1000 GWh/an économisés en 2022 dont 350 GWh concernent les grands consommateurs.

Pour mémoire, 1000 GWh représente le tiers de la consommation actuelle du canton.

La figure ci-dessous montre bien le potentiel d'économies chez les grands consommateurs. Les secteurs en couleur additionnés constituent l'objectif éco21. Le secteur hachuré présente le potentiel MDE :

4 - Enjeux du programme éco21



Programme éco 21 : champ d'action de SIG Impact des Plans d'action de 2008 à 2018

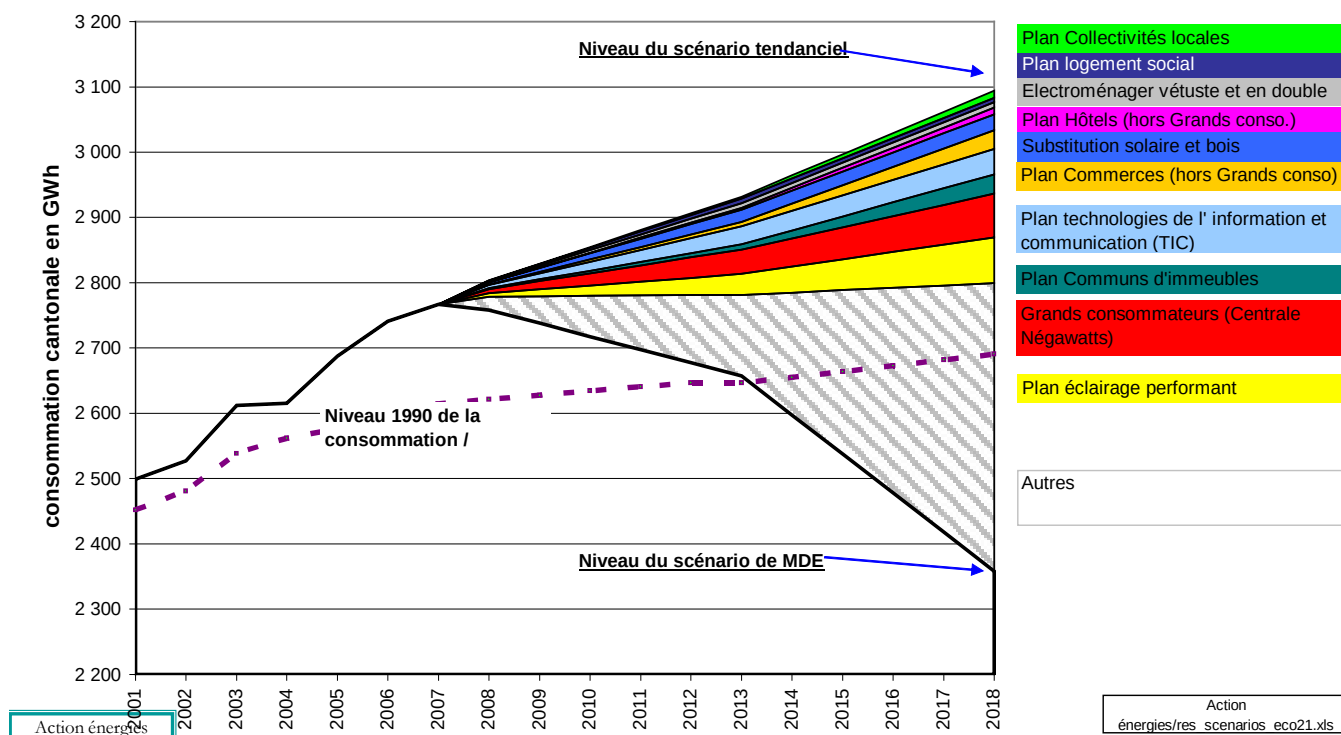


Figure 20: Scénario MDE selon Pascale Le Strat, (2005)

Coût des kWh économisés

Nous retenons : 6 ct/kWh économisé

Selon SIG et son programme Ambition Négawatt, le prix unitaire par kWh évité est de 2ct.

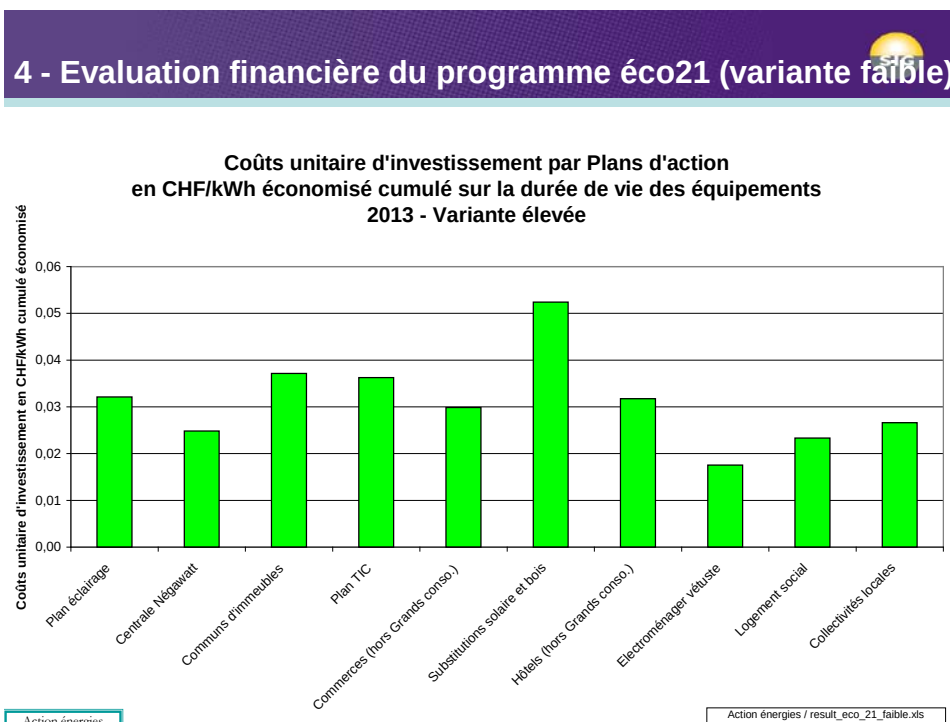


Figure 21: Coûts des kWh économisés selon Pascale Le Strat

L'expérience acquise par noe21, qui a compulsé des bases de données étasuniennes concernant les économies d'énergie, dans plusieurs travaux et études antérieurs, nous montre cependant que le coût des mesures d'efficacité est toujours plus élevé que prévu, il faut revenir souvent chez les clients, établir une relation de confiance, démarches qui prennent du temps et coûtent donc de l'argent.

Forts de notre expérience nous retiendrons donc le chiffre de 6ct/kWh économisé.

Identification des limites

Disponibilité de la main d'œuvre

A priori ceci ne constitue pas une limite dans ce cas.

Disponibilité de la ressource primaire

A priori ceci ne constitue pas une limite dans ce cas.

Contraintes législatives

Une loi de financement pourra être évitée, une décision du Conseiller d'État de tutelle devant suffire.

Concurrence des ressources

A priori ceci ne constitue pas une limite dans ce cas.

Impact écologique

Aucun impact écologique négatif identifiable, il s'agit d'une réduction de la consommation.

Pour en savoir davantage

- Mission d'accompagnement du programme ECO21, P. Le Strat, SIG, avril 2008
- *Spécificités de la demande d'électricité du canton de Genève État des lieux, prospective et plan d'action éco21* Présentation didactique de P. Le Strat, SIG. Document disponible sur demande info@noe21.org

10. Éco21 Plus

Description de la mesure



Plusieurs actions sont envisagées:

1. incitation par communication publique (opération "double-éco"),
2. visites dans les ménages (action "éco-social"),
3. Communs d'immeubles, adressé aux propriétaires, par le biais des régisseurs,
4. Ambition "Négawatt" adressé aux grands consommateurs.

Cédric Jeanneret: « éco21 est un programme d'incitation aux économies d'électricité (« Demand Side Management »). Nous contribuons à la stabilisation de la consommation d'électricité du canton de Genève en utilisant principalement 3 leviers: formation, accompagnement et conseil / sensibilisation et communication / incitations financières et primes. A ce jour, CHF 27 millions ont permis d'économiser 60 GWh/an ou 200 GWh cumulés depuis 2008, ce qui représente un coût de revient de 13,5 ct / kWh. Ce coût encore assez élevé s'explique par les coûts de développement. Le programme est maintenant en phase de déploiement et d'ici fin 2014 nous devrions atteindre notre objectif de 150 GWh/an ou 1 TWh cumulé, pour un coût de CHF 60 millions, soit 6 ct/kWh économisé: pas cher, en effet! "Efficiency is the first fuel" comme disent les Californiens! »

D'ici à 2015, SIG aura dépensé CHF 55 millions dans leur programme éco21 et économisé 150 GWh (150 millions kWh) en électricité par an. En comparaison, le projet de barrage de Conflan (sur le Rhône) est budgété à CHF 200 millions et produira 120 GWh par an. Conclusion : construire coûtera près de 4 fois plus pour obtenir à peu près la même quantité d'énergie électrique. (Source : Le Temps 9.3.12).

Les estimations divergent:

Par une bonne incitation (smart-metering accompagné d'info) on arrive à une économie d'électricité de 5% dans les ménages. (surfe: "Endenergieeinsparungen durch den Einsatz intelligenter Messverfahren (Smart Metering)", Kema Consulting, Bonn, 2009, p 12.). En 2010 la consommation d'électricité à Genève par les ménages s'élevait à 780'174 MWh. 5% correspondent alors à 40 GWh/an.

Selon éco21, jusqu'à 2011 on aurait déjà économisé 55 GWh/an pour la totalité du programme éco21 (donc y compris l'industrie). Éco21 ne subdivise pas ses objectifs selon les groupes de consommateur. L'objectif global de l'action est de 150 GWh/an en 2014, pour un coût global de 60 MCHF, soit 40 ct/kWh par an économisé. Ou, calculé sur la durée de l'action, 6 ct/kWh économisé.

Estimation du coût du kWh électrique en 2022

Nous retenons : 6 ct/kWh

Pour le petit éco21 existant, 60 MCHF ce qui donne 4 ct par kWh/an. Sur une durée de vie de l'action de 10 ans (les actions incitatives ont une courte durée de vie et doivent constamment être renouvelées) on obtient 4 ct/kWh. Nous retenons 6 ct pour éco21 regonflé.

En nous appuyant là encore sur le rapport de Mme Le Strat (v. référence en fin de fiche)

Estimation du potentiel total

Nous retenons : 350 GWh

Nous retenons l'objectif global d'éco21, avant son redimensionnement à la baisse, comme

potentiel. Dans son étude Mme Le Strat évaluait ce potentiel à 737 GWh/an en 2018, donc 1000 GWh/an en 2022.

3 - Simulations prospectives de la demande d'électricité



Scénario de MDE :

→ Economies : 275 GWh en 2013 et 737 GWh en 2018

→ Potentiels d'économie de 9 % en 2013 et 24 % en 2018.

La simulation des économies non linéaire dans le temps sur la période 2008-2018 mais tient compte des délais de mise en œuvre des programmes de MDE. Il y a donc une « accélération » en seconde période.

Comparaison avec le scénario IV de l'OFEN :

Potentiel pour l'électricité du scénario IV de l'OFEN est de 10,6 % en 2020 (12,3 % toutes énergies confondues).

Action énergies

Figure 22: Potentiel d'économie du programme MDE selon Pascale Le Strat

De ces 1000 GWh en 2022, il faut enlever 300 GWh/an, qu'éco21 redimensionné va réaliser de toutes façons d'ici 2020 :

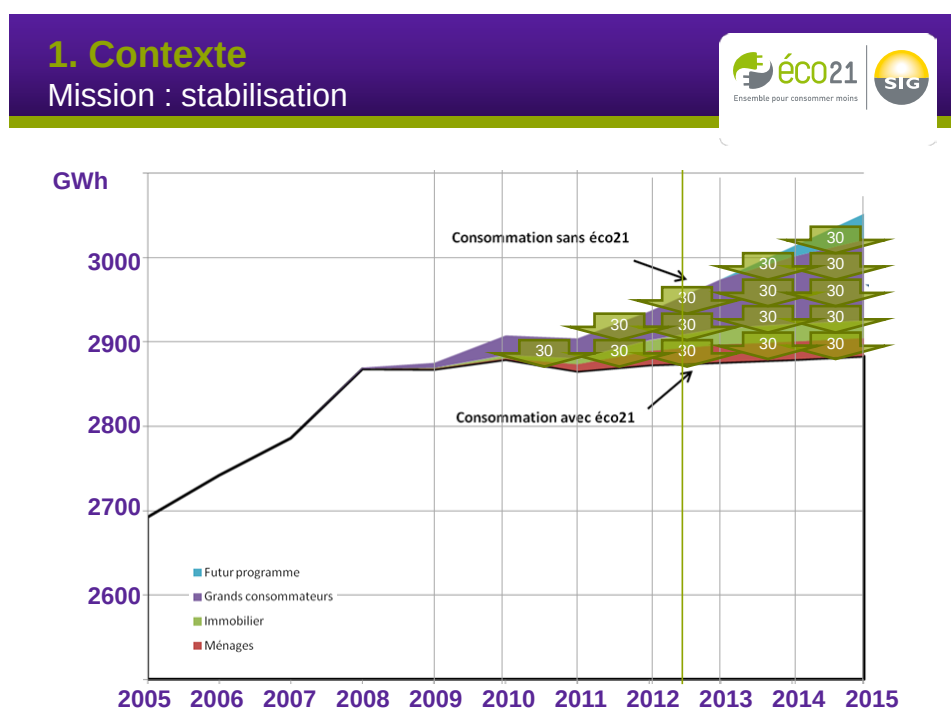


Figure 23: Programme éco21 selon Cédric Jeanneret

Il reste 700 GWh/an, dont la moitié sera comptée pour les gros consommateurs et l'autre pour le reste d'éco21. Le potentiel additionnel d'éco21 est donc de 350 GWh/an.

Identification des limites

Disponibilité de la ressource primaire

Les tranches d'économies de 30 GWh chacune ne sont pas additionnables linéairement sans limites. Les premières tranches seront plus faciles à obtenir et vice-versa.

Contraintes législatives

Il n'y a aucune contrainte législative

Concurrence des ressources

A priori ceci ne constitue pas une limite dans ce cas.

Scénario de mobilisation - potentiel en 2022

Cela devrait être réalisé en 2014 déjà.

Impact écologique

Il n'y a aucun impact écologique néfaste, au contraire l'impact est positif car permet de réduire la demande en production électrique.

Co-bénéfices énergétiques et autres

Sensibilisation de la population et baisse de la demande en électricité.

Remarques

Le potentiel est similaire au Conflan, et le coût est inférieur. Ce n'est pas additionnel, car le projet eco21 est déjà en route. Il est utopique de croire avec un dédoublement de l'effort on peut dédoubler les gains énergétiques.

Pour en savoir davantage

- Spécificités de la demande d'électricité du canton de Genève
État des lieux, prospective et plan d'action éco21 Présentation didactique de P. Le Strat, SIG. Document disponible sur demande info@noe21.org

11. Facturation incitative

Description de la technique

Cette technique vise à réduire la consommation d'électricité par des changements de comportement, induits par une présentation améliorée des factures, les tarifs restant les mêmes par ailleurs. Avec l'instauration de la facturation incitative, le dernier relevé de consommation d'un client est comparé au relevé de la moyenne des voisins du quartier. Si le client a consommé davantage que la moyenne du voisinage (de surface habitée équivalente), une comparaison montre dans quelle proportion il a consommé plus et une analyse des causes est fournie, assortie de conseils pour remédier à la situation ainsi que les coordonnées d'un conseiller en efficacité à contacter.

Pour mettre en place cette nouvelle facturation, le fournisseur d'électricité achète et installe un logiciel développé par une compagnie spécialisée dans la réduction de la demande. Par exemple *Opower* (voir en fin de la fiche).

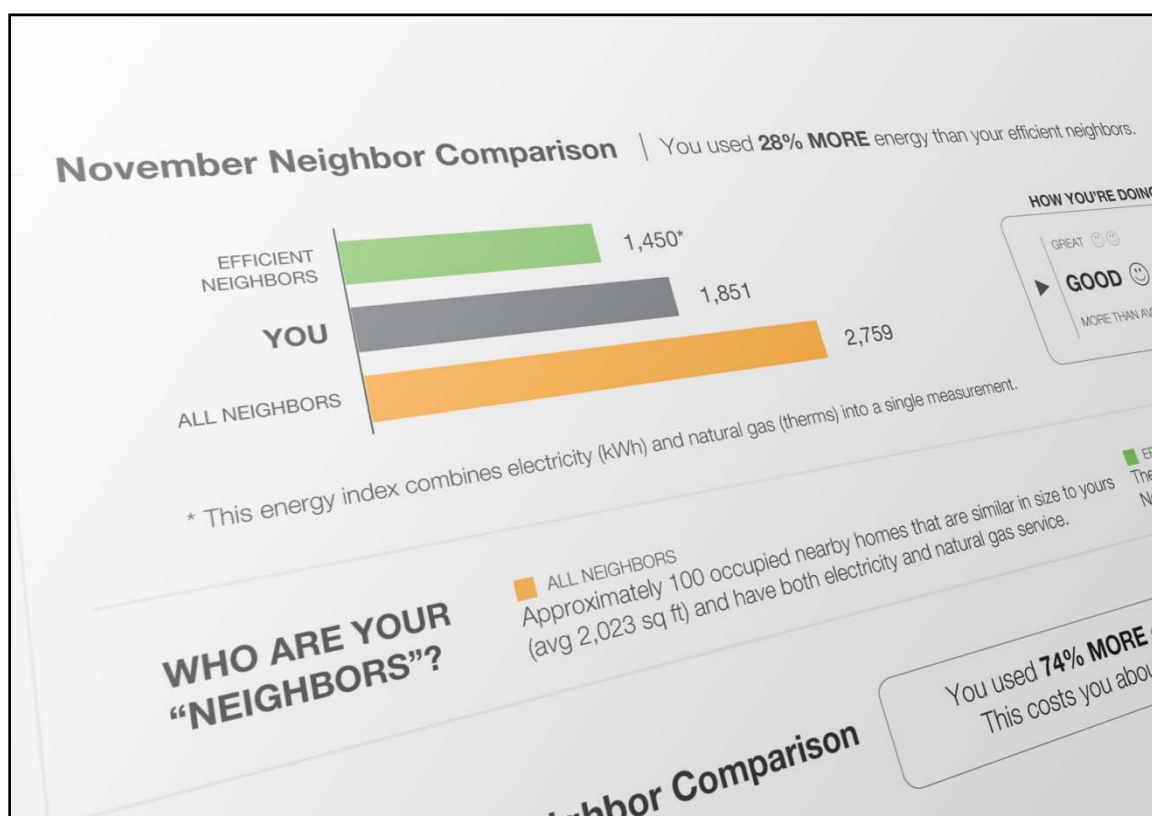


Figure 24: Extrait d'une facturation incitative, ici facturation version Opower.com

Estimation du coût du kWh électrique en 2022

Aux USA, les coûts moyens du kWh évité de cette manière est de 3,3 ct / kWh évité.
En Suisse ce serait plus cher, nous estimons 5 ct / kWh évité.

Estimation du potentiel total

Nous retenons : 100 GWh économisables

L'étude allemande Kema (voir fin de fiche) table sur 5-10% d'économies avec cette méthode, mais seulement si elle est conjuguée avec d'autres, comme l'installation de compteurs intelligents par exemple. Il est donc difficile de séparer l'effet de cette seule méthode, difficile de tenir compte de l'effet non additionnel (v intro) nous choisissons pour finir 100 GWh

Identification des limites

Disponibilité de la main d'œuvre

Le département de la facturation de SIG devra être formé à employer le nouveau logiciel de facturation. Il n'est pas nécessaire d'embaucher de personnel supplémentaire.

Disponibilité de la ressource primaire

Le gisement de négawatts chez les ménages est très important : 40% de la consommation actuelle, sans les modifications de comportement selon l'OFEN.

Contraintes législatives

Aucune contrainte législative identifiée.

Concurrence des ressources

Cette technique coexiste bien avec d'autres techniques de gestion de la demande et n'affecte pas les ressources d'énergie disponibles.

Impact écologique

Pas d'impact écologique.

Co bénéfices

Les clients seront mieux disposés à accepter l'augmentation possible du coût du kWh à venir lorsqu'ils voient SIG les aider à réduire leur consommation.

Pour en savoir davantage

- *Social norms and energy conservation*, Hunt ALCOTT, MIT, New York University, Journal of Public Economics (2011), doi:10.1016/j.jpubeco.2011.03.003
- *Energy Use: Neighbor vs. Neighbor*. Article paru dans Business week http://www.businessweek.com/innovate/content/nov2009/id2009115_475766.htm
- Opower, compagnie de service aux fournisseurs d'énergie, pionnier de la facturation incitative. www.opower.com
- Hans Pipke, Claas F. Hülsen, Hartmut Stiller, Kristian Seidl, David Balmert: "Endenergieeinsparungen durch den Einsatz intelligenter Messverfahren (Smart Metering)", Bonn, 2009.
- Rapport établi par KEMA Consulting GmbH, Bonn, sur mandat du Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. <http://www.kema.com/de/Images/KEMA%20Endbericht%20Smart%20Metering%202009.pdf>

12. Compteurs intelligents & Tarification différenciée

Description de la technique

Il s'agit d'une combinaison de deux innovations: l'installation de compteurs électriques « intelligents », reliés au fournisseur d'électricité ainsi que l'instauration de tarifs différenciés selon les périodes de consommation creuse, intermédiaire ou de pic. Les deux innovations visent, outre l'allègement des périodes de pics, à changer le comportement des utilisateurs, pour induire des économies. Toutes sortes de tarifications incitatives peuvent être mises en place grâce à la connaissance en continu de la consommation du client (tarifs inversés, etc.)

Prix de l'électricité (printemps 2012) en Ontario :

6,2¢	Période creuse
9,2¢	Période normale
10,8¢	Période de pointe

Ce type de tarification ne nécessite pas de smart meters !

Les consommateurs, sachant à quelle période du jour la tarification est la plus chère, décident dès lors quand ils mettent en marche leurs appareils consommant le plus. Dans l'Ontario, 4,3 millions de ménages et petites PME ont été équipés de compteurs intelligents, permettant aux fournisseurs d'énergie de facturer selon les périodes différenciées de tarification.

Dans certains États d'Amérique du Nord, des mini écrans placés à la cuisine et reliés (sans fil) au fournisseur d'électricité donnent un signal prix très clair incitant à réduire sa consommation en période de pic :



Figure 25: « In house display » de General Electric.

Estimation du coût du kWh électrique en 2022

Nous retenons : 10 ct/kWh (voir calcul ci-dessous)

Selon l'étude allemande kema :

<http://www.kema.com/de/Images/KEMA%20Endbericht%20Smart%20Metering%202009.pdf>

Les prix d'un smart meter sont les suivants :

Allemagne: Coût annuel du système complet (installation + exploitation) reporté sur la facture du client: 80 euros/an.

Pays-Bas : Coût annuel d'un système complet part client 44 à 49 euros/an, dont 30 euros en frais fixes d'installation et amortissement (source KEMA)

France: Coût annuel d'un système complet : 50 euros/an pour le compteur intelligent Linky d'EDF.

Estimation du potentiel total

Nous retenons : 38 GWh dans les ménages.

Le calcul en détail par du rapport KEMA, en Suède, prix du compteur entre 167-350 euros, soit 300 francs suisses.

Consommation de tous les ménages 780 GWh (OCSTAT, 2010)

Nombre ménage 182000 (OCSTAT, 2000) -> 4200 kWh/an/ménage

Économie: 5% = 210 kWh/an/ménage

Investissement : 300fr amorti sur 20 ans

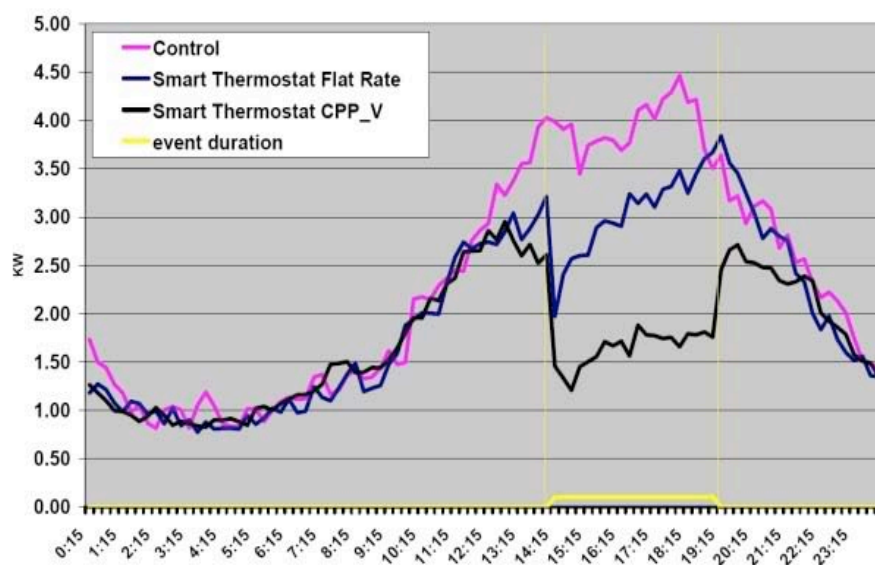
Taux intérêt 4%

$C = (300/20 + 4\%/2) / 210 = 10 \text{ ct/kWh}$

Potentiel $210 * 182'000 = 38\text{GWh}$

Ontario : Réduction nette de 6% de la consommation annuelle (1e année). Rapporté à Genève, cela équivaut à 40 GWh/an.

Réduction de 50% de la puissance demandée en période de pointe.



**Figure 26: Résultats d'essais de SDG&E testant le Critical peak pricing : --- Non équipés
--- Équipés de climatiseurs à thermostats, --- Équipés de climatiseurs à thermostats + tarifs
différenciés, --- Durée de l'exercice**

Allemagne (étude KEMA, voir en fin de fiche): Réduction de 5% de la consommation des particuliers (GE: 40 GWh/an), lorsque la pose de compteurs intelligents est doublée de diffusion d'informations directes (via le compteur) ciblées renseignant les consommateurs sur les moyens d'action disponibles. En cas de renseignements indirects (via les factures) la réduction est entre 0 et 5%.

Identification des limites

Disponibilité de la main d'œuvre

Le rythme d'installation des compteurs intelligents dépend ici de la disponibilité de main-d'œuvre formée.

Disponibilité de la ressource primaire

Le gisement de négawatts chez les ménages est très important: 40% de la consommation actuelle sans modification de comportement selon l'OFEN.

Contraintes législatives

Pas de contrainte législative identifiée. En cas de contrainte, le fournisseur peut installer les compteurs avec l'accord du client final.

En France, EDF investit dans la pose de compteurs intelligents LINKY mais selon l'association française de défense des consommateurs UFC, il n'y aura aucun avantage pour les consommateurs en termes de maîtrise de leur consommation, parce que les usagers ne pourraient pas la voir. Apparemment EDF mise sur les compteurs intelligents pour réduire fortement ses coûts de facturation et recouvrement. Alors attention à veiller à ce que la pose de compteurs intelligents soit pensée pour aider les consommateurs à surveiller et réduire leur consommation d'électricité et pas seulement à réduire les coûts de personnel chargé de relever les compteurs.

Concurrence des ressources

Cette technique coexiste bien avec d'autres techniques de gestion de la demande et n'affecte pas les ressources d'énergie disponibles.

Impact écologique

Ondes électromagnétiques supplémentaires lorsque le compteur émet ses données sans fil. Toutefois l'intensité de ces radiations est des milliers de fois plus petites que celles provenant de téléphones sans fil.

Co-bénéfices

- L'installation de compteurs intelligents permet ensuite au fournisseur de désactiver l'alimentation de prises de courant en période de pointe, sur accord préalable du client final.
- Une demande moins élevée pendant les heures de pointe réduira la nécessité de construire de nouvelles installations de production et une nouvelle infrastructure de transmission et de distribution
- L'énergie d'origine renouvelable occupera à l'avenir une place croissante dans l'approvisionnement. Ce programme de gestion des pics de consommation permet d'absorber une part grandissante d'énergie intermittente (solaire, éolienne)
- Les compteurs intelligents éliminent les coûts de main d'œuvre nécessaire à relever les compteurs.

Pour en savoir davantage

- Pages dédiées sur le site du Ministère de l'énergie de l'Ontario:
<http://www.energy.gov.on.ca/fr/smart-meters-and-tou-prices/>
- Hans Pipke, Claas F. Hülsen, Hartmut Stiller, Kristian Seidl, David Balmert: "Endenergieeinsparungen durch den Einsatz intelligenter Messverfahren (Smart Metering)", Bonn, 2009.
- Rapport établi par KEMA Consulting GmbH, Bonn, sur mandat du Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie.
<http://www.kema.com/de/Images/KEMA%20Endbericht%20Smart%20Metering%202009.pdf>
- "Once consumers find out how they use energy, they will ask what they can do to improve their energy efficiency."
- Paul Lau, assistant general manager of power supply and grid operations at the Sacramento, (CA) public utility.

13. Sobriété énergétique ou changements de comportement

Description de la technique

La sobriété diffère de l'efficacité: si vous éteignez votre vitrine vous êtes sobres (comportement modifié). Si vous y mettez des LEDs vous êtes efficaces. Cette fiche se concentre sur les comportements.

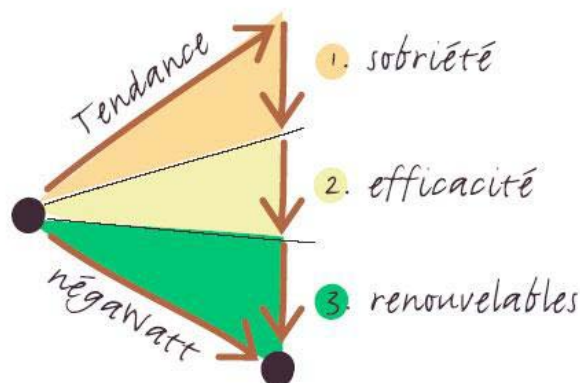


Figure 27 : Exemple de sobriété : L'arrêt des escaliers roulants dans un centre commercial

Les énergies renouvelables ont aussi une empreinte écologique: bruit et transformation du paysage engendré par les éoliennes, production des cellules photovoltaïques ou inondation et déplacement de populations causés par les grands barrages. Il faut donc réfléchir en priorité à consommer moins et à développer l'efficacité énergétique. Les besoins résiduels et réels en énergie seront alors réduits et le passage au 100% renouvelable sera facilité.

La sobriété énergétique est une action menée afin de limiter la consommation d'énergie. Elle consiste donc à supprimer les gaspillages absurdes et coûteux.

La sobriété consiste à s'interroger sur nos besoins puis d'agir à travers les comportements individuels et des organisations collectives sur nos différents usages de l'énergie, pour privilégier les plus utiles, restreindre les plus extravagants et supprimer les plus nuisibles.

Augmenter la sobriété énergétique nécessite des actions volontaristes (incitations et interdictions) de la part de l'État, comme au Japon où depuis la catastrophe de Fukushima des mesures contraignantes ont permis de diminuer la consommation d'électricité de 25%: fermeture de machines vendant des boissons réfrigérées, augmentation de la température dans les bâtiments climatisés, fermeture d'escalators, mise hors service des éclairages commerciaux (vitrines, enseignes lumineuses), etc.

Estimation du coût du kWh électrique en 2022

Nous retenons : 1 ct/kWh

Les actions de sobriété sont par excellence celles qui ne coûtent rien ou très peu puisqu'elles relèvent de la décision ou du comportement. Il est impossible cependant de chiffrer le coût de ces méthodes d'interdiction, le coût est essentiellement un coût en termes de capital politique engagé par les élus.

Estimation du potentiel total

Tokyo a réduit sa consommation de 20% suite à Fukushima. Genève pourrait facilement atteindre un cinquième de ce potentiel, soit 4% d'économies sur la consommation d'électricité, en gros la production de Conflan. L'acceptation de mesures contraignantes dans un pays qui a subi une catastrophe nucléaire est incomparable avec l'acceptation dans un pays comme le nôtre. Néanmoins l'évolution de l'opinion publique peut évoluer ces

14 Alternatives au projet de barrage hydroélectrique à Conflan

prochaines années, ainsi il n'est pas impensable qu'à l'avenir le canton de Genève puisse accepter des mesures similaires à celles prises au Japon, avec des résultats similaires sur la consommation d'électricité.

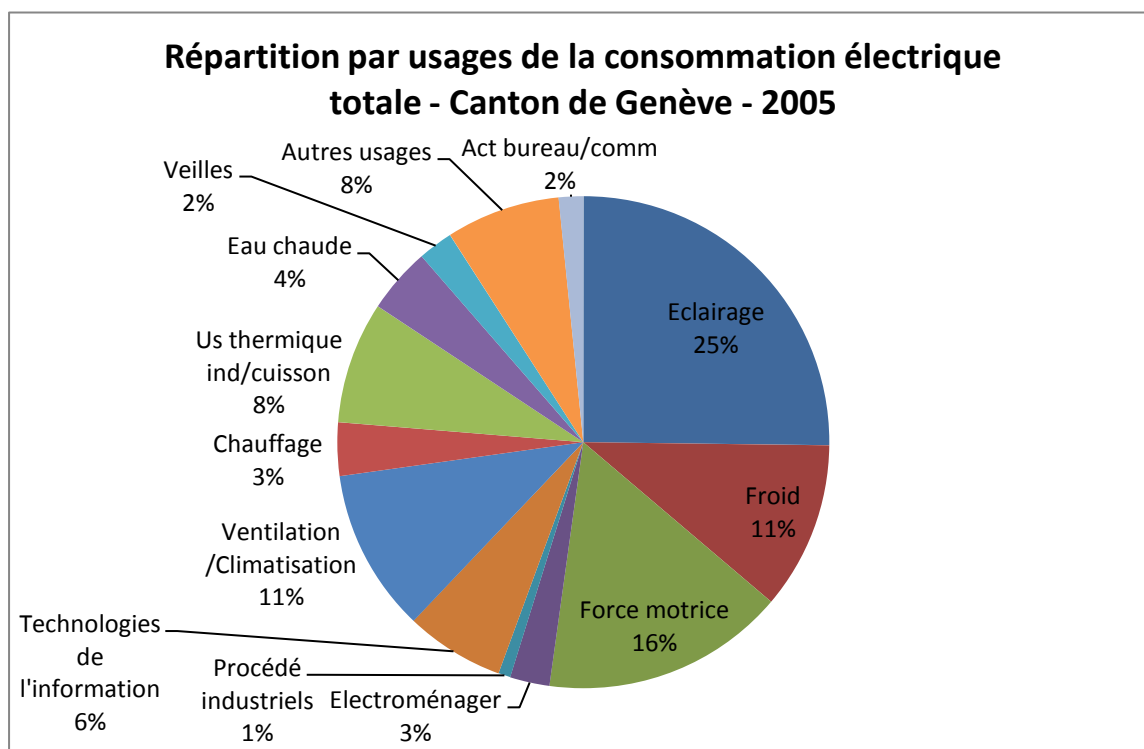


Figure 28: Action énergie - SIG 2005

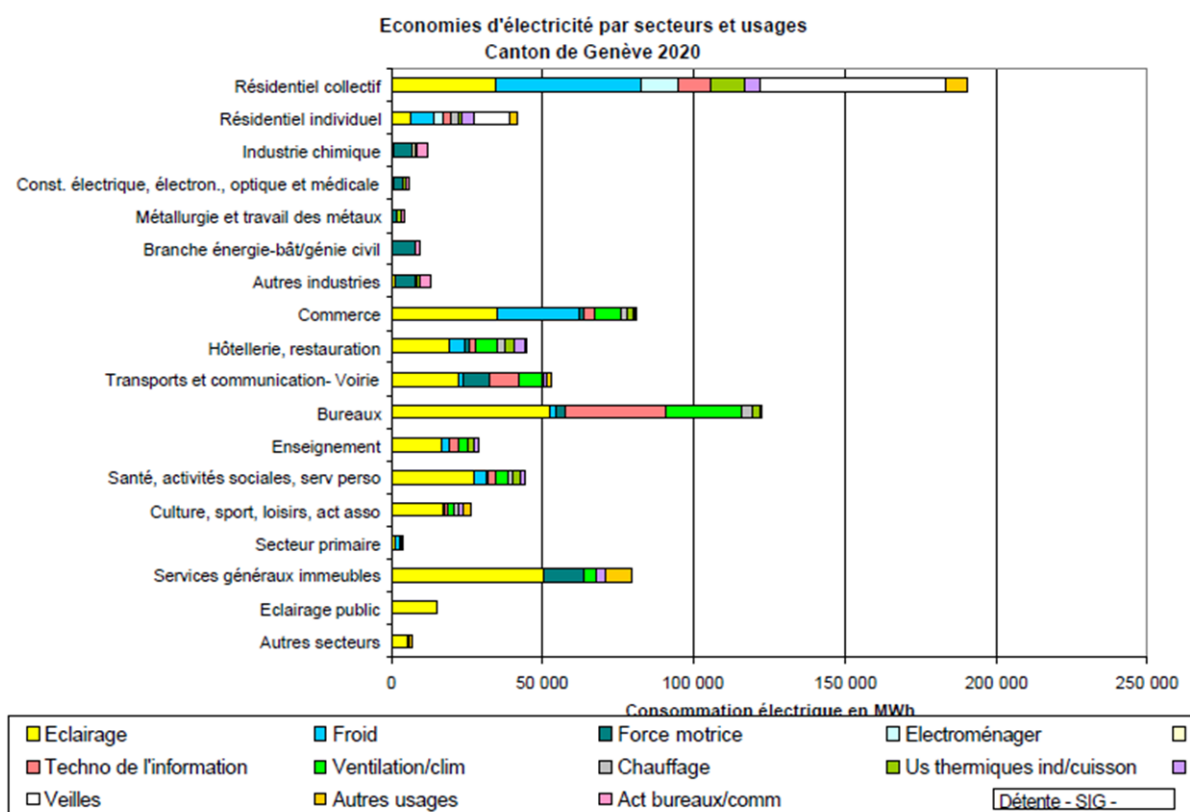


Figure 29: Répartition des potentiels d'économie par secteur et par usage

Identification des limites

Disponibilité de la main d'œuvre

Il n'y a pas de limites, il suffit de réduire la consommation électrique. Les MW économisables sont énormes. En moins d'un an la ville de Tokyo a réussi à économiser 25% de sa consommation.

Disponibilité de la ressource primaire

Par les seules modifications de comportement, il est possible de réduire la consommation d'électricité d'une ville d'au moins 30%.

Contraintes législatives

C'est ici que le coût en capital politique est payé. Ce coût dépend de l'acceptabilité de telles mesures par l'opinion publique. Toutefois, dans un sens contraire, une part croissante de l'opinion publique ne comprend pas que les élus tardent à prendre des mesures volontaristes pour réduire la consommation d'énergie.

Concurrence des ressources

Aucune.

Scénario de mobilisation de la ressource et potentiel mobilisable en 2022

120 GWh/an (soit pour être prudents, un cinquième des 20% de réduction obtenus au 120 GWh/an).

Impact écologique

La seule énergie qui ne pollue pas est celle que l'on ne consomme pas.

Co-bénéfices

Avec une telle solution, tout le monde est gagnant :

Le consommateur voit le montant de sa facture d'électricité diminuer;

SIG évite les pics de consommation qui demandent la mise en marche de centrales électriques d'appoint fournissant un courant qui sera vendu moins cher que son coût de production investissement. Ils évitent également d'investir dans de nouveaux transformateurs et lignes à haute tension ; l'environnement est épargné des pollutions supplémentaires qu'aurait engendrées la construction de nouveaux dispositifs de production électrique.

Pour en savoir davantage

- Les enseignes lumineuses bientôt interdites la nuit
<http://www.liberation.fr/societe/01012399062-les-enseignes-lumineuses-bientot-interdites-la-nuit>
- Manifeste *négaWatt* :
<http://www.negawatt.org/le-manifeste-negawatt-p98.html>

14. Campagne pour une taxe incitative sur le gaz et l'électricité

Description de la technique

Les taxes incitatives sont très efficaces à long terme pour faire baisser les consommations. Le mécanisme de ces taxes est bien connu pour réduire la consommation, mais l'efficacité précise est difficile à prévoir. Il s'agit de l'élasticité-prix d'un produit, et celle-ci est d'autant plus forte que le taux de la taxe augmente progressivement et de manière prévisible et régulière sur plusieurs années. Au bout de quelques années le public change son profil de consommation en fonction de la taxe, cela a été démontré par plusieurs études économiques en Allemagne, lorsqu'une taxe CO2 croissante avait été appliquée.



Figure 30: La réforme fiscale écologique est discutée à tous les niveaux

A Bâle aussi, 2 études convergentes, menées par M. Rolf Iten et le bureau d'études Infrastat ont montré que la taxe avait un effet mesurable, qu'ils évaluent entre 3-8% de baisse des consommations d'électricité. (v PL9197 p5)

Pour pouvoir chiffrer l'efficacité d'une telle taxe, nous sommes partis de l'expérience bâloise, nous avons imaginé un potentiel de réduction des consommations au milieu de la fourchette ci-dessus, soit 5,5%. Voilà pour le potentiel de réduction, qui se situe donc à 150GWh/an, comparable à Conflan. Mais pour le coût de l'introduction d'une telle taxe comment faire?

Estimation du coût du kWh électrique économisé en 2022

Nous retenons : 2 ct/kWh économisé

Pour le coût, les choses sont moins simples. Il s'agit surtout d'un coût politique, d'un coût de marketing, il faut que le Conseil d'État et SIG mettent sur pieds une campagne psychologique ambitieuse, qui vise à convaincre le public qu'il faut payer l'énergie à son vrai prix, mais que l'argent ainsi dépensé revient dans une autre poche, sous la forme d'une baisse des primes d'assurance maladie, par exemple (mode actuel de rétrocession de la taxe sur les combustibles) ou d'une baisse de la TVA pour reprendre l'idée fédérale celle-là, des Verts libéraux.

Pour évaluer le coût d'une telle campagne de publicité nous avons pensé à d'autres campagnes, pour convaincre les habitants d'accepter la construction du RER CEVA par exemple, le coût d'une telle campagne peut atteindre 50 millions, qu'on peut considérer comme un investissement 4 fois moins cher que Conflan

Le coût du kWh économisé sera donc de 2ct/kWh.

Estimation du potentiel total en 2022

Nous retenons : 165 GWh

Le potentiel d'économies est de 5.5% de 3000 GWh/an

Identification des limites

Disponibilité de la main d'œuvre

Pas de main d'œuvre nécessaire il s'agit d'une mesure psychologique.

Disponibilité de la ressource primaire

Pas de ressource primaire.

Contraintes législatives

Il faut que le projet de loi soit accepté par la population. Le PL9197 a été refusé par 80% des députés.

Concurrence des ressources

Scénario de mobilisation de la ressource et potentiel mobilisable en 2022

Le potentiel mobilisable en 2022 est de 165 GWh.

Impact écologique

L'impact écologique est nul.

Co-bénéfices

La mise en place d'une telle taxe incitative peut avoir une vertu pédagogique et servir dans d'autres secteurs ou une surconsommation semble impossible à maîtriser (pêche, forêts, etc.)

Pour en savoir davantage

- V PL9197 écrit par Chaim Nissim et J-L Zanasco

Discussion des résultats et conclusion de Noé21

Maîtriser la demande pour réussir le tournant énergétique.

Pour répondre à la demande actuelle d'électricité du canton, SIG est contraint d'importer de l'électricité provenant de l'Union européenne. Le courant importé est un mix d'origine essentiellement fossile. Quant aux ressources domestiques (provenance suisse et production locale), elles sont, sur le papier, d'origine renouvelable.

Le défi énergétique auquel le canton de Genève fait face est de mettre fin aux importations de courant fossile et d'augmenter la part de la consommation d'électricité d'origine renouvelable jusqu'à ce que celle-ci atteigne 100%. Le projet de centrale hydroélectrique à Conflan s'inscrit dans la réalisation de cet objectif vital pour notre avenir à tous. Néanmoins il ne pourra être vraiment approché qu'à condition que la consommation totale du canton soit maîtrisée puis diminuée durablement. Aussi, les mêmes raisons qui poussent le canton à tendre vers un abandon des énergies fossiles devraient pousser à considérer en dernier lieu les solutions énergétiques qui portent atteinte à la nature comme le projet de Conflan. La maîtrise de la demande, telle que stimulée par les programmes Eco21 de SIG et par ceux à venir, réduira non seulement les gaspillages sur les lieux de production et de consommation, mais réduira aussi l'ampleur totale du défi à relever en termes de nouvelles capacités de production d'énergie renouvelable (NER).

Pour les raisons énumérées plus haut, ce sont ces programmes de maîtrise de la consommation et leurs développements à venir qui doivent être mis en œuvre en priorité. Ceci pour deux autres raisons :

- La réduction de la demande est moins onéreuse (financièrement et politiquement) à réaliser que l'augmentation de capacités genevoises de NER.
- Le soutien des élus et des citoyens au développement des NER sur le territoire du canton dépendra des succès démontrés au préalable par le canton pour réduire les gaspillages dans la consommation d'électricité.

Au Japon une diminution de la consommation d'électricité proche de 25% a pu être réalisée. Les habitants de Genève, aux antipodes géographiques de l'archipel mettront plus de temps à modifier leurs comportements que les Japonais, eux qui ont vécu de près l'effet pédagogique du "feu nucléaire". Mais il n'y a aucune raison qu'à terme, les Genevois ne parviennent pas eux aussi à réduire régulièrement leur consommation, moyennant la mise en place de programmes volontaristes, qui ont déjà fait leurs preuves ailleurs.

Quant au solde de la demande d'électricité, il faudra y répondre par le développement de nouvelles capacités d'origine solaire, éolienne, géothermique, biomasse et peut être, en cas de résultats insuffisants dans les catégories mentionnés ici, par le développement de l'hydroélectricité et du gaz par de petites centrales chaleur force. Pour faciliter l'évaluation de ces sources d'énergie, nous présentons ci-dessous un tableau comparatif complet.

Nous avons pris de grandes précautions en évaluant sévèrement le potentiel de l'efficacité énergétique et des changements de comportement. Moyennant une évolution de l'opinion publique ou une démonstration de courage politique de la part des élus, ce potentiel pourrait considérablement augmenter.

L'énergie est notre affaire !

Comparaison des alternatives

	CO ₂	Pollutions	Impact environnemental	Coûts	Problèmes politiques	Potentiel	Total
Conflan: barrage hydroélectrique	0	0	0	0	0	0	0
1. Solaire électrique local	0	0	++	--	+	++	3
2. Géothermie profonde électrique	+	-	+	n/a	-	-- en 2022 ++ en 2050	
3. CCF électrique	--	-	+	++	0	0	0
3. CCGT électrique	--	-	+	++	0	0	0
4. Biomasse électrique	0	-	+	--	0	--	-4
5. Solaire électrique délocalisé	0	0	+	--	0	++	1
6. Éolien délocalisé	0	0	+	++	+	++	6
7. Géothermie de surface (GLU, GLN, GLA)	-	-	+	+	0	0	0
8. Rénovations thermique des villas PAC	0	++	++	--	-	--	-1
9. EE grands consommateurs	+	++	++	0	0	+	6
10. DSM eco21	+	++	++	0	0	+	6
11. Facturations incitatives	++	++	++	-	0	-	4
12. Compteurs intelligents	++	++	++	-	0	-	4
13. Sobriété énergétique	++	++	++	++	--	-	5
14. Taxe incitative	++	++	++	++	--	0	6

0 = comme Conflan, -- = beaucoup moins bien que Conflan, - = moins bien que Conflan += mieux que Conflan, ++ = beaucoup mieux que Conflan