



HAL
open science

La compensation carbone

Magali Lambert, Steve Moullé

► **To cite this version:**

Magali Lambert, Steve Moullé. La compensation carbone. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2011. hal-01880930

HAL Id: hal-01880930

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01880930v1>

Submitted on 25 Sep 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

**Rapport de projet de fin
d'étude
- ENSTIB 3 -**



LA COMPENSATION CARBONE



**Magali LAMBERT
Steve MOUILLÉ
2010 / 2011**

**Enseignant responsable : Damien SCHMUTZ
Co-encadrant : Pierre-Marie OBACZ**

AVANT PROPOS

Nous souhaitons tout d'abord remercier Damien Schmutz et Pierre-Marie Obacz qui ont été des encadrants de stage exemplaires tant par leur écoute que par leurs précieux conseils et le temps qu'ils nous ont alloué.

Nous tenons ensuite à remercier Jean-Michel Leban, directeur de l'ENSTIB, pour nous avoir consacré du temps et ouvert des horizons sur la compensation carbone et la place de l'ENSTIB que nous n'aurions pas découvert sans son aide.

La compensation carbone de l'ENSTIB n'aurait pu se faire sans l'aide précieuse que nous ont apportée Jean-Jacques Balland, Justine Zawada et Laura Bernard. Le premier, en nous fournissant des informations claires et précises sur les déplacements des enseignants de l'école et les deux dernières pour nous avoir aidé à y voir plus clair dans le Bilan Carbone de l'ENSTIB.

Nous n'oublions pas évidemment de remercier chaleureusement, Romain Pénot qui nous a expliqué beaucoup de choses concernant la foresterie en général et Jean Renaudin qui nous a éclairé sur les projets forestiers existants.

SOMMAIRE

PRINCIPALES NOTATIONS	1
INTRODUCTION	3
- PARTIE 1 - CONTEXTE & ÉMERGENCE DE LA COMPENSATION	4
1. POURQUOI CES PREOCCUPATIONS ?	4
2. QUELQUES DEFINITIONS	5
3. DES MESURES PRISES PROGRESSIVEMENT	5
3.1. <i>La convention CCNUCC</i>	6
3.2. <i>Le protocole de Kyoto</i>	7
4. DES MESURES POLITIQUES ET DES OUTILS POUR LIMITER LES EMISSIONS	7
5. PRINCIPE DE LA COMPENSATION	8
- PARTIE 2 - LA COMPENSATION INSTITUTIONALISEE	10
1. PRINCIPE DES MARCHES DU CARBONE	10
2. LES DIFFERENTS MARCHES	10
2.1. <i>Les mécanismes de flexibilité</i>	11
2.1.1. Le principe d'additionnalité	11
2.1.2. Le mécanisme de Développement Propre (MDP)	12
2.1.3. Mise en Œuvre Conjointe (MOC)	15
2.1.4. Le marché du carbone international	17
2.2. <i>Le marché européen : SCEQE</i>	18
2.2.1. Principe	18
2.2.2. Champ d'application	19
2.2.3. Cadre institutionnel	20
2.2.4. Mise en œuvre par phases	20
2.2.5. Quantité de quotas affectée	21
2.2.6. Évolution du prix du carbone	21
2.3. <i>Vers un marché mondiale</i>	22
3. MODES DE TRANSACTIONS	23
3.1. <i>Les échanges gré à gré</i>	23
3.2. <i>Les échanges intermédiés</i>	23
3.3. <i>Plate-forme d'échange de quotas</i>	23
- PARTIE 3 - LA COMPENSATION VOLONTAIRE	24
1. PETIT HISTORIQUE	24
2. LE FONCTIONNEMENT SIMPLIFIE	25
2.1. <i>Pour un particulier</i>	26
2.2. <i>Pour une entreprise ou une association</i>	26
3. LES DIFFERENTS TYPES DE PROJETS	26
3.1. <i>Les projets à l'amont de la filière bois</i>	28
3.2. <i>Les projets de l'aval de la filière forêt-bois</i>	29
4. LES MECANISMES DE LA COMPENSATION VOLONTAIRE	30
4.1. <i>Les transactions</i>	30
4.2. <i>Les différents types de standards</i>	30
4.3. <i>Les standards eux-mêmes</i>	31
4.3.1. Présentations générales des plus courants	31
4.3.2. L'aspect humain	34
5. LES LIMITES ET LES INQUIETUDES DE LA COMPENSATION VOLONTAIRE	34
6. L'ENCADREMENT DE L'ADEME	36
7. LES CALCULATEURS, LE BILAN CARBONE ET LE GHG PROTOCOL	38
7.1. <i>Les calculateurs</i>	38
7.2. <i>Bilan Carbone</i>	39
7.3. <i>GHG Protocole</i>	40
- PARTIE 4 - COMPENSER DES EMISSIONS DE L'ENSTIB	42
1. CONTEXTE	42

SOMMAIRE

1.1.	<i>Présentation générale de l'ENSTIB</i>	42
1.2.	<i>Les émissions de GES de l'ENSTIB</i>	42
2.	LA REDUCTION DES GES ORGANISEE AU SEIN DE L'ENSTIB	43
2.1.	<i>Présentation de différents projets retenus</i>	43
2.1.1.	Agroforesterie au Niger	43
2.1.2.	Programme d'économie des bois de feux au Maroc.....	44
2.1.3.	Carbone Boréal : Plantation d'une forêt expérimentale	44
2.2.	<i>Notre choix</i>	45
3.	LE PASSAGE A L'ACTE	45
3.1.	<i>Ce que l'on va compenser</i>	45
3.2.	<i>Présentation détaillée du mode de fonctionnement du projet</i>	46
3.3.	<i>L'outil en ligne de Carbone Boréal</i>	47
3.4.	<i>Vérification scientifique des calculs proposés</i>	48
3.5.	<i>Autres plans de compensation proposés</i>	52
4.	CONCLUSION, OUVERTURE	54
	CONCLUSION	55
	BIBLIOGRAPHIE	56
	RESUME	59

PRINCIPALES NOTATIONS

Notations générales

<i>C</i>	Carbone
<i>EDF</i>	Electricité De France
<i>éq. C</i>	Equivalent Carbone
<i>GES</i>	Gaz à Effet de Serre
<i>HCFC-22</i>	Chlorodifluorométhane
<i>HFC-23</i>	Hydrofluorocarbures 23
<i>ONG</i>	Organisation Non Gouvernementale
<i>Téq.C</i>	Tonnes Equivalent Carbone
<i>Téq.CO₂</i>	Tonnes Equivalant CO ₂
<i>TVA</i>	Taxe sur la Valeur Ajoutée
<i>CPGE</i>	Classes Préparatoires aux Grandes Ecoles

Normes

<i>ISO 14000</i>	L'ensemble des normes qui concernent le management environnemental
<i>ISO 26000</i>	Norme relative à la responsabilité sociétale des organisations
<i>ISO 14064</i>	Norme relative à l'évaluation et la promotion des variations d'émissions de gaz à effet de serre et des échanges de droits d'émissions

Mécanismes de la compensation carbone

<i>AND</i>	Autorité Nationale Désignée
<i>AR</i>	Afforestation and Reforestation
<i>CCNUCC</i>	Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
<i>CCBs</i>	Climate, Community and Biodiversity Standards
<i>CCX</i>	Chicago Climate Exchange
<i>CITL</i>	Comunity Independant Transaction Log
<i>CFS</i>	Carbon Fix Standard
<i>EOD</i>	Entités Opérationnelles Désignées
<i>EU ETS</i>	European Union Emissions Trading Scheme
<i>IFM</i>	Improved Forest Management
<i>ITL</i>	International Transaction Log
<i>MDP</i>	Mécanisme de Développement Propre
<i>MOC</i>	Mise en Œuvre Conjointe

PRINCIPALES NOTATIONS

<i>OTC</i>	Over The Counter
<i>PDD</i>	Project Design Document
<i>PNAQ</i>	Plan National d'Allocation de Quotas
<i>PNUE</i>	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
<i>PSE</i>	Paiement pour Services Environnementaux
<i>UQA</i>	Unités de Quantité Attribuées
<i>URCE</i>	Unités de Réductions Certifiées des Emissions
<i>REDD</i>	Réduction des Emissions dues à la Déforestation et la Dégradation des forêts
<i>SCEQE</i>	Système Communautaire d'Echange de Quotas d'Emission
<i>VER</i>	Voluntary Emission Reduction
<i>VCS</i>	Voluntary Carbon Standard
<i>VOS</i>	Voluntary Offset Standard

Organisations / Associations

<i>ADEME</i>	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
<i>CCBA</i>	Climate, Community and Biodiversity Alliance
<i>CITEPA</i>	Centre Interprofessionnel Technique d'Etude de la Pollution Atmosphérique
<i>ECCM</i>	Edinburgh Centre for Carbon Management
<i>Ecosur</i>	El Colegio de la Frontera Sur
<i>ENSTIB</i>	Ecole Nationale Supérieure des Technologies et Industries du Bois
<i>GIEC</i>	Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat
<i>IETA</i>	International Emission Trading Association
<i>INCIS</i>	International Carbon Investors and Services
<i>IPCC</i>	Intergovernmental Panel on Climate Change
<i>OCDE</i>	Organisation de Coopération et de Développement Economique
<i>OMM</i>	Organisation Météorologique Mondiale
<i>ONF</i>	Office National des Forêts
<i>TGC</i>	The Climate Group
<i>UQAC</i>	Université du Québec A Chicoutimi
<i>WEF</i>	World Economic Forum Global Greenhouse Register
<i>WWF</i>	World Wide Fund for Nature

INTRODUCTION

Le projet de fin d'étude est une étape importante pour nous, futurs ingénieurs en fin de cursus. Quelques mois avant de rentrer sur le marché du travail, il nous permet de faire le point sur nos compétences et connaissances acquises pendant les trois années à l'ENSTIB. La réalisation de ce projet est en mesure de développer notre autonomie et notre capacité à travailler en binôme.

Après concertation avec les encadrants du projet, nous avons retenu le sujet de la compensation carbone. Ce concept est récent et souvent flou dans les esprits. Le premier objectif et certainement le plus important de notre étude était donc de bien comprendre les grands principes de la compensation carbone en vue d'en réaliser une synthèse claire et structurée. Nous avons aussi voulu nous faire notre propre avis sur le sujet. Une recherche bibliographique approfondie s'est donc imposée. Une fois les mécanismes de la compensation posés nous pouvions nous attarder sur l'analyse de projets existants.

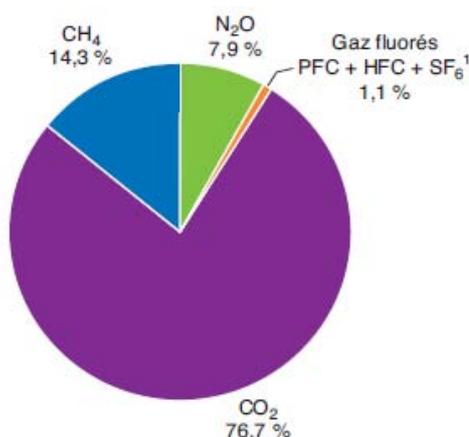
Le respect de l'environnement semble être au cœur des mentalités. En effet, qui n'a pas en tête le slogan de l'ADEME : « faisons vite, ça chauffe ! ». De plus, de nombreux spots publicitaires diffusés régulièrement à la télévision ou à la radio nous sensibilisent, chaque jour, à cette cause. Les entreprises l'utilisent même pour améliorer leur image. Aussi, des documentaires très engagés nous font réagir, comme « l'erreur boréale » de Richard Desjardins et Robert Monderie qui dénonce la déforestation de la forêt boréale au Canada, « Une vérité qui dérange » de Al Gore qui explique le réchauffement climatique, ou même « Home » de Yann Arthus Bertrand qui fait un état des lieux de la planète. Ces différents messages ont leur importance pour faire changer les habitudes de chacun. Ainsi, des gestes simples sont devenus automatiques comme le tri des déchets ou les économies d'eau et d'énergies. Les moyens de transports plus « verts » comme le covoiturage, le bus et même le vélo sont mis en avant. De plus, des mesures commencent à émerger de nos politiques pour restreindre les émissions de GES au niveau national et international. Malgré tous ces efforts, ces émissions restent trop importantes. Le principe de la compensation carbone peut alors aider à inverser la tendance actuelle du réchauffement climatique.

Notre rapport présentera, dans un premier temps, le contexte climatique, économique et politique qui fera émerger le concept de la compensation carbone. Ensuite, il développe les deux principaux types de compensation, soit l'institutionnelle et la volontaire. Pour finir, des projets de compensation qui nous semblent intéressants sont développés avant de proposer une application à l'ENSTIB.

- PARTIE 1 - CONTEXTE & ÉMERGENCE DE LA COMPENSATION

1. POURQUOI CES PREOCCUPATIONS ?

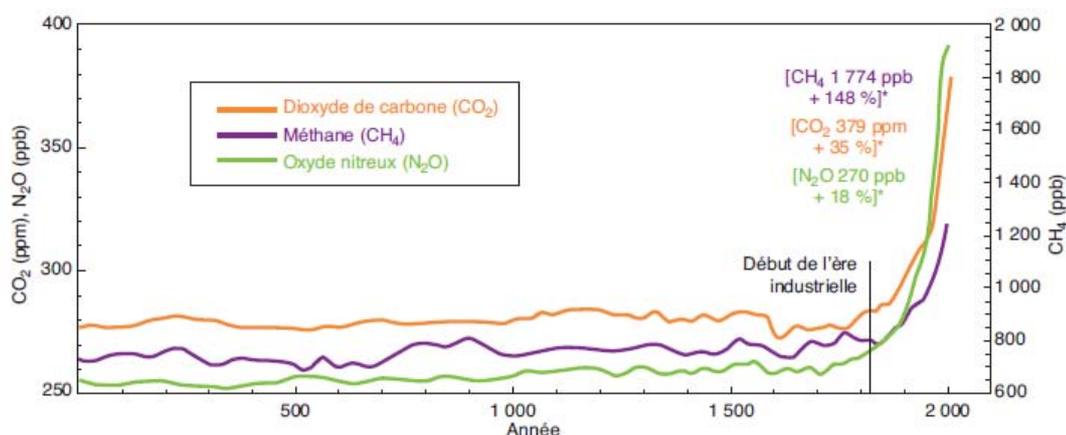
De l'ère industrielle à maintenant, l'homme a augmenté ses émissions de gaz à effet de serre. Il en résulte une accentuation du phénomène naturel et un réchauffement climatique. En effet, depuis 1970, l'homme rejette des gaz tels que CO₂, CH₄, N₂O et gaz fluorés qui par leurs concentrations élevées dans l'atmosphère retiennent davantage certains rayonnements solaires et réchaufferaient ainsi le climat. La *Figure 1*, ci-dessous, représente la répartition des émissions anthropiques des gaz à effet de serre en 2004. Nous remarquons que le CO₂ représente les trois quarts des émissions mondiales.



Source : GIEC, 4^e rapport du 3^e groupe de travail

Figure 1: émission anthropiques mondiales de gaz à effet de serre en 2004

Nous pouvons observer sur la *Figure 2*, ci-dessous, une estimation de l'évolution de leur concentration depuis l'an zéro :



* Le chiffre entre crochets correspond au pourcentage de croissance des concentrations atmosphériques des gaz représentés entre 1750 et 2005

Source : GIEC, 4^e rapport (2007)

Figure 2: évolution des concentrations de GES depuis l'an zéro

Nous pouvons remarquer le lien entre la hausse des émissions de GES et le début de l'ère industrielle.

Chaque GES a un effet différent sur le réchauffement global. Par exemple, le méthane aura un impact beaucoup plus important sur l'effet de serre que le CO₂. Pour simplifier les comparaisons des émissions de chaque gaz, on utilise des unités communes : la tonne équivalent CO₂ (Téq. CO₂) ou la tonne équivalent carbone (Téq. C).

Pour limiter la hausse des températures moyennes de la planète par rapport aux niveaux de l'ère préindustrielle, le GIEC (Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat) préconise de diminuer les émissions des pays industrialisés de 25 à 40% d'ici à 2020. Ces changements ne pourront s'effectuer à l'échelle mondiale que par l'implication des politiques.

2. QUELQUES DEFINITIONS

Avant d'expliquer l'engagement politique des Etats, il peut être intéressant de donner une vue d'ensemble de mots clés employés en droit international. Ainsi, nous entendrons souvent parler de traité, convention ou de protocole. Beaucoup de ces termes ont des significations assez proches.

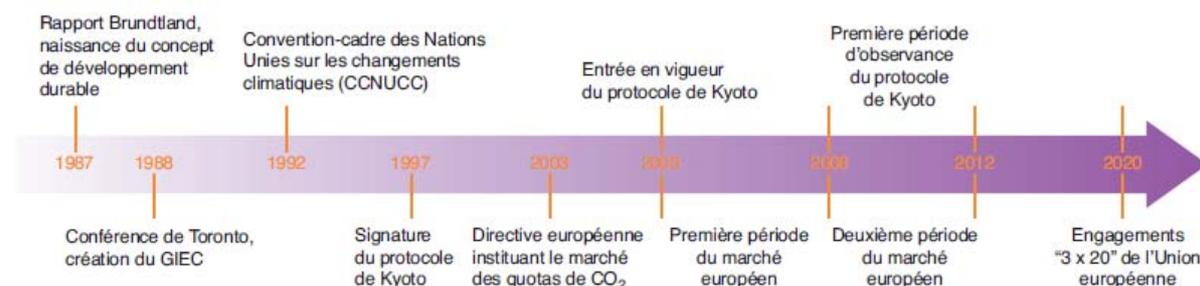
L'expression "convention" internationale, comme celle de la CCNUCC (Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques), décrit des déclarations formelles de principes qui n'ont au départ pas de force obligatoire. Ces conventions doivent généralement être ratifiées par des Etats pour l'obtenir et ainsi devenir de véritables traités internationaux. Les Nations Unies sont coutumières de ce genre de textes. Un "traité" est le nom que l'on donne à un contrat conclu entre plusieurs sujets de droit international. L'accord écrit traduit l'expression des volontés concordantes de ces sujets de droit, en vue de produire des effets juridiques régis par le droit international. On emploie le terme "protocole" pour des accords moins formalistes que ceux qui font l'objet d'un "traité" ou d'une "convention". Ces trois termes se rapportent à l'ensemble de résolutions prises lors d'une conférence ou d'une assemblée.

Aussi, nous pouvons rappeler ce qu'est l'Organisation des Nations Unies puisqu'elle joue un rôle important dans le contexte du changement climatique. C'est une organisation internationale qui a été fondée le 24 Novembre 1945, à Rome, pour remplacer la Société Des Nations (SDN). Elle regroupe, à quelques exceptions près, tous les Etats de la planète et a pour finalité la paix internationale. Ses objectifs sont de faciliter la coopération dans des domaines tels que le droit international et le développement économique.

3. DES MESURES PRISES PROGRESSIVEMENT

Les préoccupations environnementales remontent à quelques décennies seulement. Des mesures ont été prises à la suite de plusieurs conférences internationales. En 1979, L'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) organise à Genève la première conférence sur le climat. Elle définit un programme mondial de recherche : le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE). Ce programme et l'OMM créent en 1988 le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat (GIEC) plus connu dans le monde sous son nom anglais, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Leurs études et recherches permettent de mieux comprendre les risques liés au changement climatique d'origine humaine, de cerner plus précisément les conséquences possibles de ce changement et d'envisager d'éventuelles stratégies d'adaptation et d'atténuation. En France, un système

National d'Inventaires des Emissions de Polluants Atmosphériques (SNIÉPA) a été créé par le ministère en charge de l'environnement. Il produit les estimations d'émissions des principaux polluants atmosphériques par les différents secteurs d'activité. Associé aux données du CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Etude de la Pollution Atmosphérique), il tenait lieu, avant la loi Grenelle 2, de bilan des émissions nationales, notamment pour alimenter le Plan National d'Affectation des Quotas (PNAQ). En 1989, une deuxième conférence réunit à La Haye 137 Etats plus la Communauté Européenne. Elle préconise l'instauration d'une convention internationale sur les changements climatiques. La convention CCNUCC sera créée. La *Figure 3* suivante rassemble schématiquement les dates clés des négociations climatiques internationales :



Source : Mission climat de la Caisse des dépôts

Figure 3: les dates clés des négociations climatiques internationales

3.1. La convention CCNUCC

Les Nations Unies créent, en 1990, un comité intergouvernemental de négociations chargé d'élaborer une Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC). Elle est signée à Rio de Janeiro en 1992 dans le cadre du Sommet de la Terre. Elle constitue la pièce maîtresse de la lutte mondiale contre le changement climatique. Entré en vigueur en 1994, son article 2 précise son objectif ultime : stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. Au terme de la convention, les pays se répartissent en trois groupes auxquels sont rattachés des engagements différents : les Parties visées à l'annexe I, les Parties visées à l'annexe II et les parties non visées à l'annexe I. Les Parties visées à l'annexe I sont les pays industrialisés membres de l'Organisation de Coopération et de Développement Economique (OCDE) en 1992 et les pays en transition vers une économie de marché et l'Union Européenne. Ces Parties s'engagent à stabiliser leurs émissions de gaz à effet de serre d'ici à l'an 2000 au niveau de leurs émissions en 1990. Les Parties visées à l'annexe II sont les membres de l'OCDE qui figurent à l'annexe I, sans les pays en transition sur le plan économique. Ils s'engagent à aider les pays en développement pour respecter leurs engagements, notamment en fournissant des ressources financières et en facilitant les transferts de technologie. Enfin, les Parties du troisième groupe sont pour la plupart des pays en développement à qui il n'a pas été attribué d'objectif.

En 1995, les Parties de la CCNUCC se réunissent lors d'une conférence à Berlin. Ils reconnaissent la nécessité d'un renforcement des engagements des pays développés. Parallèlement à des objectifs quantifiés de limitation et de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES), elle prévoit d'élaborer des politiques et mesures.

3.2. Le protocole de Kyoto

Il correspond à la troisième session de la conférence des Parties (la CCNUCC) et a lieu en 1997. Il a pour objet le renforcement de la réponse internationale à l'évolution du climat. Le protocole de Kyoto fixe des objectifs chiffrés, juridiquement contraignants, de réduction ou de limitation des émissions des GES des pays inscrits à l'annexe B (les pays de l'annexe I dans la Convention). Ces objectifs constituent une réduction totale d'émissions de GES d'au moins 5% par rapport aux niveaux de 1990 durant la période d'engagement 2008-2012. Ils doivent être atteints en priorité par la mise en œuvre de mesures prises à l'échelle nationale.

L'entrée en vigueur du Protocole a été conditionnée par un processus distinct et officiel de signatures et de ratification par les gouvernements. La condition arrêtée pour l'entrée en vigueur du Protocole était sa ratification par 55 Parties à la Convention au minimum, parmi lesquelles les Parties visées à l'annexe I dont le total des émissions de dioxyde de carbone représentait en 1990 au moins 55% du volume total de ce groupe. La ratification par la Russie, en novembre 2004, permit l'entrée en vigueur du Protocole le 16 février 2005. Actuellement 188 pays ont ratifié le Protocole ainsi que la Communauté Européenne (*Figure 4*). Les émissions de GES de ceux ayant des objectifs à respecter représentent 67,3% des émissions des pays de l'Annexe I.

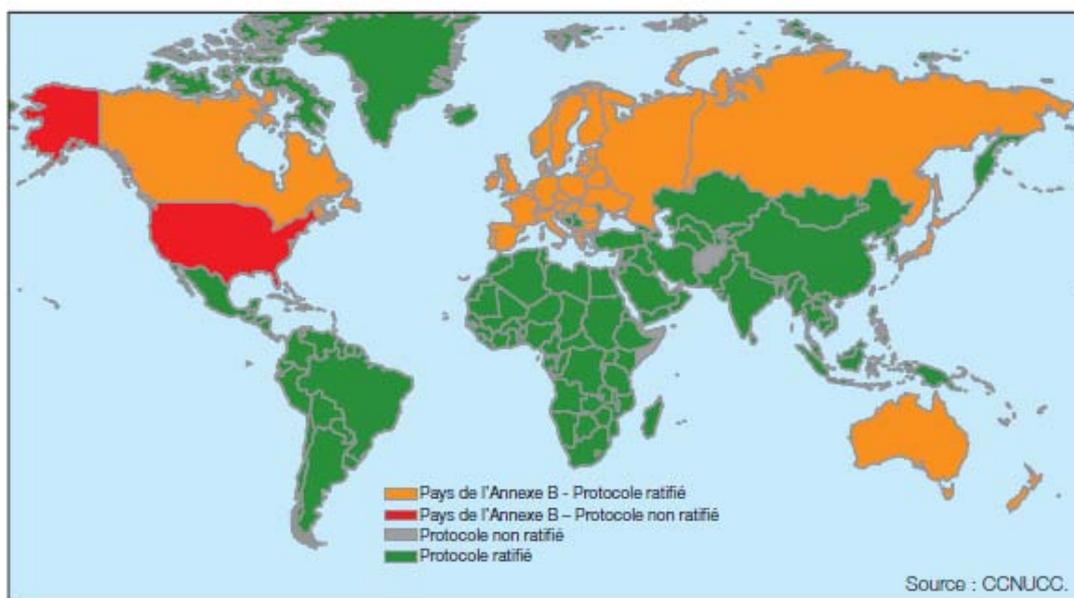


Figure 4: pays signataires du protocole au 6 Novembre 2009

Nous remarquons que les États-Unis, premier pollueur de la planète, est le seul pays développé à ne pas l'avoir ratifié.

Ce protocole sera complété par plusieurs sessions de la Conférence des Parties. Des accords suivront, dont les principaux sont ceux de Bonn et Marrakech en 2001. Ils exposent plus précisément les règles de mises en œuvre du protocole, le fonctionnement des échanges de crédits d'émissions, la coopération Nord-Sud. Il sera à l'origine du marché du carbone.

4. DES MESURES POLITIQUES ET DES OUTILS POUR LIMITER LES EMISSIONS

Suite à la création de son premier ministère de l'écologie, du développement durable et de l'aménagement durable, le Grenelle Environnement (Grenelle 1) est une des grandes

actions de politique environnementale adoptées par la France. Ces démarches répondent à la volonté du pays d'atteindre ses objectifs de réduction de ses émissions avant 2012. Le Grenelle 1 est le fruit d'un ensemble de rencontres politiques organisées en octobre 2007. Elle vise, en particulier à restaurer la biodiversité par la mise en place de différents schémas régionaux de cohérence écologique tout en diminuant les émissions de GES et en améliorant l'efficacité énergétique. Une mesure phare du Grenelle, fût la création, en 2009, de la taxe carbone. Elle devait entrer en vigueur le premier Janvier 2010. Mais, cette mesure qui était, semble-t-il, en rupture avec le principe d'égalité devant la loi a été finalement abandonnée. Promulguée le 12 Juillet 2010, la loi Grenelle 2 doit contribuer à la mise en application de seulement une partie des engagements du Grenelle 1. Il n'y est pas fait mention de la notion de compensation carbone.

Pour réduire ses émissions de GES, la première solution est de le faire à la source. Des normes environnementales telles ISO 14001 et ISO 26000 peuvent aider les entreprises à faire ce geste. Elles mettent en place des systèmes de management environnemental au sein des sociétés. Les actions menées sont diverses : démarches d'éco-conception, de réduction des consommations de matière première, d'énergie, l'utilisation de matériaux demandant moins d'énergie pour leur transformation comme le bois, la minimisation des transports de matières, Une fois toutes ces solutions envisagées, pour aller plus loin dans la démarche ou pour pallier les échecs de réductions, il reste une solution que l'on appelle la compensation carbone.

5. PRINCIPE DE LA COMPENSATION

Le fondement de la compensation est basé sur le fait qu'une quantité donnée de CO₂ émise dans un endroit du globe peut-être compensée par la réduction ou la séquestration d'une quantité équivalente de CO₂ en un autre lieu. En effet, les GES ne connaissent pas de frontières. En quelques dizaines de jours, une émission locale est diluée dans l'intégralité de l'atmosphère notamment grâce aux vents. Par conséquent, la concentration en GES est à peu près la même partout sur la planète. Donc, une émission ou une absorption de GES à un endroit de la planète a le même impact tout autour du globe. L'harmonisation des GES dans l'atmosphère sur la planète a donc conduit à l'idée de « compensation carbone » : si une entreprise à un point A de la planète émet une quantité x de GES et qu'à un point B une quantité y=x de ce GES est « détruite » alors la neutralité carbone de la planète est maintenue (Figure 5) :

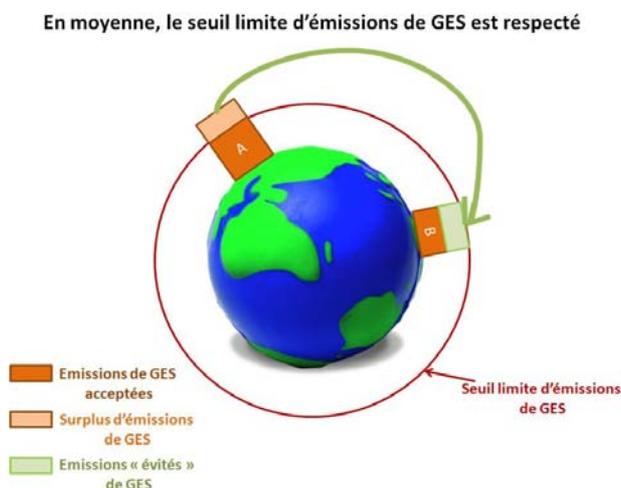


Figure 5: principe de la compensation carbone

- PARTIE 1 - CONTEXTE & ÉMERGENCE DE LA COMPENSATION

La compensation se partage en deux groupes : la compensation institutionnalisée et la compensation volontaire. La première est basée sur un principe d'échange de quotas entre pays, aussi appelé le marché du carbone. On appelle le deuxième principe la compensation volontaire. Il agit dans un cadre privé. Nous développerons ces deux principes.

- PARTIE 2 - LA COMPENSATION INSTITUTIONNALISEE

1. PRINCIPE DES MARCHES DU CARBONE

Ce principe provient des décisions prises au protocole de Kyoto. C'est un instrument permettant de contrôler directement la quantité de gaz à effet de serre émis. Des quotas d'émissions sont distribués aux participants au marché qui doivent, au final, s'assurer de détenir autant de quotas que leurs émissions. Un quota correspond à une T_{éq} CO₂ émis. Les participants peuvent compenser leurs émissions excessives en achetant des quotas auprès d'autres sources qui ont réussi à réduire leurs émissions en dessous du plafond qui leur avait été alloué. Chaque émission supplémentaire a un prix fixé par le marché. A l'inverse, les émetteurs qui émettent moins que le plafond fixé peuvent bénéficier directement du prix du carbone en revendant les quotas non utilisés. Pour mieux comprendre ce principe, décrivons un échange entre deux entreprises 1 et 2 (*Figure 6*) :

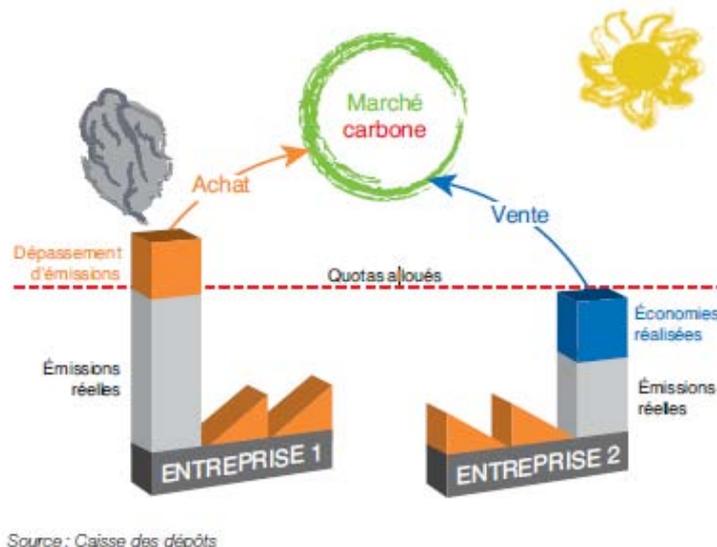


Figure 6: principe de fonctionnement des marchés du carbone

Admettons que l'entreprise E1 soit fortement dépendante des énergies fossiles tandis que l'entreprise E2 puisse investir dans des énergies à faibles émissions en gaz à effet de serre à un coût faible. E2 pourra alors choisir d'opérer un effort supplémentaire à celui qui est demandé, se constituant ainsi un surplus de quotas. Elle pourra les revendre à E1 pour qui le coût de réduction est élevé. Nous pouvons dire que par ce système les deux entreprises sont gagnantes. E2 vend ses quotas et réalise un bénéfice. E1 achète des quotas à un moindre coût que si elle avait dû réaliser cette diminution par ses propres moyens. L'objectif environnemental est préservé : le système fonctionnant à l'instar de vases communicants (les quotas passent d'une installation à une autre). Le niveau d'émissions initialement fixé ne doit pas, en principe, être dépassé.

2. LES DIFFERENTS MARCHES

Nous pouvons distinguer deux types de marché permettant de réguler les émissions de polluants : un système de plafonnement et d'échange (ou cap and trade en anglais) et les

transactions à base projets. Le premier a lieu dans le cadre d'un régime dans lequel le régulateur impose des quotas d'émission à un ensemble d'entités qui peuvent ensuite se les échanger entre elles (échange international ou échange européen). Le deuxième entraîne des crédits de réduction s'il y a investissement dans un projet de réduction. Ces crédits peuvent ensuite être vendus ou échangés (principe des MDP et MOC développés plus tard).

Les signataires de l'Annexe B du protocole de Kyoto sont libres de choisir les outils dont ils feront usage pour atteindre leurs objectifs d'émissions.

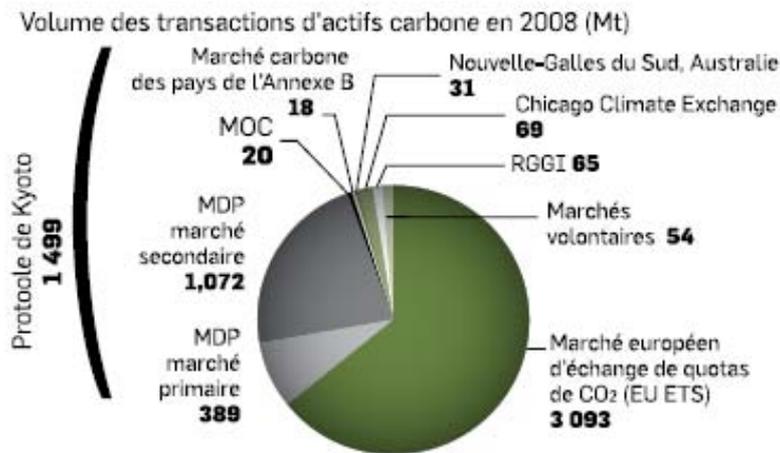


Figure 7: répartition des marchés en 2008

Nous pouvons observer grâce à la *Figure 7*, ci-dessus, que les deux plus importants systèmes d'échange de quotas sont le Mécanisme pour un Développement Propre (MDP) développé par le protocole de Kyoto et le marché européen d'échange de quotas de CO₂ (EU ETS). Décrivons les systèmes actuels les plus courants.

2.1. Les mécanismes de flexibilité

Pour que les pays de l'annexe I atteignent leurs objectifs de réduction de façon économiquement efficace, le protocole de Kyoto prévoit des mécanismes internationaux dits de « flexibilité ». Ils sont des compléments aux politiques et mesures nationales de réductions et ne peuvent en aucun cas s'y substituer. Les parties prenantes peuvent ainsi ne pas juger nécessaire de recourir à de tels mécanismes pour atteindre leurs objectifs de réduction. Ces mécanismes sont au nombre de trois : l'échange international d'allocations nationales d'émissions de GES d'une part, et deux mécanismes de projet, d'autre part : la Mise en Œuvre Conjointe (MOC) et le Mécanisme de Développement Propre (MDP). Les MOC et les MDP permettent aux parties d'atteindre les objectifs en réduisant leurs émissions à l'étranger à un coût moindre que sur leur propre territoire.

2.1.1. Le principe d'additionnalité

L'additionnalité est établie quand les opérateurs apportent la preuve que le projet dépasse les obligations fixées par les éventuels programmes nationaux de réductions de gaz à effet de serre s'appliquant à la zone géographique considérée. Ainsi pour un projet MDP nous pourrions avoir la situation suivante (*Figure 8*) :

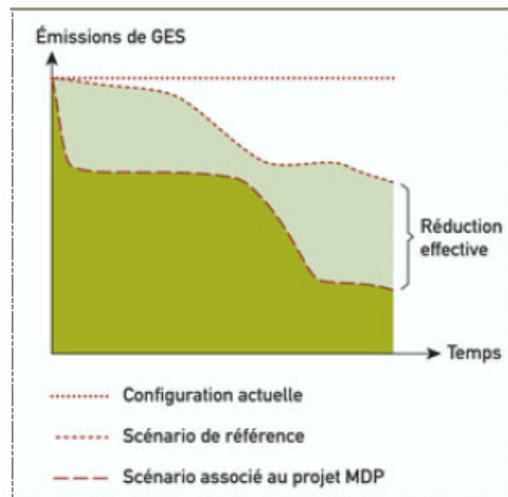


Figure 8: scénario de référence et additionnalité

Ils devront également fournir la preuve que le projet satisfait à au moins l'une des deux exigences suivantes :

- ✓ le projet ne pourrait être mis en œuvre sur la base de sa seule rentabilité économique et nécessite donc un financement supplémentaire par la vente d'unités carbone de réduction d'émission de GES qu'il génère (additionnalité financière) ;
- ✓ la vente des unités carbone permet au projet de dépasser des obstacles institutionnels, sociaux, ou culturels. Ceci inclut par exemple, le soutien de démarches de sensibilisation ou de formation pour permettre au projet d'être mis en œuvre (barrières culturelles et sociales).

2.1.2. Le mécanisme de Développement Propre (MDP)

Ce mécanisme est né de la demande des pays du Sud soucieux qu'il leur soit profitable d'un point de vue financier lors de leurs projets de réduction. Cette position a été notamment défendue par le Brésil lors du sommet de Rio en 1992. Le protocole de Kyoto a permis de définir ce mécanisme. Ses règles ont été précisées par les accords de Marrakech en Novembre 2001.

Définition et objectif du MDP

Un des buts majeurs de ce mécanisme est donc d'impliquer les pays du Sud dans le développement durable. Un Etat ou une entreprise de l'annexe I investit dans un projet de réduction des émissions de GES dans un pays en développement hors annexe I. On pourrait assimiler ce mécanisme à un esprit de partenariat entre le pays hôte et le développeur du projet. En échange de réductions constatées, un volume équivalent de crédits carbones appelés Unités de Réductions Certifiées des Emissions (URCE) est délivré au développeur du projet. Il pourra vendre ces unités sur le marché ou les déduire de ses obligations internationales de réduction. Le pays hôte bénéficie de l'implantation du projet, du transfert de technologies, de savoir-faire associé et de l'introduction d'une nouvelle source de financement. Le pays hôte y voit donc un intérêt en termes de développement économique et social.

Nature des projets

Les secteurs concernés sont : l'énergie, le traitement des déchets, l'industrie, le secteur résidentiel et tertiaire, les transports, l'agriculture et le secteur forestier. Dans le secteur énergétique, le projet pourra concerner la substitution de combustibles à contenu en carbone fort par des combustibles à contenu en carbone plus faible telles que les énergies renouvelables. Le secteur forestier concernera un projet de boisement ou de reboisement, ou l'utilisation de bois dans le bâtiment en substitution d'autres matériaux dont la fabrication émet des GES.

Conditions générales de fonctionnement du MDP

Le protocole de Kyoto impose quatre conditions :

- ✓ L'investisseur et l'hôte doivent avoir ratifié le Protocole de Kyoto.
- ✓ Le projet doit contribuer au développement durable du pays hôte. Il revient à chaque PED de définir et d'établir ses propres critères de développement durable. Certaines ONG ont développé des outils d'évaluation du développement durable comme la Matrice du Développement Durable présentée par le projet « Sud Sud Nord » ou le « Gold Standard » qui s'en est inspiré et est supervisé par WWF.
- ✓ Le projet doit être approuvé par le pays hôte.
- ✓ Le projet MDP doit être additionnel.

Trois acteurs institutionnels doivent intervenir lors de l'élaboration d'un projet MDP. Le Conseil exécutif supervise sa mise en place et enregistre les projets. C'est aussi à lui que revient la délivrance des URCE (Unités de Réductions Certifiées des Emissions). L'Autorité Nationale Désignée (AND) du pays hôte détermine ses propres critères de développement durable et contrôle le processus d'approbation du projet. Finalement, les Entités Opérationnelles Désignées (EOD) sont responsables de la validation, de la vérification des projets MDP et de l'information du public.

Les étapes de la procédure de validation et d'enregistrement des projets MDP

- ✓ Etape 1 : le développeur du projet doit remplir un formulaire standard (Project Design Document : PDD) et le soumettre à l'agrément du Conseil Exécutif. Ce formulaire doit contenir des informations clés :
 - le scénario de référence des émissions (scénario « business as usual »). Il correspond au scénario des émissions futures du pays hôte, dans la sphère d'activité du projet, le plus probable en l'absence de tout projet MDP,
 - un plan de surveillance des émissions du projet établi en fonction de méthodologies devant être agréées par le Conseil Exécutif,
 - une étude d'impact du projet sur l'environnement,
 - les commentaires reçus lors de la consultation des parties prenantes locales organisée par le développeur du projet
- ✓ Etape 2 : Le projet doit être validé par l'Entité Opérationnelle Désignée (EOD). L'EOD doit rendre public le descriptif du projet et l'ouvrir à commentaires pendant 30 jours.

- PARTIE 2 - LA COMPENSATION INSTITUTIONNALISEE

- ✓ Etape 3 : Le projet est enregistré définitivement après examen du rapport de validation par le Conseil Exécutif au plus tard 8 semaines après sa réception. Cet enregistrement permettra, par la suite la délivrance d'URCE.
- ✓ Etape 4 : une autre EOD vérifie les réductions d'émissions du projet et rédige un rapport de vérification qu'elle publiera. Le développeur rédige un rapport de surveillance des émissions du projet. A la suite du rapport de vérification, le Conseil Exécutif peut délivrer un volume d'URCE équivalent aux réductions d'émissions constatées.

L'élaboration d'un projet MDP peut être résumée par la *Figure 9* suivante :

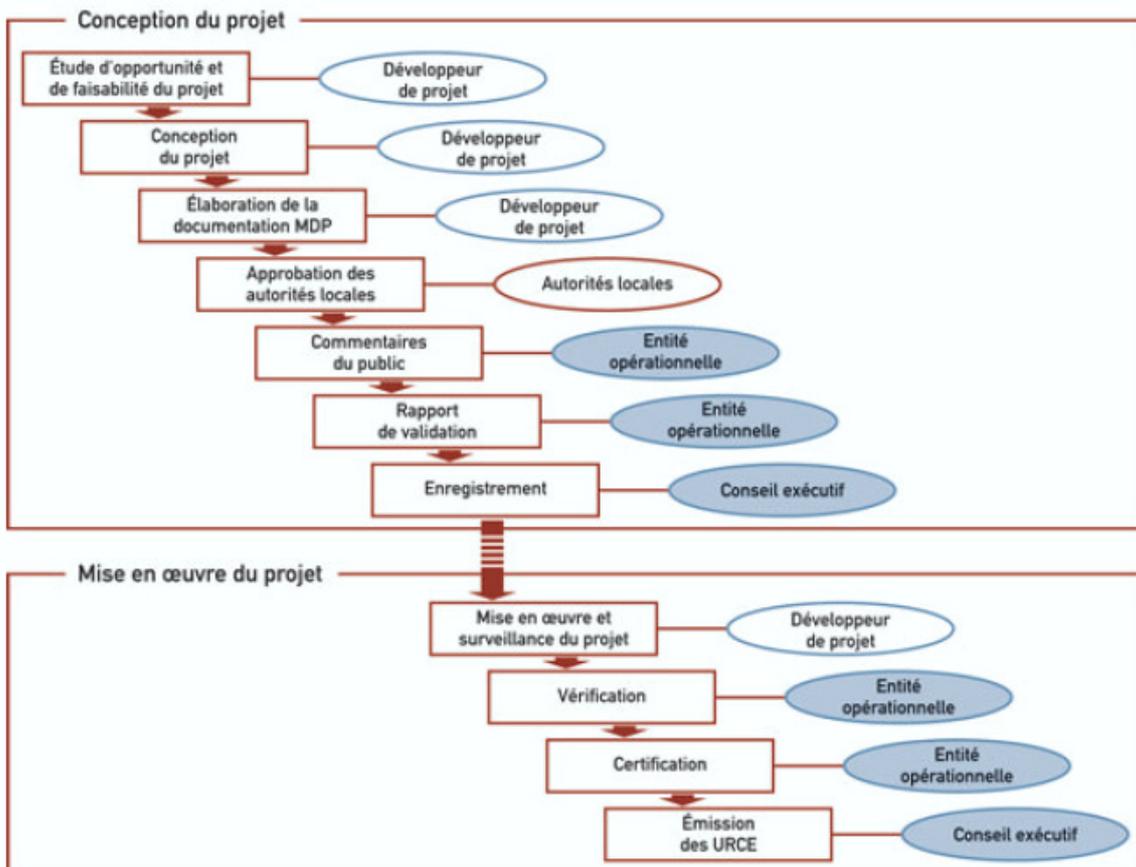


Figure 9: cycle du projet MDP

Le prélèvement d'une taxe obligatoire de 2% des URCE est prévu, sur chaque projet MDP enregistré pour alimenter un fonds d'adaptation, mis en place par le Protocole de Kyoto. Ce fonds a pour objectif de financer des projets d'adaptation aux changements climatiques, au profit des pays les plus vulnérables. Les projets MDP prévus dans les pays les moins avancés sont exemptés de cette taxe.

Répartition des URCE dans le monde

Comme nous pouvons le voir sur les graphiques (*Figure 10*) ci-dessous, plus de 75% des URCE attendues d'ici 2012 concernent l'Asie. La part de l'Afrique se limite à 5% des crédits projetés.

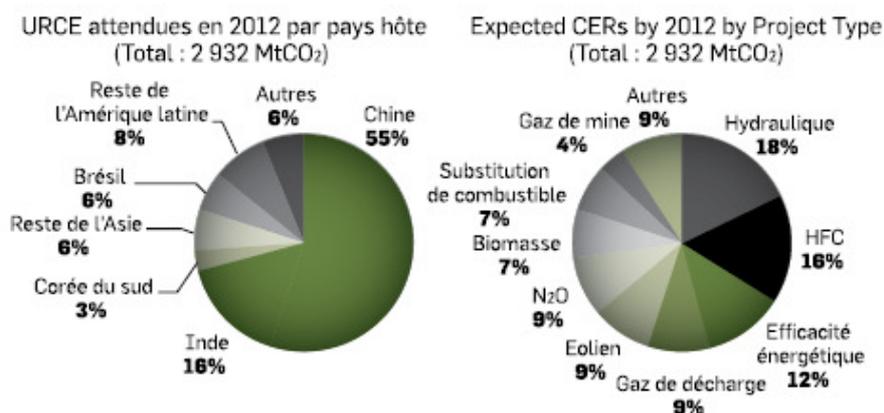


Figure 10 : Quantité de crédits MDP attendus d'ici 2012 par pays et par type de projet au 1er mai 2009

Le Tableau 1, ci-dessous, montre des projets MDP développés en partie par la France après enregistrement du Conseil Exécutif du MDP :

Date de délivrance de la lettre d'autorisation à participer au projet	Pays hôte et dénomination du projet	Secteur/Type de projet	Réductions d'émission annuelles moyennes 2008-2012
23/02/07	Inde (Rajasthan)	Industrie HFC	3 833 566
17/03/07	Bhoutan	ENR Hydro	524
01/06/07	Inde	Biogaz	31 966
01/06/07	Inde	ENR (cogénération bagasse)	63 934
16/08/07	Inde (Jamnagar)	Industrie Procédés	34 807
16/10/07	Maroc	ENR (solaire)	38 636
16/10/07	Maroc (Essaouira)	ENR éolien	156 026
26/12/07	Chine (Guangxi)	UTCF	25 795
02/04/08	Chine (Jiangsu)	Industrie HFC	8 411 432
02/04/08	Chine (Changshu)	Industrie HFC	10 437 249
02/04/08	Chine (Xiaogushan)	ENR (hydro)	312 891
02/04/08	Indonésie (Indocement Alternative)	Industrie Combustion	144 413
02/04/08	Indonésie (Indocement Blended)	Industrie Combustion	469 750
02/04/08	Guatemala (El Canada)	ENR Hydro	118 527
02/04/08	Afrique du Sud (Marianhill)	Gaz de décharge	68 833
02/04/08	Brésil (Lages)	Gaz de décharge	220 439
02/04/08	Colombie (Jepirachi)	ENR (éolien)	18 028
02/04/08	Philippines (Bangui Bay)	ENR (éolien)	56 788
03/03/08	Inde (Satyamaharshi)	ENR (biomasse)	22 968
02/04/08	Costa Rica (ACA)	ENR (hydro)	6 431
02/04/08	Brésil (Alta Mogiana)	ENR Biomasse	12 024
03/06/08	Inde (Surat)	Industrie HFC	2 802 150
02/06/09	Chine (Yangquan)	Méthane de mine (énergie)	2 136 174
02/06/09	Chine (Yangquan)	Méthane de mine (alimentation fours)	964 775
TOTAL			30 388 126

Tableau 1: liste de projets auxquels des entreprises françaises ont été autorisées à participer

2.1.3. Mise en Œuvre Conjointe (MOC)

Comme les MDP, ses règles et ses conditions ont été précisées par les accords de Marrakech.

Définition et objectif de la MOC

La MOC utilise les grands principes du MDP. Les projets entrepris dans le cadre de la MOC doivent être réalisés dans un pays de l'annexe I avec un autre pays de l'annexe I. Cette règle en fait une des principales distinctions du MDP. Les réductions d'émissions prises en compte dans le cadre d'un projet MOC entraînent le transfert de quantités attribuées du pays hôte vers le pays investisseur. Le pays hôte converti, sur son registre national, la partie de sa quantité attribuée équivalente à ses réductions d'émissions générées en Unités de Réduction des Emissions (URE). Pour chaque URE transférée et ajoutée aux quotas du pays récipiendaire, la quantité équivalente de quotas est annulée dans le pays hôte. Il n'y a donc pas de création de crédits carbone comme dans le cas du MDP. Il s'agit d'un jeu à somme nulle. Les projets MOC concernent les mêmes secteurs que les projets MDP. La *Figure 11*, ci-dessous, illustre le procédé MOC entre deux pays :

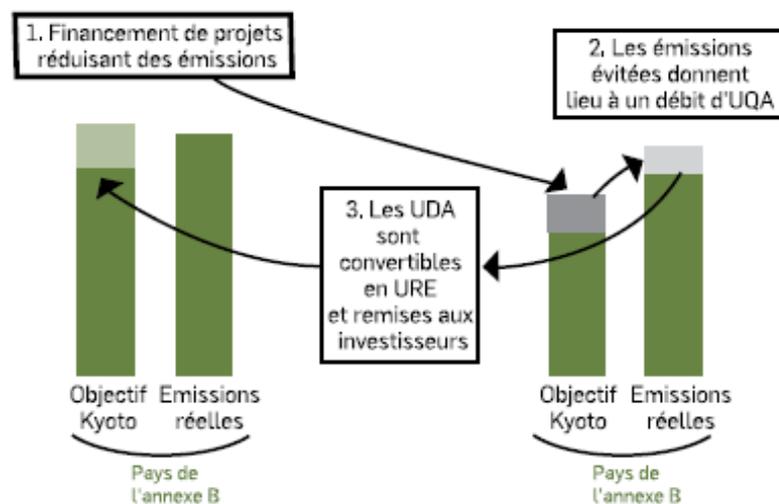


Figure 11 : principe du transfert des crédits MOC entre deux pays

Les UQA sont les allocations d'Unités de Quantité Attribuées aux pays de l'annexe B. Nous développerons ces points dans la partie suivante.

Conditions générales de fonctionnement de la MOC et de mise en œuvre

Le protocole de Kyoto impose quatre conditions :

- ✓ l'investisseur et l'hôte doivent avoir ratifié le Protocole de Kyoto ;
- ✓ ils doivent avoir calculé leur quantité attribuée ;
- ✓ ils doivent avoir mis en place un système national d'estimation de GES et réalisé les inventaires des émissions de GES ;
- ✓ le projet MOC doit aussi être additionnel.

Les étapes de la procédure de validation et d'enregistrement des projets MOC sont similaires à celles du MDP et sollicitent les mêmes intervenants.

Répartition des URE dans le monde

Une grande majorité de projets MOC sont mis en œuvre en Russie, en Ukraine et dans les pays d'Europe de l'Est. Néanmoins, d'autres pays ont commencé à en développer,

notamment l'Allemagne et la France. La *Figure 12* permet d'illustrer la répartition des projets dans le monde :

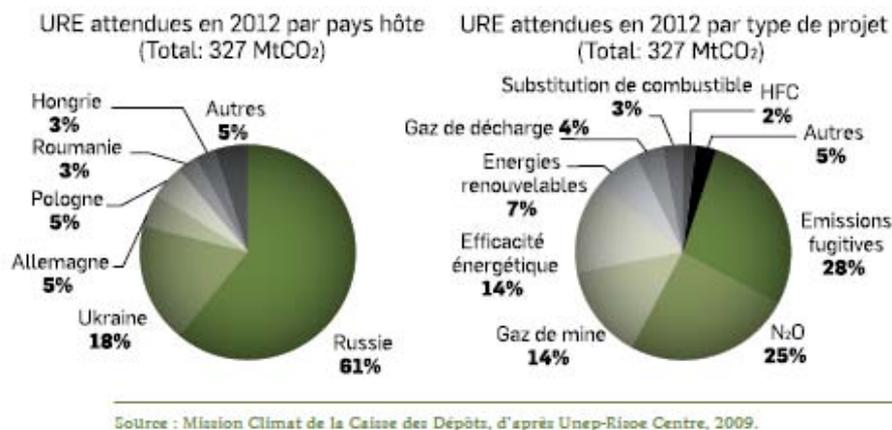


Figure 12: quantité de crédits MOC attendus d'ici 2012 par pays et par type de projet au 1er mai 2009

2.1.4. Le marché du carbone international

Celui-ci utilise exactement le fonctionnement d'un marché de plafonnement et d'échange tel qu'il a été décrit précédemment.

Principe

Ce marché s'appuie sur l'allocation d'Unités de Quantité Attribuées (UQA) aux pays de l'annexe B. Chaque pays a reçu en 2008 un nombre d'UQA correspondant à ses objectifs d'émissions entre 2008 et 2012 en vertu du Protocole de Kyoto. Depuis 2008, si les émissions réelles d'un pays sont supérieures ou inférieures à son objectif, le pays peut racheter ou revendre des UQA aux autres pays de l'annexe B. Ces pays peuvent s'échanger les UQA alloués, à condition de toujours posséder sur leur registre national au moins 90% des UQA qui leur sont affectées sur la période 2008-2012.

Le registre

Le secrétariat de la CCNUCC supervise le fonctionnement du marché via son registre, le journal international des transactions (ITL pour International Transaction Log). Chaque pays est tenu de créer un registre de ses gaz à effet de serre connecté à l'ITL. Ce registre est une banque de données standardisée et sécurisée. Il permet de gérer des émissions de GES, les quotas d'émissions et le système d'échange de ces quotas. La gestion du registre national est confiée à l'administrateur du registre. Celui-ci est désigné dans chaque pays. Cette personne garde et gère ce registre en accord avec les directives prescrites.

Attribution des allocations

Le nombre total d'UQA distribuées est largement suffisant pour couvrir les besoins, en raison du retrait des Etats-Unis du protocole. L'objectif de réduction de 5 % des émissions de GES des pays de l'Annexe B est réparti entre les pays suivant leur situation économique et

- PARTIE 2 - LA COMPENSATION INSTITUTIONNALISEE

leur potentiel de développement. C'est le «Burden Sharing», en français «partage du fardeau». Les pays de l'Est ont bénéficié d'objectifs très avantageux pour relancer leur économie. Ils ont donc reçu bien plus d'UQA que leurs émissions réelles. Ce surplus est appelé «air chaud» («hot air»). Le *Tableau 2* suivant présente les objectifs des Etats de l'annexe B et leur position par rapport à leur objectif :

Pays	Objectif Kyoto pour 2008-2012 (en %)*	Moyenne annuelle d'UQA reçues pour la période 2008-2012 (en millions)	Évolution des émissions observée en 2007 (en %)*	Distance à l'objectif (en %)
Union européenne à 15	- 8,0	3 937	- 4,3	3,7
Bulgarie	- 8,0	122	- 35,6	- 27,6
Estonie	- 8,0	40	- 47,5	- 39,5
Hongrie	- 6,0	116	- 23,5	- 17,5
Lettonie	- 8,0	24	- 54,7	- 46,7
Lituanie	- 8,0	44	- 49,6	- 41,6
Pologne	- 6,0	552	- 11,6	- 5,6
République tchèque	- 8,0	181	- 22,5	- 14,5
Roumanie	- 8,0	260	- 37,3	- 29,3
Slovaquie	- 8,0	66	- 35,9	- 27,9
Slovénie	- 8,0	19	11,6	19,6
Australie	8,0	598	30,0	22,0
Bélarus	- 8,0	117	- 38,0	- 30,0
Canada	- 6,0	563	26,2	32,2
Croatie	- 5,0	30	3,2	8,2
Islande	10,0	4	31,8	21,8
Japon	- 6,0	1 186	8,2	14,2
Liechtenstein	- 8,0	0	6,1	14,1
Monaco	- 8,0	99	- 9,3	- 1,3
Norvège	1,0	50	10,8	9,8
Nouvelle-Zélande	0,0	62	22,1	22,1
Russie	0,0	3 216	- 33,9	- 33,9
Suisse	- 8,0	49	- 2,7	5,3
Ukraine	0,0	925	- 52,9	- 52,9
Total hors Etats-Unis		12 258	- 10,4	
Etats-Unis	- 7,0	ne participent pas	16,8	23,8

* Par rapport à l'année de référence, généralement 1990.

Pays de l'UE, pays de l'Annexe B hors UE, pays n'ayant pas ratifié le protocole.

Source : CCNUCC.

Tableau 2: engagements des pays de l'annexe B et leur position en 2007 par rapport à leur objectif

Les allocations distribuées jusqu'à présent gratuitement deviendront payantes dans les prochains mois.

2.2. Le marché européen : SCEQE

2.2.1. Principe

Les 15 Etats qui étaient, en 1997, membres de l'Union européenne se sont collectivement engagés sur un objectif de -8 %, qui a ensuite été réparti pays par pays dans le cadre d'un «accord interne de répartition des efforts». L'UE étant l'entité légalement responsable du respect des objectifs du protocole de Kyoto, la Commission européenne a proposé en 2001 la création d'un instrument à l'échelle européenne, le Système Communautaire d'Echange de Quotas d'Emission (SCEQE) ou en anglais : the European

Union Emissions Trading Scheme (EU ETS). Ce marché européen d'échange de quotas de CO₂ a été créé pour aider les pays européens à respecter leurs engagements nationaux. Conçu pour être l'outil central de la politique européenne climatique, l'EU ETS a plafonné, à compter de 2005, les émissions de CO₂ des industries les plus émettrices de GES dans 25, puis 27 États membres.

2.2.2. Champ d'application

L'EU ETS plafonne de manière contraignante les émissions du seul CO₂ des principales installations industrielles des 5 secteurs suivants :

- ✓ la combustion (production électrique, chauffage urbain, cogénération et raffineries incluses) ;
- ✓ la production de métal (dont fer et acier) ;
- ✓ la production de ciment ;
- ✓ la production de verres ;
- ✓ la production de papiers.

D'autres industries sont concernées lorsque leurs installations de production d'énergie dépassent le seuil de 20 MW. Les quotas ont été distribués de la manière suivante (*Figure 13*):

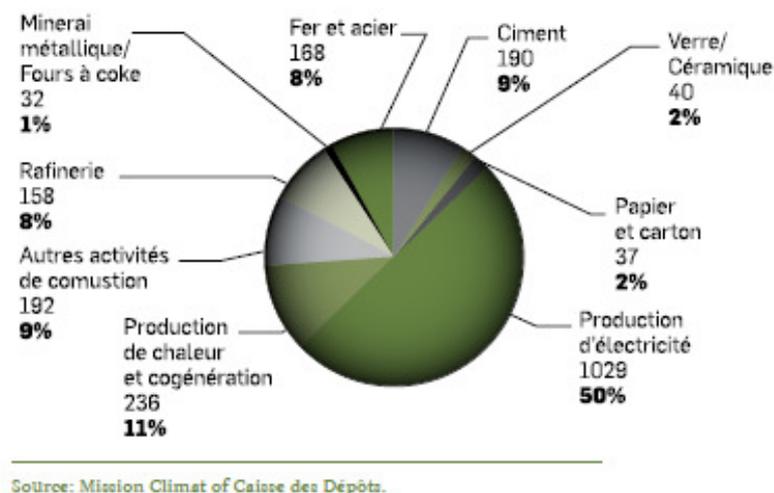


Figure 13: distribution des quotas aux installations industrielles couvertes par l'EU ETS en phase 1 (2005-2007) par secteur (en Mt et en % de l'allocation totale)

La réglementation ne s'applique ni aux secteurs ni aux sociétés, mais bien à chaque installation industrielle. Les installations industrielles plus modestes ne sont pas concernées afin d'éviter des coûts de conformité disproportionnés. Au total, les installations couvertes émettent approximativement 2 gigatonnes de CO₂ par an, soit environ 40 % des émissions européennes de GES. L'EU ETS définit pour chacune un plafond d'émissions sous la forme d'une allocation annuelle de quotas échangeables, chaque quota donnant le droit d'émettre une tonne de CO₂.

2.2.3. Cadre institutionnel

L'allocation s'effectue au niveau national sur la base du Plan National d'Allocation de Quotas (PNAQ). Ainsi, chaque Etat membre définit la façon dont il alloue les quotas. Ces PNAQ sont vérifiés et amendés par la Commission européenne. La conformité de chaque installation avec l'EU ETS est vérifiée chaque année au 30 avril. Les installations couvertes doivent fournir à la Commission européenne suffisamment de quotas pour couvrir les émissions de l'année précédente. Ainsi, une année pour les installations couvertes par l'EU ETS se déroulera de la manière suivante (*Figure 14*) :

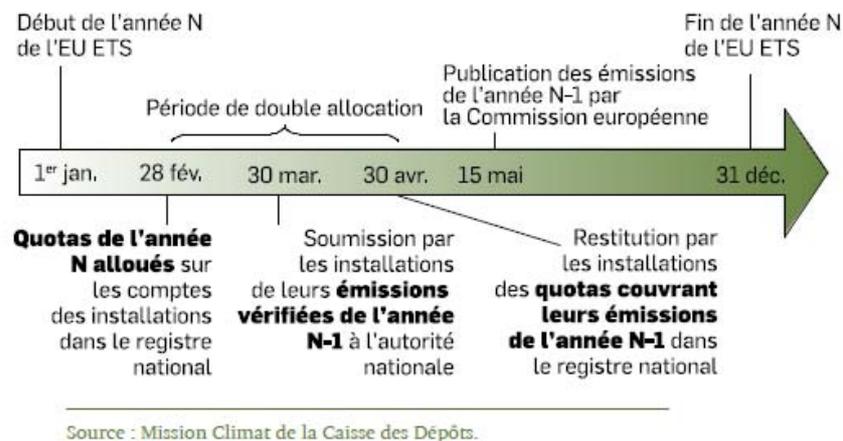


Figure 14: calendrier institutionnel pour les installations couvertes par l'EU ETS

Une entreprise qui a besoin de quotas peut en acquérir sur le marché. A l'inverse, une entreprise disposant d'un surplus de quotas peut en revendre. Les réductions d'émissions seront dès lors mises en œuvre là où elles sont les moins coûteuses. Les transactions entre acheteurs et vendeurs ont lieu en bilatéral, par l'intermédiaire d'un professionnel, ou encore sur une bourse, un portail électronique publiant les prix et les volumes échangés. Nous décrirons ces plates-formes d'échange ultérieurement.

L'EU ETS a créé son propre registre central européen. Il fonctionne de la même manière que celui du marché international. Il est tenu par la Commission européenne : le journal indépendant des transactions communautaires, soit le CITL pour Community Independent Transaction Log. Le CITL rassemble toutes les informations des registres nationaux des Etats membres, et est constamment mis à jour grâce au dialogue permanent entre registres nationaux et CITL. Les registres nationaux et le CITL sont de plus connectés au Journal international des transactions (ITL) établi par la CCNUCC.

2.2.4. Mise en œuvre par phases

L'EU ETS a été établi sur trois périodes :

- ✓ La phase 1 (2005-2007) peut être considérée comme une phase test. Elle devait permettre d'harmoniser les règles d'allocation et d'établir un prix réel du carbone.
- ✓ La phase 2 (2008-2012) visait à appliquer le Protocole de Kyoto.
- ✓ Une troisième phase (2013-2020) renforcera le système en vue de réduire de 20% les émissions de gaz à effet de serre en 2020 par rapport à 1990.

Les trois premières années de fonctionnement ont permis d'en tirer des enseignements. Le PNAQ phase 2 a ainsi harmonisé les règles d'allocation en fixant des plafonds plus stricts. Le carbone a maintenant un prix réel.

2.2.5. Quantité de quotas affectée

Les Etats membres fixent la quantité globale de quotas qui sera affectée aux installations établies sur leur territoire et visée par la directive. Les quotas d'émission de la France étaient de 156,5 M teq CO₂/an de 2005 à 2007. Ils sont passés à 132,8 pour la deuxième phase, soit une baisse de 15 %.

La commission Européenne applique la formule suivante au cas de la France :

$$\begin{aligned} \text{Montant de quotas PNAQ 2} &= \text{Emissions déclarées de 2005} \times \\ &\quad \text{Taux de croissance prévus entre 2005 et 2010} \times \\ &\quad \text{Taux d'évolution de l'intensité CO}_2 \text{ du PIB} \times \\ &\quad (1 - 0,025) \\ &\quad + \text{Extension du périmètre} \\ &= (131,25 + 0,015) \times \\ &\quad (1,022 \times 1,023 \times 1,021 \times 1,0226 \times 1,0226) \times \\ &\quad (227,2 / 254,2) \times \\ &\quad (1 - 2,5\%) \\ &\quad + 5,1 \\ &= 127,7 + 5,1 \text{ Mt CO}_2 / \text{an} \\ &= 132,8 \text{ Mt CO}_2 / \text{an} \end{aligned}$$

Le taux d'effort correspond à l'amélioration de l'intensité en CO₂ du Produit Intérieur Brut prévue entre 2005 et 2010 majoré de 2,5% pour tenir compte de l'accroissement probable des efforts collectifs d'économie d'énergie et les changements technologiques probables d'ici 2012.

Il peut être intéressant de donner l'exemple de la papeterie Norske Skog, située à Golbey. Elle s'est vue attribuée une allocation de 28709 Teq CO₂ pour l'année 2009. Or, elle n'a produit que 50% de cette allocation. Elle peut donc revendre ce surplus de quotas sur le marché européen.

2.2.6. Evolution du prix du carbone

Pendant la première phase, le marché Européen s'est fortement développé en termes de volumes négociés et d'infrastructures. Un prix effectif a fini par émerger sur ce marché, reflétant l'équilibre entre offre et demande. La *Figure 15*, ci-dessous, montre l'évolution du prix du carbone depuis le lancement de l'EU ETS :



Figure 15: évolution du prix du carbone depuis le lancement de l'EU ETS

Les surplus de quotas en phase 1 ont provoqué la chute du prix à zéro en 2007. La stabilité des prix en phase 2 reflète la pénurie anticipée par les acteurs du marché à la suite de décisions politiques. L'entrée en récession de l'industrie européenne a également provoqué une baisse brutale des prix du carbone à la fin de l'année 2008. Mais la possibilité de mettre en réserve les quotas entre les phases 2 et 3 ont permis au marché de trouver un nouvel équilibre, avec des prix supérieurs à 13 €/tonne à la fin du mois d'avril 2009. Les grands secteurs industriels et acteurs financiers considèrent que le carbone n'est plus gratuit en Europe, et qu'il a vocation à rester onéreux. Il s'agit là d'une grande avancée.

2.3. Vers un marché mondiale

Le rattachement de l'EU ETS au marché international des crédits Kyoto a accéléré la mise en œuvre des projets MDP dans les pays en développement et a favorisé des réductions supplémentaires d'émissions dans le cadre des projets MOC. Le développement du marché européen du carbone a constitué la première expérience empirique de rattachement de différents marchés du carbone, et a permis de tirer des enseignements particulièrement utiles pour déterminer comment incorporer ces rattachements dans les futurs accords climatiques. L'EU ETS est un véritable système multinational.

Le choix d'un système d'échange de quotas opéré par l'Europe a créé un exemple difficile à ignorer dans les futures négociations internationales sur le climat. L'EU ETS contribuera probablement à définir un futur système mondial. Celui-ci serait bien plus crédible en effet si les nouveaux engagements pris par les Etats reposaient, pour partie du moins, sur des contraintes imposées à leurs industriels. Il sert déjà de référence pour l'élaboration de programmes régionaux et nationaux.

3. MODES DE TRANSACTIONS

3.1. Les échanges gré à gré

Il s'agit des échanges directs entre l'acheteur et le revendeur de crédits qui est le porteur du projet. Les échanges ne sont pas standardisés et les ventes sont à la discrétion des deux parties. Pour faciliter ces échanges, les registres nationaux ainsi que le journal européen des transactions publient sur leurs sites les informations relatives aux comptes ouverts, ainsi que leurs détenteurs.

3.2. Les échanges intermédiés

Un intermédiaire met en relation un acheteur et un vendeur de quotas. Il offre des conditions de prix et de quantité satisfaisantes pour les deux parties. L'intermédiaire se rémunère sur la base d'une commission de transaction. Ce courtier est amené à prendre des positions en achetant les actifs pour lequel il est intermédiaire. Le prix auquel a eu lieu l'échange reste confidentiel, de même que les quantités échangées.

3.3. Plate-forme d'échange de quotas

Une plateforme de marché réunit l'ensemble des membres acheteurs ou vendeurs de quotas et confronte leurs ordres d'achat ou de vente de quotas. Cette plateforme de marché est une bourse électronique centralisée où se confrontent ordres d'achat et de vente de quotas. Elles ont pour principale fonction de contribuer à la fluidité du marché et doivent offrir plusieurs avantages à leurs clients :

- réduction des coûts de transaction ;
- réduction des risques de contrepartie ;
- garantie de l'anonymat des intervenants ;
- rapidité d'exécution des transactions.

Plateforme et registres sont intimement liés. En effet, les registres sont directement liés électroniquement à la plateforme lors de la transaction. Ainsi, les transferts ont lieu en temps réel et apparaissent directement sur le registre.

Plusieurs plateformes comme Bluenext, EEX, Powernext sont en concurrence.

- PARTIE 3 - LA COMPENSATION VOLONTAIRE

1. PETIT HISTORIQUE

La compensation institutionnalisée a donné l'idée à des organismes non soumis à ces lois de « réduire » l'impact de leurs émissions par le biais de la compensation carbone. En effet, les particuliers, entreprises, organisateurs d'événements ou toute autre organisation peuvent eux aussi mener à bien des projets de compensation ou juste en soutenir, pour se donner une bonne image, ou par pur souci de préservation de la planète.

Ce mouvement a débuté en 1989 avec l'électricien américain AES Corp. L'entreprise a eu l'idée d'entreprendre des opérations en interne : monter un projet de plantation et mesurer la séquestration de CO₂, afin de pouvoir afficher la «neutralité carbone» de sa nouvelle usine.

En 1991, l'association allemande Primaklima qui met en place des programmes de plantation est la première à proposer aux entreprises intéressées d'externaliser la mise en œuvre de ces projets.

Après la signature des accords de Kyoto en 1997, deux entreprises et deux associations emboitent le pas de Primaklima, les entreprises britanniques : The Carbon Neutral Company et Climate Care, l'association américaine : National Carbon Offset et une australienne : Greenfleet. Tous ces prestataires spécialisés sont appelés des «opérateurs de compensation volontaire» et remplissent un rôle de distributeur : au niveau du projet, ils structurent, financent et accompagnent les réductions d'émissions et au niveau du client, ils organisent la demande en compensation. Pour résumer, les opérateurs de compensation volontaire assurent le lien entre le producteur, c'est-à-dire le porteur du projet qui réduit les émissions et le client qui souhaite compenser ses émissions.

Après ces cinq pionniers, on va compter chaque année trois ou quatre nouveaux opérateurs jusqu'en 2005.

La deuxième vague commence en 2005 avec une flopée de nouveaux opérateurs dont six en France. La quantité de crédits échangés volontairement chaque année décolle et le phénomène sort des limites anglo-saxonnes pour s'étendre fortement vers l'Europe continentale.

Depuis 2007, on assiste à un mouvement de «consolidation» de l'offre de compensation volontaire. Le secteur bancaire vient s'y mêler que ce soit par le rachat de prestataires existants (JP Morgan a par exemple racheté le pionnier britannique Climate Care) ou par le développement d'une activité de compensation en interne (comme Merrill Lynch et Orbéo, filiales respectives de la Société Générale et de Rhodia). Cela entraîne une montée en puissance des labels de qualité ou «standards volontaires». De plus, les associations et entreprises «opérateur» se sont développées : elles sont passées d'une dizaine d'employés tout au plus à une cinquantaine. Les opérateurs ne sont d'ailleurs plus forcément les seuls intermédiaires entre le projet et le client, quelques autres intermédiaires ont réussi à trouver leur place en se spécialisant sur certaines étapes de la chaîne de production.

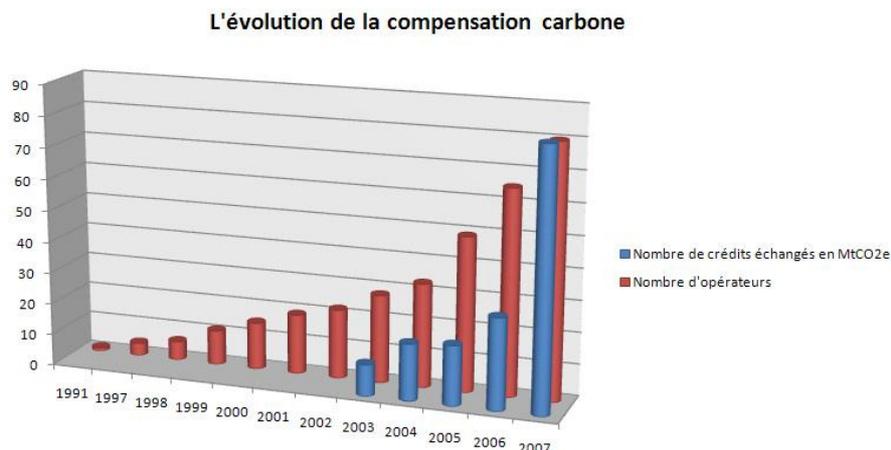


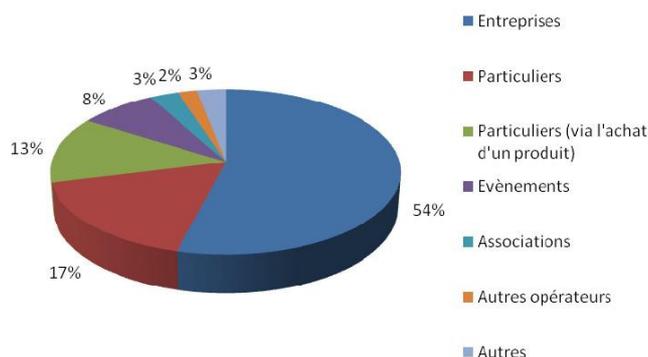
Figure 16 : Evolution de la compensation carbone au fil des années

Ce graphique (*Figure 16*) met en évidence cette évolution et montre bien qu'après une vingtaine d'années, la compensation carbone volontaire s'est structurée en un véritable marché bien organisé.

2. LE FONCTIONNEMENT SIMPLIFIE

Comme nous l'avons vu, il est plus simple de passer par un opérateur intermédiaire pour faire de la compensation volontaire, et c'est ce qui est très souvent le cas. Tous ces opérateurs ont développé un site Internet sur lequel ils présentent les projets qu'ils financent ainsi que leurs différents services. Ils ont tous un calculateur d'émissions destiné principalement aux particuliers qui veulent compenser un voyage en avion, une construction ou des petites consommations. Ainsi un particulier pourra choisir son projet et le financier directement via sa carte bancaire. Mais évidemment, la plus grosse partie du site est dédiée aux entreprises à qui est proposée toute une gamme de services pour entreprendre une démarche de compensation ou de neutralité carbone : mesure plus poussée des émissions, mise en œuvre de réductions dans le périmètre de l'entreprise, achat de compensation et communication sur la démarche. Ces dernières ne passent pas toujours par un opérateur, elles peuvent trouver des crédits de compensation auprès de fonds d'investissements, de courtiers d'échanges ou directement sur un marché du carbone (- PARTIE 3 - 4).

Voici un graphique (*Figure 17*) qui montre la part que représente chaque type d'acteurs sur le marché de la compensation carbone. On voit bien que les opérateurs ont raison de réserver une partie conséquente de leur site Internet aux entreprises.



Source : Note d'étude de la mission climat de la caisse des dépôts de septembre 2007

Figure 17 : Les acteurs de la compensation volontaire

2.1. Pour un particulier

La première étape pour un particulier est de savoir ce qu'il va compenser et en quelle quantité. Il peut facilement réaliser cette étape utilisant le calculateur d'un site Internet de calcul d'émissions (le plus sûr étant celui de l'ADEME, l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie : <http://www.calculateurcarbone.org/>).

La deuxième étape est de réduire ses émissions. En effet, avant de penser à une compensation carbone il faut d'abord réduire à la source les émissions de CO₂.

Enfin, la troisième étape est la compensation carbone, le plus simple et le plus courant est de faire une veille pour trouver l'opérateur le plus adapté à ses attentes (en surfant sur le net). Ensuite il faut étudier les projets proposés, en choisir un et acheter des crédits carbone pour financer le ou les projet(s) choisi(s). Ce paiement se fait généralement directement par le biais du site Internet de l'opérateur avec une banale carte de crédit.

2.2. Pour une entreprise ou une association

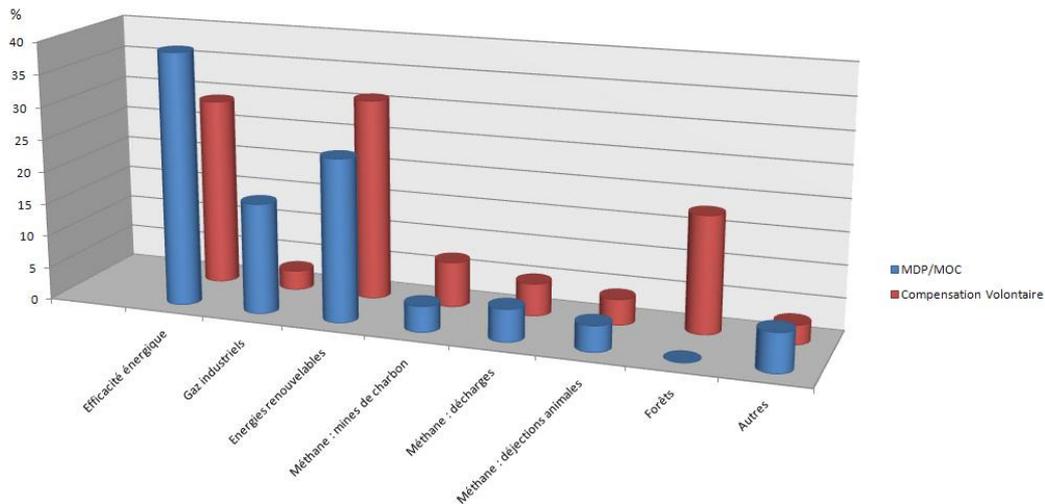
Les étapes sont les mêmes que pour le particulier, seuls les outils changent. Pour la première étape, un calculateur ne peut pas suffire, il faut passer par une voie plus standardisée comme le Bilan Carbone ® ou un calcul plus approfondi à partir du GHG Protocol. Pour ces outils, se reporter à la - PARTIE 3 - 7. La deuxième partie passe par une communication en interne des résultats visant à mobiliser du personnel pour trouver des axes de réduction et se fixer des objectifs (à court, moyen et long terme). Le passage à l'acte se fait soit par un opérateur, soit directement avec les bourses.

3. LES DIFFERENTS TYPES DE PROJETS

Pour compenser ses émissions de GES, différents types de projets peuvent être mis en place. Les principaux sont ceux d'énergies renouvelables. Ce sont des champs d'éoliennes, des barrages hydrauliques, etc. Il y a toutes sortes d'autres projets comme l'utilisation de carburants plus propres, les réductions de consommations d'énergie, les réductions de méthane, réductions de fuites de HFC dans la production de froid, la valorisation de déchets...

La *Figure 18*, ci-dessous, montre comment les différents types de projets sont répartis sur les marchés du carbone :

- PARTIE 3 - LA COMPENSATION VOLONTAIRE



SOURCE : Banque mondiale, Ecosystem Marketplace, New Carbon Finance

Figure 18 : Origine des projets, comparaison MDP/MOC et compensation volontaire

Deux choses sont à retenir : les énergies renouvelables sont les leaders et les projets forestiers sont absents du marché institutionnalisé.

La seconde (Figure 19) présente les pays où sont montés les projets : les pays du tiers monde et en voie de développement sont majoritaires, ce qui implique une part de social importante dans les projets.

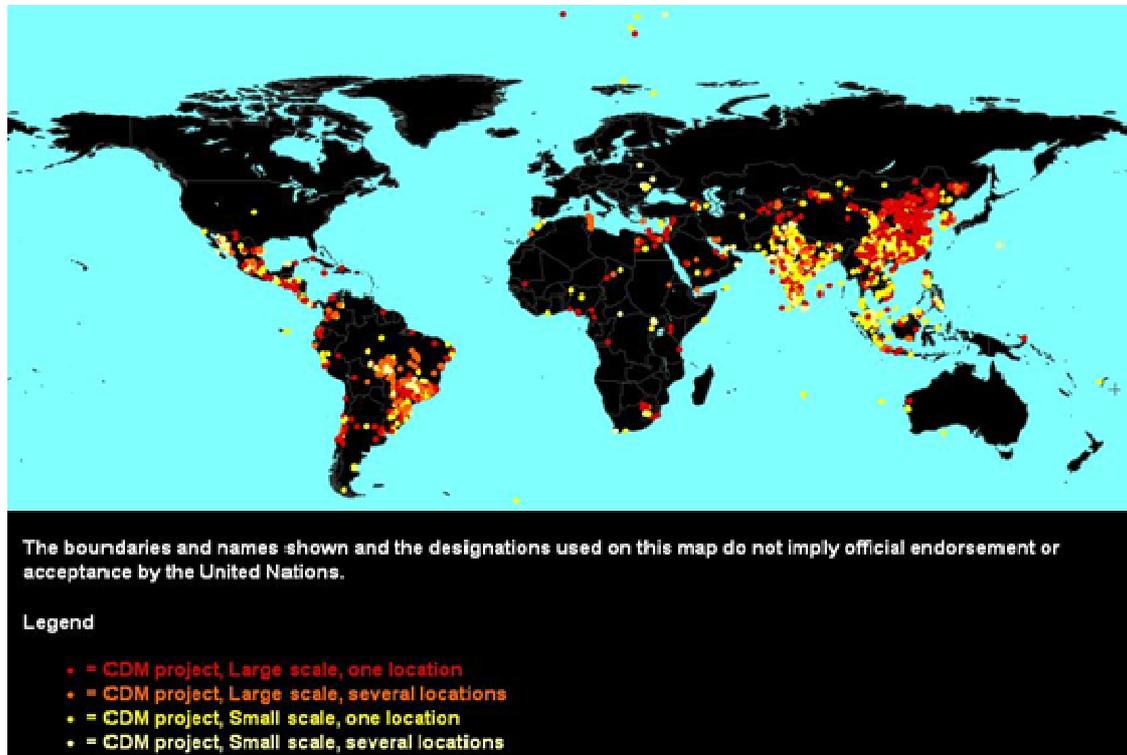


Figure 19 : Lieu d'application des projets enregistrés de compensation carbone

Etant étudiants à l'ENSTIB, nous avons choisi de nous attarder sur les projets « bois et forêts » qui émergent.

La forêt nous permet de lutter contre le réchauffement climatique grâce au comportement phototrophe des arbres qui absorbent du carbone sous forme de CO₂. L'arbre stocke donc de plus en plus de carbone tout au long de sa vie et n'en rejette qu'une infime partie. C'est ce que l'on appelle un puits de carbone. L'arbre devient une source de carbone lors de sa décomposition naturelle ou de sa combustion : il rejette tout le carbone alors stocké dans l'atmosphère et la lithosphère. La forêt a donc la capacité de retenir le carbone à la fois dans la biomasse vivante, dans les matières organiques et les sols. Cette fonction de stock de carbone est assurée dans une forêt en équilibre car les arbres morts ou coupés sont sans cesse renouvelés par de nouveaux. C'est le cas des forêts gérées durablement. Ce cycle de régénération naturelle permet de stocker une quantité constante de carbone. Dans le cas d'une jeune forêt, nous avons à faire à un puits de carbone puisque ce stock augmente. Au contraire, dans le cas d'un feu de forêt ou d'une déforestation, nous sommes devant des sources de carbone car la forêt en libère plus qu'elle n'en absorbe. De plus, les produits bois, dans lesquels est stocké du carbone peuvent se substituer aux énergies fossiles ou à des matériaux énergivores et ainsi éviter un surplus d'émissions de GES (à condition bien sûr, qu'ils proviennent de forêts durablement gérées).

Il existe 5 projets forestiers (*Figure 20*) qui portent sur l'ensemble de la filière bois :



Figure 20 : Les projets forestiers

3.1. Les projets à l'amont de la filière bois

REDD : Les projets de Réduction des Emissions dues à la Déforestation et la Dégradation des forêts

Il faut d'abord comprendre pourquoi la lutte contre la déforestation est importante avant de voir comment ces projets peuvent entrer en action. D'après L'ONF (Office National des Forêts) Internationale, la définition de «déforestation» est : «La déforestation consiste en la conversion de «terres forestières» en «terres non forestières» sous l'effet de l'action anthropique». La combustion ou la décomposition des arbres qui subissent la déforestation libèrent du carbone, stocké vers l'atmosphère qui entraîne des émissions importantes de GES. D'après cette même source, la déforestation d'un hectare de forêt tropicale humide transformé en champs cultivés peut entraîner l'émission de 592 téq. CO₂. Si on parle de «dégradation» des forêts et non de déforestation, on fait allusion à des forêts non gérées durablement. Elles peuvent aussi entraîner des émissions de GES si l'on dépasse la capacité de renouvellement de la forêt (en prélevant trop de biomasse).

La lutte contre la déforestation et la dégradation des forêts par les projets REDD se traduit par des actions de conservation ou des activités permettant de lutter contre les causes de ces phénomènes. On peut ainsi mettre en place des aires protégées ou monter des projets de reboisement, d'intensification de l'agriculture, de gestions sylvicoles durables, d'amélioration de l'efficacité énergétique de foyers, etc. On distingue deux grands types de projets REDD. Ceux dits «mosaïques» qui agissent à plusieurs endroits, comme dans le cas de l'agriculture sur brûlis et les projets dits «frontières» qui agissent eux sur un front principal.

AR : Afforestation and Reforestation : Les projets de boisement et de reboisement

On appelle boisement et reboisement la conversion de terrains considérés comme «non-forêt» en forêt. Dans le cadre de la CCNUCC, la différence entre boisement et reboisement porte sur la période pendant laquelle le terrain n'a pas porté de forêt. Ainsi, on parle de boisement lorsque le terrain n'a pas porté de forêt depuis plus de cinquante ans, et de reboisement dans l'autre cas. Les projets AR ont pour objectif de développer les activités traditionnelles engendrées par la présence de forêts comme la production de bois. Ils ont aussi vocation à augmenter les stocks de carbone contenus dans la biomasse et dans le sol.

IFM : Improved Forest Management : Les projets d'amélioration de la gestion sylvicole

Les projets IFM mettent en place de meilleures pratiques sylvicoles afin de réduire l'impact et les émissions des activités d'exploitation et d'accroître les stocks de carbone au sein de la zone couverte par le projet. Parmi les activités mises en œuvre on trouve notamment :

- ✓ Le passage d'un mode d'exploitation forestière conventionnel à un mode d'exploitation de faible impact voire, au mieux, une gestion durable ;
- ✓ La mise en conservation d'une forêt exploitée précédemment ;
- ✓ L'augmentation du délai entre les coupes.

3.2. Les projets de l'aval de la filière forêt-bois

Il existe deux types de projets à l'aval de la filière forêt-bois. Le premier concerne les projets liés à l'utilisation des produits bois et répondent à une logique industrielle propre. L'autre concerne la biomasse énergie, puisque l'utilisation de bois comme source d'énergie est quasiment neutre vis-à-vis du climat.

Les projets liés à l'utilisation des produits bois :

On tend à promouvoir les produits bois car, d'un côté ils continuent à stocker le carbone contenu dans l'arbre de départ plus ou moins longtemps en fonction du produit. D'après le GIEC, un m³ de produit bois permet de stocker, en moyenne 1 teq.CO₂. D'un autre côté, ils se substituent à des produits qui ont besoin de beaucoup plus de combustibles fossiles pour leur fabrication. En effet, des produits comme l'aluminium, le béton ou le ciment sont beaucoup plus voraces en énergies fossiles.

Des méthodologies sont en cours de développement pour ces projets.

Les projets de biomasse énergie :

Contrairement aux combustibles fossiles (fuel, gaz...), la combustion de la biomasse est neutre vis-à-vis du CO₂. Cette affirmation est à prendre avec précaution : il faut que la biomasse provienne de forêts gérées durablement. Dès lors, la quantité de bois brûlé est équivalente à celle absorbée par la forêt en croissance. De plus, on évite des énergies fossiles, donc des émissions de GES importantes.

Les projets sont tout simplement des installations de systèmes de chaleur (industriels ou domestiques) ainsi que des réseaux de chaleur et des projets de cogénération.

4. LES MECANISMES DE LA COMPENSATION VOLONTAIRE

Pour compenser volontairement ses émissions de carbone, il existe plusieurs marchés volontaires (VER- Voluntary Emission Reduction) qui sont conçus sur le modèle des standards d'origine mais avec des règles plus flexibles. En effet, 93% des crédits échangés sur le marché volontaire étaient labélisés en 2009. Ceci vient du fait que les particuliers veulent s'assurer d'un certain sérieux et d'une garantie sur leur «achat» de compensation carbone. Un label est une certification apposée sur les projets par un organisme privé ou public qui assure le respect d'un cahier des charges. Comme nous l'avons vu dans la partie précédente (- PARTIE 2 - 2.1.2), le plus gros label dans le monde est le MDP (Mécanisme pour un Développement Propre) de la CCNUCC. Seulement, ses procédures sont très contraignantes tant sur le terme économique que sur la durée. Il est donc leader de la compensation institutionnalisée mais n'est représenté qu'à 0,4% sur le marché volontaire. Les labels présents sur ce marché sont dotés d'un cahier des charges qui s'inspire énormément du MDP mais qui est plus flexible. Ces libertés sont permises grâce à deux grands atouts du marché volontaire. Le premier est une gouvernance plus simple : les labels ont une réactivité décisionnelle plus forte. Le second avantage du marché volontaire est sa petite taille : il traite 250 millions d'euros contre 15 milliards pour le MDP en 2009. Les conséquences économiques et environnementales sont donc moindres, c'est donc un bon « terrain d'essai ». Néanmoins, les prix sont assez flous : la tonne équivalente de carbone dépend du standard utilisé et peut varier du simple au quadruple (elle est, en général, comprise entre 5 et 20 €). Sur ce marché, les transactions font l'objet d'accords contractuels, généralement conclus de gré à gré entre des porteurs de projets et des demandeurs de crédits. On parle alors de marché Over The Counter (OTC) qui réunit de nombreux intermédiaires. On retrouve aussi des marchés qui s'organisent autour de plates-formes de marchés, ce sont les standards du marché volontaire. Un standard est un label qui permet de certifier les projets forestiers et les crédits qui en sont issus. Ainsi chaque standard utilise des technologies qui lui sont propres.

4.1. Les transactions

Il existe trois types de transactions possibles qui sont les mêmes que pour le marché institutionnalisé : les échanges gré à gré, les échanges intermédiés et les échanges organisés via une plate-forme de marché. (- PARTIE 2 - 3)

4.2. Les différents types de standards

Rappelons tout d'abord qu'un label est une certification apposée sur les projets par un organisme privé ou public qui assure le respect d'un cahier des charges et qu'un standard est un label qui permet de certifier les projets et les crédits qui en sont issus.

Les standards sont divisés en trois grandes catégories :

- ✓ **Les standards de compensation carbone à part entière** : Ce sont des standards de comptabilité des émissions, de suivi de projet, de vérification et de certification. De plus, ils ont un mécanisme de registre et de système de mise en application.
- ✓ **Les standards de montage de projet** : Ils ont les mêmes caractéristiques que les standards à part entière à l'exception du registre. De plus, ils n'aboutissent pas à une certification. Ils sont utiles pour la première phase, lors du montage de projet. Cependant, le monteur doit ensuite passer par un standard à part entière pour certifier et enregistrer les réductions d'émission.
- ✓ **Les protocoles de comptabilité** : Ce sont des sortes de «normes» qui définissent la manière de comptabiliser les émissions (et leurs réductions). La différence entre protocole et standard est comparable à celle entre loi et norme : tout comme cette dernière, le protocole ne donne pas de valeur à atteindre et le standard peut s'appuyer sur le protocole pour donner ses obligations.

4.3. Les standards eux-mêmes

4.3.1. Présentations générales des plus courants

Le Label Gold Standard : Ce label a été créé en 2003 par une fondation suisse à but non lucratif du nom de « Gold Standard » et avec la participation de WWF, SSN et Helio international. Elle est actuellement soutenue par plus de 60 ONG. Son but est de créer un label : le « label Gold Standard » qui offre une méthodologie claire et stricte sur la base du MDP pour des projets institutionnalisés ou volontaires. C'est un label d'échanges de crédits carbone de haute qualité, ses exigences vont plus loin que celles du MDP ou d'un projet de compensation carbone requis par la CCNUCC. En effet, même pour les petits projets, il impose le critère d'additionnalité (- PARTIE 2 - 2.1.1).

Le standard VCS : Ce standard dit Voluntary Carbon Standard aspire à devenir le standard de référence du marché volontaire. Il a été lancé en 2007 et ses créateurs sont :

- The Climate Group (TGC)
- The International Emission Trading Association (IETA)
- The World Economic Forum Global Greenhouse Register (WEF)
- Diverses ONGs
- Des cabinets d'expertise
- Des associations d'industriels, de développeurs de projets et de clients de la compensation

Il a été mis à jour 2 fois par an les deux premières années et est maintenant revu une fois tous les deux ans. Il est géré par l'association VCS à but non lucratif basée en Suisse.

Il accepte tous les types de projets sauf les nucléaires, les installations de HCFC-22 et la déforestation évitée.

Le Climate, Community and Biodiversity Standards (CCBs) : Il a été créé par le CCBA : Climate, Community and Biodiversity Alliance, qui est composé de partenariats d'ONGs et de corporations et d'instituts comme «CARE» ou même « Sustainable Forest Management ». Le CCBA est constitué de 13 membres. Le standard CCBs a été lancé en 2007. Il est financé par les contributions des membres et des subventions de fondations. Ce standard ne certifie pas de projets. Il est utile au monteur de projet dans la première phase du projet. De plus, il ne mesure pas les réductions de CO₂ : c'est un standard de montage de projet.

Il accepte les projets UTCF (Utilisation de terres, leurs changements et la forêt : plantations d'arbres, reforestation et déforestation évitée).

Le Chicago Climate Exchange (CCX) : Créé en 2003, ce standard laisse place à un marché qui est une véritable bourse où s'échange des unités de GES. Des objectifs de réductions sont imposés aux signataires. Si ces derniers ne les atteignent pas, ils peuvent passer par une plateforme de marché CCX dans le but d'acheter des crédits carbone CFI. Ces derniers étant revendus par des entreprises n'ayant pas atteint leur limite d'émission. Ainsi se met en place un système d'achats et de ventes.

Ce standard a vu le jour au cours de recherches sur la faisabilité et la viabilité de projets volontaires. Il compte à ce jour plus de 400 membres. Il est financé par les frais d'enregistrement des projets et d'adhésion annuelle des membres.

Il accepte les projets d'énergies renouvelables et efficacité énergétique, destruction du HFC-23 sauf des installations de HCFC-22, capture du méthane, reforestation et déforestation évitée et pratiques agricoles.

Le système du Plan VIVO : C'est un ensemble de standards utilisés pour des projets de Paiement pour Services Environnementaux (PSE) et délivre des crédits VER ex-ante. Il s'applique à des projets mis en œuvre dans les pays en développement et permet de développer des projets de boisement et d'agroforesterie, de conservation des forêts, de restauration et de déforestation évitée. Il est utile pour les petits projets UTCF. Ce standard promeut le Développement Durable et l'amélioration de vie des locaux et des écosystèmes. Il prêche l'étroite collaboration avec les communautés rurales : L'aspect humain est très important pour ce standard. Il certifie les réductions futures. Ce standard a été développé par des fonds anglais avec la collaboration de l'Edinburgh Centre for Carbon Management (ECCM), l'université d'Edinburgh et El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur). C'est le Plan Vivo (association à but non lucratif) qui est à la base de ce projet. Cette association lutte contre les changements environnementaux et se préoccupe énormément des conditions de vie de l'homme. Le lancement date de 1994 dans le cadre d'un projet de recherches dans le sud du Mexique.

Il accepte les projets UTCF : Utilisation des terres, leurs changements et la forêt : plantations d'arbres, reforestation, déforestation évitée.

Le Voluntary Offset Standard (VOS) : Ce standard a été créé par INCIS (International Carbon Investors and Services). C'est une association à but non lucratif de grandes compagnies d'investisseurs qui fournissent des investissements liés au carbone. Il a été lancé en 2007 et comptait 26 membres dont «Barclay Capital» ou même «Fortis». Son financement est relayé par les frais d'adhésion des membres et dans le futur, par les frais d'émissions de crédits standardisés VOS.

- PARTIE 3 - LA COMPENSATION VOLONTAIRE

Le VOS n'est pas un standard à part entière mais il accepte le label Gold Standard pour les crédits VERs et les projets qui sont conformes à la méthode MDP. Il approuve les projets d'Energies renouvelables et efficacités Energétiques (hydro : inférieur à 15MW) et ne prend en compte que les réductions de certains GES : CO₂, CH₄, N₂O

Le Carbon Fix Standard (CFS) : Ce standard a été développé par des scientifiques allemands spécialisés dans le domaine de la forêt, de l'environnement et du changement climatique.

Il certifie des projets forestiers AR et délivre différents type de crédits dont majoritairement des crédits VER ex-ante (c'est-à-dire des crédits correspondant à des absorptions par les projets qui auront lieu dans le futur).

Le MDP peut aussi servir de standard dans le cadre du marché volontaire, ainsi que d'autres standards du marché contraignant comme le **VER+**, développé par des bureaux d'audits ou des standards régionaux comme le Greenhouse Friendly, Social Carbon et le l'American Carbon Registry.

Voici un tableau récapitulatif (Tableau 3) des principales caractéristiques des standards présentés :

Standard	Soutien	Additionnalité (comparé au MDP)	Vérification pas une entité indépendante	Projets forestier ?	Prix des crédits
MDP	CNUCC	=	oui	AR	URCE : 14 à 30 €
Gold Standard	ONGs (ex: WWF)	=/+	oui	Aucun	65 VER : 10 à 20 €
VCS	Acteurs du marché Carbone (ex : IETA)	=	oui	Tous	VCU : 5 à 15 €
CCBs	ONG environnementales et autres corporations	=	oui	Tous	CCB Offsets : 5 à 10 €
CCX	Acteurs du marché Carbone (ex : Tüv Süd)	-	oui	Tous	CCX Offsets : 1,3€
Plan Vivo	ONG sociales et environnementales	=	non	Tous sauf IFM	Plan Vivo Certificates : 2,3 à 9,5 €
VOS	Acteurs du marché Carbone et Industriels Financiers	=	oui	Biomasse/AR	65 VER : 10 à 20 €
VER+	Acteurs du marché Carbone et membres du CCX	=	oui	AR	VER+ offsets : 5 à 15 €
CFS		=	oui	AR	URVEs : 7 à 11 €

Tableau 3: Propriétés principales des différents standards

4.3.2. L'aspect humain

Certes la compensation carbone est un outil de préservation de l'environnement mais l'aspect humain n'est pas négligé. Tous les standards cités ci-dessus ont des critères spécifiques pour le respect et la prise en compte des populations. La consultation des parties prenantes est quasiment toujours requise et les projets sont rejetés si des impacts sociaux ne peuvent être évités ou au pire minimisés. Pour le plan Vivo qui, nous l'avons vu, met en avant les aspects humains de ses projets il faut en plus montrer les bénéfices sociaux du projet et mettre en place des activités contribuant au bien-être des populations.

5. LES LIMITES ET LES INQUIETUDES DE LA COMPENSATION VOLONTAIRE

«En 2007, une étude menée par l'ADEME a montré une grande diversité de structures, de fonctionnement, de projets soutenus et des différences de calcul des émissions de CO₂ et du prix de la tonne de carbone proposé. Ces divergences étaient susceptibles non seulement de mettre en cause la légitimité du processus de neutralisation des émissions de GES mais aussi de nuire à la cohérence des messages publics en matière de lutte contre le changement climatique.»

<http://www2.ADEME.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=51435&ref=21479&p1=B>

En effet, le point faible de la compensation carbone, surtout volontaire est la jeunesse du système. Ainsi, de nombreuses failles apparaissent au fur et à mesure et doivent être colmatées :

✓ Le greenwashing :

Ce terme désigne les entreprises qui se disent écologiques ou environnementalement responsables alors qu'elles font moins que ce qu'elles laissent apparaître. En bref, ce terme dénonce les sociétés qui abusent les clients avec des informations peu claires ou surestimées sur leurs actions pour la planète : Elles mettent en avant des actions moins avancées que ce qui est énoncé voir inexistantes ou inutiles si resituées dans leur contexte. Ce terme s'emploie aussi pour les entreprises qui investissent plus d'argent dans leur campagne de publicité verte que dans leurs actions durables. Par exemple : EDF remporte le prix Pinocchio du greenwashing pour sa campagne de communication «Changer d'énergie ensemble» qui a coûté plus chère que les dépenses du groupe en recherche et développement dans les énergies renouvelables. Ces dernières ne représentent elles-mêmes qu'une part infime du chiffre d'affaires du groupe par rapport au nucléaire. En terme de compensation carbone, il y a plusieurs choses qu'il faut maîtriser pour ne pas faire de greenwashing. Si une entreprise veut inclure la compensation carbone à sa responsabilité sociétale à part entière, il n'y a pas lieu d'avoir peur. Il s'agit bien d'une action concrète qui arrive après une réduction à la source. Le risque est celui d'adoption de la compensation comme seul engagement et d'en oublier la réduction. Ensuite, il faut que l'entreprise précise bien ce qu'elle compense (le périmètre d'action) pour ne pas faire croire qu'elle est totalement neutre en carbone si elle ne compense qu'une part de ses émissions. Et dernièrement, l'investissement publicitaire ne doit pas excéder ou s'approcher de trop près de la somme mise en jeu pour réduire et compenser ses émissions de GES. Un des plus célèbres greenwashing en terme de compensation carbone est un constructeur de 4x4 anglais qui, depuis 2006, inclut un coût de la compensation dans le prix de vente de ses véhicules, et prétend commercialiser des véhicules «neutres en carbone».

✓ **L'oubli de la réduction :**

Ce point est déjà abordé au dessus mais il est très important de lui céder un paragraphe car c'est un point essentiel de la compensation carbone. LA RÉDUCTION DES ÉMISSIONS À LA SOURCE EST PRIORITAIRE À TOUTE AUTRE ACTION. La compensation carbone n'est qu'une roue de secours à n'utiliser qu'en dernier recours. Nous rappelons qu'une politique de développement durable (ISO140001), de responsabilité sociétale (ISO26000) ou d'éco-conception des produits est bénéfique non seulement pour l'environnement mais aussi pour les parties prenantes, les employés et les finances de l'entreprise. En effet, l'éco-conception par exemple, permet de maîtriser les flux de matières premières, de transports, d'énergies... tout au long du cycle de vie et réduit ainsi les coûts de production du produit.

✓ **Le changement des écosystèmes :**

Ce point est surtout à prendre en compte pour les compensations forestières. En effet, les différents standards prennent garde à ne pas détruire les écosystèmes. A la base, une forêt pousse naturellement sur une terre à l'abandon. Il y a d'abord les essences pionnières qui poussent vite, ont une faible longévité et ont besoin de beaucoup de lumière comme le frêne ou le bouleau. Viennent ensuite les essences post-pionnières comme le chêne grâce à l'ombre créée par les précédentes. Elles ont des besoins plus mitigés en soleil et ont une longévité plus grande. Elles produisent un feuillage bien dense qui produit de l'ombre sur les sous-sols permettant aux dernières espèces d'apparaître comme le hêtre ou le sapin. Cette croissance est suivie par une destruction partielle de la forêt tout aussi naturelle. Des cycles «milieu ouvert – milieu fermé» se suivent et offrent une grande diversité des écosystèmes. En effet, les animaux, végétaux... sont différents s'il y a une forêt, des landes, des tourbières, des champs etc. Pour conserver cette diversité il faut donc veiller à conserver des milieux ouverts (tel un champ) et fermés (telle une forêt). De plus, une espèce d'arbres a besoin d'un climat et d'un type de sol particulier. C'est le principe de la station forestière : l'eau souterraine stagnante influence la respiration des racines et impose des conditions anoxiques au sol et par exemple, le merisier n'aime pas les sols riches en calcaire. Il faut donc faire attention à tous ces paramètres lors d'un montage de projet forestier. De plus, il ne faut pas que des pays comme la Chine ou l'Inde qui ne possèdent plus beaucoup de forêts mais plantent massivement des monocultures d'arbres à croissance rapide, soient tentés de rentrer dans le système uniquement avec cette méthode au risque de ne plus avoir de forêts naturelles du tout (mais ceci reste quand même sous contrôle scientifique).

✓ **Les populations locales :**

Ces dernières ne doivent pas subir les lubies de compensations de pays plus fortunés à leurs dépens. Il ne faut pas laisser une forme de colonialisme climatique s'instaurer et mettre des limites. C'est pour cela que les standards ont tous des clauses en faveur des locaux pour ne pas les incommoder. Cependant il faut se méfier des accords presque «forcés» dus à des dépendances financières trop élevées. Ainsi, certaines compagnies (comme General Motors) qui ont «acheté» des forêts au Brésil pour des projets AR ont réussi à interdire aux locaux de mettre les pieds dans leurs forêts. En Ouganda, autour du Mount Elgon, un groupement d'entreprises énergétiques des Pays-Bas a expulsé des paysans pour planter des arbres à croissance rapide capable de stocker du carbone. Les standards sont pourtant stricts à ce niveau, si ce genre d'excès a pu arriver il faut être plus vigilant sur ces aspects. La protection de l'environnement ne doit JAMAIS prendre le pas sur la protection et les droits des hommes. En général, l'action sur les populations est positive. La création de nouvelles plantations permet à des entreprises sylvicoles de travailler. D'ailleurs, elles permettent par exemple, des

récoltes maraîchères et de produits ligneux qui diversifient les revenus des communautés locales et les rendent plus forts face aux aléas du commerce international.

✓ **Les fraudes :**

«Les syndicats du crime organisé surveillent de très près l'émergence des crédits carbone forestiers et y voient une opportunité potentielle de fraude très lucrative.» (d'après Planetark.org). Par exemple, en 2009, une fraude en Angleterre a été découverte. Ce pays étant le seul à ne pas appliquer la TVA sur les crédits carbone, depuis 2005 des personnes ont acheté des tonnes de CO₂ en Grande Bretagne et les ont revendus dans les autres pays de l'Union Européenne où elles étaient soumises à la TVA. Ces derniers gardaient l'argent de la TVA pour eux et ont détournés plus de 44 millions d'euros. Plusieurs solutions ont donc été élaborées pour pallier ce genre de fraudes mais bien d'autres peuvent subsister. Nous ne nous étendrons pas sur ce sujet qui peut être porteur à scandale mais à partir du moment où les banques s'y sont mêlées et y ont fait des investissements, le côté lucratif a pris de l'importance. Le but étant de limiter cette tendance.

✓ **Les doubles emplois :**

C'est le problème majeur contre lequel il faut lutter. En effet, quel acteur de la compensation carbone ne s'est jamais demandé : «Suis-je la seule personne à qui ces crédits ont été vendus ?». Si un projet P peut verser quatre crédits carbonés, un acheteur A1 et un acheteur A2 peuvent, par exemple acheter chacun deux crédits à A. Le risque est que les deux en achètent trois ou quatre. Il faut toujours que $A1+A2 \leq B$, ce qui n'est pas si simple en pratique.

✓ **L'hétérogénéité des projets-standards-crédits... :**

Comme vous avez pu le constater, il y a énormément d'acteurs et de mécanismes différents dans la compensation volontaire. Tout cela peut induire les particuliers (et entreprises) en erreur et les décourager. De plus, certaines lacunes comme le manque de cohérence des calculateurs d'émissions, la faible qualité de certains projets soutenus, la variabilité des prix de la tonne de carbone, le manque de transparence et de lisibilité de certains dispositifs peuvent discréditer la légitimité de cette démarche.

6. L'ENCADREMENT DE L'ADEME

Pour pallier ces problèmes et recadrer la compensation carbone volontaire, l'ADEME, à l'initiative de Jean Louis Borloo (ministre d'État, ministre de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat du 23 juin 2009 au 13 novembre 2010), propose une Charte de bonnes pratiques. Elle fournit des règles communes et permet ainsi de garantir une certaine fiabilité et qualité à cette démarche.

Ainsi, cette charte a pour but d'harmoniser les démarches et de rappeler que la priorité reste les réductions d'émissions de CO₂ et non la manière «facile» : la compensation. En effet, les signataires, qui s'inscrivent dans une logique de neutralité carbone, assurent qu'ils n'ont recours à cette méthode qu'en complément de leurs actions de réduction.

Les quatre points clefs de cette charte sont :

- **l'harmonisation** : d'une part des textes sur la compensation volontaire (les définitions, l'affichage, les données techniques) et des méthodes de quantification des émissions.
- **la rigueur et l'équilibre** : Pour plus de clarté, l'ADEME favorise les projets certifiés dans le cadre du projet de Kyoto (MDP et MOC). En effet, ils sont plus suivis et assurent une unicité des unités carbone. Seulement, ils sont plus adaptés à des projets de grande envergure ; de ce fait, l'ADEME autorise l'accès à des petits projets s'ils répondent aux exigences de la charte, en termes de développement durable et d'exigences techniques pour le montage et le suivi des projets. Ils doivent être basés sur les mêmes méthodologies que les premiers (dans le cadre du MDP). De ce fait, la qualité des projets reste assurée. Cette flexibilité permet l'arrivage de plus de projets basés sur les énergies renouvelables, notamment les projets forestiers.
- **la transparence de l'information** : toutes les données relatives au projet doivent être accessibles à tous en interne comme en externe de manière standardisée. Ainsi un particulier pourra comparer facilement deux opérateurs en visitant leur site Internet respectif.
- **l'innovation** dans le mode de gouvernance du dispositif global : tout internaute peut réagir sur les informations du site, les réunions sont périodiques qu'elles soient virtuelles ou concrètes et permettent d'analyser les alertes, de lancer des enquêtes, de gérer les informations pour mener à bien le projet. C'est évidemment une méthode évolutive qui est remise continuellement en question selon l'avancement du projet.

Ainsi, les projets voulant respecter cette charte doivent adhérer aux règles générales qui en émanent :

- Les projets doivent démontrer que les réductions d'émissions qu'ils génèrent sont réelles, vérifiables, additionnelles, permanentes ou garanties et que leur création, enregistrement et traçabilité soient clairement établis. La pérennité du projet doit être assurée.
- Les projets MOC et MDP sont évidemment acceptés, les autres peuvent être de n'importe quelle nature : développement des énergies renouvelables, amélioration de l'efficacité énergétique, substitution énergétique, captage de méthane (déchets...), boisement /reboisement, etc., quelles que soient leur taille et leur localisation, dès lors qu'ils répondent aux exigences de la Charte. Tous, y compris les MDP/MOC doivent fournir les preuves et papiers nécessaires à la transparence de l'échange. De même, les projets enregistrés auprès des standards vus précédemment peuvent s'en prévaloir et seront distingués sur le site Internet associé à la Charte mais doivent tout de même justifier du respect de la Charte et fournir les mêmes justificatifs que les autres.
- Le projet a donc certaines preuves à apporter pour pouvoir adhérer à la charte de l'ADEME. Le projet doit dépasser les obligations réglementaires nationales de réductions de gaz à effet de serre s'appliquant à la zone géographique considérée. Il doit ensuite répondre à au moins l'une des deux exigences suivantes :
 - * La rentabilité économique ne peut pas être le moteur du projet. Les aides publiques éventuellement obtenues ne peuvent se suffire à elles-mêmes et un financement supplémentaire par la vente d'unités carbone de réduction d'émissions de gaz à effet de serre (additionnalité financière) doit être nécessaire.
 - * Sinon, la vente des unités carbone doit permettre au projet de dépasser des obstacles institutionnels, sociaux, ou culturels.

- Les projets doivent s'inscrire dans une perspective de long terme et proposer des solutions durables qui respectent l'environnement local ainsi que les populations qui y vivent. Il ne doit pas y avoir d'impacts négatifs sur le développement durable et sur les locaux ni de simple déplacement de pollution. Les crédits carbone issus de ces projets doivent donc être permanents. Pour les projets forestiers, notamment boisement-reboisement, le projet doit contenir des mécanismes garantissant cette permanence sous forme, par exemple, d'une combinaison de crédits temporaires, d'une assurance...
- La quantité de carbone évitée ou séquestrée doit être mesurable pour chaque projet mis en œuvre.
- La vérification des émissions effectivement évitées ou séquestrées devra être assurée par des organismes indépendants.
- Les réductions ne doivent pas conduire à des doubles comptes dans les inventaires nationaux (ce que nous avons appelé le double emploi : - PARTIE 3 - 5). Garantir totalement l'unicité des unités carbone nécessiterait des registres nationaux interconnectés. En vue de pouvoir participer à terme à un éventuel système de ce type, une première étape consiste déjà à tenir des registres par opérateurs. Ainsi, pour réduire le risque que les unités carbone soient utilisées plusieurs fois, l'opérateur de compensation signataire de la Charte doit tenir à jour un registre comportant, pour chaque projet, la quantité des crédits issus de chaque projet, la date d'inscription dans le registre, les quantités annulées pour le compte de chaque personne physique ou morale et la date de cette annulation. Ce registre devra être accessible sur demande à l'expertise d'un tiers mandaté par le Bureau de suivi de la Charte.
- Pour le calcul des émissions, le bilan carbone est fortement préconisé. Néanmoins, si un porteur de projet veut utiliser son propre calculateur, il est en droit de le faire s'il justifie soigneusement que sa méthode de calcul est acceptable aux yeux de l'ADEME.
- La réduction à la source des émissions de GES doit toujours être envisagée et c'est seulement en cas d'impossibilité que la compensation carbone sera acceptée.
- Dans le cadre de leur communication, y compris sur leur site Internet, les signataires ont à disposition un logotype spécifique développé dans le cadre de la Charte de l'ADEME.
- Les Types de crédits certifiés sont les unités certifiées Kyoto (CER /MDP et URE/MOC) et les unités vérifiées (VER).

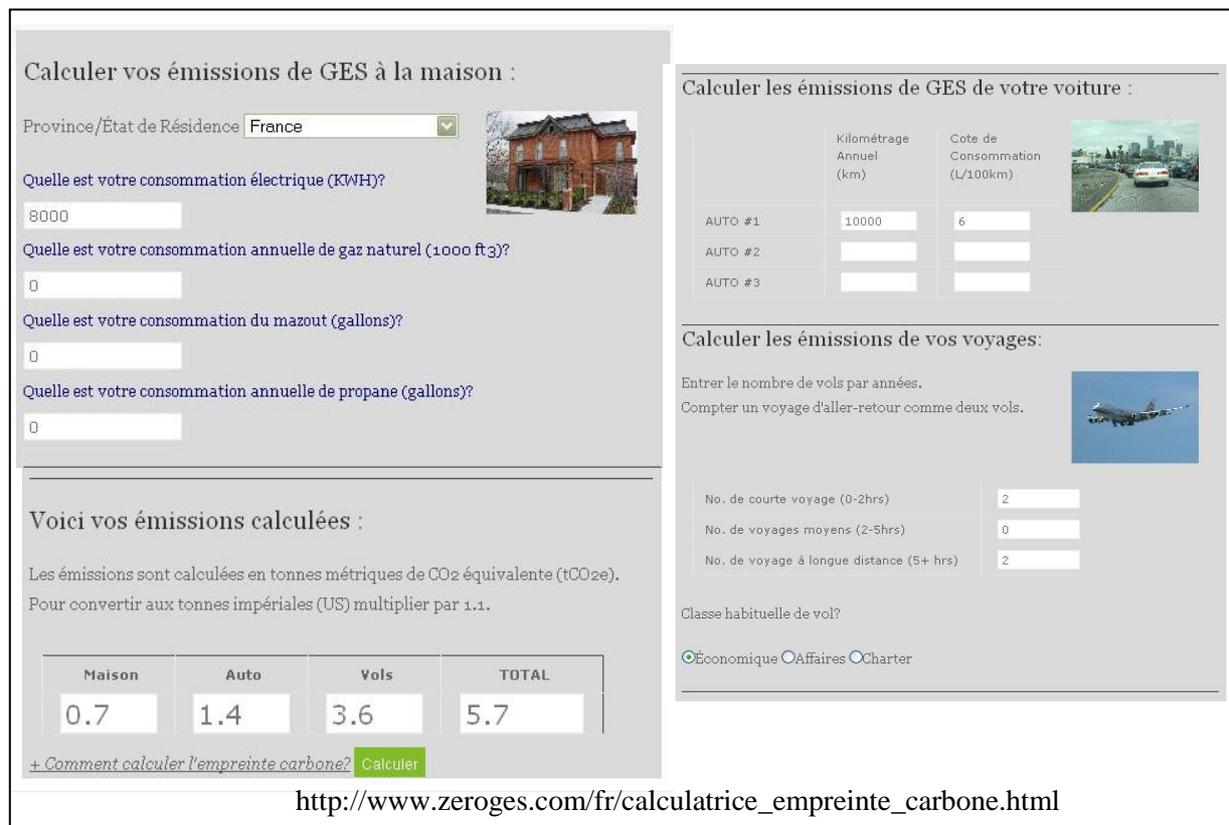
7. LES CALCULATEURS, LE BILAN CARBONE ET LE GHG PROTOCOL

Avant de penser à réduire puis à compenser nos émissions de GES, il faut savoir ce que l'on émet. Un particulier ou une association qui veut juste compenser un événement particulier (un transport, par exemple), peut tout simplement utiliser le calculateur d'un site de compensation carbone. Une entreprise qui souhaite connaître en détail et poste par poste ses émissions de GES va plus naturellement se tourner vers un Bilan Carbone accrédité par l'ADEME si elle est francophone ou le GHG Protocol si elle est américaine.

7.1. Les calculateurs

Les calculateurs sont des petits programmes assez simples qui calculent les émissions directes comme les transports ou indirectes comme l'utilisation d'énergie automatiquement. Ces calculateurs se basent sur la méthode bilan carbone ou le GHG Protocol, d'autres ne

donnent pas leurs sources et bases de données pour les calculs. Le mieux est donc de faire son calcul sur plusieurs sites différents et de prendre en compte la moyenne (ou le cas le moins favorable). La *Figure 21*, ci-dessous, présente un exemple de calculateur :



Calculer vos émissions de GES à la maison :

Province/État de Résidence

Quelle est votre consommation électrique (KWH)?

Quelle est votre consommation annuelle de gaz naturel (1000 ft³)?

Quelle est votre consommation du mazout (gallons)?

Quelle est votre consommation annuelle de propane (gallons)?

Voici vos émissions calculées :

Les émissions sont calculées en tonnes métriques de CO₂ équivalente (tCO₂e).
Pour convertir aux tonnes impériales (US) multiplier par 1.1.

Maison	Auto	Vols	TOTAL
0.7	1.4	3.6	5.7

[+ Comment calculer l'empreinte carbone?](#)

http://www.zeroges.com/fr/calculatrice_empreinte_carbone.html

Calculer les émissions de GES de votre voiture :

	Kilométrage Annuel (km)	Cote de Consommation (L/100km)
AUTO #1	<input type="text" value="10000"/>	<input type="text" value="6"/>
AUTO #2	<input type="text"/>	<input type="text"/>
AUTO #3	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Calculer les émissions de vos voyages:

Entrer le nombre de vols par années.
Compter un voyage d'aller-retour comme deux vols.

No. de courte voyage (0-2hrs)

No. de voyages moyens (2-5hrs)

No. de voyage à longue distance (5+ hrs)

Classe habituelle de vol?
 Économique Affaires Charter

Figure 21 : Calculateur du site : zéro GES

7.2. Bilan Carbone

Le bilan carbone est l'outil de mesure des émissions de GES développé par l'ADEME. Il a été créé en 2003 par Jean Marc Jancovici et a été intégré le 1er Mars 2006 à la norme ISO 14064 : le nouvel outil d'évaluation et de promotion des variations d'émissions de gaz à effet de serre et des échanges de droits d'émissions. Cette méthode permet de calculer les émissions directes et indirectes engendrées par une entreprise poste par poste (exemple : poste de traitement des déchets, poste de transport des employés...).

La première étape est de déterminer le périmètre d'étude. Les émissions étant de deux types différents, il faut absolument définir un périmètre bien précis pour pouvoir les comptabiliser. Les émissions directes peuvent venir d'une combustion d'énergie fossile sur site (de déchets par exemple), comme de dégagements chimiques, de fuites de fluides frigorigènes... Les émissions indirectes sont elles, dues à l'utilisation d'énergies, au transport des employés, à l'utilisation de matières premières, aux activités de sous-traitance, aux visites clients... Nous pouvons même aller plus loin et prendre en compte, par exemple, pour l'école, l'impact écologique des élèves dans leur métier d'ingénieur. Le périmètre permet donc de savoir ce qui est à prendre en compte ou non.

Une fois cette étape réalisée, il reste à récolter toutes les données utiles. Cela aboutit sur une transformation des flux recensés en émissions de GES exprimées en éq. C. Cette conversion

est très importante car c'est l'unité dans laquelle toutes les émissions impactantes sur l'effet de serre sont comparées. En résumé, on détermine le poids équivalent de CO₂ qui produirait la même perturbation climatique au bout d'un siècle pour un gaz étudié. Ce détail a son importance sachant que les différents GES n'ont pas la même durée de vie dans l'atmosphère ni le même forçage radiatif (capacité à «réchauffer l'atmosphère»). La transformation des flux relatifs aux activités en eq.C se fait par le biais de facteurs d'émissions donnés dans la méthode.

Lorsque ces étapes ont été réalisées, il ne reste plus qu'à faire une synthèse des émissions de GES en eq.C poste par poste. On a ainsi une image à un instant donné de l'impact écologique de l'entreprise.

Pour entreprendre cette démarche, il faut avoir suivi une formation encadrée par l'ADEME qui donne droit à :

- ✓ un guide méthodologique qui décrit de façon détaillée la méthode et ce qu'elle prend en compte ;
- ✓ un guide des facteurs d'émissions ;
- ✓ le tableur Bilan Carbone qui permet d'effectuer le calcul des émissions, la comparaison des émissions d'une année sur l'autre et la gestion des objectifs de réduction ;
- ✓ trois utilitaires qui permettent de renseigner plusieurs parties spécifiques du bilan carbone lorsque l'utilisateur ne dispose pas de suffisamment de données : «fret_route_tkm» sur le transport, «clim_froid» sur les émissions d'halocarbures et «comp_projet_eco» pour faire des comparaisons d'émissions entre deux projets d'activités ou des simulations économiques en imaginant une hausse du prix du marché des hydrocarbures ou une taxation donnée des émissions.

7.3. GHG Protocole

Le GHG Protocol peut être traduit par : Le Protocole des gaz à effet de serre. C'est une norme de comptabilisation et de déclaration des émissions de GES destinée à l'entreprise. Il a été créé par un partenariat d'entreprises, d'ONG et de gouvernements, qui ont établi les bases du savoir dans le domaine de la comptabilisation et de la déclaration des GES.

La méthode de calcul des émissions de GES est à peu près similaire à celle de l'ADEME. Après avoir défini un périmètre, elle fournit des outils plus ou moins simples pour transformer les activités en eq.C. Plus précisément, il contient :

- ✓ Cinq sections sur les normes
 - Principes de comptabilisation des GES
 - Définition des périmètres organisationnels
 - Définition des périmètres opérationnels
 - Définition d'une performance tendancielle
 - Déclaration des émissions de GES
- ✓ Des exemples et un guide pour l'application des normes dans chacune de ces cinq sections
- ✓ Des conseils pratiques ayant pour objet d'aider à :
 - Préparer l'inventaire
 - Rendre compte des projets de réduction des GES

- PARTIE 3 - LA COMPENSATION VOLONTAIRE

- Recenser et calculer les émissions de GES
- Gérer la qualité de l'inventaire
- Vérifier les données sur les émissions

De plus, cette méthode insiste sur cinq principes :

- ✓ **La pertinence** : Le périmètre doit être défini de manière adéquate pour prendre en compte les émissions de GES utiles par rapport aux objectifs de l'entreprise ;
- ✓ **L'exhaustivité** : Il faut tenir compte de toutes les activités et sources d'émissions de GES au sein du périmètre. Toute exclusion doit être justifiée ;
- ✓ **La permanence** : La méthode doit être la même tout au long de l'étude pour pouvoir effectuer des comparaisons ;
- ✓ **La transparence** : Les résultats, calculs, méthodes, collectes doivent être divulgués et vérifiables par quiconque ;
- ✓ **L'exactitude** : il faut être le plus précis possible et connaître son pourcentage d'erreurs.

- PARTIE 4 - COMPENSER DES EMISSIONS DE L'ENSTIB

1. CONTEXTE

1.1. Présentation générale de l'ENSTIB

L'ENSTIB, Ecole Nationale Supérieure des Technologies et Industries du Bois, est la seule école publique en France ayant pour objectif la formation de cadres, la recherche et le transfert de technologies pour les industries du bois. Vingt-six ans après sa création, elle compte aujourd'hui plus de 350 étudiants issus de toutes CPGE (Classes Préparatoires aux Grandes Ecoles), de DUT, de BTS ou de licence. C'est une des composantes de l'Université Henri Poincaré, Université multidisciplinaire en Sciences, Technologie et Santé. Suite à une certaine stratégie politico-économique, il a été décidé d'implanter les locaux de l'ENSTIB à Epinal. Malgré les 70 km qui les séparent, ces deux entités sont indissociables sur plusieurs points. En effet, certains professeurs-chercheurs appartiennent à un laboratoire basé à Nancy et des documents administratifs ou courriers doivent circuler entre les deux établissements. Un à trois allers-retours ont donc lieu chaque jour ouvrable. Pour assurer ces trajets, des voitures de services ont été mises à disposition. Il peut alors être intéressant de quantifier une des répercussions environnementales de ce choix politico-économique.

1.2. Les émissions de GES de l'ENSTIB

Lors de l'année scolaire 2007-2008, deux étudiants de l'ENSTIB ont réalisé son bilan carbone®. Nous nous baserons dessus pour déterminer quelles quantités de CO₂ nous voulons compenser. Voici les résultats de cette étude (Figure 22) :

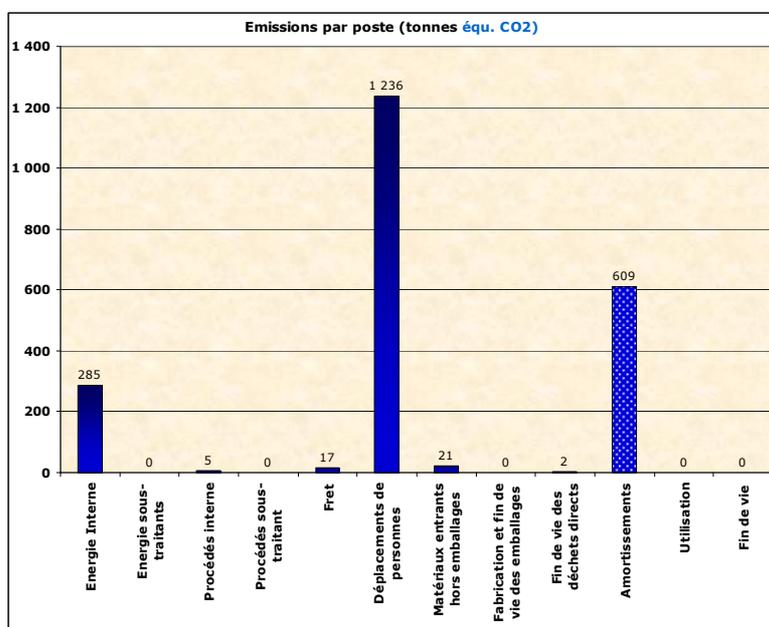


Figure 22 : Résultats finaux du bilan carbone de l'année 2007-2008

Le total des émissions émises est de 2175 Téqu.CO₂ dont 57% sont dues au transport des personnes. Nous avons donc choisi de nous focaliser sur ce poste.

2. LA REDUCTION DES GES ORGANISEE AU SEIN DE L'ENSTIB

La préoccupation environnementale est au cœur des démarches de qualité et de management de l'ENSTIB. En effet, pour réduire ses émissions de GES l'école a déjà mis en place plusieurs initiatives. Voici une liste des principales actions menées :

✓ APECS :

Les étudiants peuvent s'investir dans la démarche APECS, Amélioration Permanente de notre Environnement Commun et de la Sécurité, qui constitue une démarche innovante au sein d'un établissement d'enseignement supérieur tel que l'ENSTIB. Son objectif est d'améliorer le cadre de travail à la fois des étudiants et des personnels de l'école. Les trois dimensions, Progrès Internes, Environnement, Hygiène et Sécurité, structurent la démarche de l'école et sont en phase avec les préoccupations industrielles et les certifications ISO 9000, ISO 14000 et OHSAS 18001. Pour la réduction de GES, l'association fait entre autres des campagnes de sensibilisation aux économies d'énergies ou au covoiturage.

✓ Vert l'ENSTIB :

Pour réduire les émissions liées au poste le plus impactant : le transport des personnes, une association nommée «Vert l'ENSTIB» a vu le jour en 2007. Elle a pour but de diminuer ces émissions en prêtant gratuitement des vélos aux étudiants et aux membres du personnel. En octobre 2009, elle dispose des moyens matériels suivant : 10 vélos neufs, 15 de plus d'un an, 21 antivols, 10 casques, 10 gilets de sécurité fluorescents, 2 espaces de stockage équipés de porte-vélos pouvant en accueillir environ 150 et le matériel nécessaire à leur entretien. Leurs projets pour un avenir proche sont l'achat d'un parc de 40 vélos et d'une structure pouvant les accueillir et les gérer.

✓ Les horaires de bus :

Ces derniers ont été aménagés aux horaires de début et de fin des cours de l'ENSTIB pour encourager les élèves à venir en bus.

✓ Les paniers de légumes :

En 2009, les étudiants de l'école se sont associés à une ferme environnante. Cette dernière fournit autant de paniers de fruits et légumes que nous en avons besoin. Ainsi, tous les membres de l'école ont la possibilité d'acheter des fruits et légumes de saison provenant d'une source connue et proche à un prix fort raisonnable.

La réduction des GES, notamment liés au transport des personnes, est donc effectivement mise en marche et est conséquente. Nous pouvons alors nous poser la question de la compensation carbone de ce poste.

2.1. Présentation de différents projets retenus

Pour compenser nos émissions, nous avons appliqué la méthode vue dans la bibliographie (- PARTIE 3 - 2). La première étape a alors consisté à faire une veille des différents projets. Trois d'entre eux ont attiré notre attention. Nous allons les présenter succinctement avant de décrire plus en détails celui qui a retenu davantage notre attention.

2.1.1. Agroforesterie au Niger

Ce projet vient du site Internet «Action Carbone» qui est en collaboration avec entre autres l'ADEME et le label Gold Standard. Il a fait le choix stratégique de travailler

directement avec les porteurs de projet et bénéficie d'un réseau solide. De plus, toutes les informations relatives aux projets apparaissent de manière claire.

C'est un projet de plantation d'essences forestières et fruitières dans le but d'améliorer durablement la sécurité alimentaire et lutter contre la pauvreté des populations très affectées par les crises alimentaires récurrentes au Niger. Il est prévu de planter 40 000 arbres, comportant des bénéfices environnementaux évidents : préservation des ressources naturelles (eau et sol), réhabilitation des zones dégradées, lutte contre l'érosion et contre la désertification, sensibilisation des communautés à l'agroécologie et évidemment, séquestration de CO₂ à travers la plantation d'essences forestières. Il comporte aussi des aspects sociaux importants : la sécurité alimentaire grâce à une diversification des cultures, l'accès au marché et la lutte contre la pauvreté grâce à une information économique, l'accès à l'eau à travers le fonçage de puits et l'irrigation et enfin le renforcement des capacités des élus et des cadres communaux pour qu'ils puissent mieux gérer les problèmes de sécurité alimentaire et assurer un développement durable au niveau local ainsi qu'un renforcement des capacités d'intervention des ONG locales pour pérenniser les actions engagées.

2.1.2. Programme d'économie des bois de feu au Maroc

Ce projet provient du site Internet du GERES : «CO₂ solidaire». Le GERES est une ONG qui conçoit et met en œuvre des projets de développement au bénéfice des populations les plus démunies depuis plus de 30 ans. Il a donc une reconnaissance internationale. De même que Action Carbone, toutes les données relatives au projet sont mises à disposition.

Au Maroc, les populations rurales (45% de la population totale) ont encore un accès très limité à l'électricité et au gaz, et le bois est la première source d'énergie utilisée pour la cuisine et le chauffage. Seulement, les équipements traditionnels ont un faible rendement énergétique (5 à 10%) et provoquent l'émanation de fumées nocives. Ceci plus l'absence de gestion durable des forêts entraînent un déficit national en bois-énergie de 3,1 millions de tonnes/an et à la perte de plus de 31 000 ha/an de forêt, favorisant alors la désertification. Ce projet consiste donc à la mise à disposition d'équipements performants, en adéquation avec les capacités financières des populations rurales.

Les bénéfices environnementaux sont alors, d'une part la préservation du climat : 6200 TéquCO₂ évitées sur 4 ans et d'autre part la lutte contre la désertification. Il y a aussi des bénéfices sociaux : diminution de la pénibilité du travail des femmes et des enfants liée à la collecte du bois et amélioration des conditions sanitaires par la diminution des émanations de fumées nocives. Des aspects économiques sont aussi à prévoir : d'une part le développement d'activités économiques grâce à la diffusion d'énergies renouvelables et à la création de filière de production des équipements de cuisson améliorés et d'une autre part la diminution des dépenses liées à la consommation d'énergie (gaz, électricité, bois, charbon...).

2.1.3. Carbone Boréal : Plantation d'une forêt expérimentale

Ce projet provient de «Carbone Boréale», un site entièrement dédié à son projet homonyme. Carbone Boréal est associé à l'université de Chicoutimi. Toutes les données du projet sont géoréférencées et enregistrées dans sa documentation, accessibles à tous sur le site Internet. De plus, le projet dans son ensemble est enregistré dans le Registre GES des EcoProjets™ de l'Association canadienne de normalisation. Nous pouvons en apprendre plus en consultant ce site internet :

http://www.ghgregistries.ca/cleanprojects/index_f.cfm?mode=web).

Les plantations seront vérifiées selon la norme ISO 14064-3 par le Bureau de normalisation du Québec qui est une tierce partie indépendante et reconnue.

Au Canada, dans une zone que l'on appelle la forêt boréale québécoise, il existe des territoires naturellement dénudés où la forêt ne se régénère pas. Cette forêt a même fait l'objet d'un film qui fit un immense scandale au Canada : «l'erreur boréale» de Richard Desjardins et Robert Monderie, en dénonçant les abus forestiers qui ont détruit une grande partie de la forêt boréale canadienne. Ce projet a ainsi pour but de reboiser cette zone. Les enjeux environnementaux sont simples : capter réellement des GES de manière sûre. En effet, des plantations de secours sont réalisées pour pallier les incidents comme les feux de forêts ou les attaques d'insectes. Les enjeux sociaux sont bien différents des deux autres projets. Celui-ci va permettre de mener des recherches universitaires à long terme au sein de l'université de Chicoutimi sur des thématiques reliées à la séquestration du carbone.

2.2. Notre choix

La particularité qu'a Carbone Boréal d'être à la fois un programme de compensation de GES par plantation d'arbres et un projet de recherche mené par des chercheurs de l'université a retenu toute notre attention. En effet, l'intégration de la notion de recherche universitaire peut rendre complètement légitime l'implication d'un autre établissement universitaire comme l'ENSTIB dans de tel projet. De plus, M. Triboulot, ancien directeur de l'ENSTIB, exerce ses nouvelles fonctions à l'université du Québec à Chicoutimi (UQAC), là où siège Carbone Boréal. Par conséquent, dans le cas d'une participation à leur projet, nous pourrions certainement obtenir un suivi intéressant de l'évolution des plantations. Nous pouvons aussi préciser que «Les Défis du Bois», évènement qui a acquis une grande notoriété aujourd'hui et qui est majoritairement organisé par l'ENSTIB, compense ses émissions en finançant ce même projet.

Nous avons tout de même présenté les autres choix car ils sont plus « communs » et réalisés dans les pays de Sud. En effet, des projets de recherche comme Carbone Boréal sont plus rares. De plus, cela laisse le choix à l'ENSTIB d'autres projets si Carbone Boréal ne satisfait finalement pas.

3. LE PASSAGE A L'ACTE

Notre but est de proposer, avec ce projet, une action concrètement réalisable par l'ENSTIB. Elle doit être envisagée d'une part sur le plan économique, d'une autre part, elle doit véhiculer un message fort sur les engagements environnementaux de l'école. Cette partie permet donc de proposer des compromis pour prendre en compte ces deux aspects dans notre compensation carbone. Le but final est de pouvoir réellement l'appliquer.

3.1. Ce que l'on va compenser

Comme vu précédemment, nous avons décidé de compenser une partie des émissions dues au transport des personnes. Ce poste est divisible en plusieurs sous-parties. Deux distinctions principales sont à faire :

- ✓ Le type de personnes : élèves, enseignants permanents, membres du personnel et intervenants extérieurs ;
- ✓ Le type de déplacement :

- Déplacement «domicile-travail» : pour les «non-élèves», c'est le déplacement de leur domicile jusqu'à l'ENSTIB. Pour les élèves, ce sont les déplacements «maison familiale»-Epinal, «domicile à Epinal»-ENSTIB, déplacements sportifs (entraînements, matchs...) et déplacements associatifs ;
- Déplacements dus aux «missions» et pour les élèves cela représente tous les déplacements associés aux stages, les visites dans le cadre de l'ENSTIB où l'on utilise sa voiture personnelle ou une voiture de l'école, ainsi que les voyages dans le pays du stage à l'étranger. Y sont également incorporés les déplacements pour les entretiens à l'ENSTIB, sans oublier les étudiants qui sont venus mais qui n'ont jamais suivi de formation à l'ENSTIB.

Pour calculer les émissions dues à ces différents postes, tous les types de transports ont été pris en compte dans chaque catégorie, les voitures essences puis diesel allant de 3 à 11 et plus chevaux fiscaux, les différents types de bus, de trains, d'avions, le bateau, les motos... La difficulté a été de retrouver ces informations par catégories de personnes car elles avaient toutes été additionnées pour faire le bilan carbone. Nous avons donc refait tous les calculs à partir des bases de données et arrivons à 1331,6 Téqu.CO₂. En effet, nous n'avons pas pu prendre en compte certaines données qui baissent cette somme à 1236 Téqu.CO₂. Cependant nous prendrons en compte nos données pour la suite des événements où nous tenterons de trouver un compromis viable entre l'image que nous souhaitons donner de l'école et la somme monétaire qui peut être mise en jeux.

3.2. Présentation détaillée du mode de fonctionnement du projet

Les arbres sont plantés en forêt boréale québécoise dans des territoires naturellement dénudés où la forêt ne se régénère pas. L'Épinette noire est l'essence dominante de cette forêt. Le projet consiste à y établir des forêts de recherche en collaboration avec le ministère des ressources naturelles et de la faune. Leurs plantations sont vérifiées selon la norme ISO 14064-3 par le bureau de normalisation du Québec. Cette norme est utilisée dans le cadre de la réduction des émissions de GES.

L'approche par analyse de cycle de vie est utilisée. Ainsi, toutes les émissions associées aux opérations de boisement (*Figure 23*) sont prises en compte dans leur compensation.

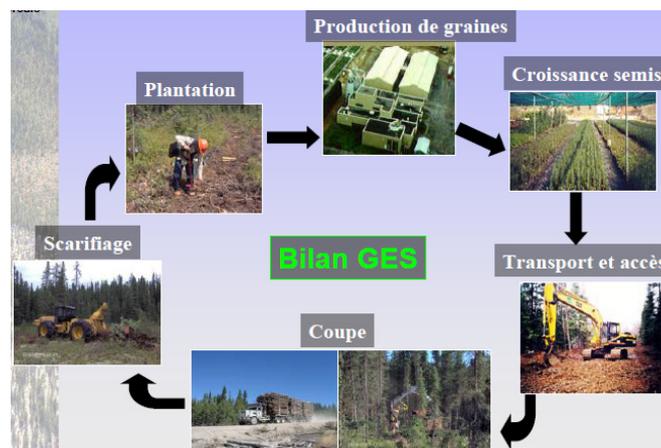


Figure 23: principales étapes de sylviculture du boisement de forêt boréale dénudée

Carbone Boréal montre que les émissions dues aux opérations de sylviculture sur un ha sont de 1,3 T éq. CO₂, soit moins de 1% du bilan C net moyen (terme défini dans les paragraphes suivants) après 70 ans.

Pour modéliser la séquestration biologique du C, ils utilisent le modèle de calcul CO₂FIX intégrant des modules biomasse, sol, produit du bois ou encore un module de comptabilisation du carbone selon les règles du protocole de Kyoto.

Les recherches effectuées à l'UQAC permettent de préciser les quantités de carbone séquestrées par les arbres des forêts boréales. Le bilan net de carbone séquestré représente la différence entre le scénario de référence, soit un terrain dénudé et improductif, et le projet de boisement duquel les émissions des opérations ont été soustraites. Les résultats d'études révèlent un bilan net de 77 T C / ha 70 ans après le boisement en épinettes noires. Nous pourrions faire une estimation en T éq. CO₂ / arbre :

$$77 \text{ T éq C / ha} = (77/12) \times 44 \text{ T éq. CO}_2 / \text{ha} = 282 \text{ T éq. CO}_2 / \text{ha}$$

Environ 2000 plants couvrent chaque ha de leur plantation. Nous en déduisons donc une séquestration approximative de : $282 / 2000 = 0,14$ T éq. CO₂ pour un arbre qui aurait atteint l'âge de 70 ans. Cet ordre de grandeur permettra de vérifier nos calculs ultérieurs.

Carbone Boréal émet ainsi des crédits de C correspondant à une tonne de carbone séquestrée par leurs plantations. Il vend le crédit à 28 dollars canadiens ou 4 \$ canadiens par arbre planté.

3.3. L'outil en ligne de Carbone Boréal

Carbone Boréal met en ligne un calculateur qui rend compte de la quantité de T éq. CO₂ émis par différents types d'activités et le nombre d'arbres à planter pour compenser l'émission. Il donnera directement la quantité d'arbres de la plantation si nous connaissons déjà nos émissions à compenser. Le calculateur donne alors directement le montant, qui pourra être réglé par carte bancaire via leur site Internet. Nous utilisons ce logiciel pour connaître la quantité d'arbres à planter pour compenser différents secteurs du poste transport des personnes. Nous connaissons ensuite le coût de cet investissement secteur par secteur.

Dans un premier temps, intéressons-nous aux émissions dues à l'usage de la flotte de voitures de services de l'ENSTIB destinée principalement à la relation Epinal/Nancy (-PARTIE 4 - 1.1). Un entretien avec M. Balland, responsable technique des équipements et des bâtiments de l'ENSTIB, a permis de mettre en évidence la composition de ce parc de la manière suivante (Tableau 4) :

Modèle	Distance parcourue en 2010 (km)
Scénic rouge	30000
Scénic vert	30000
Kangoo	16000
Prius	15000

Tableau 4: distance parcourue par les voitures de service

Le calcul des émissions dues aux trajets de la Prius via le logiciel de Carbone Boréal donne les résultats suivant (Figure 24) :

Compensez ici

Étape 1
Type d'activité :
TRANSPORT TERRESTRE | TRANSPORT AÉRIEN | COMBUSTIBLES RESIDENTIELS | EVENEMENTS | ÉMISSIONS DÉJÀ CALCULÉES | CERTIFICAT CADEAU
Type de véhicule :
Voiture Hybride - Essence (4.2 L / 100 km)

Étape 2
Quelques sites pour calculer vos distances :
• [Transports Québec](#)
• [Google maps](#)
Nb. de km parcourus :
15000 [Calculer]

Étape 3
11 arbres sont nécessaires pour compenser vos émissions de CO₂.
1.5 tonnes de CO₂ éq. sont émises par vos activités
Total : 42 \$CAN [Calculer]

Figure 24: résultats du calculateur de Carbone Boréal concernant l'usage de la Prius

Carbone Boréal estime les émissions dues au trajet total effectué par la Prius à 1,5 Téqu. CO₂. Il considère que 11 arbres devront être plantés pour compenser ces émissions avec un coût de 42 dollars canadiens. Vérifions la relation entre les émissions et le nombre d'arbres à planter en utilisant la séquestration approximative calculée précédemment :

Nous obtenons : $11 \times 0,14 = 1,54$ Téqu. CO₂. Nous pouvons donc considérer leurs résultats cohérents.

Essayons de vérifier plus en détail les résultats obtenus.

3.4. Vérification scientifique des calculs proposés

Vérifions, dans un premier temps, les émissions en CO₂ :

Le constructeur affiche une consommation de 4,4 L pour 100 km effectués sur des trajets longues distances. Le logiciel donne 4,2 L/100 km, soit une marge de 4,5%. Nous retiendrons les 4,2 qui nous semblent suffisamment proche de la réalité.

Considérons que l'essence utilisée est de l'octane pur (C₈H₁₈). Sa masse molaire est donc $M(C_8H_{18}) = 114 \text{ g/mol}$ et sa masse volumique est de 0,75 kg/L. Nous faisons l'hypothèse que l'équation de combustion est la suivante, pour une mole de C₈H₁₈ :

- PARTIE 4 - COMPENSER DES EMISSIONS DE L'ENSTIB



Nous avons :

Consommation = 4,2 L/100km = 0,042 L/km = 31,5 g/km avec $m_v = 0,75 \text{ kg/L}$

$$\text{D'où : } n_{C_8H_{18}} = \frac{m}{M} = \frac{31,5}{114} = 0,2763$$

Nous en déduisons : $m_{CO_2} = 8 \times 0,2763 \times 44 = 97,2632 \text{ g/km}$

Par conséquent, pour 15 000 km effectués dans l'année, l'émission de CO_2 serait d'environ 1460 kg éq. CO_2 / an. L'écart entre notre résultat et celui du calculateur est de 2,7%.

Approche de l'estimation de la séquestration de carbone d'après FREEDMAN B. et KEITH T. :

FREEDMAN B. et KEITH T. sont des chercheurs de la Fondation canadienne de l'arbre qui se sont intéressés au mode de calcul de la séquestration du CO_2 par l'arbre «moyen» canadien. Leurs estimations partent du principe qu'un arbre canadien «moyen» met 80 ans à arriver à maturité. Ils font les suppositions suivantes :

- ✓ les feuilles et les branches mortes sont ramassées en milieu urbain, ce qui n'ajoute pas de carbone dans le sol ;
- ✓ dans les milieux ruraux et de boisement, les résidus ne sont pas enlevés, ce qui ajoute une quantité typique de carbone dans le sol.

Ils arrivent alors aux résultats suivants, pour une période de 80 ans :

- ✓ dans un environnement urbain, l'arbre «moyen» séquestrera environ 200 kg de carbone ;
- ✓ dans un environnement rural, l'arbre «moyen» séquestrera environ 225 kg de carbone.

Explication de ces premiers résultats :

Pour mieux comprendre la séquestration de carbone par les arbres, exploitons le schéma suivant (Figure 25) :

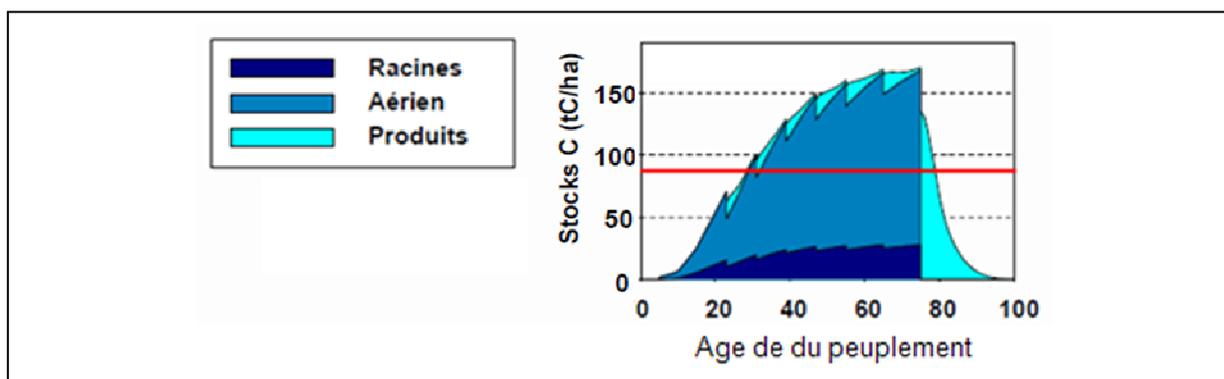


Figure 25: évolution de l'émission de carbone d'un ha de forêt

La séquestration en carbone d'un arbre évolue généralement de manière croissante pour finalement se stabiliser en fin de vie de l'arbre, comme nous pouvons le voir sur la Figure 25. Nous remarquons que lors de ces premières années de vie, les arbres ne séquestrent que très peu de carbone. Nous observons une évolution de la séquestration en forme de «dents de

scies». Celle-ci témoigne de la baisse des séquestrations faisant suite aux éclaircies effectuées. La séquestration moyenne pourrait être symbolisée par le trait rouge. Nous observons que ce schéma prend en compte trois parties de l'arbre : les racines, la biomasse aérienne et les produits issus des éclaircies. Il est important de prendre en compte ces trois parties pour estimer la quantité de carbone emmagasinée par l'arbre.

Revenons aux quantités de séquestration proposées par les deux chercheurs :

L'arbre «moyen» désigne certainement une moyenne des volumes de chaque arbre d'un échantillon prélevé dans la forêt. Une démarche de calcul simplifiée, proposé par le GIEC, permet de déterminer la masse de carbone (C) contenu dans sa biomasse. Elle consiste à appliquer des coefficients au volume de la tige principale de l'arbre (V_{NFI}) afin d'en déduire le volume total de l'arbre et finalement la masse de carbone qu'il contient. La formule est la suivante :

$$C = V_{NFI} \times BEF \times REF \times BD \times CAR$$

Les 3 premiers termes peuvent être résumés ainsi (Figure 26) :

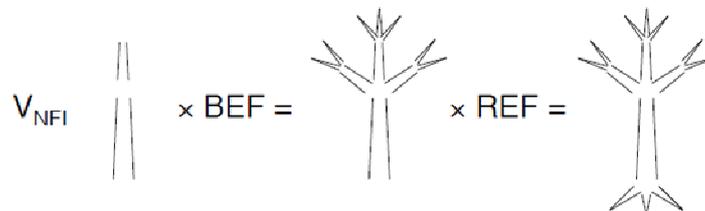


Figure 26: interprétation graphique des 3 premiers termes

Nous obtenons, dans un premier temps, le volume de l'arbre comprenant ses racines. Ensuite le facteur BD (Basic Density) permet de convertir le volume humide en volume sec. Finalement, le coefficient CAR représente la fraction de carbone présente dans le bois sec. Il est souvent pris autour de 0,5. Le GIEC propose d'autres applications pour estimer la quantité de carbone contenue dans les terres forestières. Nous ne développerons pas cette partie. Nous pouvons supposer que FREEDMAN B. et KEITH T. ont utilisé cette méthode de calcul pour déterminer la masse de C dans la biomasse.

La croissance des arbres dépend des modes de sylviculture et du climat. La quantité de carbone séquestrée sera étroitement liée à la croissance de l'arbre. Aussi, les plantations de Carbone Boréal sont effectuées dans la même région que celle des recherches de FREEDMAN B. et KEITH T. Par conséquent, nous pouvons considérer que les chiffres annoncés par les deux chercheurs sont applicables pour les arbres de Carbone Boréal.

FREEDMAN B. et KEITH T. ont créé des fiches de compensation du carbone qui ont pour but d'aider à calculer la quantité de carbone absorbée grâce aux efforts de plantation. La fiche suivante permet d'estimer l'absorption de carbone pendant 80 ans pour une plantation d'arbre «moyens» (Figure 27) :

ABSORPTION DE CARBONE À VIE				
Milieu	Nombre d'arbres plantés	Coefficient de division	Facteur de survie	Tonnes de carbon absorbé en 80 ans
Urbain	_____	÷ 5,0	× 1,0 =	_____
Rural	_____	÷ 4,4	× 1,0 =	_____
Boisement	_____	÷ 4,4	× 0,7 =	_____

Figure 27: fiche de compensation carbone

Le coefficient de division exprime la quantité de carbone absorbée en tonnes suivant le carbone stocké dans le sol. Prenons l'exemple du boisement :

L'hypothèse de l'arbre «moyen» pour un boisement est toujours 225 kg de carbone absorbé en 80 ans, soit en tonne : $225 / 1000 = 0,225$ T / arbre. Ce qui revient à diviser par l'inverse, soit une division par 4,4.

Le facteur de survie est un coefficient tenant compte de l'estimation de la proportion d'arbres arrivant à 80 ans, soit 70% des arbres de boisement d'après leur étude.

Ces calculs semblent cohérents.

Appliquons cette méthode pour nos calculs :

Connaissant la tonne de carbone à compenser (1,5 T d'après le résultat issu du calculateur), nous pouvons lui ajouter les émissions dues aux opérations de sylviculture :

Soit $1,5 \times 1,1 = 1,65$ T (- PARTIE 4 - 3.2)

Par simplification, nous considérons que les opérations s'effectuent sur un hectare pour justifier l'usage du facteur de 1%.

Déterminons, maintenant, le nombre d'arbres à planter à partir de la fiche (Figure 27). Soit x le nombre d'arbres plantés, nous avons donc :

$(x / 4,4) \times 0,7 = 1,65$ soit $x = 11$ arbres plantés.

Nous obtenons le même résultat que le calculateur.

Pertinence des résultats :

Les résultats obtenus par le calculateur sont en accord avec notre démarche scientifique. Nous pouvons penser que le modèle de calcul CO₂ FIX utilisé par Carbone Boréal est une méthode de calcul très proche de celle proposée par FREEDMAN B. et KEITH T. Appliquons donc le calculateur à l'ensemble du parc destiné au trajet Nancy/Epinal. Nous obtenons le résultat suivant (Tableau 5) :

Modèle	Carburant	Distance parcourue en 2010 (km)	Emission (Téq CO ₂)	Nombre d'arbres	Prix (€)
Scénic rouge	diesel	30000	6,43	46	135
Scénic vert	diesel	30000	6,43	46	135
Kangoo	diesel	16000	3,43	25	72
Prius	essence/électrique	15000	1,50	11	32
		Total	17,79	128	374 €

Tableau 5: résultats de la compensation du parc de voitures

Les trajets effectués par le parc destiné à la relation Nancy/Epinal émettent environ 18 Téq. CO₂ / an. Nous pouvons ainsi observer une des répercussions environnementales du choix de l'implantation de l'ENSTIB à Epinal. Pour compenser ces émissions, Carbone Boréal propose de planter 128 arbres. Ce programme coûterait 374 € à l'ENSTIB. Il pourra être renouvelé tous les ans afin de compenser les trajets de chaque année. Il faut accepter que de tels projets aient un effet seulement après plusieurs années. En effet, les 128 arbres auront entièrement compensés l'émission d'un an de trajet seulement 70 ans après leurs plantations.

3.5. Autres plans de compensation proposés

Les émissions totales du transport des personnes correspondent, si on le compense de la manière vue ci-dessus, à une somme de 27 938 €. Comme expliqué plus tôt (- PARTIE 4 - 3.1), les émissions peuvent être réparties en plusieurs sous parties. Nous souhaitons proposer une compensation réalisable. Nous montrons donc, sous forme graphique, le coût de différents périmètres de compensation pour que l'école puisse choisir, en fonction de son budget, de l'image qu'elle veut donner et des émissions qu'elle veut compenser (Figure 28).

Pour réaliser ces graphiques, nous avons rentré toutes les émissions une par une dans le calculateur de Carbone Boréal pour en tirer leur impact économique en dollars canadiens. Nous les avons ensuite convertis en euros (cours de la bourse au 17 janvier 2011 : 1 dollar canadien = 0,7493€). Un premier graphique (Figure 28) donne tous les investissements nécessaires pour compenser les différents postes :

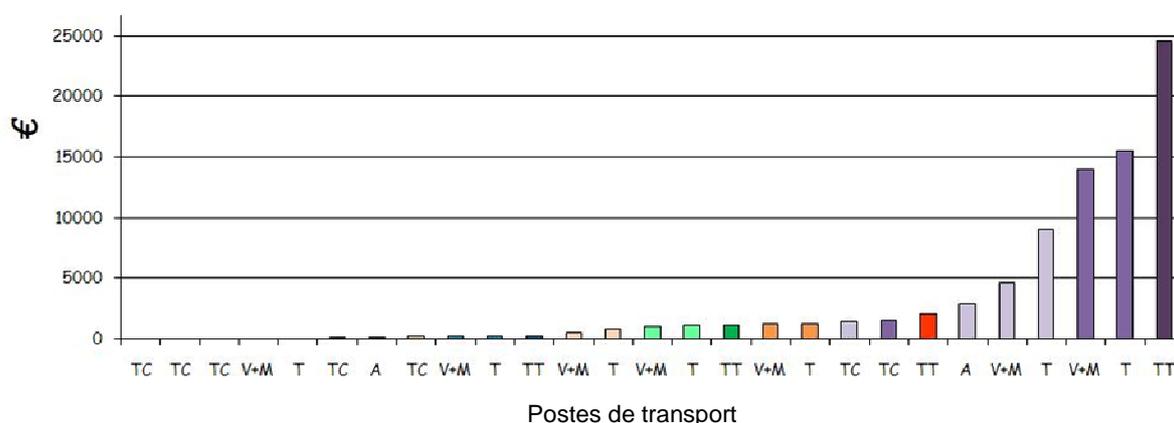


Figure 28 : Les investissements dus au transport

- PARTIE 4 - COMPENSER DES EMISSIONS DE L'ENSTIB

Détaillons la légende de ce graphique (Figure 28) et des deux suivants (Figure 29, Figure 30) :

✓ L'axe des abscisses :

- V+M = Transports en voitures et/ou moto (de tous types)
- TC = Transports en commun : tous types de bus et trains
- A = Avion
- T = Total des transports d'un certain type de personnes et d'un certain type de déplacement (domicile-ENSTIB ou missions)
- TT = Total des émissions d'un certain type de personnes

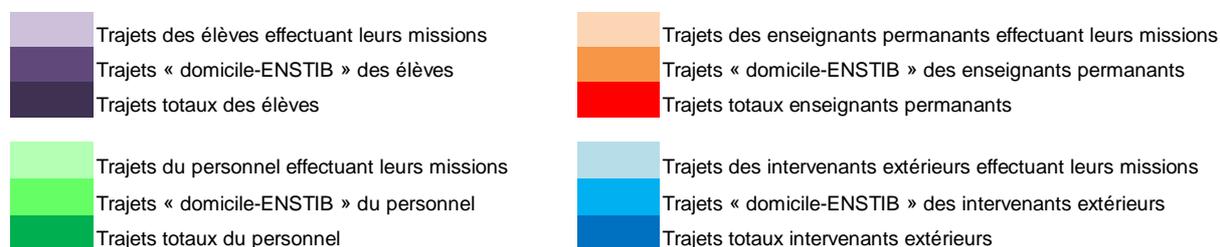
✓ Les couleurs principales :

- Violet = Elèves
- Orange = Enseignants permanents
- Vert = Membres du personnel
- Bleu = Intervenants extérieurs

✓ Les nuances de couleurs

- Clair = Trajets dus au missions
- Moyen = Trajets «domicile-ENSTIB»
- Foncé = Total des émissions d'un certain type de personnes (=TT)

Voyons ce que ces couleurs peuvent donner :



Pour que ce projet soit réalisable, nous pensons que nous pouvons dans un premier temps, enlever les émissions qui représentent une somme supérieure ou égale à 2000 € (Figure 29).

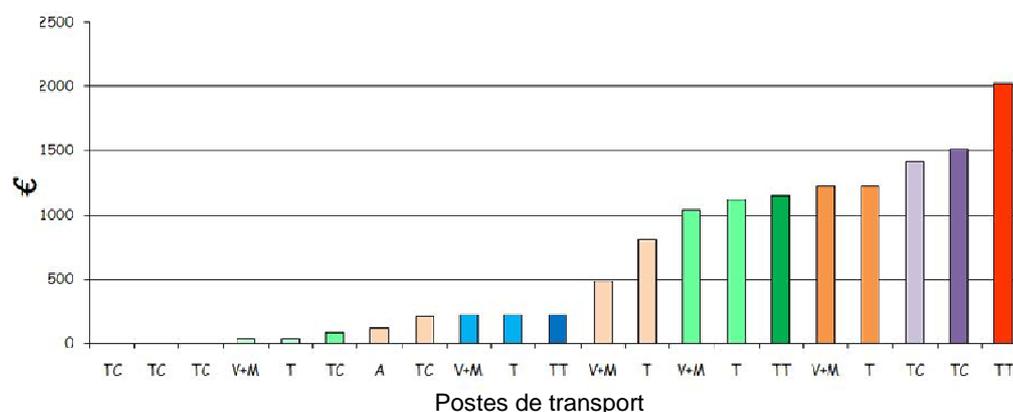


Figure 29 : Zoom sur les investissements inférieurs ou égaux à 2000€

- PARTIE 4 - COMPENSER DES EMISSIONS DE L'ENSTIB

Dans un second temps, nous faisons aussi un zoom sur les émissions qui représentent une somme inférieure à 500 €. Nous pensons que ces compensations pourraient être réalisables facilement et sans subventions (Figure 30) :

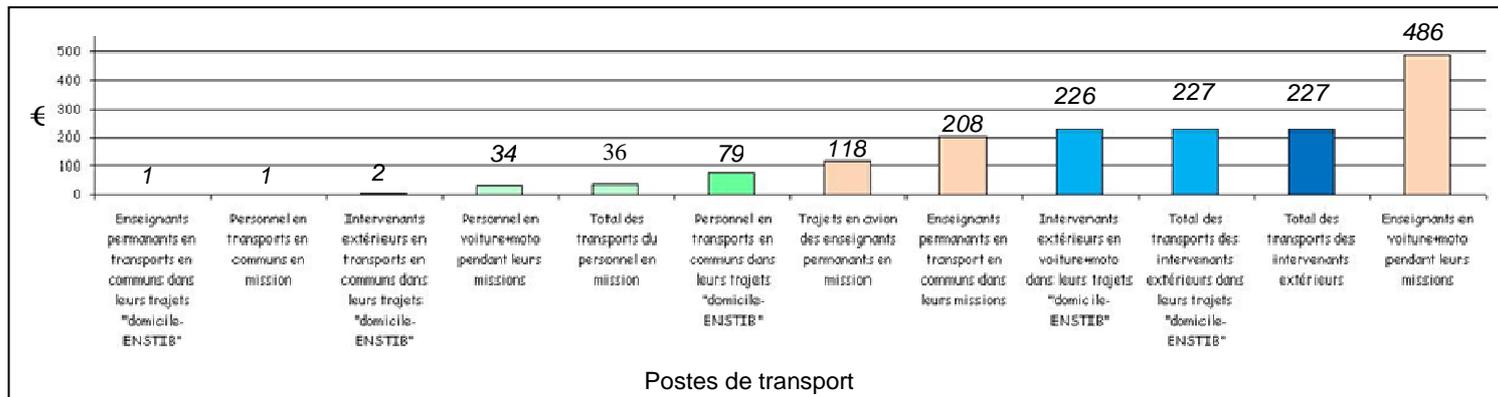


Figure 30 : Zoom sur les investissements inférieurs ou égaux à 500€

Ces graphiques n'incluent pas l'étude réalisée sur le parc voitures destiné à la relation Nancy-Epinal. Nous pensons, malgré tout, qu'il ne faut pas le dénigrer dans le choix de la compensation carbone à effectuer.

4. CONCLUSION, OUVERTURE

Le bilan carbone® des émissions de l'ENSTIB de 2010 étant en cours de réalisation lors de notre étude, nous n'avons pu bénéficier de ses résultats. Ils auraient été donc plus fidèles à la réalité si nous avions pu les utiliser.

Nous observons que le budget financier de la compensation des émissions du transport des personnes augmente très vite avec le champ d'application. L'ENSTIB ne pourrait supporter financièrement, à elle seule, une somme dépassant 2000€. Il serait donc intéressant de proposer un projet à réaliser en association avec d'autres organismes pour diminuer ces coûts. Des propriétaires de forêts privées ou publiques, l'école AgroParisTech qui possède des forêts de recherche, pourraient certainement y porter de l'intérêt. Ce dernier devrait dans ce cas être adapté aux forêts françaises. En effet, comme nous l'avons précisé précédemment, les modes de sylviculture, le climat et les essences sont différents en France. La croissance des arbres ne sera pas la même et leur capacité de séquestration de carbone en conséquence. Cette étude pourrait faire l'objet d'un autre projet de fin d'étude.

CONCLUSION

La réalisation de ce projet nous a confronté à des réalités que l'on pourra rencontrer lors de notre futur métier d'ingénieur. D'une part, le temps consacré à cette étude, bien plus long que celui des projets habituels, se rapproche de durées de missions réelles. D'autre part, il a fallu organiser la répartition de notre travail pour rendre un rapport dans les temps. Nos envies et préférences nous ont, très vite, orientés vers une certaine répartition des tâches. De plus, nos connaissances et compétences acquises à l'ENSTIB nous ont été très utiles pour répondre aux différentes problématiques posées par la gestion du projet.

La compensation carbone étant un concept récent, beaucoup d'informations se contredisent et ont rendu notre recherche bibliographique parfois complexe. Cette dernière nous a montré que de nombreux rapports scientifiques sont accessibles sur Internet. Finalement, nous avons bien saisi la démarche de la compensation carbone. La structure de ce rapport devrait faciliter la compréhension de ce principe et le rendre plus accessible.

Nous avons pu voir que l'application de la compensation carbone ne s'est pas faite du jour au lendemain. De nombreux textes se sont mis en place et sont encore actualisés pour en faire un procédé viable. Malgré les controverses qu'il peut engendrer, ce système permet l'engagement politique de beaucoup de pays, très industrialisés, en développement ou non et contribuer ainsi à la baisse des émissions mondiales. Cette démarche commence à faire ses preuves mais demande encore davantage de recul pour devenir un outil fiable. Aussi, d'un point de vue institutionnel, il ne semble pas encore suffisamment contraignant pour compenser réellement l'impact négatif de l'industrialisation.

Cette étude pourra guider des décideurs de l'ENSTIB pour compenser certaines de ses émissions et pourquoi pas, dans un avenir proche, faire de cette école un campus neutre en émissions de GES.

BIBLIOGRAPHIE

Les ouvrages

- [1] *Valentin Bellassen et Benoît Leguet, Editions PEARSON - Octobre 2008 - Comprendre la compensation carbone*
- [2] *Augustin Fragnière, Editions PUF - Novembre 2009 – La compensation carbone : illusion ou solution ?*

Les rapports/articles

- [3] *Point climat - Octobre 2010 – Eclairage sur l'économie du changement climatique*
- [4] *Organisation internationale de la francophonie - Les événements écoresponsables et la compensation des émissions de gaz à effet de serre*
- [5] *Carbon Fix Standard, Geographically divided Climatically united, version 3.1 - October 2010 - Climate Forestation Project*
- [6] *Projet 3eme année ENSIL - 2009/2010 - Crédits carbone et valorisation des déchets dans les pays du Sud*
- [7] *Cythélia consultants, Guillaume Fortin et Benoît Lelong - Mars 2009 - Etude du marché et de la compensation carbone*
- [8] *ONF International - Les marchés du carbone forestier*
- [9] *ONF International, présentation power point - 3 Juillet 2010 – Lutte contre le changement climatique*
- [10] *ADEME - Mars 2008 - Charte de la compensation volontaire des émissions de gaz à effet de serre*
- [11] *GHG Protocol - Le Protocole des gaz à effet de serre : Une norme de comptabilisation et de déclaration destinée à l'entreprise*
- [12] *Ministère de l'écologie et du développement durable - 28 Décembre 2006 - Projet de plan national d'affectation des quotas d'émissions de gaz à effet de serre (PNAQ II), Période 2008 à 2010*
- [13] *Rapport Stage de Fin d'Etudes, ENSTIB, Jean Renaudin - 2009/2010 - Création d'un processus d'intégration de projets forestiers au sein d'un portail web dans le cadre du marché carbone, société The Tree Hub*
- [14] *Eco Conseil, Université du Québec à Chicoutimi - Bilan Acfas*
- [15] *La fondation canadienne de l'arbre - Mars 1999 – Le rôle des arbres dans la réduction du CO₂ dans l'atmosphère*
- [16] *Panorama - 2010 - Marchés du CO₂ et état des négociations climatiques internationales*
- [17] *Rapport de projet de 3eme année, ENSTIB, Noël Le Mauff et Stéphane Jeckel - 2007/2008 – Bilan Carbone de l'ENSTIB*
- [18] *Nations Unies – 1992 - Rapport CCNUCC*

BIBLIOGRAPHIE

- [19] *Nations Unies – 1998 – Rapport du Protocole de Kyoto*
- [20] *Courrier de la Planète n°72 – Cahiers de Global Chance n°19*
- [21] *Jean-Michel LEBAN – INRA LERFoB Nancy – 2010 – Contributions de la forêt et du bois au stockage du carbone*
- [22] *Nigel T. ROULET (Université McGill, Montréal), Bill FREEDMAN Université Dalhousie, Halifax) – Septembre 2008 – Le rôles des arbres dans la réduction du CO₂ dans l’atmosphère*
- [23] *Février 2005 – Changements climatiques : Guide des accords internationaux*
- [24] *Commission Européenne, Direction générale de l’environnement – 2009 – L’action de l’UE pour lutter contre le changement climatique*
- [25] *Anaïs DELBOCS (Caisse des Dépôts) et Christian DE PERTHUIS (Université Paris-Dauphine) – Les marchés du carbone expliqués*
- [26] *Direction générale de l’Environnement de la Commission Européenne – Guide pratique du marché des quotas d’émissions de CO₂*
- [27] *Emilie ALBEROLA (IFP Lyon), Panorama - Décembre 2009 – Marchés du CO₂ et état des négociations climatiques internationales*
- [28] *Autorité des Marchés Financiers (AMF) – décembre 2010 - L’encadrement du marché des quotas de CO₂*
- [29] *Romain FREMONT (Caisse des Dépôts) – juin 2005 – Les plateformes de marché et le fonctionnement du système d’échange de quotas CO₂*
- [30] *Richard BARON, Cédric PHILIBERT (OCDE) – Climat, énergie et marchés de quotas échangeables*
- [31] *Ministère de l’économie, des finances et de l’industrie – Guide du mécanisme pour un développement durable (MDP)*
- [32] *Ministère de l’économie, des finances et de l’industrie – Guide des mécanismes de mise en œuvre (MOC)*
- [33] *Patrick VALLET, Jean-François DHÔTE (Cemagref) – février 2009 – Carbon sequestration in biomass, soils and forest products*
- [34] *Jean-François BOUCHER (UQAC) – janvier 2009 – Carbone Boréal : contexte, description et rôle*
- [35] *Simon GABOURY (UQAC) – octobre 2006 – Evaluation du bilan carbone du boisement en épinettes noires de territoires dénudés québécois*

Les sites Internet

- [36] <http://www.v-c-s.org/methodologies.html>
- [37] <http://www.developpement-durable.gouv.fr/>
- [38] <http://www.vedura.fr/environnement/climat/plan-national-allocation-quota-co2>
- [39] <http://www.onfinternational.org/fr/gestion-durable-foret.html>

BIBLIOGRAPHIE

- [40] <http://www.rue89.com/planete89/2010/12/12/planter-des-arbres-pour-polluer-tranquille-la-fausse-bonne-idee-179971>
- [41] <http://www.compensationco2.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=21238&m=3&catid=21570>
- [42] http://www.neutreo.com/neutreoenvironnement_015.htm
- [43] http://carboneboreal.uqac.ca/preventif_climat.php
- [44] <http://www.thetreehub.com/projets.htm?lng=fr>
- [45] <http://www.co2solidaire.org/>
- [46] <http://www.actioncarbone.org/projet.php?typ=ck&id=25>
- [47] <http://www.compensationco2.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=21238&m=3&catid=21252>
- [48] www.ademe.fr/
- [49] <http://www.caissedesdepots.fr/missionclimat/fr>
- [50] http://unfccc.int/portal_francophone/items/3072.php
- [51] <http://geoconfluences.ens-lsh.fr/doc/transv/devdur/DevdurDoc5.htm>
- [52] <http://www.alternatives-economiques.fr/page.php?controller=articl>
- [53] http://www.ghgregistries.ca/cleanprojects/index_f.cfm?mode=web

RESUME

LA COMPENSATION CARBONE

Le changement climatique est en marche et ce depuis la révolution industrielle. Les scientifiques sont aujourd'hui quasi unanimes pour affirmer que ce phénomène est en lien direct avec les activités humaines. Ces dernières augmentent la concentration de certains gaz à effet de serre et accentuent ainsi le réchauffement naturel de l'atmosphère. La volonté d'inverser cette tendance induit une évolution des comportements à l'échelle mondiale et demande l'implication politique des pays. C'est dans ce sens que des accords internationaux s'instaurent lors de conférences sur le thème du réchauffement planétaire. Les pays commencent ainsi à intégrer dans leur politique des mesures restrictives de leurs émissions. La compensation carbone est l'une de ces actions. Cette démarche est basée sur le principe que l'émission de gaz à effet de serre produira le même effet sur le climat quelque soit sa provenance. Il est alors possible de réduire des émissions ici pour compenser là-bas. Des marchés du carbone sont donc créés afin d'assurer ce mécanisme. Ils consistent à échanger des crédits de carbone entre les pays ou entre entreprises. Ils sont volontaires, ou obligatoires pour les pays qui se sont engagés à réduire leurs émissions.

La préoccupation environnementale est au cœur des démarches de qualité et de management de L'ENSTIB. Un bilan carbone de l'école a déjà été réalisé et fait l'objet d'une étude d'amélioration. De cet outil de mesure ressortent des postes émetteurs de gaz à effet de serre tels que le transport des personnes et l'utilisation des énergies. Des actions de réductions ont été réalisées et peuvent encore être développées et améliorées. Cette recherche bibliographique permet de proposer un plan de compensation carbone de l'ENSTIB.

Mots clés : Effet de serre, accords internationaux, compensation carbone, crédits carbone, bilan carbone, politique.

ABSTRACT

CARBON COMPENSATION

Climate change is underway and has been since the industrial revolution. Scientists are now almost unanimous to assert that this phenomenon is directly linked to human activities. These increase the concentration of certain greenhouse gases and so stress the natural reheating of the atmosphere. The will to reverse this trend induces a change in behaviour on a global scale and demands the political commitment of countries. It is in this direction that international agreements are established during conferences on the theme of the global warming. Thus, countries begin to integrate into their policy measures to restrict their emissions. Carbon compensation is one of these. This approach is based on the principle that the emission of greenhouse gases will produce the same effect on the climate, whatever its provenance. It is then possible to reduce emissions here to compensate over there. Carbon markets are thus created to insure the functioning of this. They consist in exchanging carbon credits between countries or between companies. They are either voluntary or compulsory for the countries which undertook to reduce their emissions.

The environmental concern is at the heart of the ENSTIB's quality and management initiatives. A carbon footprint of the school has already been done and has been studied for improvement. From this measurement tool clearly emerge emitting positions of greenhouse gases such as people transport and energy use. Actions to reduce these have been implemented and can be further developed and improved. Such a literature can offer an ENSTIB's carbon compensation plan.

Key words: Greenhouse effect, international agreements, carbon compensation, credits of carbon, carbon footprint, policy.