

Mandat « Eco₂-climat »

Rapport final · Mars 2010

1 Structure du rapport :

Le mandat confié par Eco₂climat à Noé21 a pour objectif de « fournir des exemples concrets de réduction d'émissions de CO₂ thermique à l'étranger et d'en étudier le potentiel à Genève dans le cadre du pôle CO₂ 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 CO₂ 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'additionalité, 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 CO₂ 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 CO₂ 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 ₂ - climat	3
3.1	Contexte et objectifs du mandat	3
3.2	Valeur des kWh électriques, en termes monétaire et en CO ₂	4
3.3	Quelques considérations sur l'additionalité	5
3.4	Des différentes manières de compter le coût d'une tonne de CO ₂ 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- Eco₂- climat

3.1 Contexte et objectifs du mandat

SIG développe actuellement un pôle de compensation d'émissions de CO₂, appelé Eco₂climat. Son objectif est de fournir des certificats de compensation de CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂. Le potentiel de ce deuxième segment du marché est estimé à 60'000 tonnes par an. A noter toutefois que la création du pôle CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ thermique des SIG estime pouvoir vendre les certificats à hauteur de CHF 80.-/tonne et acheter les réductions de CO₂ à CHF 50-60.-/tonne.

Le présent mandat de Eco₂climat à Noé21 a pour objectif de « fournir des exemples concrets de réduction d'émissions de CO₂ thermique à l'étranger et en étudier le potentiel à Genève dans le cadre du pôle CO₂ de SIG ». Il doit concrètement « fournir une dizaine d'exemples d'actions-types de réduction de CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂, les aspects financiers (coûts, gains, structure de financement), un calcul standardisé du coût de la tonne de CO₂, 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 CO₂ 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 CO₂

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 CO₂. Brûler du gaz pour produire 1 kWh émet 198 g de CO₂, (voir ci-dessous le problème des facteurs d'émission) mais combien de CO₂ 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 CO₂ (ou en contiennent peu comme le montre la comptabilité de SIG qui évalue à 12 gCO₂/kWh leur poids en CO₂). Cependant, la Suisse n'est pas étanche à l'électricité européenne. Le mix européen (570 gCO₂/kWh selon la KBOB¹) est importé à certaines heures et à certaines saisons, nous importons parfois du courant allemand produit avec du charbon, (800 g CO₂/kWh) et du courant italien produit avec du fuel (600 gCO₂/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 CO₂/kWh², et l'OFEV 154 g³. 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,lnp610NTU04212Z6ln1ae2IZn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCDent2fWym162epYbg2c_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
 - 3 OFEV, Quelle est la quantité de CO₂ 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,lnp610NTU04212Z6ln1ae2IZn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCFex19hGym162epYbg2c_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 CO₂ économisées. Mais souvent ces tonnes de CO₂ 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 CO₂ compensées.

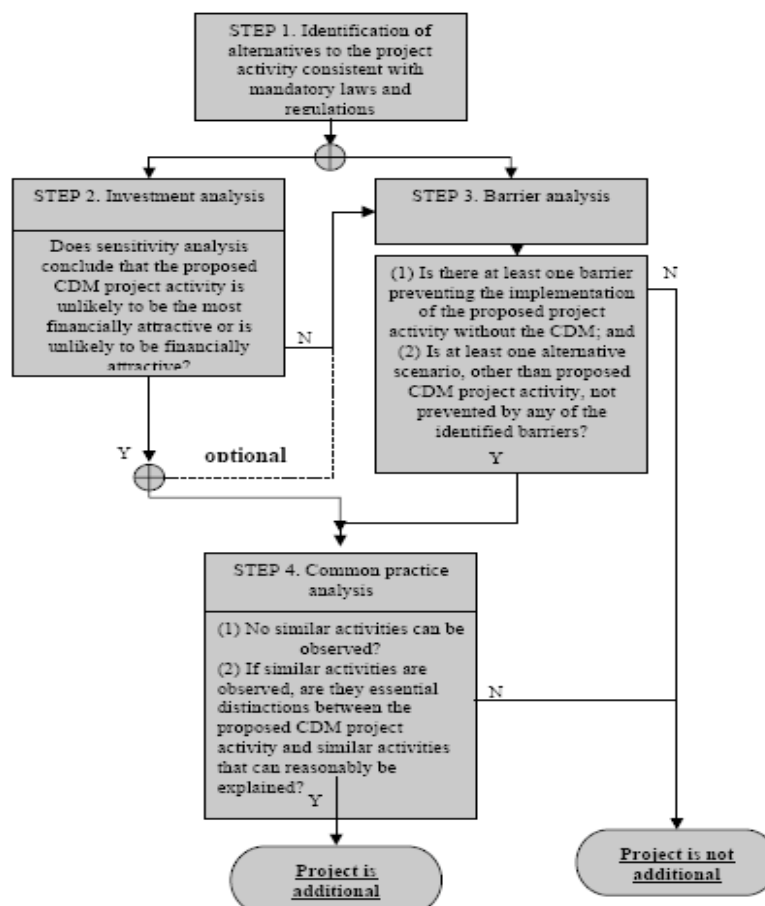


Fig.1: Schéma du test d'additionnalité de l'UNFCCC

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 validation⁴.

Le test d'additionalité développé dans le cadre du CDM⁵ 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 Standard⁶, ou encore des attestations de la Confédération⁷. 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 CDM⁸. 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

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 ;

certificat de CO₂ 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'Eco₂climat (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;

3.4 Des différentes manières de compter le coût d'une tonne de CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ : 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 /m² selon le responsable du rapport McKinsey pour la Suisse⁹, à CHF 1000.- /m² si on écoute un architecte suisse, et qu'on lui demande d'aller assez loin dans la direction de Minergie P (une étude de Noé21¹⁰ en collaboration avec l'architecte Stéphane Fuchs, chiffre une rénovation complète à CHF 1000.-/m²)

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

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'OFEV¹¹, 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* »¹². 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 :

$\boxed{Cc - E / tCO_2}$, 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

tCO₂ = le nombre de tonnes de CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂. 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 CO₂. 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.

Principaux programmes-cadre (base de données) étudiés	Commentaire
EI-education Danmark ¹³	Exemples de bonnes pratiques de rénovations énergétiques intelligentes
DENA Deutsche Energie Agentur ¹⁴	26 projets industriels spécifiques en Allemagne
EGCN European green Cities Network ¹⁵	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 ¹⁶	Etudes de cas de bonnes pratiques en gestion de la demande énergétique
Fondation centime climatique ¹⁷	Mesure volontaire des milieux économiques suisses pour financer des projets de réduction de CO ₂ en Suisse et à l'étranger
Joint Implementation (JI) ¹⁸	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

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>

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

22 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 CO₂ 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 ₂ 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 ₂ 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 ₂ /kWh (produit avec du biogaz)
PROGRAMME JI de EWE (prog. 39)	45.- /t CO ₂ 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 Eco₂ 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 ?³⁰

Nous avons regroupé les projets d'économie de CO₂ 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 Eco₂-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 gCO₂. 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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ 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 fuel³¹.

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 CO₂ 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.- / m² 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 rapport³², les économistes de McKinsey ont construit un immeuble virtuel, pour lequel ils ont fait des appels d'offres. Lorsqu'ils calculent 100 EUR/m², 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/m², 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 CO₂ 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 CO₂ 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.