

# Mandat « Eco<sub>2</sub>-climat »

**Rapport final · Mars 2010**

## **1 Structure du rapport :**

Le mandat confié par Eco<sub>2</sub>climat à Noé21 a pour objectif de « fournir des exemples concrets de réduction d'émissions de CO<sub>2</sub> thermique à l'étranger et d'en étudier le potentiel à Genève dans le cadre du pôle CO<sub>2</sub> de SIG ». Il est structuré de la façon suivante :

Nous décrivons au **chapitre 3** les différentes manières d'évaluer les projets et les programmes, de calculer le prix des tonnes de CO<sub>2</sub> économisées et de financer les investissements. Nous expliquons aussi les paramètres choisis pour notre « benchmark », en termes de durée d'amortissement, de taux d'intérêt, de coût des combustibles et autres. Nous nous penchons, enfin sur la question de l'additionnalité, fondamentale pour tout projet de compensation carbone.

Le **chapitre 4** est consacré à la description de notre méthode de travail. Nous passons en revue les sources d'information et les principaux programmes-cadre étudiés.

Nous présentons au **chapitre 5** les fiches des projets et programmes étudiés, classés en quatre catégories :

- **les projets (programmes) rentables**, comme les ESCOs à Berlin et le programme Energho à Genève. Dans ces deux cas des problèmes législatifs se posent (voir les fiches correspondantes).
- **les programmes JI [Joint Implementation] en Allemagne**. Certains projets de qualité méritent d'être imités, notamment le programme d'EWE qui traque les émissions de CO<sub>2</sub> jusque chez les tout petits consommateurs d'énergie.
- **les projets industriels de restructuration thermique**, (ex : Leiber ou Festo) où le prix de la tonne de carbone ne représente pas plus de environ CHF 50.-
- **les projets de rénovation thermique des bâtiments**, où le prix de la tonne de CO<sub>2</sub> se situe entre CHF 500.- et CHF 1000.- Pour ces projets-là, il faut envisager la meilleure manière de comptabiliser le soutien à l'investissement. Nous comparons à cet effet les différents systèmes d'aide au financement de projets d'économie d'énergie (McKinsey, la fondation pour le centime climatique, CDM [clean development mechanism] et JI [Joint implementation]).

## 2 Table des Matières

1	Structure du rapport	1
2	Table des Matières	2
3	Mandat Noé21- Eco <sub>2</sub> - climat	3
3.1	Contexte et objectifs du mandat	3
3.2	Valeur des kWh électriques, en termes monétaire et en CO <sub>2</sub>	4
3.3	Quelques considérations sur l'additionalité	5
3.4	Des différentes manières de compter le coût d'une tonne de CO <sub>2</sub> évitée	8
4	Méthode de recherche	10
5	Résultat : Les 22 fiches commentées	13
5.1	Les projets rentables	15
5.2	Les « Programs of Activities » JI allemands	15
5.3	Les projets industriels allemands hors JI	16
5.4	Les projets d'isolation des bâtiments	16
6	Discussion et conclusion	16
6.1	Les tonnes économisées dans l'industrie sont les moins chères	16
6.2	Projets de rénovation thermique en Suisse : quelle part "déclencheuse"?, les considérations comptables	17
6.3	Les assainissements énergétiques globaux	18
6.4	Quelques projets d'avenir : l'idée de construire en bois	18

## **3 Mandat Noé21- Eco<sub>2</sub>- climat**

### **3.1 Contexte et objectifs du mandat**

SIG développe actuellement un pôle de compensation d'émissions de CO<sub>2</sub>, appelé Eco<sub>2</sub>climat. Son objectif est de fournir des certificats de compensation de CO<sub>2</sub> thermique (c'est-à-dire liés à la combustion des combustibles et non des carburants) à Genève à ses clients intéressés.

Le marché potentiel pour de telles compensations est composé de trois types de clients ayant chacun une démarche volontaire, non soumise à une conformité légale. Premièrement, une offre de « gaz domestique vert » va être développée pour les particuliers et entreprises sur le mode de l'électricité « vital vert ». SIG s'engagera alors à compenser les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la combustion du gaz. Le potentiel de ce premier segment du marché est estimé à terme par SIG à 25'000 tonnes par an. Deuxièmement, si la Centrale à gaz du Lignon se réalise, SIG s'est engagé à compenser intégralement ses émissions de CO<sub>2</sub>. Le potentiel de ce deuxième segment du marché est estimé à 60'000 tonnes par an. A noter toutefois que la création du pôle CO<sub>2</sub> de SIG est indépendante de la construction de la centrale à gaz. Troisièmement, certaines entreprises genevoises ont récemment manifesté leur intérêt auprès de SIG pour compenser leur empreinte carbone et pouvoir ainsi se déclarer « neutres en carbones » (« carbon neutral »). La taille de ce troisième segment du marché est indéterminée à ce jour.

La rénovation énergétique des bâtiments constitue la principale source de réductions de CO<sub>2</sub> au niveau genevois pouvant entrer dans ce programme de compensation. Des mesures dans le domaine des processus industriels ainsi qu'au niveau des énergies renouvelables (PAC, solaire thermique, bois, projets de biométhanisation à Genève...) ou encore pour les nouvelles constructions peuvent également être envisagées. Les possibilités de certification de ces mesures sont actuellement à l'étude (Attestations de la Confédération, Gold Standard). Le pôle de compensation CO<sub>2</sub> thermique des SIG estime pouvoir vendre les certificats à hauteur de CHF 80.-/tonne et acheter les réductions de CO<sub>2</sub> à CHF 50-60.-/tonne.

Le présent mandat de Eco<sub>2</sub>climat à Noé21 a pour objectif de « fournir des exemples concrets de réduction d'émissions de CO<sub>2</sub> thermique à l'étranger et en étudier le potentiel à Genève dans le cadre du pôle CO<sub>2</sub> de SIG ». Il doit concrètement « fournir une dizaine d'exemples d'actions-types de réduction de CO<sub>2</sub> thermiques effectuées dans le monde et applicables à Genève » ainsi que « quelques idées d'actions novatrices à réaliser sur Genève et dans ses environs, idées d'actions non encore réalisées ». Plus tard, le mandat était étendu sur la recherche de programmes d'actions.

22 actions-types ou programmes de réduction de CO<sub>2</sub> thermiques effectuées dans le monde et applicables à Genève sont présentées et analysées dans le présent rapport. Pour chaque action ou programme, une fiche résume le contexte de l'action, sa description, les économies d'énergie et de CO<sub>2</sub>, les aspects financiers (coûts, gains, structure de financement), un calcul standardisé du coût de la tonne de CO<sub>2</sub>, une estimation globale de l'additionalité de la mesure, une estimation globale de l'adaptabilité à Genève et du potentiel de réduction d'émissions, ainsi que des possibilités de certification et des références. Un fichier Excel donne une vue synoptique des actions et documente les calculs.

En complément, une idée d'actions novatrices à réaliser sur Genève et dans ses environs est présentée de manière détaillée, un descriptif de l'action (avec hypothèses pour lieu, date de réalisation, acteurs potentiels,...), une estimation du potentiel d'économies de CO<sub>2</sub> sur le canton, une estimation de l'additionalité, une estimation des coûts (avec amortissement et intérêt), ainsi que des possibilités de certification. Il s'agit de l'idée de construire en bois.

### **3.2 Valeur des kWh électriques, en termes monétaire et en CO<sub>2</sub>**

Un des problèmes méthodologiques fréquents dans les études sur l'énergie est celui de la comptabilité des kWh thermiques et des kWh électriques. Il est bien connu que les deux n'ont pas la même valeur, ni monétairement (le gaz coûte 10 ct le kWh, l'électricité 20-25 ct selon les heures) ni en termes de CO<sub>2</sub>. Brûler du gaz pour produire 1 kWh émet 198 g de CO<sub>2</sub>, (voir ci-dessous le problème des facteurs d'émission) mais combien de CO<sub>2</sub> émet l'utilisation d'un kWh électrique ? Pourtant, de nombreux ingénieurs continuent à additionner les deux dans leurs calculs, comme s'ils avaient la même valeur énergétique. On le verra abondamment dans les fiches jointes au présent rapport.

Le problème est encore plus compliqué en Suisse que dans les autres pays d'Europe : en effet, selon la comptabilité de Kyoto, les kWh produits en Suisse sont exempts de CO<sub>2</sub> (ou en contiennent peu comme le montre la comptabilité de SIG qui évalue à 12 gCO<sub>2</sub>/kWh leur poids en CO<sub>2</sub>). Cependant, la Suisse n'est pas étanche à l'électricité européenne. Le mix européen (570 gCO<sub>2</sub>/kWh selon la KBOB<sup>1</sup>) est importé à certaines heures et à certaines saisons, nous importons parfois du courant allemand produit avec du charbon, (800 g CO<sub>2</sub>/kWh) et du courant italien produit avec du fuel (600 gCO<sub>2</sub>/kWh).

Pour tenir compte de cette réalité physique, la SIA et l'OFEV ont fait des calculs, dont le résultat est proche : la SIA trouve 162 g CO<sub>2</sub>/kWh<sup>2</sup>, et l'OFEV 154 g<sup>3</sup>. Nous avons pris la moyenne, soit 158 g, pour nos calculs.

Notons encore à ce sujet qu'il est souvent difficile de séparer l'économie des kWh thermiques et des kWh électriques, même lorsque les fiches font la différence. L'exemple emblématique à ce sujet est celui de **Leiber GmbH** : cette usine qui produit de la levure de bière a changé son processus industriel, passant d'une production aérobie à une production anaérobie. Du coup elle devient productrice nette de biogaz, et d'électricité produite avec ce biogaz. Elle se chauffe avec une partie du biogaz produit, et exporte le reste sous forme d'électricité, profitant ainsi des tarifs de rachat du courant vert, généreux en Allemagne. On le voit, dans ce cas les kWh se mélangent. La situation s'aggrave encore en présence de pompes à chaleur,

- 
- 1 KBOB Empfehlung (Recommandations de la Conférence de coordination des services de la construction et des immeubles des maîtres d'ouvrage publics), Données des écobilans dans la construction, 2009/1, [http://www.bbl.admin.ch/kbob/00493/00495/index.html?download=NHZLpZeg7t,lnp6I0NTU042I2Z6ln1ae2IZn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCDent2fWym162epYbg2c\\_JjKbNoKSn6A--&lang=fr](http://www.bbl.admin.ch/kbob/00493/00495/index.html?download=NHZLpZeg7t,lnp6I0NTU042I2Z6ln1ae2IZn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCDent2fWym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A--&lang=fr)
  - 2 Projet SIA Merkblatt 2031 : Energieausweis für Gebäude gemäss EN 15217 und EN 15603 (état 10.8.08) p. 37, [http://www.no21.org/docs/2031\\_16.zip](http://www.no21.org/docs/2031_16.zip)
  - 3 OFEV, Quelle est la quantité de CO<sub>2</sub> émise par la consommation d'un kilowattheure (kWh) d'électricité en Suisse?, 2006, [http://www.bafu.admin.ch/klima/09608/index.html?lang=fr&download=NHZLpZeg7t,lnp6I0NTU042I2Z6ln1ae2IZn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCFex19hGym162epYbg2c\\_JjKbNoKSn6A--](http://www.bafu.admin.ch/klima/09608/index.html?lang=fr&download=NHZLpZeg7t,lnp6I0NTU042I2Z6ln1ae2IZn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCFex19hGym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A--)

alimentées au biogaz ou d'autres moyens de transfert du thermique à l'électrique : les calculs et la valeur des kWh deviennent souvent compliqués, et les occasions de s'embrouiller se multiplient....

Notre mandat est de chercher des tonnes de CO<sub>2</sub> économisées. Mais souvent ces tonnes de CO<sub>2</sub> sont économisées par des processus électriques, il est souvent difficile de séparer les deux.

### 3.3 Quelques considérations sur l'additionnalité

L'additionnalité est un concept central des projets de compensation carbone: un projet est qualifié d' « additionnel » si celui-ci n'était pas réalisé dans le cadre du scénario de référence (« baseline scenario »). Autrement dit, l'apport financier supplémentaire apporté au projet est déterminant pour la réalisation du projet. L'additionnalité est un élément de base de tous les systèmes de certification de projets de compensation carbone. En effet, la certification a pour fonction de garantir aux clients la qualité des projets et l'effectivité des tonnes de CO<sub>2</sub> compensées.

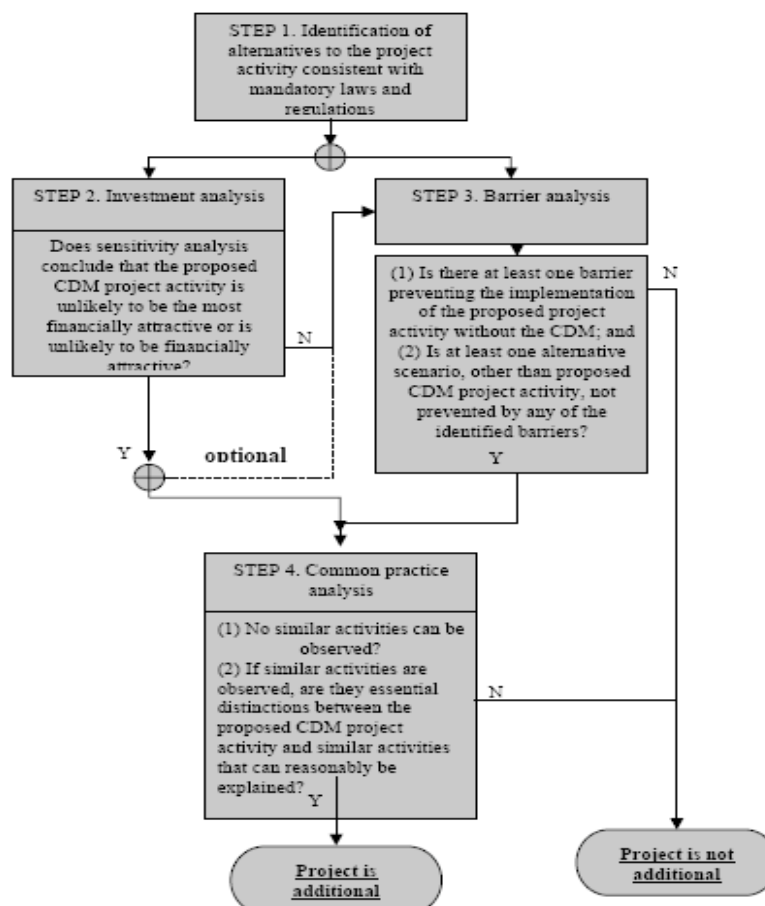


Fig.1: Schéma du test d'additionnalité de l'UNFCCC

Le principal système de certification des projets de compensation carbone est le **Clean Development Mechanism (CDM)**. Ce mécanisme a été développé comme mécanisme de flexibilité dans le cadre du Protocole de Kyoto notamment pour permettre aux acteurs des pays industrialisés (Etats ou entreprises soumises à une régulation) de réaliser une partie de leurs objectifs de réduction d'émission à travers des projets de compensation dans les pays en développement industriel. À ce jour, une expérience importante a été accumulée puisque plus de 2000 projets ont été enregistrés et près de 3000 en sont actuellement au stade de validation<sup>4</sup>.

Le test d'additionalité développé dans le cadre du CDM<sup>5</sup> comprend 3 analyses comparant le projet avec des alternatives ayant des résultats similaires au projet (voir ci-contre):

- **l'analyse d'investissement** (« Investment analysis») permet de déterminer que le projet n'est pas suffisamment attrayant pour des investisseurs sans la finance carbone et que cette dernière le rend suffisamment attrayant pour qu'il puisse se réaliser;
- **l'analyse des barrières** (« Barrier analysis ») permet de déterminer que des barrières (de type financier, technologique, de pratiques courantes,...) empêchent la réalisation du projet et que celles-ci sont levées grâce à la finance carbone;
- **l'analyse des pratiques courantes** (« Common practice analysis ») permet de vérifier que des projets similaires n'existent pas sans finance carbone.

Les autres systèmes de certification basent en général leur analyse de l'additionalité sur le test du CDM. C'est notamment le cas du Gold Standard<sup>6</sup>, ou encore des attestations de la Confédération<sup>7</sup>. A noter toutefois que, dans ce dernier cas, l'analyse des barrières n'est pas utilisée.

La question de l'additionalité est au centre des controverses actuelles autour des projets de compensation carbone et du CDM en particulier. La pratique montre en effet que les tests utilisés jusqu'à présent n'ont pas empêché qu'une part substantielle de projets non-additionnels aient été enregistrés comme projets CDM<sup>8</sup>. Rappelons en effet que chaque

---

4 UNEP Risoe CDM Pipeline, december 2009, <http://cdmpipeline.org/publications/CDMpipeline.xls>

5 UNFCCC, Tool for the demonstration and assessment of additionality, Version 05.2, August 2008, <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-01-v5.2.pdf>

6 Gold Standard Requirements, v. 2.1, ch. VI, August 2009, [http://www.cdmgoldstandard.org/fileadmin/editors/files/6\\_GS\\_technical\\_docs/GSv2.1/GSv2.1\\_Requirements.pdf](http://www.cdmgoldstandard.org/fileadmin/editors/files/6_GS_technical_docs/GSv2.1/GSv2.1_Requirements.pdf)

7 OFEV, Protection du climat: projets menés en Suisse, ch. 4., 2008, <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00101/index.html?lang=fr&downloadshop=NHZLpZig7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1ae2lZn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCDdHx5fGym162dpYbUzd,Gpd6emK2Oz9aGodetmqaN19XI2ldvoaCVZ,s-.pdf>

8 Voir par exemple: Haya B. (2009) *Measuring emissions against an alternative future: fundamental flaws in the structure of the Kyoto Protocol's Clean Development Mechanism (CDM)*, Berkeley, CA estimates that only a small fraction of CDM projects are additional, [http://www.iop.org/EJ/article/1755-1315/6/23/232008/ees9\\_6\\_232008.pdf?request-id=1cc4ea8c-2a18-412b-a15d-dcb3eedc7e03](http://www.iop.org/EJ/article/1755-1315/6/23/232008/ees9_6_232008.pdf?request-id=1cc4ea8c-2a18-412b-a15d-dcb3eedc7e03) ;

certificat de CO<sub>2</sub> non-additionnel émis péjore le climat : les « fausses » tonnes du certificat remplacent des « vraies » tonnes que, en l'absence de projet de compensation, l'acquéreur du certificat aurait été obligé (dans le cas de marché de conformité régulés) ou incité (dans le cas de marchés volontaires) à ne pas émettre.

Les principaux reproches adressés aux outils de test de l'additionalité actuels sont, d'une part, qu'ils utilisent une approche projet par projet sans réelle vision d'ensemble et, d'autre part, qu'ils reposent trop sur l'intention des porteurs du projet et sur l'« histoire » qu'ils racontent et trop peu sur des critères objectivement vérifiables. Pour éviter que les projets de compensation carbone ne servent uniquement d'effets d'aubaine, une tendance à introduire des « benchmark » plus transparents est observable. Dès lors, une documentation transparente et objective de la démonstration de l'additionalité des projets d'Eco<sub>2</sub>climat (éventuellement même au-delà des exigences des systèmes de certification) est à recommander fortement. Il faut toutefois relever que, dans de nombreux cas, la finance carbone peut avoir un impact psychologique déterminant dans la réalisation du projet - par exemple parce que le développeur de projets donne des idées au propriétaire, l'incite finalement à se jeter à l'eau ou parce que l'accompagnement dont il dispose lui est important - même si aucun indicateur objectivement vérifiable ne vient réellement démontrer l'additionalité.

Dans le cadre de la présente étude, seules des indications globales sont données pour estimer l'additionalité de chaque action répertoriée. Pour ce faire, nous avons donné des éléments de réponse généraux à 3 questions simples :

- Est-ce que le projet sans finance carbone est suffisamment attrayant pour les investisseurs ? Si non, devient-il suffisamment rentable à leurs yeux avec la finance carbone ? (analyse d'investissement)
- Existe-t-il des barrières d'ordre psychologique, financier, technologique, d'habitude,... qui empêchent la réalisation du projet et sur lesquelles la finance carbone pourrait avoir une influence ? (analyse des barrières)
- Existe-t-il des projets similaires dans des conditions similaires n'ayant pas recouru à la finance carbone ? (analyse des pratiques courantes)

Il est clair que, pour déterminer l'additionalité de chaque action avec une bonne confiance nécessiterait une étude approfondie qui sort du cadre du présent mandat.

---

Schneider L. (2007) *Is the CDM fulfilling its environmental and sustainable development objectives? An evaluation of the CDM and options for improvement*, Öko-Institut, Berlin, estimates that approximately 60% of CDM projects are additional, <http://www.oeko.de/oekodoc/622/2007-162-en.pdf>;

- Wara M.W. and Victor D.G. (2008). *A realistic policy on international carbon offsets. Rep. PESD Working Paper #74*, Program on Energy and Sustainable Development, Stanford University, Stanford, CA, estimate that a fraction of CDM projects are additional, [http://iis-db.stanford.edu/pubs/22157/WP74\\_final\\_final.pdf](http://iis-db.stanford.edu/pubs/22157/WP74_final_final.pdf);

### **3.4 Des différentes manières de compter le coût d'une tonne de CO<sub>2</sub> évitée**

L'une des raisons de l'échec de la négociation de Copenhague fut que les négociateurs des groupes de travail ne sont pas parvenus à se mettre d'accord sur des méthodes standardisées internationalement de MRV (*measuring, reporting and verification*). Sans une méthode comptable reconnue internationalement, pour compter les tonnes de CO<sub>2</sub> absorbées et émises, par les forêts et les industries, pas de chiffres qui fassent sens, pas d'objectifs agréés internationalement, ni de cibles de réduction utilisables.

Or, sans surprise, nous avons constaté ici aussi, en commençant ce travail d'analyse que les différents acteurs internationaux dans le monde du carbone ne comptabilisent pas leurs tonnes de la même manière. Pour diverses raisons politiques et économiques que nous aborderons brièvement ici.

Si la formule générale de la comptabilité est souvent la même, les différents acteurs ne parlent pas toujours le même langage lorsqu'il s'agit de comptabiliser. Débroussillons cette jungle, et choisissons un standard de comparaison pour notre *benchmark*.

Quatre facteurs principaux expliquent les différences importantes dans l'évaluation des coûts des économies de CO<sub>2</sub> : Le coût des rénovations, les prix des combustibles, les taux d'intérêts et la durée des amortissements, les facteurs d'émissions.

Le **coût des rénovations** par exemple, est très différent selon les sources. Il peut varier de 100 EUR /m<sup>2</sup> selon le responsable du rapport McKinsey pour la Suisse<sup>9</sup>, à CHF 1000.- /m<sup>2</sup> si on écoute un architecte suisse, et qu'on lui demande d'aller assez loin dans la direction de Minergie P (une étude de Noé21<sup>10</sup> en collaboration avec l'architecte Stéphane Fuchs, chiffre une rénovation complète à CHF 1000.-/m<sup>2</sup>)

Après de longues conversations avec un associé de McKinsey Suisse, Monsieur Ziegler, cette différence de presque un ordre de grandeur s'explique, si on comprend comment les données ont été recueillies dans chaque cas : en effet le rapport McKinsey se base sur un immeuble fictif, théorique, pour lequel des soumissions ont été demandées à des architectes. Il considère que la rénovation devait être faite de toutes façons, et ne calcule que le surplus des travaux énergétiques. Les architectes suisses (François Hiltbrand et Stéphane Fuchs), en revanche, considèrent des cas pratiques, où les rénovations se font de manière anticipée, pour des raisons climatiques surtout, avant que les immeubles n'en aient besoin pour d'autres raisons. Cette différence fait que les architectes suisses évaluent à 1/3 à 1/2 la part énergétique des travaux, alors que McKinsey ne compte qu'un surcoût de 5-10%.

Ceci explique en partie les différences de prix.

La question du **prix des combustibles**, elle aussi, amène des différences importantes dans les calculs, selon qu'ils aient été achetés pendant la période où ils étaient 2 fois plus hauts qu'aujourd'hui, ou juste avant. Pour notre étude nous avons choisi un kWh standard à 10 ct,

---

9 McKinsey, Swiss greenhouse gas abatement curve, 2009,

[http://www.mckinsey.com/locations/swiss/news\\_publications/pdf/swiss\\_greenhouse\\_gas\\_study.pdf](http://www.mckinsey.com/locations/swiss/news_publications/pdf/swiss_greenhouse_gas_study.pdf)

10 <http://www.no21.org/docs/Noe21%20Fuchs%20couts%20renovation%20immeuble%20type.pdf>

qu'il provienne du mazout ou du gaz, et à 20 ct pour l'électricité. Ce prix correspond à 1.- le litre de mazout, et il a surtout l'avantage de simplifier les calculs. A partir de la feuille *Excel* qui accompagne le présent rapport (cf. *tableau synoptique projets CO2.xls*) on peut faire des essais de sensibilité de diverses variables, en particulier avec un combustible à 8ct et à 12ct/kWh. La feuille *Excel* contient les calculs standardisés, avec nos valeurs standard permettant la comparaison. Les 24 fiches de projet/programme rapportent des calculs selon les auteurs, ce qui explique les différences parfois importantes entre les valeurs. En effet, notre travail de compilation de nombreuses sources nous a montré l'infinie variété des méthodes de comptage.

La question des **taux d'intérêts et d'amortissement**, enfin, est très sensible. Selon qu'on compte, comme le fait McKinsey, un amortissement sur 40 ans pour les immeubles d'habitation, ou sur 20 ans comme le recommande l'OFEV<sup>11</sup>, et selon le taux d'intérêt choisi également, les calculs peuvent varier du simple au triple. Pour notre étude nous avons choisi un taux de 5%, qui cumule l'amortissement et le taux d'intérêt. En décomposant, cela donne 30 ans pour l'amortissement et 3% pour le taux d'intérêt.

Enfin, *last but not least*, la question des **facteurs d'émission** est elle aussi soumise à controverse. On trouve des facteurs très différents dans la littérature, nous les avons répertoriés dans un document appelé « *facteurs d'émissions de GES.doc* »<sup>12</sup>. On voit dans ce document que des différences de près de 50% existent dans la littérature. Pour notre standard, nous avons décidé d'utiliser les valeurs officielles de l'OFEN.

La dernière question à régler pour notre benchmark sera celle de la **formule du calcul** utilisé pour calculer le prix de la tonne économisée.

Dans le cadre des projets CDM, la finance carbone ne représente en général qu'une petite part de l'investissement qui déclenche la réalisation du projet et favorise sa rentabilité. Les contrats entre investisseurs carbone et le propriétaire du projet prévoient que toutes les tonnes pendant 2x7 ans ou 10 ans reviennent à l'investisseur.

La Fondation Centime Climatique (FCC) ne compte, elle, que les tonnes pendant 5 ans, (la 1ère période de Kyoto, de 2008-2012) et ne comptabilisent que le montant de leur subvention, et non l'investissement total (cf. fiche Tissot – FCC).

Comme exposé ci-dessus, McKinsey ne comptabilise que la part supplémentaire énergétique de l'investissement, dans une rénovation qui devait avoir lieu de toute façon. Les architectes suisses font des rénovations anticipées, pour l'énergie (part énergétique de 1/3 à 1/2). Si dans le calcul selon McKinsey, l'argent de l'investissement est évalué à 10% du coût total des travaux, il ne s'agit pas là du montant d'une subvention, c'est bien la totalité de l'argent investi pour les travaux énergétiques. Comme exemple d'investissement bon marché, cf. Berlin.

Notre standard comptabilise tout l'investissement énergétique amorti sur 30 ans, (y compris la subvention s'il y en a une), les économies de combustible pendant une année, et les tonnes

---

11 OFEV, Protection du climat: projets menés en Suisse, p. 43, *op.cit.*

12 Noé21, Facteurs d'émission de gaz à effet de serre, mars 2010,  
<http://www.noé21.org/docs/Noe21%20Facteurs.pdf>

pendant cette année-là. C'est l'investissement « socialisé » que propose McKinsey, qui compte que quelqu'un a bien dû réaliser l'investissement total, même si les payeurs sont des gens différents

Pour la formule générale de nos calculs nous utiliserons celle de McKinsey :

$Cc - E / tCO_2$ , où :

**Cc** = coût du capital amorti sur 30 ans pour des rénovations d'immeubles, ou 10 ans pour des industries

**E** = Economies d'énergie annuelles suite aux travaux. Si des travaux ont aussi une part électrique nous nous efforcerons de ne prendre en compte que la part thermique mais ce ne sera pas toujours facile

**tCO<sub>2</sub>** = le nombre de tonnes de CO<sub>2</sub> économisées cette année-là.

La notion du « temps de retour sur investissement » fait abstraction des valeurs variables comme le taux d'intérêt ou arbitraires comme le temps d'amortissement. Il s'agit du coût total de l'opération divisé par l'économie annuelle. Bien qu'économiquement peu réaliste, il peut servir à la comparaison des projets. Notre feuille *Excel* rapporte également ce paramètre.

## 4 Méthode de recherche

Noé21 a travaillé sur ce mandat avec une équipe de travail de quatre de ses chercheurs: Christian Buenzod, économiste, Félix Dalang, Dr. en chimie, Chaïm Nissim, ingénieur EPFL, Jérôme Strobel, physicien. Cette équipe a travaillé de septembre 2009 à mars 2010.

Le travail a été mené en quatre phases:

Phase préliminaire: Un travail préalable sur la signification des prix des tonnes de CO<sub>2</sub> énoncés par les différents développeurs de projet et de programme a dû être mené afin de comprendre la structure de financement et le potentiel de la finance carbone des différents projets/programmes. Les résultats de ce travail sont présentés au chapitre 3.

Phase de recherche sur les projets: Nous avons commencé par rechercher des projets de compensation CO<sub>2</sub> thermique, conformément au mandat de base. Pour chaque projet, une fiche de projet a été rédigée. Ce travail est principalement basé sur une recherche sur les sites web des principales bases de données des programmes-cadres de réduction d'énergie et de CO<sub>2</sub>. La liste des programmes-cadres étudiés est donnée dans le tableau 1. Les résultats de ce travail sont présentés au chapitre 5.

Le tableau 2 donne une liste de bases de données qui contiennent plutôt des politiques énergétiques. Elles nous semblent intéressantes, mais nous n'avons pas poursuivi la recherche dans le cadre de ce mandat.

Phase de recherche sur les programmes: A la suite d'une réunion intermédiaire avec le mandant, nous avons réorienté nos recherches autour de **programmes** générant des

réductions de CO<sub>2</sub>. En effet, les coûts administratifs de chaque projet sont considérablement réduits lorsqu'il peut être inséré dans un programme certifiable en tant que tel. Les résultats de ce travail sont présentés aux chapitres 4 et 5.

Phase d'analyse des résultats : Les résultats de ce travail sont présentés au chapitre 5.

<b>Principaux programmes-cadre (base de données) étudiés</b>	<b>Commentaire</b>
EI-education Danmark <sup>13</sup>	Exemples de bonnes pratiques de rénovations énergétiques intelligentes
DENA Deutsche Energie Agentur <sup>14</sup>	26 projets industriels spécifiques en Allemagne
EGCN European green Cities Network <sup>15</sup>	A pour objectif de diffuser le savoir et les expériences en matière de technologie d'habitat urbain durable. Beaucoup de villes de l'Europe du nord et Europe central
International Energy Agency <sup>16</sup>	Etudes de cas de bonnes pratiques en gestion de la demande énergétique
Fondation centime climatique <sup>17</sup>	Mesure volontaire des milieux économiques suisses pour financer des projets de réduction de CO <sub>2</sub> en Suisse et à l'étranger
Joint Implementation (JI) <sup>18</sup>	Mécanisme de flexibilité du protocole de Kyoto de projets de réduction d'émission dans les pays de l'Annexe I

**Tableau 1 : Les bases de données contenant des descriptions de projets**

---

13 <http://ei-education.aarch.dk/index.php?id=450>

14 [http://www.industrie-energieeffizienz.de/dena-referenzprojekte.html?no\\_cache=1](http://www.industrie-energieeffizienz.de/dena-referenzprojekte.html?no_cache=1)

15 <http://www.europeangreencities.com/>

16 <http://www.ieadsm.org/Files/Exco%20File%20Library/Key%20Publications/MEELSCaseStudies.pdf>

17 <http://klimarappen.ch/fr/>

18 <http://ji.unfccc.int>

<b>Autres programmes-cadre (base de données) étudiés</b>	<b>Commentaire</b>
ADEME <sup>19</sup>	Une centaine d'exemples français
European Sustainable Energy Systems in Advanced Cities » (SESAC) <sup>20</sup>	SESAC a pour objectif de montrer comment les économies locales sont capables de prospérer tout en émettant moins de CO <sub>2</sub> . Cofinancé par la Commission européenne
American council of an energy-efficient economy <sup>21</sup>	Contient des projets industriels, bureaux et habitat aux USA. Présentation de programmes entiers de Demand Side Management. Très intéressant, mais sans exemples de projets individuels.
Cité de l'énergie <sup>22</sup>	Une trentaine d'exemples suisses. Beaucoup de projets intégrés. 6 exemples de bâtiments, mais aucune documentation ni référence précise
Post Carbone Cities <sup>23</sup>	Une trentaine de politiques de villes aux USA. Programmes politiques uniquement
Energie-Cités <sup>24</sup>	Une trentaine d'exemples de politiques énergétiques des villes. Surtout des programmes politiques
C40 cities <sup>25</sup>	Groupe des plus grandes villes du monde. Belle collection de projets concrets. Mais surtout des exemples de programmes politiques
Commission européenne <sup>26</sup>	400 exemples de politique énergétique en Europe classés
Commission Européenne : Changing behaviour <sup>27</sup>	6 programmes modèles pour influencer le comportement
International Energy Agency <sup>28</sup>	Programmes nationaux, 1000 projets classés. Programmes politiques uniquement
Intelligent Energy Europe (IEE) <sup>29</sup>	Exemples de projets intégrés

**Tableau 2 : Programmes cadres étudiés**

19 <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=14134>

20 <http://www.concerto-sesac.eu/>

21 [http://www.aceee.org/utility/exemplary\\_programs/exempprog.htm](http://www.aceee.org/utility/exemplary_programs/exempprog.htm)

22 [http://www.citedelenergie.ch/bons\\_exemples.php](http://www.citedelenergie.ch/bons_exemples.php)

23 <http://postcarboncities.net/actions/table?sort=desc&order=Population>

24 <http://www.energie-cites.eu/Des-exemples-a-suivre>

25 <http://www.c40cities.org/bestpractices/>

26 <http://ieea.erba.hu/ieea/page/Page.jsp?op=home>

27 <http://www.energychange.info/six-best-practice-pilots>

28 <http://www.iea.org/index.asp>

29 [http://www.motiva.fi/en/projects\\_and\\_campaigns/intelligent\\_energy\\_europe\\_\(iee\)\\_projects](http://www.motiva.fi/en/projects_and_campaigns/intelligent_energy_europe_(iee)_projects)

## 5 Résultat : Les 24 fiches commentées

Au total, nous avons rédigé 24 fiches qui résument 7 programmes et 17 projets.

19 fiches permettent d'avancer un prix pour la tonne de CO<sub>2</sub> économisée. Elles sont énumérées dans le tableau suivant. Le tableau montre les projets et les programmes confondus, mais les 8 programmes sont désignés en tant que tels. Nous les avons triés selon le prix du kWh de l'énergie économisée.

Sur 17 fiches de projets, les données disponibles étaient assez détaillées pour faire un calcul économique plus précis. Ces fiches et les résultats économiques sont résumés dans le fichier *Excel* joint au présent rapport.

Dénomination	Coût de la tonne de CO <sub>2</sub> économisée	Description
Berlin ESCO (« low hanging fruit ») PROGRAMME	- 182.- CHF / t	1300 petites rénovations rentables rapidement dans le chauffage et l'électricité. Potentiel de 20% d'économies d'énergie soit 64 000 t CO <sub>2</sub> en tout chaque année
EBM Pabst	- 102.- CHF/ t	Réorganisation de l'usine dans une perspective énergétique
Gaumann Energho PROGRAMME	- 100.- /t coût sociétal +200.- / t coût pour le ScanE	Les chauffagistes apprennent à faire de l'optimisation plutôt que de l'entretien. Potentiel de 10%
Danemark Sundesvesgade	9.- / t	Rénovation légère, jusqu'aux alentours de la norme SIA
Festo	21.- / t	Industrie allemande réorganisée en fonction notamment de sa consommation d'énergie
Mauenheim	38.- / t	Village bio-énergétique exportateur de courant propre à 0 g CO <sub>2</sub> /kWh (produit avec du biogaz)
PROGRAMME JI de EWE (prog. 39)	45.- /t CO <sub>2</sub> pour le projet Certificats vendus à 22.-	Programme qui permet aux petits consommateurs d'isoler leurs bâtiments en profitant de la finance carbone

3 PROGRAMMES JI allemands, <i>fuel switch</i> vers le gaz ou la biomasse (prog. 41 43 et 44)	45.-/t	3 programmes pour les moyens consommateurs, pour encourager le <i>fuel switch</i>
Leiber	58.- / t	Rénovation d'une usine de levure de bière
CEH rénovation légère	62.-/t	Rénovation légère d'un immeuble de la CEH, isolation des balcons par une méthode originale
Allemagne big Heimbau	121.- / t	Rénovation légère, sans subvention. Bonne participation des locataires
Immeuble-type de Signaterre	223.- / t	Immeuble type imaginaire. Doit se trouver aux alentours du milieu du tableau !
Kindergarten Oftringen	317.- / t	Rénovation isolation subventionné par la FCC
Aare Park	325.-	Rénovation isolation subventionné par la FCC
Oesterbro	547.- / t	Rénovation thermique sans subvention
Lausanne libellules	1065.- / t	Rénovation légère sans subvention
ESV Linz solar facade	1149.- / t	Rénovation subventionnée
CIA rénov partielle	1346.- / t	Rénovation isolation, sans subvention
Tissot FCC	1390.- / t	Rénovation isolation d'une usine à la vallée de Joux, subventionné par la FCC
Ademe Sanary-sur-mer	2610.- / t	Surcoût construction neuve à la norme française équivalente à Minergie P, subventionnée par l'Ademe

**Tableau.3 : les 19 fiches avec évaluation du prix de la tonne de CO2 économisée**

En considérant le tableau 3 ci-dessus on peut esquisser les « cost curves » de McKinsey, appliquées à l'idée d'un groupe Eco<sub>2</sub> climat. Faut-il commencer par Berlin, où le potentiel est de 64 000 tonnes par an, et les tonnes ont un prix négatif, seul le prix de la certification étant à payer ?<sup>30</sup>

Nous avons regroupé les projets d'économie de CO<sub>2</sub> en quatre grandes catégories, en nous basant sur l'additionalité et le prix de la tonne économisée:

### **5.1 Les projets rentables**

Ce sont les programmes de petites rénovations de bâtiments à Berlin ou le projet de contrats à la performance d'Alain Gaumann à Genève: Il s'agit de « low hanging fruits », soit des améliorations réelles dans les bâtiments locatifs, un suivi d'exploitation qui dépasse le simple entretien des systèmes de chauffage, pour s'intéresser à l'optimisation des équipements. A Berlin l'investissement est un peu plus important qu'à Genève, certains frais sont engagés: vannes thermostatiques, découplages de certaines chaudières l'été, éclairage amélioré, CCF, isolation de la cage d'escalier.

Ces projets rentables n'ont pas besoin de finance carbone, à priori. Cependant si Eco<sub>2</sub>-climat pousse à certaines réalisations, des freins psychologiques (« common practice barrier ») pourraient se débloquer. En ce qui concerne le projet Gaumann de contrat à la performance, on peut voir qu'il est additionnel puisqu'il coûte au ScanE 8000.- par an et par entreprise engagée (voir fiche Gaumann Energho). C'est seulement le coût social net qui est négatif, puisque les locataires économisent CHF 12'000.- /an.

### **5.2 Les « Programs of Activities » JI allemands**

Du point de vue écologique, on trouve là le meilleur comme le pire. Le meilleur est le projet 39 de la liste (voir fiche), un projet de EWE qui permet aux petits consommateurs groupés l'accès à la finance carbone, un programme qui permet d'encourager financièrement l'isolation des bâtiments, tout au moins pour les mesures les plus légères. Le moins bon est le projet 116 de la liste, un projet qui favorise les pompes à chaleur (PAC) au lieu des chauffages à mazout. Ce projet profite d'une lacune du système des ETS pour comptabiliser le courant électrique à 0 gCO<sub>2</sub>. Entre les deux, les projets 41 43 et 44, centrés sur les moyens consommateurs, dont les chaufferies ne dépassent pas 20 MW (au-delà on est dans le système des ETS). Ces 3 programmes favorisent le *fuel switch* du gaz ou de la biomasse à la place du fuel. (voir les fiches correspondantes), en favorisant le *fuel switch* les allemands économisent des émissions grâce au meilleur facteur d'émissions, mais hélas sans isoler les bâtiments d'abord. Ces 5 programmes ont permis d'économiser chacun 50 à 100 000 tonnes par an.

Ces programmes ont l'avantage d'être déjà certifiés, les tonnes s'échangent aux alentours de 15 euros. Pour ces programmes, de nombreux petits projets ont été regroupés, pour économiser l'argent de la certification.

---

30 McKinsey, Swiss greenhouse gas abatement curve, 2009, *op.cit.*

### **5.3 Les projets industriels allemands hors JI**

Projets de restructuration industrielle, qui comptent eux sur leurs ventes d'électricité renouvelable, pour se rentabiliser, étant donné le généreux *feed-in tariff* en Allemagne. Les meilleurs exemples de ces projets, qui peuvent fournir des tonnes de CO<sub>2</sub> à moins de 100.-, sont Festo et Leiber. Ces projets sont les seuls à pouvoir démontrer une additionalité, leur temps de retour sur investissement sans finance carbone est autour de 10 ans, ramenés à 6 ans avec la finance carbone.

### **5.4 Les projets d'isolation des bâtiments**

En Suisse et à Genève : les prix commencent à 200.- la tonne, et peuvent aller jusqu'à 2000.- la tonne. Pour ce qui est de l'additionalité financière, les temps de retour sur investissement sans finance carbone sont de 80 ans (v p ex ESV Linz, une façade solaire en Autriche, payback 80 ans), ramenés à 60 ans avec l'argent de la finance carbone. Donc même avec la finance carbone, ces projets ne sont pas rentables. Ils sont motivés par une réflexion à long terme ou par la conscience environnementale du propriétaire.

Ces projets « extra-additionnels » ont tous besoin d'encouragement psychologique pour pouvoir démarrer.

## **6 Discussion et conclusion**

### **6.1 Les tonnes économisées dans l'industrie sont les moins chères**

Dans l'industrie, notamment en Allemagne, on peut gagner des tonnes de CO<sub>2</sub> bon marché, avec ou sans certification par un programme JI. En dehors des projets ou des programmes JI, la plupart des projets sont des projets où la part de l'électricité est prépondérante, or Genève ne compte que peu d'industries, ce qui rend ces projets difficiles à répliquer.

Un bon exemple est **Festo** (agrandissement d'une usine avec l'objectif d'une gestion énergétique exemplaire). Ici on trouve des tonnes de CO<sub>2</sub> à 42.-.

Un autre exemple intéressant est celui de **Leiber** (usine de levure de bière qui change un procédé industriel contre un autre moins énergivore) avec un prix de la tonne économisée de 58.-.

Il existe certainement des projets semblables en Suisse, par exemple le projet réussi chez Colas, pour faire fondre le bitume avec des capteurs solaires à vide au lieu du fuel<sup>31</sup>.

Ces projets industriels proposent des tonnes économisées à des prix abordables, sans subtilités comptables.

Dans les programmes JI également, les projets industriels sont plus recherchés, parce que les tonnes de CO<sub>2</sub> sont plus concentrées donc moins chères à trouver. Malgré cela certains

---

31 La Tribune de Genève du 8.10.09

électriciens et non des moindres (EWE) se risquent dans des programmes plus chers, et visent les petits consommateurs. Mais les projets JI ont l'avantage d'être déjà certifiés, et d'être moins chers.

## **6.2 Projets de rénovation thermique en Suisse : quelle part « déclencheuse » ? Les considérations comptables**

Si les projets industriels sont moins chers, pour l'isolation des bâtiments, les prix sont en général bien plus coûteux.

En Suisse, il en coûte 1000.- / m<sup>2</sup> pour isoler un immeuble moyen, jusqu'au standard Minergie, ce qui établit le prix de la tonne économisée aux alentours de CHF 1000.-, avec les bas prix des combustibles actuels (cf. la rénovation du chemin des Libellules à Lausanne, un exemple illustratif parce que ne bénéficiant d'aucune subvention). La question qui se pose dès lors est de trouver des artifices comptables, des « triggers » (gâchettes), des subventions, qui ne coûtent que 10% du total des travaux énergétiques, et dont on puisse démontrer qu'ils ont déclenché les travaux. Les calculs de McKinsey sont un exemple de « trigger » (levier) les calculs des CDM ou des JI aussi, ainsi que ceux de la FCC également.

La question centrale est de justifier que l'investissement total n'aurait pas pu être effectué sans les 10% de la « gâchette » (additionalité, cf. chap 2.3 ) Mais la réponse est nécessairement subjective. Comment démontrer que les travaux n'auraient pas été entrepris sans la subvention ?

Passons maintenant en revue les considérations comptables.

### **6.2.1 Les calculs de McKinsey :**

Dans leur rapport<sup>32</sup>, les économistes de McKinsey ont construit un immeuble virtuel, pour lequel ils ont fait des appels d'offres. Lorsqu'ils calculent 100 EUR/m<sup>2</sup>, ils ne tiennent compte que de la part supplémentaire, considérant les travaux comme indispensables de toute façon, pour d'autres raisons que les raisons climatiques. En quelque sorte, ils calculent que la norme SIA devrait être atteinte de toutes façons, et ils calculent le surcoût pour atteindre la norme Minergie. Ils arrivent ainsi à 100 EUR/m<sup>2</sup>, mais, comme le disent les architectes suisses : « pour 100 euros moi, je te refais juste la peinture ».

### **6.2.2 Les calculs des projets CDM ou JI**

Les projets CDM sont développés dans les pays pauvres de la planète, où les salaires sont plus bas. Les développeurs de projets ne tiennent compte que d'une petite part de l'investissement. Si le IRR (Internal Rate of Return, soit le Taux de Rendement Interne) est de 8% sans l'argent des CERs (Certified Emission Reductions), et de 10,5% avec cet apport, ils considèrent qu'il y avait une barrière aux alentours d'un IRR de 10% et que l'argent des CERs leur permet justement de la franchir. Additionalité discutable, surtout lorsque les

---

32 McKinsey, Swiss greenhouse gas abatement curve, 2009, *op.cit.*

différences sont petites. Pour les projets JI il en va de même, comme on peut le voir pour ceux qui font le *investment analysis*, comme le projet 44 par exemple : L'argent des certificats vient juste débloquer des investissements 10 fois plus grands, mais toutes les tonnes économisées sont calculées pour valoriser cet investissement.

### **6.2.3 Les calculs de la Fondation Centime Climatique (FCC)**

Comme nous l'avons déjà indiqué ci-dessus, la FCC ne comptabilise que l'argent de sa subvention, 10% du montant total des travaux, qui sont censés déclencher l'action. Les exemples qu'elle mentionne sont assez convaincants, on peut dire que la FCC a su caresser les promoteurs dans le sens du poil pour qu'ils consentent à investir dans l'avenir. En fait, en lisant les rapports de la FCC, on comprend entre les lignes que sans leur apport psychologique, le propriétaire n'aurait pas pensé à l'énergie. Mais quantifier un rapport psychologique est difficile.

## **6.3 Les assainissements énergétiques globaux**

La quasi-totalité des actions industrielles d'économie d'émissions de CO<sub>2</sub> a été faite dans le cadre d'une reconsidération énergétique et environnementale voire organisationnelle complète de l'entreprise. La considération du seul aspect du gaz à effet de serre est artificielle et ne correspond en rien au caractère de la démarche holistique engagée par l'entreprise.

La même chose est vraie pour les immeubles administratifs et d'habitation. Il est rare qu'un propriétaire se limite dans l'assainissement énergétique à la seule isolation de l'enveloppe ou à une modernisation de la chaudière. Le plus souvent le propriétaire engage un assainissement énergétique et environnemental global de son objet, qui englobe les aspects de chauffage, d'isolation (d'ailleurs parfois également phonique), d'économie d'électricité d'eau, d'une éventuelle production d'électricité photovoltaïque, etc.

Il est alors très démotivant pour un maître d'ouvrage, désireux d'assainir son objet, d'entreprendre des démarches séparées pour l'économie du gaz, du mazout, de l'électricité, voire de l'eau. Nous conseillons vivement à SIG d'offrir à ses clients un « package » complet d'aide à l'assainissement énergétique, qui englobe au moins les trois fluides offerts par SIG. Le décompte en économie d'électricité et en énergie fossile devrait alors se faire uniquement en interne de SIG.

## **6.4 Quelques projets d'avenir : l'idée de construire en bois**

Pour les projets immobiliers à Genève, une alternative serait de construire en bois. Comme cela s'est fait par le programme mis sur pieds à Väckjö, en Suède, où les émissions par habitant sont à 3.3 t/ an, la moitié de la moyenne européennes. Le bois économise du CO<sub>2</sub> par rapport au ciment, au niveau de la construction puis lors de sa réutilisation comme combustible lors de la démolition du bâtiment.

L'estimation des réductions d'émission est basée sur la méthode développée par Gustavsson et al. (2006) prend en compte: les émissions fossiles lors de la production des matériaux; la substitution énergétique grâce aux déchets de bois récupérés en forêt, lors de la transformation, la construction et lors de la démolition; les changements de stock de carbone en forêt et dans les immeubles; les réactions chimiques de fabrication du ciment. La « certificabilité » de cette idée devrait encore être discutée avec l'OFEV.

# Fiches

---

**Aare-Park I**

**ADEME Logirem, Sanary sur mer**

**Big Heimbau, Allemagne**

**CEH – rénovation, Gd-Saconnex**

**CIA, rénovation partielle, Genève**

**Construction en bois : l'exemple de Växjö en Suède**

**Sundevedsgade, Danemark**

**Ebm-papst chaufferie**

**ESV Linz solar facade**

**Festo – Construction industrielle nouvelle**

**Kindergarten Oftringen, Argovie**

**Fiche chemin des Libellules, Lausanne**

**Leiber – valorisation des eaux usées**

**Bio-digesteur dans un village bio-énergétique, Mauenheim**

**Oesterbro - Danemark**

**Berlin ESCO programme**

**Programme Gaumann-Energho, Genève**

**Programme JI 39 en Allemagne, EWE**

**Programmes JI 41 43 44 fuel switch en Allemagne**

**Programme JI 116 en Allemagne, RWE**

**Signaterre : Audit immeuble-type**

**Tissot – FCC**

## Aare-Park I

---



### Nom, adresse :

Propriétaire: Novatherm SA – Schönenwerd SO

### Contexte de l'action (motivation, objectifs)

Il s'agit d'une réhabilitation énergétique d'immeubles collectifs d'habitation dans le cadre du programme « bâtiments » de la fondation du centime climatique.

L'immeuble date de 1965. Il comporte 27 appartements.

Surface de référence énergétique : 1800m<sup>2</sup>.

### Descriptif de l'action (technologie utilisée)

839 m<sup>2</sup> de façade ont été amenés à un coefficient U de 0,2W/m<sup>2</sup>K (standard SIA : 0,3 W/m<sup>2</sup>K).

Installation de 266 m<sup>2</sup> de fenêtres d'une qualité également supérieure à l'exigence de la norme SIA.

### Economie d'énergie et de CO<sub>2</sub>

Consommation avant la rénovation : 35'000 litres de mazout. Diminution d'un quart, soit une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> de 20 tonnes par an.

Indice de dépense d'énergie après travaux : 153 kWh/m<sup>2</sup>/an.

### Aspects financiers selon les auteurs du projet (Coût, gains, structure de financement)

Investissement : CHF 250'000.-

Contribution de la Fondation : CHF 26'500.-

Économie de chauffage CHF 6000.- par an.

## **Coût de la tonne de CO<sub>2</sub> (résultats standardisés Noé21 + discussion )**

Investissement de CHF 250 000.- à 5% soit CHF 12500.- /an, économies de CHF 7500.-/an, pour 20 tonnes économisées par an  
Coût de la tonne de CO<sub>2</sub> : CHF 248.-/tonne

Retour sur investissement : 33 ans.

Le coût de la tonne est relativement bon marché, du fait que la rénovation est relativement peu performante.

Il faudrait s'assurer que cette rénovation ne porte pas préjudice à une rénovation ultérieure allant jusqu'au standard Minergie.

### **Additionalité**

- Test d'investissement :
  - Temps de retour sur investissement sans financement du Centime climatique : 33 ans
  - Temps de retour sur investissement avec financement : 28 ans
  - Le temps de retour sur investissement étant trop long pour être économiquement intéressant, le projet devrait être considéré comme non-additionnel, sauf si l'existence d'autres barrières peut être démontrée et que celles-ci sont levées par la finance carbone.
  - Du point de vue de l'investisseur, la contribution carbone au projet aurait dû être de l'ordre de la moitié du financement (env. CHF 125'000.-) pour diminuer le temps de retour sur investissement au seuil de référence de 20 ans.
  - Cela signifierait pour Ecoclimat un prix du carbone à plus de CHF 300.-/tonne CO<sub>2</sub> (20 tonnes/an pendant 20 ans à CHF 125'000.-).
- Test des barrières :
  - Le projet est trop peu rentable pour que la finance carbone le rende suffisamment rentable aux yeux des investisseurs. Toutefois, des immeubles de ce type sont rénovés malgré ce manque d'attractivité financière, ce qui montre que d'autres critères de choix interviennent dans la décision de certains propriétaires de mener les travaux. Il est donc probable que des barrières psychologiques existent, du moins pour un certain type de propriétaire. La finance carbone pourrait aider au dépassement de ces barrières.
- La nouvelle loi sur l'énergie votée à Genève pourrait modifier le scénario de référence (« baseline ») de la rénovation des bâtiments à Genève. Les effets de cette loi devront donc être pris en compte dans la démonstration de l'additionalité.

### **Adaptabilité à Genève**

En principe oui. Il existe de milliers d'immeubles de cette qualité.

### **Estimation du potentiel de réduction de CO<sub>2</sub> sur Genève**

10 000 immeubles semblables à Genève. Le potentiel est donc considérable

### **Possibilités de certification**

Oui, ce type de projet peut entrer dans les catégories reconnues pour les attestations suisses (Efficacité énergétique côté demande), sous réserve de la démonstration de l'additionalité.

### **Référence:**

<http://klimarappen.ch/fr/projets/suisse/renovation-des-batiments/detail/aare-park-i-2/info.pdf>

## **ADEME Logirem, Sanary sur mer**

---



### **Contexte de l'action (motivation, objectifs)**

Le groupe Logirem, dans la région PACA, voulait construire 10 logements sociaux. L'ADEME a réussi à persuader les promoteurs de construire selon la norme HQE haute qualité environnementale (une certification de l'ADEME qui correspond à la norme MINERGIE P-ECO) 10 maisons individuelles, réduisant la consommation d'énergie et respectant les critères environnementaux les plus stricts, à un prix très raisonnable.

### **Descriptif de l'action (technologie utilisée)**

Les maisons sont bien isolées (briques type monomur, en terre cuite argileuse, triples vitrages) l'eau chaude est pour l'essentiel produite par l'énergie solaire, la chaudière d'appoint est à condensation. De plus, les déchets sont recyclés. La documentation à disposition ne parle pas d'éventuels transports publics à proximité afin d'améliorer encore l'impact environnemental du lotissement.

### **Aspects financiers (Coût, gains, structure de financement)**

L'investissement total pour construire les 10 maisons a été de EUR 1,4 millions. Le promoteur a séparé la part HQE, c'est-à-dire le surcoût environnemental. Il a chiffré ce surcoût à EUR 94'000. (soit environ CHF 140'000.-)

## **Economie d'énergie et de CO<sub>2</sub>**

On a économisé 8553 kWh ou EUR 649, soit CHF 973.-/an grâce à cette démarche. Cela représente 2,3 tonnes de CO<sub>2</sub>/an

## **Coût de la tonne de CO<sub>2</sub> (résultats standardisés + discussion )**

$C_c - E / tCO_2 = 7050 - 973 / 2.5 = 2730.- / \text{tonne}$

Le temps de retour sur investissement des mesures HQE est de  $150\,000 / 973 = 165$  ans (!)

## **Additionalité**

- Test d'investissement :
  - Temps de retour sur investissement sans finance carbone: 165 ans
  - Temps de retour sur investissement avec financement Ademe: >100 ans
  - Le temps de retour sur investissement reste trop élevé pour être financièrement intéressant, donc le projet devrait être considéré comme non-additionnel., sauf si l'existence d'autres barrières peut être démontrée et que celles-ci sont levées par la finance carbone.
  - Du point de vue de l'investisseur, la contribution carbone au projet aurait dû être de l'ordre de près de 90% du financement (env. 130'000.-), de sorte à amener le temps de retour sur investissement sous le seuil des 20 ans.
- Test des barrières :
  - Le projet est trop peu rentable pour que la finance carbone le rende suffisamment rentable aux yeux des investisseurs. Toutefois, des immeubles de ce type sont rénovés malgré ce manque d'attractivité financière, ce qui montre que d'autres critères de choix interviennent dans la décision de certains propriétaires de mener les travaux. Il est donc probable que des barrières psychologiques existent, du moins pour un certain type de propriétaire. La finance carbone pourrait aider au dépassement de ces barrières.
- La nouvelle loi sur l'énergie votée à Genève pourrait modifier le scénario de référence (« baseline ») de la rénovation des bâtiments à Genève. Les effets de cette loi devront donc être pris en compte dans la démonstration de l'additionalité.

## **Adaptabilité à Genève**

Les nouvelles constructions à Genève sont en général au standard Minergie (obligatoire avec la nouvelle loi sur l'énergie) et pourraient donc l'être à Minergie P suivant la finance carbone.

## **Estimation du potentiel de réduction de CO<sub>2</sub> sur Genève**

Peu de constructions neuves à Genève (entre 1500 et 2000 logements par an)

## **Possibilités de certification**

Oui, ce type de projet peut entrer dans les catégories reconnues pour les attestations suisses (Efficacité énergétique côté demande), sous réserve de la démonstration de l'additionalité.

## **Référence:**

<http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=62092&p2=14134&ref=14134&p1=1>

## Big Heimbau, Allemagne

---



### Nom, adresse, données générales

Adresse : Franz Schubert Hof 20 + Mozartstrasse 31, Engelsby  
Type d'immeuble : Résidentiel, 2 tours, 80 appartements  
Surface totale : 5700 m<sup>2</sup>  
Année de construction et de rénovation : 1964, 2002

### Contexte de l'action (motivation, objectifs)

Le propriétaire est une fondation de droit public. Il voulait rénover son bien, mais les locataires s'y opposaient. Une démarche participative a été entreprise, à laquelle les locataires ont été invités à participer, jusqu'à participer aux travaux pour ceux qui le désiraient. Le document pdf qui accompagne ce projet montre les résultats d'un sondage organisé auprès des locataires pour mesurer leur satisfaction après les travaux.

### Descriptif de l'action (technologie utilisée)

Travaux réalisés : Isolation des toits, des façades et des sols ; chauffe-eau solaire (53 m<sup>2</sup>) ; utilisation de l'éclairage du jour ; vitrage haute efficacité, murs Trombe (thermique passif) ; une serre par étage.

### Economie d'énergie et de CO<sub>2</sub>

Consommation d'énergie avant rénovation : chauffage = 129,3 kWh/m<sup>2</sup>, eau chaude = 31,7 kWh  
Consommation d'énergie après rénovation : chauffage = 41,8 kWh (- 67%), eau chaude = 23,5 kWh (26,1%)  
Economie de chauffage : 87,5 kWh X 5700 m<sup>2</sup> = **498'750 kWh / an**  
Economie énergétique totale : 95,7 X 5700 = **545'490 kWh /an**

Cette économie en argent se monte à 54 000.- /an, l'économie de CO<sub>2</sub> évaluée à 140 t

## **Aspects financiers (Coût, gains, structure de financement)**

La part économie d'énergie de l'investissement a été de EUR 960'000 (CHF 1,5 millions).

### **Coût de la tonne de CO<sub>2</sub> (résultats standardisés)**

$Cc - E / t \text{ CO}_2 = 72\,000 - 54\,000 / 144 = 121.- / \text{tonne}$

Temps de retour sur investissement : 27 ans, ce qui est relativement court

### **Additionalité**

#### Test d'investissement :

- Temps de retour sur investissement sans finance carbone: 27 ans
- La finance carbone permettrait de ramener le temps de retour sur investissement sous le benchmark à partir duquel les financiers sont d'accord de s'engager (20 ans) et cela pour un prix par tonne acceptable (ordre de grandeur : 100.- /tonneCO<sub>2</sub>)

### **Adaptabilité à Genève**

Il existe à Genève de nombreux immeubles de ce type, notamment à Onex, Lancy, Meyrin.

### **Estimation du potentiel de réduction de CO<sub>2</sub> sur Genève**

Considérable.

### **Possibilités de certification**

Oui, ce type de projet peut entrer dans les catégories reconnues pour les attestations suisses (Efficacité énergétique côté demande), sous réserve de la démonstration de l'additionalité.

### **Référence:**

<http://www.learn.londonmet.ac.uk/portfolio/1996-1998/doc/big.pdf>

[http://www.energieinstitut.at/Retrofit/Dateien/BestPractice/Englisch/Bestpractice\\_France2.pdf](http://www.energieinstitut.at/Retrofit/Dateien/BestPractice/Englisch/Bestpractice_France2.pdf)

<http://www.ecobuilding.dk/download.php3?ID=25>

## CEH – rénovation, Gd-Saconnex

---



**-CEH Caisse de prévoyance, Genève  
rénovation d'un immeuble d'habitation au Gd-Saconnex.**

### **Contexte de l'action (motivation, objectifs,...)**

Immeuble datant des années 60, en milieu suburbain en mauvais état.  
3 étages sur rez. 18 appartements, 69 pièces + 9 pièces neuves.  
Surface habitable estimée à 1380 m<sup>2</sup>. Chauffage central à mazout.  
La rénovation était motivée également par la protection contre le bruit des avions.  
Le maître d'ouvrage est en attente d'une certification du ScanE

### **Descriptif de l'action (technologie utilisée, ...)**

Réfection de toiture façade, balcons, fenêtres qui ne donnent pas sur le balcon, stores, jardin d'hiver. Pas d'installation de double flux, pas d'isolation des façades, mais installation de vitrages sur les balcons.  
Cette dernière mesure était particulièrement avantageuse, car c'est également une protection phonique. Du fait que les balcons sont situés derrière l'isolation, il n'était pas besoin de couper les ponts froids.  
Remplacement de la chaudière : mazout – gaz (pas inclus dans les frais énergétiques) pas de bilan énergétique réalisé.  
Fin des travaux en 2007.

## **Economie d'énergie et de CO<sub>2</sub>**

L'IDE passe de 800 à 550 MJ/m<sup>2</sup>/an (= 222 à 153 kWh/m<sup>2</sup>/an)

Consommation : estimée sur la base de l'IDE et la surface

Avant : 1'104'000 MJ/an mazout (= 306'666 kWh/an),

après 759'000 MJ gaz (= 210'833 kWh/an).

Réduction des émissions de CO<sub>2</sub> : y compris passage du mazout au gaz : 39.62 t/an.

## **Aspects financiers (Coût, gains, structure de financement)**

Investissement au total CHF 2'900'000.- dont la partie énergétique CHF. 250'000.-.

Economie estimée à CHF 10 000.- par an.

Retour sur investissement 25 ans.

Coût de la tonne  $(C_c - E) / tCO_2 = (12500 - 10000) / 40t = 62 \text{ CHF.-}$ .

## **Coût de la tonne de CO<sub>2</sub> (résultats standardisés+ discussion )**

CHF 62 par tonne. Le calcul précis des frais énergétiques est difficile car l'opération était motivée surtout pour le bruit des avions et pour réhabiliter l'immeuble.

## **Additionalité**

Test d'investissement :

- Temps de retour sur investissement sans finance carbone: 25 ans
- La finance carbone permettrait de ramener le temps de retour sur investissement sous le benchmark à partir duquel les financiers sont d'accord de s'engager (20 ans) et cela pour un prix par tonne acceptable (ordre de grandeur : moins de 100.-/tonneCO<sub>2</sub>)

## **Adaptabilité à Genève**

Il s'agit d'une solution intéressante pour éliminer des ponts de froid dus aux balcons. Il y a de très nombreux immeubles à Genève avec des balcons sur lesquels on peut installer du vitrage, malgré les difficultés techniques.

## **Estimation du potentiel de réduction de CO<sub>2</sub> sur Genève**

Considérable.

## **Possibilités de certification**

Oui, ce type de projet peut entrer dans les catégories reconnues pour les attestations suisses (Efficacité énergétique côté demande), sous réserve de la démonstration de l'additionalité.

## **Référence:**

CEH, M. Zosso, communication personnelle.

<http://www.minergie.com/buildings/fr/details.php?gid=GE-025>

## CIA, rénovation partielle, Genève

---



### Nom, adresse, données générales

Propriétaire : Caisse de prévoyance CIA  
Rue du Léman 14. Immeuble locatif des années 30 en milieu urbain.  
5 étages sur rez plus attique.

### Contexte de l'action (motivation, objectifs,...)

L'immeuble, en angle, était en très mauvais état. Une rénovation d'urgence a été réalisée après l'achat de l'immeuble. Beaucoup de travaux non-énergétiques. La surface habitable est estimée par noé21 à 1190 m<sup>2</sup>.  
Chauffage central probablement au mazout.

### Descriptif de l'action (technologie utilisée, ...)

Travaux énergétiques :  
Isolation thermique de la façade sur cour seulement et des appartements en attique.  
Remplacement des fenêtres en attique, adaptation de l'étanchéité sur le toit et la terrasse.  
L'échafaudage n'est pas compté dans les frais énergétiques.

### Economie d'énergie et de CO<sub>2</sub>

L'IDE passe de 630 MJ/m<sup>2</sup>/an à 600 MJ/m<sup>2</sup>/an  
Economie d'environ 1000 litres de mazout/an, 35'700 MJ/an (9'917 kWh/an)  
Il s'agit d'une estimation très grossière de la part du maître d'ouvrage, sur la base du changement de l'IDE.

## Aspects financiers (Coût, gains, structure de financement)

Investissement total de CHF 370 000, la part énergétique estimé à CHF 90'000

### Coût de la tonne de CO<sub>2</sub> (résultats standardisés)

Coût du capital CHF 4500.- /an

Economie financière de mazout: CHF 1000.-/an

Tonnes économisées : 2,6 tonnes

La formule donne CHF 4500 – CHF1000 / 2,6 = CHF 1346.-/tonne de CO<sub>2</sub>

Temps de retour sur investissement : 90 ans

Les données de base sont de faible précision.

### Additionalité

- Test d'investissement :
  - Temps de retour sur investissement sans finance carbone: 90 ans
  - Le temps de retour sur investissement restera trop élevé malgré la finance carbone pour être financièrement intéressant, donc le projet devrait être considéré comme non-additionnel, sauf si : 1) d'autres financements peuvent être obtenus (dans le cas présent, isolation phonique du fait de la proximité avec l'aéroport) 2) l'existence d'autres barrières peut être démontrée et que celles-ci sont levées par la finance carbone.
- Test des barrières :
  - Le projet est trop peu rentable pour que la finance carbone le rende suffisamment rentable aux yeux des investisseurs. Toutefois, des immeubles de ce type sont rénovés malgré ce manque d'attractivité financière, ce qui montre que d'autres critères de choix interviennent dans la décision de certains propriétaires de mener les travaux. Il est donc probable que des barrières psychologiques existent, du moins pour un certain type de propriétaire. La finance carbone pourrait aider au dépassement de ces barrières.
- La nouvelle loi sur l'énergie votée à Genève pourrait modifier le scénario de référence (« baseline ») de la rénovation des bâtiments à Genève. Les effets de cette loi devront donc être pris en compte dans la démonstration de l'additionalité.

### Adaptabilité à Genève

Il s'agit d'un projet genevois.

### Estimation du potentiel de réduction de CO<sub>2</sub> sur Genève

Faible, car la rénovation énergétique est très légère. Il s'agit donc probablement pas d'un exemple à suivre.

### Possibilités de certification

Oui, ce type de projet peut entrer dans les catégories reconnues pour les attestations suisses (Efficacité énergétique côté demande), sous réserve de la démonstration de l'additionalité.

### Référence:

Contact : Pierre BOSSON, CIA

CIA, rapport de la division immobilière (non publié)

Pas de référence Internet.

## Construction en bois : l'exemple de Växjö en Suède

---



*2 immeubles en bois de Limnologen à Växjö en Suède. Chaque immeuble compte 33 appartements et a nécessité l'utilisation de 500 tonnes de bois.*

### Contexte de l'action (motivation, objectifs,...)

Växjö est une ville du Sud de la Suède qui compte un peu plus de 50'000 habitants. Dans les années 1970, les autorités locales ont commencé à s'engager en faveur de l'environnement après avoir dû lutter contre de graves pollutions provoquées par l'agriculture et les industries locales. En 1996, la municipalité s'était fixé pour objectif de réduire de 50 % les émissions de CO<sub>2</sub> par habitant d'ici à 2010 par rapport à 1993 et de 70% d'ici à 2025. Les politiques ambitieuses mises en œuvre (biogaz produit par les stations d'épuration, chauffage aux pellets de l'université, panneaux solaires sur la piscine, développement de pistes cyclables et réduction des routes, aides pour l'achat de voitures écologiques,...) ont porté leurs fruits: entre 1993 et 2006, les émissions de CO<sub>2</sub> par habitant ont baissé de 30% pour se situer à 3,3 tCO<sub>2</sub>/habitant, soit plus de la moitié inférieures à la moyenne européenne. Début 2007, le prix « Énergie durable pour l'Europe » a été décerné à Växjö par la Commission européenne. Växjö est un projet pilote du programme SESAC<sup>1</sup>.

### Données de base sur l'objet (type d'objet, adresse, propriétaire, données chiffrées utiles, année de construction,...)

La stratégie climatique de Växjö<sup>2</sup> développe des actions dans 7 secteurs (chauffage et climatisation à distance, chauffage, efficacité énergétique, trafic automobile, transports marchandises et en commun, biocarburants, cyclisme). Une des actions phare du programme

---

<sup>1</sup> Le projet « European Sustainable Energy Systems in Advanced Cities » (SESAC) a pour objectif de montrer comment les économies locales sont capables de prospérer tout en émettant moins de CO<sub>2</sub>. SESAC fait partie de la « CONCERTO initiative » qui cherche à accélérer l'innovation dans les énergies renouvelables, l'efficacité énergétique et la construction durable, cofinancé par la Commission européenne.

<sup>2</sup> Stratégie climatique de Växjö, août 2007,

<http://www.vaxjo.se/upload/11971/StrategieclimatiquedeVaxjo.pdf>

d'efficacité énergétique est la *construction de bâtiments en bois éco-énergétiques dans le district de Välle Broar*. Il s'agit du développement d'un quartier en bois dans une zone de 15 ha entre le campus de l'université de Växjö et le centre ville. Le projet a démarré en 2006 et il est prévu qu'il s'étale sur 10 à 15 ans, par étapes (1-2 projets démarrent chaque année). Ce projet est développé en partenariat entre la ville de Växjö, l'université et l'industrie du bois.

### Descriptif de l'action (technologie utilisée)

Le projet **Limnologen** fait partie de Välle Broar et est soutenu par SESAC. La construction des deux premiers immeubles s'est achevée en 2008 et des deux derniers en 2009.

Chaque immeuble compte 33 appartements pour un total de 3374 m<sup>2</sup> (soit en moyenne 102 m<sup>2</sup> par appartement). La construction de chaque immeuble a nécessité l'utilisation de 500 tonnes de bois (il y a 2,09 tonnes de CO<sub>2</sub> dans une tonne de bois), la moitié dans la structure du sol et un tiers dans les murs extérieurs et intérieurs.



Localisation de Välle Broar à Växjö.

Des économies de CO<sub>2</sub> sont réalisées par:

- la réduction des émissions fossiles lors de la production des matériaux
- la substitution énergétique d'agents fossiles par des déchets de bois récupérés en forêt, lors de la transformation, la construction et lors de la démolition
- les changements de stock de carbone en forêt et dans les immeubles
- la réduction des réactions chimiques de fabrication du ciment.

### Economie d'énergie

Alors que 85% de l'énergie d'un bâtiment est habituellement utilisée durant son utilisation (en particulier le chauffage), Gustavsson *et al.* (2009)<sup>3</sup> montre que l'écobilan carbone d'un bâtiment comme Limnologen peut être négatif suivant le type de chauffage installé (chauffage à distance à base de biomasse, par exemple).

Gustavsson *et al.* (2006)<sup>4</sup> calcule que la différence des écobilans d'immeubles comparables construits en béton ou en bois se situe entre 30 et 130 kgC/m<sup>2</sup>. Un immeuble-type à Genève compte environ 2000m<sup>2</sup> pour 25 appartements. Construit en bois, il économiserait entre 250 et 1000 tCO<sub>2</sub>.

<sup>3</sup> Gustavsson, Joelsson, Sathre. Life-cycle primary energy use and carbon emission of an eight-storey wood-frame apartment building, Energy and Buildings, 2009, [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6V2V-4X54JPR-1&\\_user=10&\\_coverDate=02%2F28%2F2010&\\_rdoc=1&\\_fmt=high&\\_orig=search&\\_sort=d&\\_docanchor=&\\_view=c&\\_searchStrId=1189760387&\\_rerunOrigin=google&\\_acct=C000050221&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=10&md5=ded22673f90ebc18d2c2934dbf334de7](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V2V-4X54JPR-1&_user=10&_coverDate=02%2F28%2F2010&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&_view=c&_searchStrId=1189760387&_rerunOrigin=google&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=ded22673f90ebc18d2c2934dbf334de7)

<sup>4</sup> Gustavsson, Pingoud, Sathre, Carbon dioxide balance of wood substitution: comparing concrete- and wood-framed buildings, 2006, <http://www.ieabioenergy-task38.org/projects/task38casesstudies/finswe-fullreport.pdf>

## Aspects financiers (Coût, gains, structure de financement)

L'immeuble moyen de 2000m<sup>2</sup> et 25 appartements coûte environ 4 millions de francs. A 250.-/tonneCO<sub>2</sub>, la valorisation CO<sub>2</sub> (entre 250 et 100 tCO<sub>2</sub>) peut rapporter entre 50'000-250'000.-, soit entre 1 et 6% de l'investissement.

La construction en bois coûte en général en moyenne 5% plus cher qu'une construction classique<sup>5</sup>, en particulier parce que les filières sont peu développées et les que professionnels dotés des compétences adéquates sont peu nombreux.

## Adaptabilité à Genève

Genève compte actuellement plusieurs grands projets d'urbanisation, par exemple le PAV (Praille-Acacias-Vernets). Ceux-ci pourraient s'inspirer de Välle Broar afin de développer des quartiers construits en bois, à la pointe de la technologie et résolument durables. Les normes suisses imposent que les maisons en bois aient maximum 6 étages.

## Estimation du potentiel de réduction de CO<sub>2</sub> sur Genève

Chaque année environ 1500 logements sont construits en moyenne à Genève. En estimant que chaque logement a une surface d'environ 80m<sup>2</sup>, cela totalise 120'000 m<sup>2</sup>. Si tous ces bâtiments étaient construits en bois, on obtiendrait un **potentiel maximal de 13'000 à 56'000 tCO<sub>2</sub>**.

## Additionalité et possibilités de certification

L'estimation des réductions d'émission est basée sur la méthode développée par Gustavsson *et al.* (2006) prend en compte: les émissions fossiles lors de la production des matériaux; la substitution énergétique grâce aux déchets de bois récupérés en forêt, lors de la transformation, la construction et lors de la démolition; les changements de stock de carbone en forêt et dans les immeubles; les réactions chimiques de fabrication du ciment. Les sous-systèmes suivants peuvent donc être considérés:

Sous-système	Possibilité de certification éventuelle dans le cadre des attestations de la Confédération
Réduction des émissions fossiles lors de la production des matériaux	Il est nécessaire de démontrer que les émissions sont réduites en Suisse.
Substitution énergétique grâce aux déchets de bois récupérés en forêt, lors de la transformation, la construction et lors de la démolition	Il est nécessaire de démontrer que les émissions sont réduites en Suisse.
les changements de stock de carbone en forêt et dans les immeubles	Pas certifiable à l'heure actuelle. La révision de la loi CO <sub>2</sub> pourrait le prendre en compte après 2012.
les réactions chimiques de fabrication du ciment	Il est nécessaire de démontrer que les émissions sont réduites en Suisse.

<sup>5</sup>

Lignum, communication privée

Le scénario de référence, considéré par Gustavsson *et al.* (2006) est celui de constructions en béton, ce qui est raisonnable pour la situation genevoise actuelle.

Pour pouvoir valoriser ces réductions d'émission il serait nécessaire d'utiliser une méthodologie idoine qui, à notre connaissance, n'est encore existante dans aucun système de certification. Les réductions d'émissions liées au stockage de carbone dans le bois ne peuvent pour l'instant être prises en considération. Pour la prise en compte des autres sous-systèmes, la difficulté réside dans la démonstration que les réductions d'émissions induites (par la substitution de matériaux de construction moins chargés en carbone, par la substitution énergétique d'agents fossiles liée à la récupération des déchets de bois) qui n'ont pas lieu directement dans les limites du projet ont bien lieu en Suisse<sup>6</sup>. Une idée de projet devrait être transmise à l'OFEV pour vérification.

### **Coût de la tonne de CO<sub>2</sub> (selon résultats standardisés du tableau synoptique Excel)**

Hypothèse prise pour ce cas: 250.-/tCO<sub>2</sub>

#### **Références:**

- Stratégie climatique de Växjö, août 2007, <http://www.vaxjo.se/upload/11971/StrategieclimatiquedeVaxjo.pdf>
- Film de la construction de Limnologen Växjö [http://www.metacafe.com/watch/1314512/limnologen\\_highest\\_wood\\_building\\_in\\_sweden/](http://www.metacafe.com/watch/1314512/limnologen_highest_wood_building_in_sweden/)
- Case study Limnologen : <http://www.vaxjo.se/upload/29082/Limnologen.pdf>
- Site sur Välle Broar: <http://www.vallebroar.se/>
- Gustavsson , Joelsson, Sathre. Life-cycle primary energy use and carbon emission of an eight-storey wood-frame apartment building, Energy and Buildings, 2009, [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6V2V-4X54JPR-1&\\_user=10&\\_coverDate=02%2F28%2F2010&\\_rdoc=1&\\_fmt=high&\\_orig=search&\\_sort=d&\\_docanchor=&\\_view=c&\\_searchStrId=1189760387&\\_rerunOrigin=google&\\_acct=C000050221&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=10&md5=ded22673f90ebc18d2c2934dbf334de7](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V2V-4X54JPR-1&_user=10&_coverDate=02%2F28%2F2010&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&_view=c&_searchStrId=1189760387&_rerunOrigin=google&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=ded22673f90ebc18d2c2934dbf334de7)
- Gustavsson, Pingoud, Sathre, Carbon dioxide balance of wood substitution: comparing concrete- and wood-framed buildings, 2006, <http://www.ieabioenergy-task38.org/projects/task38casestudies/finswe-fullreport.pdf>

---

<sup>6</sup>

OFEV, communication personnelle

## Sundevedsgade, Danemark

---



### Contexte de l'action (motivation, objectifs,...)

Adresse : Sundevedsgade 26 et 28, Copenhague

Type d'immeuble : résidentiel. 21 appartements

Surface totale : 1'600 m<sup>2</sup>

Année de construction et de rénovation : 1880 ; 1999

L'immeuble appartient à la municipalité

### Descriptif de l'action (technologie utilisée, ...)

En remplacement de chauffages individuels (électricité, gaz, mazout) : modules photovoltaïques, chauffe-eau solaires, système de ventilation avec récupération de chaleur, radiateurs au centre des appartements, double-vitrage

### Economie d'énergie et de CO<sub>2</sub>

Coût des mesures d'économie d'énergie : EUR 6'700 (sans TVA) par appartement

Financement : le propriétaire, la municipalité de Copenhague, le gouvernement danois. Les locataires se chauffaient avec des chauffages individuels, électriques, à gaz ou à mazout.

L'installation de chauffages central à gaz avec radiateurs au milieu de la pièce a beaucoup amélioré le confort.

Consommation d'énergie avant rénovation : 150 kWh/m<sup>2</sup> an

Consommation d'énergie après rénovation : 86 kWh/m<sup>2</sup> an

Pourcentage d'économie : 57%

Economie d'énergie, en argent : 64 kWh/m<sup>2</sup>an x 1600 m<sup>2</sup> soit 102 000 kWh/an ou 10 000.-

## **Aspects financiers (Coût, gains, structure de financement)**

L'investissement par appartement est de CHF 10 000.-, soit CHF 210 000.- en tout pour les deux immeubles. L'investissement a profité en grande partie d'un fonds européen, appelé **Hedebygadekarréen project**, qui a rénové 4 autres bâtiments proches en même temps. On ne sait pas quelle part de l'investissement total a été versée par la municipalité.

## **Coût de la tonne de CO<sub>2</sub> économisée (résultats standardisés et discussion)**

Le coût du capital, amorti sur 30 ans, est de 10 553.- ( v calcul plus précis dans la feuille excel)

Les économies annuelles de combustible se montent à 10 240.-

Le projet a économisé 26 tonnes de CO<sub>2</sub> par an (selon comment on compte les combustibles qui étaient utilisés avant la rénovation on peut aussi calculer 36 tonnes au lieu de 26)

La formule de noe21 donne :  $C_c - E / tCO_2$  soit  $312 / 36 = 9.- / t$

Payback : 21 ans

Ce prix très bas de la tonne montre que certaines rénovations peuvent parfois être rentables, si les architectes ne vont pas trop loin dans les indices. Malheureusement, cet indice après rénovation de 86 kWh/m<sup>2</sup> n'est pas compatible avec les objectifs de l'IPCC...

## **Additionalité**

Test d'investissement :

- Temps de retour sur investissement sans finance carbone: 21 ans
- La finance carbone permettrait de ramener le temps de retour sur investissement sous le benchmark à partir duquel les financiers sont d'accord de s'engager (20 ans) et cela pour un prix par tonne acceptable (ordre de grandeur : nettement moins de 100.-/tonneCO<sub>2</sub>)
- Dans le présent projet, une subvention considérable a été octroyée de la part de la municipalité et du fonds européen, qui jouent ici le rôle que pourrait jouer la finance carbone.

## **Adaptabilité à Genève**

20% du parc à Genève a été construit dans les années 1880

## **Estimation du potentiel de réduction de CO<sub>2</sub> sur Genève**

Considérable.

## **Possibilités de certification**

Oui, ce type de projet peut entrer dans les catégories reconnues pour les attestations suisses (Efficacité énergétique côté demande), sous réserve de la démonstration de l'additionalité.

## **Références**

[http://www.energieinstitut.at/Retrofit/Dateien/BestPractice/Englisch/Bestpractice\\_Denmark2.pdf](http://www.energieinstitut.at/Retrofit/Dateien/BestPractice/Englisch/Bestpractice_Denmark2.pdf)  
[http://sc.ises.org/downloads/Annex\\_6\\_EGCN\\_ManagenergyReport.pdf](http://sc.ises.org/downloads/Annex_6_EGCN_ManagenergyReport.pdf)

## Ebm-papst chaufferie

---



### Nom, adresse:

Ebm-papst Mulfingen GmbH&Co KG, Bachmühle 2, D-74673 Mulfingen.  
Bâtiment industriel pour la production de moteurs et appareils électriques.

### Contexte de l'action

Dans le passé, le bâtiment a subi une multitude de modifications et d'agrandissements. Dans le cadre d'une modernisation générale, l'entreprise a décidé d'assainir et d'adapter le chauffage.

### Descriptif de l'action

Restructuration du chauffage : Subdivision du système en des unités plus petites mais interconnectées  
Équilibrage hydraulique  
Redimensionnement de la tuyauterie en fonction du besoin  
Diminution de la puissance des pompes  
Modernisation des pompes  
Abaissement de la quantité d'eau et des températures dans le système  
Amélioration du système de commande  
Fin des travaux : février 2007.

### Economie d'énergie et de CO<sub>2</sub>

Consommation avant travaux : 31 TJ/an mazout (= 8'600'000 kWh) et 240'000 kWh électrique  
Economie énergie totale : 1'697'800 kWh/an dont 144513 kWh électriques  
Et 1 553 287 kWh thermiques, Félix a posé un système d'équations pour trouver cette décomposition  
Economie de CO<sub>2</sub> : 688 t/an

## **Aspects financiers (Coût, gains, structure de financement)**

Investissement : EUR 350'000

Economie d'énergie EUR 141'000 par an

Rendement : 40% par an

## **Coût de la tonne de CO<sub>2</sub> (résultats standardisés)**

Coût du capital : CHF 140 000.-

Economies d'énergie : Cc – E CHF 184 231.-

Tonnes de CO<sub>2</sub> économisées : 435 tonnes

Prix par tonne -102 francs par tonnes

Le prix par tonne de CO<sub>2</sub> est très bas, et même négatif, parce que de multiples transformations ont eu lieu dans cette usine, pour lesquelles l'aspect énergétique n'avait jusque là intéressé personne. De petites modifications dès lors ont produit de grands résultats.

## **Additionalité**

?

## **Adaptabilité à Genève**

Contactez les industries en transformation. Malheureusement Genève n'a que peu d'industries. Une connaissance (M. Schroter) qui travaille au département des constructions me rapporte une histoire de froid pulsé dans les mêmes tubes que le chaud au CMU, une économie considérable avec un seul petit réglage de ventilation.

## **Estimation du potentiel de réduction de CO<sub>2</sub> sur Genève**

?

## **Possibilités de certification**

?

## **Références**

Contact : Markus Mettler, [markus.mettler@de.ebmpapst.com](mailto:markus.mettler@de.ebmpapst.com)

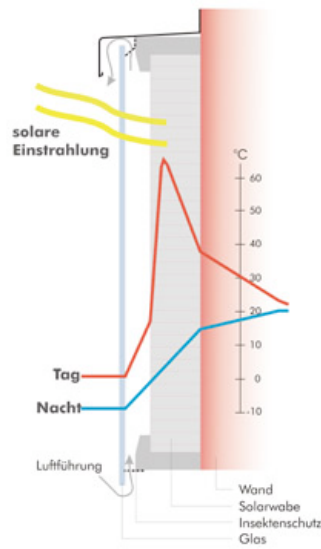
[www.ebmpapst.com](http://www.ebmpapst.com)

[http://www.industrie-energieeffizienz.de/dena-referenzprojekte.html?no\\_cache=1&tx\\_sbpreref\\_pi1%5BshowUid%5D=38](http://www.industrie-energieeffizienz.de/dena-referenzprojekte.html?no_cache=1&tx_sbpreref_pi1%5BshowUid%5D=38)



## ESV Linz solar facade

---



### Contexte de l'action (motivation, objectifs)

Le propriétaire, une fondation de droit public subventionnée, souhaitait rénover son bien. Un bureau d'architectes a conçu une façade solaire (cf. schéma de fonctionnement ci-dessus).

### Descriptif de l'action (technologie utilisée)

Rénovation en 2004/5. Façade solaire passive. Les combles et les sous-sols ont été isolés aussi. Une ventilation double flux a été installée. Les locataires ont bien accueilli les travaux

### Economie d'énergie et de CO<sub>2</sub>

L'indice énergétique a s'est amélioré de plus de 90% ! La consommation avant travaux était de 500'000 kWh/an (indice 179 kWh/m<sup>2</sup>/an) la consommation après travaux à été ramenée à 45 000 kWh (indice 14,4 kWh/m<sup>2</sup>/an). Il s'agit d'une rénovation purement thermique, à l'exception du double flux. L'économie financière s'élève à CHF 45'500.- /an (455'000 kWh).

### Aspects financiers (Coût, gains, structure de financement)

L'investissement de CHF 3'660'000.-, amorti sur 30 ans donne CHF 183'000.-/an

L'économie s'élève à CHF 45'500.- /an

## **Coût de la tonne de CO<sub>2</sub> (résultats standardisés et commentaire)**

On économise 120 tonnes de CO<sub>2</sub> à un coût de : CHF 183'000 – CHF45'500 / 120 = CHF 1149.-/tonne, un prix raisonnable pour ce genre de rénovation.

Retour sur investissement : CHF 3'660'000 / CHF 45'500 = 80 ans

## **Additionalité**

- Test d'investissement :
  - Temps de retour sur investissement sans finance carbone: 80 ans
  - Le temps de retour sur investissement restera trop élevé malgré la finance carbone pour être financièrement intéressant, donc le projet devrait être considéré comme non-additionnel, sauf si : 1) d'autres financements peuvent être obtenus (dans le cas présent, isolation phonique du fait de la proximité avec l'aéroport) 2) l'existence d'autres barrières peut être démontrée et que celles-ci sont levées par la finance carbone.
- Test des barrières :
  - Le projet est trop peu rentable pour que la finance carbone le rende suffisamment rentable aux yeux des investisseurs. Toutefois, des immeubles de ce type sont rénovés malgré ce manque d'attractivité financière, ce qui montre que d'autres critères de choix interviennent dans la décision de certains propriétaires de mener les travaux. Il est donc probable que des barrières psychologiques existent, du moins pour un certain type de propriétaire. La finance carbone pourrait aider au dépassement de ces barrières.

La nouvelle loi sur l'énergie votée à Genève pourrait modifier le scénario de référence (« baseline ») de la rénovation des bâtiments à Genève. Les effets de cette loi devront donc être pris en compte dans la démonstration de l'additionalité.

## **Adaptabilité à Genève**

Quelques projets pilotes pourraient être développés. Solution intéressante pour des bâtiments classés, car l'ancienne structure peut rester visible.

## **Estimation du potentiel de réduction de CO<sub>2</sub> sur Genève**

Peu important.

## **Référence**

Esv-linz doc.doc (cf. annexes)

## Festo – Construction industrielle nouvelle

---



### Nom, adresse, données générales

Festo AG&Co KG, Ruitersstrasse 82, D-73734 Esslingen  
Industrie d'automatisation. Production d'appareils pneumatiques et électriques.

### Contexte de l'action (motivation, objectifs)

Agrandissement de l'usine, combiné avec l'objectif d'une gestion énergétique exemplaire. L'efficacité énergétique a été utilisée comme l'un des paramètres de la planification.

### Descriptif de l'action (technologie utilisée)

Agrandissement de l'usine en 2004/5  
Refroidissement adiabatique au lieu de production de froid.  
Stores mobiles automatiques.  
Production d'énergie par des moyens innovants (pile à combustible, panneaux photovoltaïques et couplage chaleur force).  
Meilleur réglage de la production d'air comprimé.  
Production du froid par installation à absorption en utilisant la chaleur industrielle résiduelle.

### Economie d'énergie et de CO<sub>2</sub>

Les gains énergétiques sont calculés en utilisant une référence hypothétique avec la technologie conventionnelle.

Economie d'électricité : 3'771'000 kWh/an

Economie thermique : 584'000 kWh/an

Economie de CO<sub>2</sub> : 3'750 tonnes/an (on trouve 750 tonnes dans la feuille excel avec un facteur d'émission suisse de 158 gCO<sub>2</sub>/kWh) Dans la documentation fournie ils calculent avec un facteur d'émission de 700 g (cf. p. 2 du doc pdf).

Quel facteur devons-nous compter pour notre part, puisqu'il s'agit d'un projet en Allemagne ? Pour ce genre de cas nous avons choisi de compter le facteur allemand dans la fiche word et le facteur normalisé suisse de 158 g dans la feuille excel.

## **Aspects financiers (Coût, gains, structure de financement)**

Investissement EUR 4'734'000 soit CHF 7'101'000.-

Ce coût d'investissements est le résultat d'un calcul : si le projet avait été réalisé de manière classique il aurait coûté EUR 4,7 millions de moins à l'investissement, (EUR 19 millions au lieu de EUR 24 millions) et ensuite EUR 366'000 de plus à l'exploitation, chaque année, au prix actuel du courant.

Economies financières annuelles: EUR 366'000 par an, provenant pour l'essentiel des économies d'électricité. Soit CHF 549'000.- /an. Mais on ne sait pas si des ventes d'électricité sont réalisées.

Rendement selon les promoteurs: 8% par an, temps de retour sur investissement : 12 ans

## **Coût de la tonne de CO<sub>2</sub> (résultats standardisés et discussion)**

Investissement amorti sur 10 ans : CHF 828 000.- /an

Economies de fluides : CHF 813 000.- / an

Tonnes économisées : 750 t

Ce qui met le prix de la tonne à  $828\ 000 - 813\ 000 / 750 = \text{CHF } 21$  .- la tonne, avec les facteurs d'émission suisses

Payback selon standard noe21: 9 ans

## **Additionalité**

- Retour sur investissement sans contribution financière extérieure: 9 ans
- Le benchmark à retenir pour ce projet reste à déterminer, car il y a 2 composantes : processus industriels (4 ans selon l'OFEV) et mesures techniques dans les bâtiments (10 ans)
- Il est probable que ce projet soit suffisamment rentable en soi. Dans ce cas, sauf si l'existence d'autres barrières peut être démontrée, le projet n'est pas additionnel. Dans le cas où le benchmark serait inférieur aux 9 ans de payback, la finance carbone pourrait l'amener jusqu'au seuil suffisant de rentabilité.

## **Adaptabilité à Genève**

A examiner : contacter toutes les industries en transformation.

## **Estimation du potentiel de réduction de CO<sub>2</sub> sur Genève**

A déterminer.

## **Possibilités de certification**

Oui, ce type de projet peut entrer dans les catégories reconnues pour les attestations suisses, sous réserve de la démonstration de l'additionalité.

## **Références**

[cc@festo.com](mailto:cc@festo.com)

[www.festo.com](http://www.festo.com)

[http://www.industrie-energieeffizienz.de/dena-referenzprojekte.html?no\\_cache=1&tx\\_sbproref\\_pi1\[showUid\]=32&tx\\_sbproref\\_pi1\[view\]=customer](http://www.industrie-energieeffizienz.de/dena-referenzprojekte.html?no_cache=1&tx_sbproref_pi1[showUid]=32&tx_sbproref_pi1[view]=customer)

## Kindergarten Oftringen, Argovie

---



### Nom, adresse

Jardin d'enfants à Oftringen, Argovie.

### Descriptif de l'action

Le jardin d'enfants avait besoin d'une rénovation, la commune hésitait entre une rénovation complète ou partielle seulement, la FCC a payé la différence pour une rénovation au standard Minergie, avec une ventilation à double flux.

### Economies d'énergie et de CO<sub>2</sub>

8.2 t de CO<sub>2</sub> économisé par an ce qui correspond à environ 3 000 litres de mazout ou CHF 3000.- d'économie financière.

### Coût

- Investissement total : CHF 112'000.-
- La commune d'Oftringen a investi la plus grande part.
- La FCC a investi CHF 15'000.- pour améliorer le projet du point de vue énergétique.

### Coût de la tonne de CO<sub>2</sub> économisée

Coût du capital : CHF 112'000 à 5% soit CHF 5'600.- par an

Economies annuelles : CHF 3091.- /an

Tonnes de CO<sub>2</sub> économisées : 8,2 tonnes/an

Soit un coût total de : (CHF 5'600 – CHF 3091) / 8,2 = CHF 306.-/tonne

Temps de retour sur investissement :  $\text{CHF } 112'000 / \text{CHF } 3'091 = 36.2$  ans, ce qui est raisonnable.

### **Additionalité**

La contribution de la FCC de CHF 15000.- ramène le temps de retour sur investissement à 31.4 ans ce qui est une relativement petite différence.

C'est peut être le fait que la commune était citée comme commune exemplaire aux yeux du jury de Minergie qui a donné le déclic pour l'investissement.

Mais on peut dire aussi que sans la contribution de la FCC l'opération n'aurait pas été faite.

On pourrait alors être tenté d'imputer les économies de 8.2 t de CO<sub>2</sub> à cette seule contribution de CHF 15000.- On aurait alors une opération super intéressante, avec une durée de vie de l'installation de 30 ans la tonne économisée coûterait 61 frs/tCO<sub>2</sub>.

On peut aussi faire le calcul à la manière de la FCC, qui ne compte que les économies pendant la période de Kyoto, soit 5 ans

### **Adaptabilité à Genève**

Oui, assez facile, de nombreux objets de ce genre existent à Genève.

### **Estimation du potentiel de réduction de CO<sub>2</sub> sur Genève**

Potentiel important

### **Possibilités de certification**

Oui. Les rénovations de type Minergie ne sont pas encore courantes.

### **Référence**

[http://www.gebäudeprogramm.ch/index.php/i/Ydf7xm/outbin/mode/bin/widgetid/ZcidHm/oftringen\\_d.pdf](http://www.gebäudeprogramm.ch/index.php/i/Ydf7xm/outbin/mode/bin/widgetid/ZcidHm/oftringen_d.pdf)

## Fiche chemin des Libellules, Lausanne

---



### Nom, adresse

6 à 10 chemin des Libellules à Lausanne

### Contexte de l'action (motivation, objectifs)

Le propriétaire voulait éviter des problèmes de condensation et de champignons, et voulait améliorer l'aération des appartements. Comme l'installation d'un système de ventilation équilibré nécessitait une intervention lourde dans les appartements, qui n'était pas désirée par les locataires, une solution astucieuse, survenue avec la décision de moderniser l'enveloppe, a été de cacher les tuyaux de distribution d'air dans la première couche d'isolation de la façade (cf. illustration ci-dessus).

Le résultat est un bâtiment à haute performance énergétique avec des interventions minimisées dans les appartements et des coûts de travaux relativement faibles.

### Descriptif de l'action (technologie utilisée)

Isolation des toits et façades, isolation haute efficacité des vitres et cadres de fenêtres, balcons vitrés, chauffage à distance, chauffage basse température, ventilation équilibrée, récupération de chaleur

## **Economie d'énergie et de CO<sub>2</sub>**

Coût des mesures d'économie d'énergie : CHF 61'995 par appartement (TVA incluse), soit CHF 8,4 millions en tout. Coût du système de ventilation équilibré: CHF 780 000 en tout  
Consommation d'énergie avant rénovation : 189 kWh/m<sup>2</sup> (pour le chauffage et l'ECS)  
Consommation d'énergie après rénovation : 72 kWh/m<sup>2</sup> (idem)  
Pourcentage d'économie : 62%

Consommation avant transformations : 1'769'040 kWh  
Consommation après transformation : 673'920 kWh  
Economie d'énergie : **1'100'000 kWh** (arrondi) ou 110 000 litres de fuel par an

## **Aspects financiers (Coût, gains, structure de financement)**

Financement : le propriétaire (Caisse de pension de l'Etat de Vaud)

## **Coût de la tonne de CO<sub>2</sub> (résultats standardisés + discussion )**

Coût du capital : CHF 8,4 millions à 5% soit CHF 420'000.- /an  
Economies de fuel : 110'000.- /an  
Tonnes de CO<sub>2</sub> économisées : 291 tonnes  
Le calcul donne :  $C_c - E / tCO_2 = CHF 420'000 - CHF 110'000 / 291 = CHF 1'065.- / tonne$   
Temps de retour sur investissement : 76 ans  
Commentaire : les travaux sont chers, près de CHF 1000.- /m<sup>2</sup>, confirmant ainsi les devis des architectes suisses.  
Le prix de la tonne est le vrai prix, il s'agit ensuite de couper ce prix élevé en rusant, c'est-à-dire en ne subventionnant qu'une partie de ce vrai prix, en imaginant que cette subvention puisse déclencher les travaux

## **Adaptabilité à Genève**

Cet exemple est adaptable à Genève, où les immeubles mal isolés sont nombreux.

## **Possibilités de certification**

Oui, ce type de projet peut entrer dans les catégories reconnues pour les attestations suisses (Efficacité énergétique (côté demande)), sous réserve de la démonstration de l'additionalité.

## **Référence**

[http://www.energieinstitut.at/Retrofit/Dateien/BestPractice/Englisch/Bestpractice\\_Switzerland2.pdf](http://www.energieinstitut.at/Retrofit/Dateien/BestPractice/Englisch/Bestpractice_Switzerland2.pdf)

## Leiber – valorisation des eaux usées

---



**Leiber GmbH, Hafenstrasse 24, D-49565 Bramsche**  
**Entreprise de biotechnologie, spécialisée à la production de levure de bière et produits similaires.**

### **Contexte de l'action (motivation, objectifs,...)**

Dans le cadre de l'agrandissement de la station d'épuration des eaux usées de l'entreprise, l'installation était repensée en entier.

### **Descriptif de l'action (technologie utilisée, ...)**

L'ancienne station d'épuration classique aérobique est remplacée par une technologie anaérobique.

La nouvelle technologie consomme moins d'énergie, moins de produits chimiques, produit moins de déchets, et fournit du biogaz.

Ce dernier est valorisé dans une installation de couplage chaleur – force 190 kW électrique et 240 kW thermique.

L'électricité est vendue comme énergie renouvelable au fournisseur local d'électricité.

La chaleur est utilisée dans l'entreprise, pour la station d'épuration et pour une entreprise voisine.

Fin des travaux en 2007.

### **Economie d'énergie et de CO<sub>2</sub>**

Economie d'électricité : 363'000 kWh/an

Production électricité renouvelable : 1'115'000 kWh/an

Production de chaleur exploitable : 641'000 kWh/an

Economie de CO<sub>2</sub> : 1'109 t/an

### **Aspects financiers (Coût, gains, structure de financement)**

Investissement 850'000 €

Injection d'électricité renouvelable : 147'000 €/an

Production de chaleur exploitable : 22'000 €/an

Economie par réduction de consommation d'électricité : 26'000 €/an

Economie de produits chimiques : 81'000 E/an

### **Coût de la tonne de CO<sub>2</sub> (résultats standardisés)**

L'invest de 850 000 euros = 1 275 000.- à 10 ans ca fait 127500.-/an

Économies de chauffage 33 000.- + ventes de chaleur estimée = 63 000.- /an

T de CO<sub>2</sub> écon : 1109 ainsi :  $127500 - 63\ 000 / 1109 = 58$  francs la tonne !

Et encore sans compter les ventes d'électricité! Ni l'économie de produits chimiques ! Voilà un projet vraiment rentable !

### **Additionalité**

Le projet est rentable mais comme il s'agit d'une première technique, la barrière des *prevailing practice* pourrait éventuellement s'appliquer.

### **Adaptabilité à Genève**

A examiner : pour la STEP ou pour nos industries chimiques.

### **Estimation du potentiel de réduction de CO<sub>2</sub> sur Genève**

A déterminer.

### **Possibilités de certification**

Oui, ce type de projet peut entrer dans les catégories reconnues pour les attestations suisses (Energie renouvelable), sous réserve de la démonstration de l'additionalité.

### **Références**

Contact : Dr Ulrich Schmitz,

[u.schmitz@leibergmbh.de](mailto:u.schmitz@leibergmbh.de)

[www.leibergmbh.de](http://www.leibergmbh.de)

[http://www.industrie-energieeffizienz.de/dena-referenzprojekte.html?no\\_cache=1&tx\\_sbproref\\_pi1%5BshowUId%5D=34](http://www.industrie-energieeffizienz.de/dena-referenzprojekte.html?no_cache=1&tx_sbproref_pi1%5BshowUId%5D=34)

## **Bio-digesteur dans un village bio-énergétique, Mauenheim**



### **Descriptif de l'action**

Dans le cadre d'une réforme énergétique complète d'un village agricole en Allemagne du sud :

- Installation d'un bio-digesteur central dans un petit village agricole de 430 habitants (100 ménages).
  - Chaudière avec couplage chaleur-force.
  - Réseau de chauffage à distance dans le village avec chauffage d'appoint d'1 MW à pellets.
  - Installation de panneaux photovoltaïques qui couvrent au total la moitié du besoin du village.
- Ensemble avec l'installation de biogaz le village produit 9 fois sa propre demande en électricité.

Puissance du bio-digesteur : 430kW électrique, qui fournit environ 4 millions de kWh par an.  
Chaleur utilisable pour le chauffage: 3.5 millions de kWh, ce qui correspond à peu près aux besoins annuels de chaleur du village.

Cette chaleur est fournie gratuitement au réseau à distance. L'exploitant de l'installation reçoit le « KWK-bonus » (= bonus pour couplage chaleur-force)

L'installation est alimentée par la récolte de plantes cultivées à cette fin provenant de 180 ha de terrain agricole, et par le fumier de 150 vaches.

Chauffage complémentaire par pellets de 1 MW, pour les demandes de pointe de chaleur l'hiver.

### **Économies de CO<sub>2</sub> (selon les auteurs)**

Biogaz: réduction de 2600 tCO<sub>2</sub>/an, à cela s'ajoutent 1000 t/an par le chauffage à pellets.

Photovoltaïque: 326 kW installé: production annuelle 60'000kWh, économie 120 tonnes/an.

**Économie totale estimée sur 20 ans: 60'000 tonnes de CO<sub>2</sub>**

### **Aspects financiers (coût, gains, structure de financement)**

Installation de biogaz EUR 1,4 millions.

Chauffage à pellets et réseau à distance EUR 1,6 millions.

Le financement populaire est une partie intégrante de l'action:

EUR 605'000 sont financés par des particuliers, qui gagnent de l'argent chaque année avec leur investissement.

Le reste est financé par plusieurs partenaires.

### **Coût de la tonne de CO<sub>2</sub> économisée (calcul standardisé et discussion)**

Le calcul est compliqué, dans la mesure où du courant électrique est exporté, créant ainsi des économies de CO<sub>2</sub> dans les centrales à charbon des alentours. De plus, deux sources de chaleur et deux sources d'électricité sont créées. Le village de Mauenheim exporte de l'électricité sur le réseau, électricité fabriquée avec du bio-gaz (!), devenant ainsi carbone négatif en Allemagne. Les formules de calcul de McKenzie pour le coût de la tonne économisée n'avaient pas prévu ce cas-là.....

Pour ces raisons, nous nous limitons à l'évaluation de l'installation de biogaz:

Investissement: EUR 1,4 millions soit CHF 2,1 millions. Cela représente CHF 560 000.- /an amortis en 4 ans.

Production du courant 4 GWh/an pour CHF 800 000.-.

Production de chaleur utilisable 3.5GWh pour CHF 350'000.-.

CO<sub>2</sub> économisé: au total 1560 tonnes/an.

Coût de la tonne de CO<sub>2</sub>:  $(560\ 000 - 800\ 000 - 350'000) / 1560 = -378\text{CHF} / \text{tonne}$ .

Remarques: ce chiffre ne signifie rien, il ne tient pas compte de 2 composantes importantes.

- le « feed-in tarif » pour l'électricité renouvelable produite, qui est bien plus haut que le tarif normal de l'électricité, mais qui représente une forme de subvention.

- le coût d'alimentation du bio digesteur qui doit être considérable, mais ne figure pas dans la documentation.

Après de longues discussions nous avons décidé de fixer un prix arbitraire pour les ventes de chaleur et d'électricité :

Coût de la tonne de CO<sub>2</sub>, recalculé :

$(560\ 000 - 500\ 000) / 1560 = \text{CHF } 38.- \text{ la tonne}$

### **Additionalité**

Le projet semble être rentable, même sans tenir compte du feed-in tarif et sans tenir compte des frais de l'alimentation du bio-digesteur. C'est un projet innovateur. L'additionalité est difficile à juger dans ces conditions.

### **Adaptabilité à Genève**

Intéressant. Genève n'a que peu de grandes exploitations agricoles. Comment intégrer les déchets ménagers ?

### **Possibilités de certification**

Oui. La culture de plantes dédiées à la production énergétique est problématique.

### **Références**

<http://postcarboncities.net/node/4194> · <http://bioenergiedorf-mauenheim.de/media/Infomappe%20Mauenheim-Englisch.pdf>

Ben Mueller, [mueller@solarcomplex.de](mailto:mueller@solarcomplex.de), [www.solarcomplex.de](http://www.solarcomplex.de)

## Oesterbro - Danemark

---



### Nom, adresse, données générales

Immeuble à Oesterbro, dans la banlieue de Copenhague au Danemark.  
Cet immeuble de 76 appartements, totalisant 10 000 m<sup>2</sup>, a été construit en 1925.

### Descriptif de l'action (technologie utilisée)

L'immeuble a été partiellement rénové en 1994-95, un mur solaire a été installé, comprenant des panneaux PV et thermiques, tous les vitrages ont été changés par des vitrages 4 fois meilleurs, une ventilation double flux a été installée, l'isolation des murs et des combles a été poussée à 200 mm de laine de verre, et une boucle à basse température a été installée sur le chauffage du quartier, consommant la moitié du système avant rénovation

### Economie d'énergie et de CO<sub>2</sub>

Le promoteur n'indique pas la décomposition entre les kWh thermiques et les kWh électriques.

Il n'indique pas non plus la part de l'électricité produite sur place par des capteurs PV. Mais l'indice total est amélioré d'un facteur 2, passant de 125 kWh/m<sup>2</sup> avant rénovation à 61 kWh/m<sup>2</sup> après.

Consommation avant travaux : 1250 MWh

### Aspects financiers (Coût, gains, structure de financement)

Investissement : EUR 1,78 millions, soit CHF 2,67 millions, amortis sur 30 ans avec 3% de taux d'intérêts. Il en résulte un coût du capital de CHF 133 000.- /an

### **Coût de la tonne de CO<sub>2</sub> (résultats standardisés+ commentaire)**

Economie : 64 kWh/m<sup>2</sup>, x 10 000m<sup>2</sup>, soit 640 MWh, (CHF 64 000.- /an)

CO<sub>2</sub> économisé : en prenant 0,2 tonnes de CO<sub>2</sub> /MWh on économise 126 tonnes /an

La formule de noe21 donne  $Cc - E / tCO_2$  soit CHF 133 000 – CHF 64 000 / 126 = CHF 547.- / tonne CO<sub>2</sub>

### **Adaptabilité à Genève**

Cet exemple est adaptable à Genève, où les immeubles mal isolés sont nombreux.

### **Additionalité**

Le retour sur investissement est de CHF 2,67 millions / CHF 64 000 = 41 ans. Le coût de la tonne économisée, et la longue durée de retour sur investissement, montrent que sans l'argent du contribuable le projet n'aurait pas pu voir le jour. Le projet a d'ailleurs bénéficié d'une subvention de la *Danish Energy Authority*.

### **Référence**

[http://www.greenglobal21.com/pdf/art\\_09.pdf](http://www.greenglobal21.com/pdf/art_09.pdf)

## Berlin ESCO programme

---



### Contexte de l'action (motivation, objectifs,...)

La *Berlin Energy Agency* (l'équivalent du ScanE à Berlin) a lancé un appel d'offres à des ESCOs, de grands bureaux d'ingénieurs comme Siemens ou Johnston Controls. L'offre la moins chère fut retenue pour chaque lot de bâtiments locatifs, prisons, écoles etc.

### Descriptif de l'action (technologie utilisée, ...)

Le contrat signé entre l'ESCO et le propriétaire de l'immeuble (souvent des fondations de droit public, appartenant à l'Etat) court sur 10-14 ans, il prévoit que l'Esco risque la totalité de l'investissement, et se rembourse sur les baisses des factures de combustible et d'électricité.

Le propriétaire ne récupère l'usage de son bien (et les charges d'exploitation qui en découlent) qu'au terme de la période contractuelle, soit 12 ans en moyenne. Cela signifie que c'est l'ESCO qui paie le courant et le gaz pendant les 12 premières années.

1300 bâtiments ont ainsi été assainis, pour un investissement total de 44 millions d'euros. En moyenne, la baisse des charges a été de -25%, permettant d'économiser 10 millions d'euros par an de fuel et d'électricité, le temps de retour sur investissement des mesures entreprises est de 4 ans

Les travaux entrepris sont tous des « low hanging fruit », c'est-à-dire les mesures les moins chères à mettre en oeuvre. L'isolation complète des bâtiments aurait été beaucoup trop coûteuse pour permettre à l'ESCO de se rémunérer sur les économies d'énergie dans un délai satisfaisant. Seules les mesures les moins chères sont payantes à relativement court terme: vannes thermostatiques, éclairage amélioré, CCF, délestage de certaines chaudières à certains moments, ce qu'on appelle en Suisse l'optimisation de l'exploitation, comme le pratique Energho ou Alain Gaumann, dans ses contrats à la performance.

## **Economie d'énergie et de CO<sub>2</sub>**

10 millions d'euros économisés chaque année, sous forme d'une baisse des charges de chauffage, soit 25% en moyenne de baisse des charges sur 1400 immeubles.

## **Aspects financiers (Coût, gains, structure de financement)**

L'investissement total consenti par les ESCOs se monte à EUR 44 millions, soit CHF 66 millions.

## **Coût de la tonne de CO<sub>2</sub> (résultats standardisés+ discussion )**

Coût du capital, amorti sur 30 ans : CHF 3,3 millions/an à 5%

Economies annuelles : CHF 15 millions/an

Tonnes économisées : 64 000 tonnes/an

Soit, prix de la tonne :  $CHF\ 3\ 300\ 000 - 15\ 000\ 000 / 64\ 000 = - CHF\ 182.- / tonne$  (prix négatif)

Dans la feuille excel le prix du mazout est à 10ct/kWh différent du prix comptabilisé par la Berlin energy agency

Temps de retour sur investissement : 4 ans

Un calcul réalisé sur un seul objet, la plus grande prison de Berlin, donne un prix de la tonne analogue

## **Additionalité**

- Temps de retour sur investissement sans mécanisme de finance carbone: 4 ans
- Le temps de retour sur investissement est sous le « benchmark » de 20 ans et donc déjà financièrement intéressant sans finance carbone.
- D'autres barrières peuvent toutefois être invoquées pour démontrer l'additionalité, malgré la rentabilité du projet. Exemple : il n'existe pas d'ESCO à Genève (barrière de « prevailing practice »)

## **Adaptabilité à Genève**

Le problème du droit du bail à Genève est ardu à résoudre. Pour qu'un tel système puisse voir le jour il faudrait au moins que le loyer chauffé soit introduit, c'est-à-dire un loyer comprenant les charges, qui dès lors pourraient être payées par l'ESCO et non plus par le locataire individuellement.

## **Estimation du potentiel de réduction de CO<sub>2</sub> sur Genève**

Le potentiel à Genève serait considérable, une fois réglés les problèmes juridiques mentionnés ci-dessus.

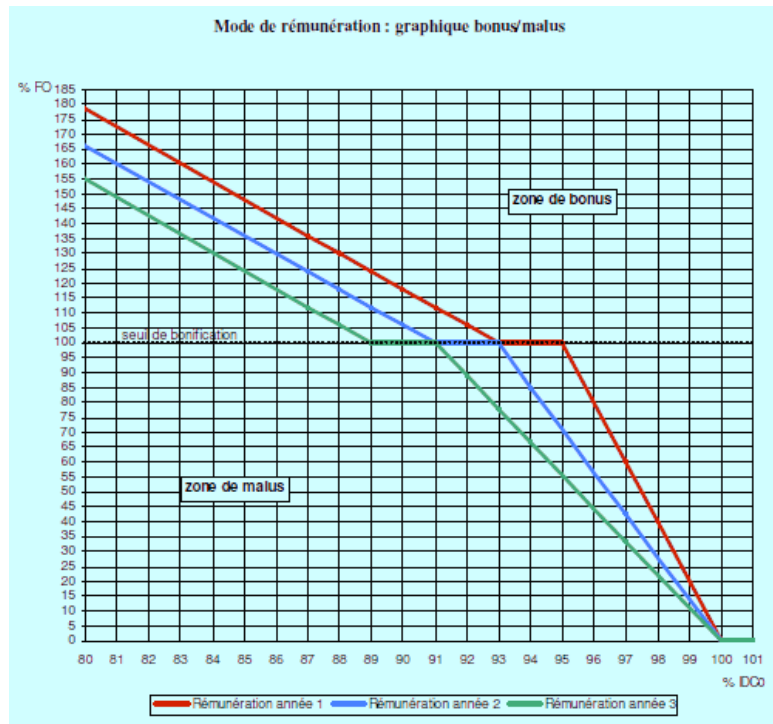
## **Possibilités de certification**

Oui, ce type de projet peut entrer dans les catégories reconnues pour les attestations suisses (Efficacité énergétique côté demande), sous réserve de la démonstration de l'additionalité.

## **Référence:**

[http://www.c40cities.org/bestpractices/buildings/berlin\\_efficiency.jsp](http://www.c40cities.org/bestpractices/buildings/berlin_efficiency.jsp)

## Programme Gaumann-Energho, Genève



### Nom adresse:

Genève, contrats à la performance avec des chauffagistes.

### Descriptif de l'action

Des chauffagistes sont formés par Energho (et Alain Gaumann). Le but de cette formation est de leur apprendre à passer du simple entretien des chaudières à l'optimisation énergétique. Après la formation, un contrat à la performance est proposé par le ScanE au chauffagiste. Celui-ci sera rémunéré en fonction des économies de fluide qu'il saura réaliser dans les immeubles sous contrat. Il aura intérêt à venir souvent refaire ces réglages, à calculer la signature énergétique, le temps d'aller-retour, les températures d'entrée et de sortie, le stock d'eau chaude et le nombre d'enclenchements du brûleur en fonction de la température extérieure, et l'IDE

## **Economies d'énergie et de CO<sub>2</sub>**

Investissement : La ScanE paie les chauffagistes CHF 8 000.- par an et pour un immeuble moyen (un bon chauffagiste peut s'occuper de plusieurs immeubles). Ces 8000 francs sont un complément de ce qu'ils reçoivent de toutes façons pour l'entretien du système.

Economies de fluides : en moyenne, sur une vingtaine de chauffagistes, les économies atteignent 17'000 litres ou CHF 12'000.- pour un immeuble typique.

L'économie de CO<sub>2</sub> est de 40 tonnes /an en moyenne.

Donc le coût est de CHF 8'000 – CHF 12'000 /40 = - CHF 4000 / 40 = - CHF 100.- la tonne.

Ceci est un coût sociétal parce que, du point de vue du ScanE, qui subventionne le programme, les tonnes lui coûtent CHF 8'000 / 40 = CHF 200.- la tonne.

### **Coût (avec amortissement et intérêt) :**

Le coût du programme est de CHF 8000.- /immeuble, sans compter les frais de formation, à la charge d'Energho. Comme cet argent est dépensé chaque année, on peut dire que les frais financiers sont de CHF 8000.-/immeuble

### **Structure de financement**

Ce programme a une nature particulière, on ne peut pas vraiment parler d'un investissement, le seul investissement en définitive est fait dans la formation des chauffagistes. De même, l'économie de CHF 12'000.- sur les frais de chauffage qui est réalisée bénéficie aux locataires et pas au ScanE. C'est là la grande différence entre le système du contrat à la performance et le système des ESCOs, à Berlin ou ailleurs : le ScanE subventionne l'économie sans participer aux bénéfices.

### **Coût de la tonne de CO<sub>2</sub> économisée :**

Moins CHF 100.- la tonne (coût sociétal) ou plus CHF 200.- / tonne si on ne tient pas compte des économies d'énergie dont bénéficient les locataires

### **Additionalité**

Le projet est indiscutablement additionnel. Sans ce projet les chauffagistes ne feraient aucun réglage, et les 40 tonnes de CO<sub>2</sub> ne seraient pas économisées.

### **Adaptabilité à Genève**

Le projet est un projet genevois

## **Estimation du potentiel de réduction de CO<sub>2</sub> sur Genève**

Potentiel important, les premières statistiques montrent une économie de 10% grâce ce système. Etendu à l'ensemble du canton, on pourrait multiplier les chiffres ci-dessus par 10'000, le problème bien entendu serait que le ScanE devrait disposer d'un budget de CHF 80 millions !

### **Possibilités de certification**

Difficile, les chauffagistes calculent l'amélioration de l'indice suite à leurs travaux, mais aucune certification de ces progrès n'a jamais été entreprise à notre connaissance

### **Références**

cf. annexes

## Programme JI 39 en Allemagne, EWE

---



### Rénovations légères d'immeubles collectifs, de maisons individuelles et fuel switch

#### Contexte de l'action (motivation, objectifs)

Le programme JI 39 allemand est le seul qui permette à de tout petits consommateurs de valoriser de petites économies - 1 tonne économisée par an et par maison - en se regroupant pour avoir accès à la finance carbone.

Le programme permet d'économiser 10% des charges énergétiques, en partie par des changements de comportement (chauffer à 20 degrés au lieu de 22), en partie par de meilleures isolations, en ne tenant compte que des améliorations bon marché, des joints en plastic sur certaines fenêtres par exemple.

En Allemagne de nombreux programmes JI sont déjà sur pieds, pour investir dans les économies d'énergie des bâtiments industriels, et aussi parfois –plus rarement - dans les maisons individuelles. Les programmes JI font partie des mécanismes de flexibilité du protocole de Kyoto, ils permettent à des Etats ou des industries des états riches d'acheter une partie de leurs quotas dans des pays riches.

#### Descriptif de l'action (technologie utilisée)

EWE est l'un des principaux électriciens en Allemagne. Son programme concerne les propriétaires de 6 régions allemandes, totalisant 2 millions d'habitants. Le programme espère 28 000 participants, soit 2% des clients existants. Tous peuvent participer, et si le programme se vend bien de tels programmes seront par la suite multipliés en Allemagne.

Le programme est un programme d'efficacité énergétique, avec deux publics cibles :

1. Les petits consommateurs de chaleur. Ces consommateurs se voient offrir un eco-bonus de 60 euros pour 3 ans d'efforts, en échange ils doivent faire au moins un investissement, personnel et financier. Pour la partie argent de cet investissement, il

doit se monter à au moins 50 euros, (EWE vérifie les factures) en plus du changement de comportement, qui ne suffit pas à lui seul pour obtenir les 60 euros de bonus. Pour la partie comportement, les participants au programme doivent relever régulièrement leur compteur de gaz naturel, (ils reçoivent un formulaire pour ce faire, pour rendre la chose plus aisée), prendre plus de douches au lieu de bains, ou isoler leurs fenêtres avec de la bande adhésive, ou encore accepter d'abaisser la température de leur appartement.

D'autres possibilités existent, comme celle d'équiper certains radiateurs avec une vanne électronique, pour mieux réguler la température de la pièce.

Une autre possibilité proposée par EWE est de changer le pommeau de la douche, là aussi le prix de la pièce est remboursé à l'utilisateur par le système eco-bonus, sur présentation de la facture.

Les 50 euros pour 3 ans versés par EWE à titre d'eco-bonus ne coûtent pas 50 euros à EWE, il se rembourse de 45 euros en vendant les 3 tonnes de CO2 économisées sur 3 ans, à 15 euros par tonne, sur le marché

Comment EWE a-t-il calculé cette économie de 1 tonne par an pendant 3 ans ? En tenant compte d'une baseline dans le domaine du chauffage, de -2% /an (ce qui correspond aussi à peu près à la baisse genevoise mesurée depuis 30 ans, elle est confirmée par des études statistiques en Allemagne également). La baisse de 1 tonne par an et par locataire vient en sus de cette baisse « naturelle » de -2% /an

2. Le 2<sup>e</sup> public cible de EWE est constitué de petits industriels qui aimeraient faire du fuel switch, c'est-à-dire changer leur chaufferie à mazout ou à charbon (ou pire encore à la lignite) avant terme par une chaufferie à gaz, ou au biogaz, qui a un meilleur facteur d'émissions. Dans le cas du biogaz une vérification est faite que le développeur fasse bien du biogaz avec des déchets et pas avec des cultures intensives. Une autre possibilité est offerte à des utilisateurs moyens de chaleur, c'est la récupération de chaleur, ou une meilleure utilisation de la chaudière.

Cette 2<sup>e</sup> possibilité ne concerne que les industriels dont la puissance de la chaufferie de dépasse pas 20 MW, au-delà ils sont dans le système ETS. D'autre part, les industriels qui doivent changer leur équipement obligatoirement sont exclus du programme.

Ces changements de chaufferie peuvent poser un problème écologique, dans certains cas : en effet si l'immeuble est mal isolé, la chaufferie sera trop puissante dès qu'il sera mieux isolé, (dans 10 ans ?), et fonctionnera alors avec un rendement péjoré.

C'est là un cas typique de low hanging fruit qui précède la suite des travaux, heureusement ce n'est pas le cas de tout les projets.

Pour ce 2<sup>e</sup> cas on parle de low investment, pour le premier de no investment.

Le programme de EWE est le seul en Allemagne à cibler aussi les petits consommateurs. Tous les autres programmes n'ont pas osé s'y risquer, trop de travail pour trop peu de tonnes économisées. Mais tous les autres programmes reprennent avec succès le 2<sup>e</sup> public cible ci-dessus, entre 500 kW et 20 MW il existe en Allemagne des millions de chaufferies, et si leur changement n'est pas encore obligatoire elles peuvent bénéficier de la finance carbone sous forme de JI ERU.

### **Adaptabilité à Genève**

Pour le premier public-cible l'adaptabilité est excellente. Aucune visite sur place n'est prévue dans ce programme, cela reviendrait trop cher,

## **Economie d'énergie et de CO<sub>2</sub>**

1 tonne de CO<sub>2</sub> économisée par participant, pour le premier public-cible, les petits consommateurs. Soit en tout 84 000 tonnes sur la période de Kyoto, jusqu'en 2012, si tout marche comme prévu, et que les participants participent comme prévu. (28 000 participants prévus)

## **Coût de la tonne de CO<sub>2</sub> (résultats standardisés+ discussion )**

Les certificats se vendent à 15 euros la tonne. Pour le partie fuel switch, le prix de revient d'une tonne est de 30 euros. L'évaluation de ce prix de revient se trouve dans les fiches 41 43 et 44.

Malheureusement pour le projet 39 une barrier analysis a été préférée à la investment analysis. Mais comme le projet 44 lui comprend une investment analysis nous nous sommes basés sur les chiffres du projet 44

## **Additionalité**

Les projets JI sont certifiés. **L'analyse des barrières** est faite pour une moyenne de constructions, non pas pour chaque bâtiment séparément. Elle invoque une barrière d'investissement (et non une analyse d'investissement !) car le projet induit des pertes financières pour le fournisseur de gaz du fait d'une consommation réduite. Les auditeurs qui travaillent au monitoring à la vérification et au reporting utilisent pour partie les données de l'entreprise, pour les consommations, et en partie ils informent les utilisateurs des diverses possibilités d'investissement, mais sans aller voir sur place, ce qui coûterait trop cher.

**L'analyse des investissements** n'est pas faite, ce qui est obligatoire pour obtenir des attestations de la Confédération.

## **Adaptabilité à Genève**

Les propriétaires de villas pourraient avoir recours au premier volet du programme. Par contre l'incitation financière est faible pour le niveau de vie suisse.

## **Estimation du potentiel de réduction de CO<sub>2</sub> sur Genève**

Assez important.

## **Possibilités de certification**

Oui, ce type de projet peut entrer dans les catégories reconnues pour les attestations suisses (Efficacité énergétique (côté demande) et changement de combustible), sous réserve de la démonstration de l'additionalité.

## **Références**

[http://www.dehst.de/cln\\_162/nm\\_484550/EN/JI\\_CDM/JI\\_CDM\\_DataBase/JI\\_CDM\\_DataBase\\_node.html?\\_nnn=true](http://www.dehst.de/cln_162/nm_484550/EN/JI_CDM/JI_CDM_DataBase/JI_CDM_DataBase_node.html?_nnn=true)  
[http://www.ewe.de/privatkunden/CO2\\_Praemie.php](http://www.ewe.de/privatkunden/CO2_Praemie.php)

## Programmes JI 41 43 44 *fuel switch* en Allemagne

---



### Fuel Switch chez les moyens consommateurs

#### Contexte de l'action (motivation, objectifs)

En Allemagne de nombreux programmes JI financent des actions de fuel switch, soit le remplacement de chaudières au mazout, au charbon ou à la lignite, par de nouvelles chaudières au gaz ou la biomasse (pellets de bois).

Ces programmes permettent à des moyens consommateurs de pouvoir profiter tous ensemble de la finance carbone, ce qu'ils n'auraient pas pu faire individuellement ou séparément, les coûts d'enregistrement et de vérification étant trop importants. Par ailleurs, ces programmes conviennent aux producteurs d'électricité, ils leur permettent de capturer de nombreux consommateurs qui jusque là chauffaient au mazout.

Le service de l'énergie de la ville de Genève lui aussi procède à de telles améliorations souvent aussi avant le délai de fin de vie de la chaudière existante.

Ces programmes vendent des tonnes déjà certifiées, vérifiées par les organismes allemands compétents.

#### Descriptif de l'action (technologie utilisée)

Le public cible des électriciens allemands est constitué de petits industriels qui aimeraient faire du fuel switch, c'est-à-dire changer leur chaufferie à mazout ou à charbon (ou pire encore à la lignite) avant terme par une chaufferie à gaz, ou au biogaz, qui a un meilleur facteur d'émissions. Dans le cas du biogaz une vérification est faite que le développeur fasse bien du biogaz avec des déchets et pas avec des cultures intensives.

Une autre possibilité est offerte à des utilisateurs moyens de chaleur, c'est la récupération de chaleur, ou une meilleure utilisation de la chaudière.

Ces programmes de fuel switch ou de récupération de la chaleur ne concernent que les industriels dont la puissance de la chaufferie ne dépasse pas 20 MW, au-delà ils sont dans le système ETS. D'autre part, les industriels qui doivent changer leur équipement obligatoirement (par exemple parce que leur chaudière dépasse les normes) sont exclus du programme.

Ces changements de chaufferie peuvent poser un problème écologique, dans certains cas : en effet si l'immeuble est mal isolé, la chaufferie sera trop puissante dès qu'il sera mieux isolé, (dans 10 ans ?), et fonctionnera alors avec un rendement péjoré. C'est là un cas typique de low hanging fruit qui précède la suite des travaux, heureusement ce n'est pas le cas de tous les projets..

Le programme "EnBW Umweltprämie" (programme 44 cité dans les références) encourage des clients commerciaux, industriels et ménagers à remplacer ou à moderniser des installations de chauffage existantes, avant la date normalement prévue, soit par la loi soit par l'usure mécanique. L'objectif est la diminution d'émissions de gaz à effet de serre par la conversion au gaz naturel ou biomasse.

Pour chaque projet, le client bénéficiaire remplit un formulaire qui permet d'évaluer les tonnes de CO<sub>2</sub> économisés.

Il s'agit d'une "programmatic Joined implementation project". L'idée d'une JPoA (joint implementation Program of activities) est de regrouper plusieurs projets, dans un seul programme, pour réduire le overhead administratif.

## **Economie d'énergie et de CO<sub>2</sub>**

Chaque projet permet de certifier et de vendre environ 50 à 100 000 tonnes par an

### **Coût de la tonne de CO<sub>2</sub> (résultats standardisés+ discussion )**

Les certificats se vendent sur le marché à 15 euros la tonne.

A côté de cette valeur des certificats, nous avons cherché à calculer également la valeur des tonnes économisées par le projet, pour mieux pouvoir comparer avec les autres projets non JI. Selon l'annexe 6 du projet 44, l'investissement pour une nouvelle chaufferie au gaz est de 106 000 euros en moyenne (cette valeur montre aussi que les petits chauffages de villas ne sont que très marginalement considérés par ces projets), le coût du capital de 9000 euros /an, et les tonnes économisées sont de 292 tonnes par an, ce qui met la valeur de la tonne économisée par le projet à 30 euros, une valeur intéressante.

## **Additionalité**

Les projets JI sont certifiés. **L'analyse des barrières** est faite pour une moyenne de constructions, non pas pour chaque bâtiment séparément. Les auditeurs qui travaillent au monitoring à la vérification et au reporting utilisent pour partie les données de l'entreprise, pour les consommations, et en partie ils informent les utilisateurs des diverses possibilités d'investissement, mais sans aller voir sur place, ce qui coûterait trop cher.

Une exception est le projet proenergy fuel switch 41, qui est proposé par une ESCO (proenergy) qui n'est pas vendeuse de gaz à priori. Pour le monitoring, proenergy s'appuie sur les méthodologies existantes pour les projets CDM small scale, AMS I.C (Monitoring methodology and plan as per Paragraph 18 of "Type AMS. I. C. Thermal energy for the user (Version 13, 28th March 2008)" of Appendix B of the Simplified M&P for Small-Scale CDM Project Activities), AMS II.E, AMS II.D etc

Citons une partie du texte du PDD du projet 44, **investment analysis** :

The exemplary detailed calculation is based on the real case installation, (natural gas boiler, capacity 3,750 kW) and another real biomass installation (capacity 550 kW, see Annex 6 for calculations).

It is shown that due to the high investment costs of the new installations (based on a 20 years lifetime), typical heat generation costs in case of fuel switch to natural gas are 57.65 euros/MWh in comparison to status quo scenario (oil) 56.66 euros/MWh. Additional JI incomes can reduce this difference significantly (assuming an ERU price of 15 euros/tCO<sub>2</sub>) and make the project scenario more attractive than the status quo scenario. Then, typical heat generation costs in case of fuel switch to natural gas **with JI** will be about 56.50 euros /MWh. In case fuel switch to biomass the typical heat generation costs would be 78.13 euros /MWh in comparison to the status quo scenario (oil) 74.54 euros/MWh. There is clear difference in favour of continuation of the status quo scenario. Additional JI incomes can reduce this difference significantly (assuming an ERU price of 15 euros/tCO<sub>2</sub>) and make the project scenario more attractive than the status quo scenario. Then, typical heat generation costs in case fuel switch to biomass **with JI** will be about 74.36 euros/MWh.

On a ici une illustration parlante du mécanisme de calcul de la investment analysis : si l'argent des certificats n'avait pas été disponible, le changement de chaudière n'aurait pas pu se faire.

### **Adaptabilité à Genève**

Le service de l'énergie de la Ville de Genève pour son propre parc immobilier fait aussi des remplacements de chaudières avant terme, remplaçant le mazout par le gaz moins émetteur de CO<sub>2</sub>.

### **Estimation du potentiel de réduction de CO<sub>2</sub> sur Genève**

Assez important.

### **Possibilités de certification**

Oui, ce type de projet peut entrer dans les catégories reconnues pour les attestations suisses (Changement de combustible), sous réserve de la démonstration de l'additionalité.

### **Référence**

[http://www.dehst.de/cln\\_162/nn\\_484550/EN/JI\\_CDM/JI\\_CDM\\_DataBase/JI\\_CDM\\_DataBase\\_node.html?\\_nn=true](http://www.dehst.de/cln_162/nn_484550/EN/JI_CDM/JI_CDM_DataBase/JI_CDM_DataBase_node.html?_nn=true)

## Programme JI 116 en Allemagne, RWE

---



### Projets de remplacement de chaudières à combustibles fossiles par des pompes à chaleur

#### Contexte de l'action (motivation, objectifs)

RWE a mis en place un programme de remplacement anticipé de chaudières fonctionnant au mazout, au charbon ou au gaz par des pompes à chaleur. L'une des principales compagnies électriques allemande vise ainsi à augmenter la vente d'électricité et donc le nombre de ses clients tout en contribuant à la baisse des émissions de gaz à effet de serre.

#### Descriptif de l'action (technologie utilisée)

Il s'agit d'un programme d'efficacité énergétique destiné aux usagers particuliers (habitations en pleine propriété), commerciaux ou industriels. Il finance partiellement le changement, avant la fin de leur durée de vie, de chaudières fonctionnant au mazout, au charbon, gaz naturel ou au gaz liquéfié par des pompes à chaleur à COPA 3,5. Le financement est effectué par le versement d'un bonus, ainsi que par le produit de la vente des certificats carbone générés par les tonnes de CO<sub>2</sub> économisées.

Parmi les critères de participation au projet, la chaudière à remplacer doit être postérieure à 1978 et le changement ne doit pas bénéficier d'autres subventions, l'électricité utilisée pour la pompe à chaleur doit être achetée à un producteur participant à l'ETS dans la zone dans laquelle RWE WVE et ses distributeurs sont les fournisseurs de base, soit les régions de Osnabrück, Münster et Bochum.

Le programme est aussi destiné à des projets de pompes à chaleur dans de nouveaux bâtiments, ce qui constitue une incitation moins additionnelle dans la mesure où ce type de chauffage a une rationalité économique évidente pour des constructions à haute efficacité énergétique. Néanmoins, le programme considère que l'alternative la moins chère est celle d'une installation fonctionnant au mazout ou au gaz.

Baseline : la consommation de chaque participant au programme est enregistrée individuellement avant le changement de système de chauffage.

Ce programme a débuté à fin 2006 (pilote) et est sensé, selon les projections de RWE, économiser 112'179 tonnes de CO2 entre 2008 et 2012. Partant de 7'619 tonnes économisées en 2008, la montée en puissance du programme devrait permettre d'économiser 37'045 tonnes de CO2 en 2012, soit une moyenne de 22'436 tonnes par an.

Le coût total du programme n'est pas précisé, mais le bonus prévu par pompe à chaleur installée s'élève à EUR 298.-. un « extra-bonus » est généré par le produit de la vente des certificats d'émission, déduction faite des coûts administratifs encourus par RWE WWT.

Les certificats sont achetés par la Caisse de dépôts, en France.

### **Questions soulevées par le projet**

Afin d'éviter un « double counting » des émissions de CO2, l'électricité utilisée par le fonctionnement des pompes à chaleur est considérée comme exempte d'émissions, dans la mesure où la compagnie d'électricité est déjà soumise au mécanisme de l'ETS. De ce fait, l'économie de CO2 est beaucoup plus importante que si l'on prenait en considération le facteur d'émission moyen de l'électricité produite en Allemagne (621 g/kWh selon GEMIS) .

Selon les règles du CDM, la part d'électricité produite par des centrales nucléaires doit être déduite car elle ne peut pas remplacer une énergie renouvelable. Dans le cas du programme, RWE génère 24% d'électricité nucléaire. Ce facteur serait différent en Suisse, qui génère 40% de son électricité avec le nucléaire.

### **Additionalité**

Comme ce projet a été certifiée en tant que JI pour délivrer des crédits ERU, l'additionalité a dû être démontrée à l'intention de l'instance décisionnelle du JI. Dans ce projet, les porteurs du projet ne prennent pas en compte le critère de l'investissement. C'est le test des barrières qui a été utilisé avec le critère de la faible diffusion de la technologie des pompes à chaleur, puisqu'en Allemagne, elles ne représentent que 2-3% des systèmes de chauffage dans les immeubles récemment construits. Une technologie dont la pénétration est inférieure à 5% est considérée comme additionnelle selon la méthodologie AM0005 du CDM. La Suisse connaît vraisemblablement une plus forte diffusion de la technologie des pompes à chaleur, ce qui permet de mettre en doute la pertinence de ce critère dans notre pays.

### **Adaptabilité à Genève**

Dans la moitié du canton il est impossible d'installer des pompes à chaleur pour des raisons géologiques. En outre, la pénétration des pompes à chaleur est déjà relativement élevée (110'000 pompes à chaleurs en Suisse contre 350'000 en Allemagne), ce qui tend à montrer que l'additionalité serait discutable. Finalement, le COPA de 3,5 n'est pas très bon : il serait donc souhaitable de viser un COPA plus élevé pour des raisons environnementales.

## **Estimation du potentiel de réduction de CO<sub>2</sub> sur Genève**

Assez important malheureusement.

## **Possibilités de certification**

Oui, ce type de projet peut entrer dans les catégories reconnues pour les attestations suisses (Changement de combustible), sous réserve de la démonstration de l'additionalité.

## **Référence:**

<http://jicdm.dehst.de/promechg/pages/project2.aspx?PID=3080&ctit=&ccat=&cscop=&cpac=&cstat=&chost=&cred1=&cred2=>

## Signaterre : Audit immeuble-type

---



### Nom et adresse

Objet hypothétique présenté par « Signaterre » comme exemple de leur méthode d'audit énergétique.

A noter que Mc Kinsey a aussi fait ses calculs sur la base d'un immeuble fictif typique. Les calculs de McKinsey sont plutôt économiques, ceux de Signaterre plus techniques.

### Contexte de l'action

Bâtiment hypothétique : 5 étages sur rez + combles, surface 1421 m<sup>2</sup>, construit entre 1920 et 1945, chauffage au gaz, vitrages simples.

### Descriptif de l'action

Mesures d'économies énergétiques thermiques et électriques présentées séparément et bien documenté.

#### Thermique :

Isolation de la toiture, façades et plancher  
Rénovation des fenêtres  
Installation de ventilation à double flux  
Vannes thermostatiques  
Solaire thermique

#### Électrique :

Solaire photovoltaïque  
DéTECTEURS de présence  
Sèche-linge

## **Economie d'énergie et de CO<sub>2</sub>**

Économie d'électricité : 19'820 kWh/an

Économie de gaz : 629'900 MJ/an = 174'972 kWh/an

Économie de CO<sub>2</sub> : 35 tonnes/an

NB : Pour les économies de CO<sub>2</sub> nous sommes partis des économies en MJ (629 900MJ/an) et les avons transformés en tonnes de CO<sub>2</sub> au moyen de la formule :

Combustible : gaz 198 g CO<sub>2</sub>/kWh => 55 g CO<sub>2</sub>/MJ => 18 MJ/kg CO<sub>2</sub>

## **Aspects financiers (Coût, gains, structure de financement)**

Investissement total : CHF 824'800.-

Partie électrique : CHF 128'800.-

Partie thermique : CHF 696'000.-

Économie :

Totale : CHF 34550.-

Partie électrique : CHF 7560.-

Partie thermique : CHF 26'990.-

## **Coût de la tonne de CO<sub>2</sub> (résultats standardisés+ commentaire)**

Investissement dans la partie thermique uniquement, vu que la partie électrique ne fait pas partie de notre mandat: CHF 696'000.-

Coût capital à 5% en cumulant intérêts et amortissement: CHF 34'800.-/an

Économie : CHF 26'990.-

Temps de retour sur investissement : 25 ans.

Tonnes CO<sub>2</sub> économisées : 35 t/an

Prix de la tonne : CHF 34'800 – CHF 26'990 / 35 = CHF 223.-.

## **Additionalité**

Test d'investissement :

- Temps de retour sur investissement sans finance carbone: 25 ans
- La finance carbone permettrait de ramener le temps de retour sur investissement sous le benchmark à partir duquel les financiers sont d'accord de s'engager (20 ans) et cela pour un prix par tonne acceptable (ordre de grandeur : moins de 100.-/tonneCO<sub>2</sub>)

## **Adaptabilité à Genève**

Oui, il y a des milliers d'immeubles de ce type à Genève. Comme les calculs parlent d'économies d'électricité également, ce cas serait emblématique d'une collaboration nécessaire entre eco21 et eco2climat. Pour des centres commerciaux à toit plat et pour des industries ces prix seront à revoir à la baisse.

## **Estimation du potentiel de réduction de CO<sub>2</sub> sur Genève**

10000 objets de ce type à Genève, si on est prêt à investir 1 million par objet on peut tenir les objectifs de l'IPCC

## **Possibilités de certification**

Oui, ce type de projet peut entrer dans les catégories reconnues pour les attestations suisses (Efficacité énergétique côté demande, Energies renouvelables), sous réserve de la

démonstration de l'additionalité. La partie électricité ne peut cependant pas être certifiée en tant qu'attestation de la Confédération et devrait chercher une autre source de financement (Eco21 ?).

**Référence:**

Document publicitaire pour l'offre IMMODIAG. Pas disponible sur Internet.

<http://www.signa-terre.ch/>

## Tissot – FCC

---



### Description du projet

L'usine Tissot à la vallée de Joux était mal isolée, la dernière rénovation ayant été faite en 1931, son indice avant travaux était de 630 MJ, soit au-delà de la moyenne suisse.

Le propriétaire a assumé l'essentiel de l'investissement, la Fondation pour le centime climatique subventionnant 4% des travaux (isolation du toit et fenêtres), soit CHF 15 000.- de subvention sur un total de CHF 350 000 de travaux.

### Economie d'énergie et de CO<sub>2</sub>

Les travaux ont permis d'économiser 10 tonnes de CO<sub>2</sub> chaque année.

Les économies sur les frais de gaz naturel se montent à CHF 3700.- par an.

### Aspects financiers (Coût, gains, structure de financement)

La Fondation pour le centime climatique n'a versé que CHF 15 000.- de subvention à l'usine Tissot. Cette subvention représente 4% du coût total de la rénovation, on peut douter que cette subvention modeste ait pu déclencher l'investissement, modeste lui aussi pour une usine comme Tissot. A notre avis la Fondation a joué le rôle de déclencheur psychologique dans cette affaire, elle a peut-être sollicité le client et fait du travail de bureau d'ingénieur, proposant des solutions. Rôle éminemment positif

Evaluation du prix de la tonne, selon les calculs de la FCC : CHF 15'000 de subvention divisés par 50 tonnes économisées en 5 ans égale bien CHF 300.- la tonne.

## Coût de la tonne de CO<sub>2</sub> (résultats standardisés et commentaires)

Evaluation du prix de la tonne, selon la formule de Noé21 :

Investissement total CHF 350'000 amortis sur 30 ans, et la moitié des 3% d'intérêt en plus, soit au total 5% d'intérêts + amortissement, soit CHF 17'500.- /an

Economies de gaz pour le chauffage : 4600 m<sup>3</sup> par an, soit CHF 3600.- d'économies par an

Prix de la tonne :  $(CHF\ 17'500 - CHF\ 3'600) / 10 = CHF\ 1390.-$

Ce prix élevé est confirmé par les calculs des ingénieurs et architectes suisses : les rénovations coûtent cher et, au prix actuels des combustibles, ne sont pas encore rentables

## Adaptabilité à Genève

Genève n'abrite que peu de bâtiments industriels. Des garages des carrosseries, ou d'autres PME pourraient être des candidats intéressants.

## Additionalité

Le temps de retour sur investissement, selon les chiffres de Noe21 (prix du gaz 10 ct/kWh) de CHF 350'000/CHF 460 = 76 ans

- Test d'investissement :
  - Temps de retour sur investissement sans finance carbone: 76 ans
  - Temps de retour sur investissement avec financement Ademe: > 50 ans
  - Le temps de retour sur investissement reste trop élevé pour être financièrement intéressant, donc le projet devrait être considéré comme non-additionnel., sauf si l'existence d'autres barrières peut être démontrée et que celles-ci sont levées par la finance carbone.
  - Du point de vue de l'investisseur, la contribution carbone au projet aurait dû être un multiple de la subvention de la FCC de sorte à amener le temps de retour sur investissement sous le seuil des 20 ans.
- Test des barrières :
  - Le projet est trop peu rentable pour que la finance carbone le rende suffisamment rentable aux yeux des investisseurs. Toutefois, des immeubles de ce type sont rénovés malgré ce manque d'attractivité financière, ce qui montre que d'autres critères de choix interviennent dans la décision de certains propriétaires de mener les travaux. Il est donc probable que des barrières psychologiques existent, du moins pour un certain type de propriétaire. La finance carbone pourrait aider au dépassement de ces barrières.

## Référence

<http://klimarappen.ch/fr/projets/suisse/renovation-des-batiments/detail/tissot-2/0.html>