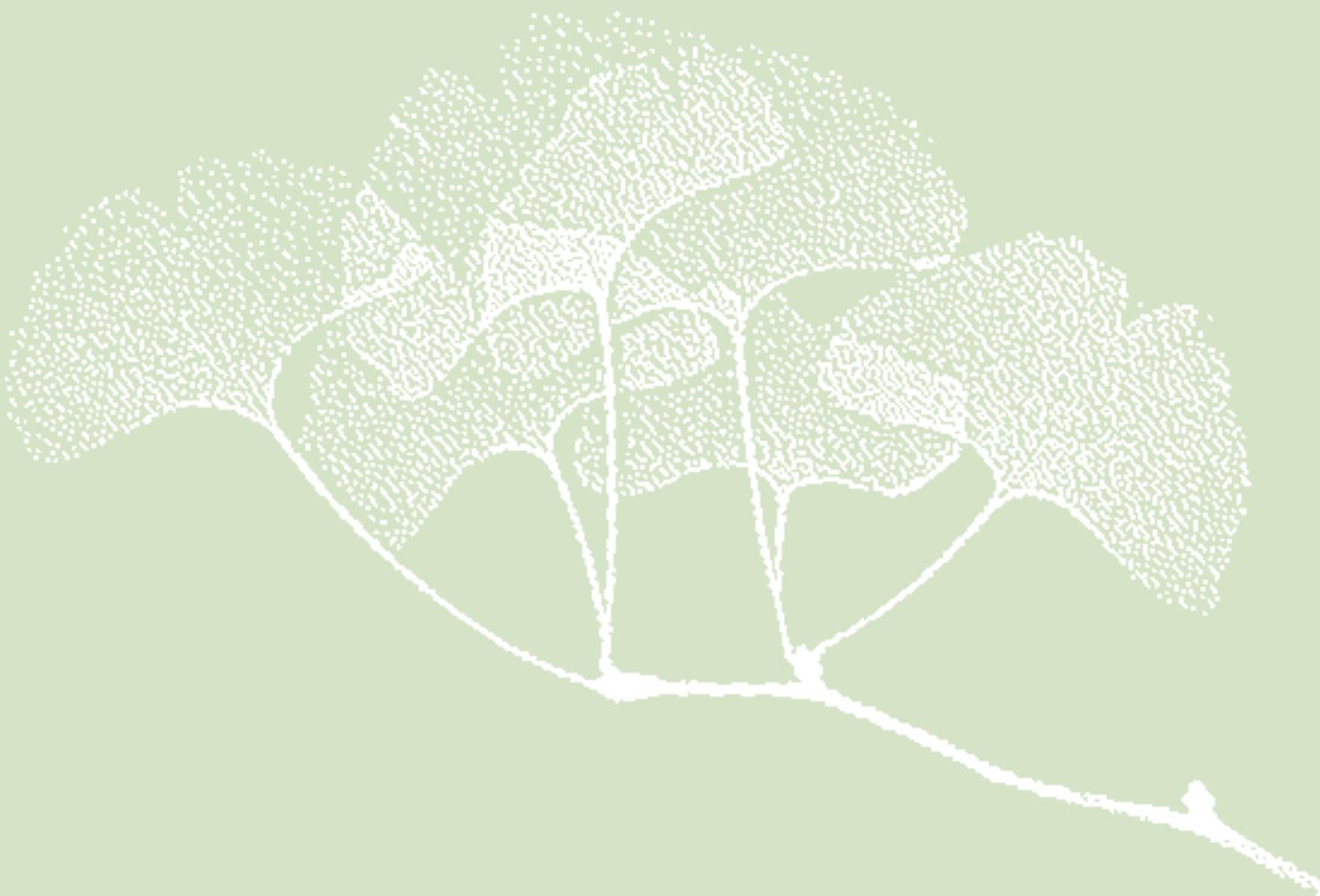


Les Cahiers de la Chaire / N°60

La comptabilité des émissions de carbone par enjeux

Définition, justification et comparaison avec les modèles existants

Antoine Rose



CHAIRE

Finance & Développement Durable

La comptabilité des émissions de carbone par enjeux. Définition, justification et comparaison avec les modèles existants.*

Antoine ROSE, doctorant de la chaire Finance et Développement Durable.⁺

Résumé :

Les initiatives de comptabilité des émissions de carbone se sont multipliées au cours des dernières années, à mesure que la problématique du changement climatique s'est imposée. Pour chaque agent économique, la problématique climatique se traduit par des questions, des enjeux et des objectifs différents, si bien qu'une diversité de comptabilités carbonées s'est développée. Cet article propose d'examiner ces modèles comptables : Inventaires Nationaux, comptes NAMEA, Bilan Carbone) à travers leurs règles d'allocation des émissions de gaz à effet de serre (GES) aux acteurs et activités économiques. L'article replace ainsi les règles techniques des comptabilités carbonées dans la perspective du débat plus fondamental autour de la définition de la responsabilité des agents économiques. Enfin il définit un nouveau type d'allocation des émissions de (GES) aux activités économiques, fondé sur le concept de « responsabilité fondamentale » : la « comptabilité carbone par enjeux ». Ce nouveau type de comptabilité est appliqué à la cartographie des émissions de GES induites par un portefeuille bancaire.

Mots-clés : réchauffement climatique ; pollution atmosphérique ; pollueur ; comptabilité environnementale.

Abstract:

As the issue of climate change has become more important, the initiatives for carbon emissions accounting have multiplied over the past few years. The climate issue generates specific questions, problems and objectives for each economic agent so that the diversity of carbon accounting has developed. This article presents a review of these accounting models (National Inventories, National Accounting Matrix with Environmental Accounts –NAMEA-, Bilan Carbone) through the allocation rules of the greenhouse gas (GHG) emissions to the economic activities themselves. The article sets up the technical issue of carbon accounting into the perspective of a more fundamental debate about the definition of economic agent responsibility. Finally, I define a new type of allocation of the GHG emissions to the economic activities in reference to the “fundamental responsibility” concept. Thus it formalises the “carbon accounting by issues” on this basis. This new accounting model could be applied to the cartography of the GHG emissions induced by banking portfolio.

Key words: global warming; air pollution; polluter; environmental accounting.
JEL classification: Q53, Q54, Q56

* Je remercie Jean-Michel Lasry et Pierre-Noël Giraud pour leurs commentaires avisés et leurs relectures, Eric Cochard pour son support au quotidien, Jacques Richard pour m'avoir initié à la comptabilité environnementales, Fabrice Lengart pour ses précieux éclairages et la Chaire Finance et Développement Durable de me permettre de mener ces travaux.

⁺ Chaire FDD, Université Paris-Dauphine. Email : antoine.rose.59@gmail.com

Introduction :

Pour réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) de nos économies, il est nécessaire de pouvoir les quantifier. C'est l'objet des outils de « comptabilité carbone ». Les experts de l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ont déterminé des valeurs seuils de concentrations de GES en dessous desquelles il convient de se placer si nous voulons éviter les conséquences les plus graves du changement climatique. Cela correspond à une concentration de 450 ppm et à un scénario où la température moyenne augmenterait de 2°C à horizon 2100 par rapport à l'ère industrielle (IPCC, 2013).

Si les modèles climatiques ont permis de fournir un chiffre global, il n'est pas aisé de le décliner à une échelle plus locale pour guider une action de lutte contre le changement climatique. Les émissions de GES ne sont pas liées de manière simple à l'activité économique. Par exemple, il n'existe pas de corrélation simple entre les concepts utilisés pour décrire l'état économique d'un pays, d'un secteur ou d'une entreprise (par exemple la valeur ajoutée, le chiffre d'affaires, le PIB, etc.) et le niveau des émissions de GES. Comment relier les émissions de GES aux activités économiques pour guider l'action ? Faut-il affecter les émissions à l'activité de production ? À l'activité de consommation ? Il convient de préciser ces règles d'allocation pour définir les assiettes des politiques règlementaire, juridique ou économique de lutte contre le changement climatique. Aussi centrale que soit la question d'allocation, les outils de comptabilité carbone ne se sont cependant pas directement structurés autour de celle-ci. Nous pouvons distinguer trois moteurs du développement des comptabilités carbonées :

- L'internalisation des externalités environnementales :

La dégradation de l'environnement comme le changement climatique est une externalité de nos économies. Le climat n'a pas de valeur marchande qui permette de l'intégrer dans les transactions. La théorie de l'économie de l'environnement (Bontems et Rotillon, 2003) vise à définir des outils pour internaliser ces externalités.

Concrètement, pour le cas des émissions de GES, il s'agit d'introduire des outils pour créer un coût à l'émission de GES, pour qu'il soit internalisé dans le modèle économique des agents émetteurs de GES. Le coût des technologies fortement émettrices (grandes consommatrices d'énergie entre autres) devrait ainsi augmenter et leur demande diminuer au profit des technologies compatibles avec la lutte contre le changement climatique.

On distingue classiquement trois grands types d'outils économiques : la norme, la taxe (Pigou, 1920) et le marché de droits/quotas (Dales, 1968). Chacun de ces outils nécessite une comptabilisation adaptée des émissions de GES et constitue un moteur de développement de la comptabilité carbone. Dans le cas de la norme il convient de mesurer et reporter les émissions de GES d'un produit au moment de sa conception en vue de sa commercialisation. Par exemple, le règlement européen n°443/2009 fixe la limite de rejet de CO₂ à 130 gCO₂/km en moyenne pour les flottes de voitures particulières neuves et prévoit de l'abaisser à 95 gCO₂/km à partir de 2020. Cette norme induit des surcoûts liés à l'adaptation du secteur à ces nouvelles contraintes et introduit ainsi un prix implicite des émissions de CO₂.

Le marché européen de quotas de GES (European Union – Emissions Trading System EU-ETS) est un exemple de marché de droits/quotas (Directive 2003/87/EC). Dans ce cas le prix des émissions de GES est explicitement formé par le marché d'échanges de quotas (Ellerman et al., 2010). Des comptabilités de quotas d'émissions sont nécessaires pour la gestion financière des entreprises concernées par l'EU-ETS et pour le contrôle de conformité par le régulateur.

La taxe est un outil économique qui fixe de façon exogène le prix des émissions de GES : les émetteurs paient un montant proportionnel à leurs émissions. Une comptabilité carbone est alors nécessaire pour calculer le montant de l'assiette de la taxe.

Chacun de ces outils économiques visant à internaliser les externalités de GES implique une quantification des émissions de GES. L'internalisation des externalités environnementales est bien à l'origine d'outils de comptabilité carbone. La dimension obligatoire des outils économiques pour les agents concernés impose un degré de précision et un caractère opposable aux chiffres d'émissions de GES. Des choix politiques et de simplicité de contrôle justifient l'internalisation des externalités au plus près de la source d'émission des GES suivant le principe du Pollueur-Payeur : les quotas de l'EU-ETS sont distribués entre les propriétaires de sites industriels et l'acheteur s'acquitte du malus automobile dans le cas français (Décret n°2007-1873). Par soucis d'économie de coût de collecte des informations sur les émissions, les mesures peuvent être remplacées dans la pratique par des estimations sur la base de facteurs d'émissions qui permettent de transformer une donnée d'activité en un volume de GES. Les outils comptables qui en sont issus s'apparentent souvent à des outils de reporting de mesures d'émissions. Ils sont mis en œuvre par les agents concernés et soumis pour vérification et validation aux autorités compétentes.

- **L'incitation aux Changements Spontanés de Comportements :**

L'idée sous-jacente à ce principe d'action est que chaque individu consommerait différemment s'il disposait des informations nécessaires pour faire son choix. L'hypothèse est que le consommateur est prêt à tenir compte de l'environnement dans ses décisions d'achat et de consommation. Une fois l'information cachée révélée, le changement de comportements devrait être observé (Samuelson, 1948).

Cette idée est à l'origine du développement de l'analyse de cycle de vie des produits. Le cycle de vie d'un produit intègre toutes les étapes de la fabrication d'un produit ainsi que les étapes de consommation, de traitement des déchets et de recyclage le cas échéant (qualifiées de fin de vie du produit). L'analyse de cycle de vie d'un produit est pratiquée pour estimer ses impacts environnementaux et sociaux, comme par exemple ses effets sur le climat. Pour les émissions de GES, ces méthodologies de comptabilité carbone ont l'ambition d'agréger toutes les émissions de GES nécessaires à la fabrication et à l'usage du produit en question : les émissions liées à l'extraction des matériaux, les émissions lors de la fabrication, les émissions du transport, les émissions de l'utilisation et enfin les émissions de fin de vie du produit.

L'exercice comptable devient rapidement complexe et nécessite de nombreuses données pour chiffrer les émissions de GES de chaque étape de la vie du produit. Les outils comptables concernés doivent surtout résoudre deux problèmes importants :

- **Le périmètre de l'analyse.** Pour l'explicitier on pourrait formuler les questions suivantes : faut-il tenir compte des émissions liées au chauffage des bâtiments de l'entreprise, ou à leur construction ? Dans ce cas comment doit-on les amortir sur la durée de vie du site ? Faut-il tenir compte des émissions permettant aux ouvriers de réaliser leur tâche – logement, transport et alimentation ? De telles questions révèlent bien le problème du périmètre de l'analyse. Il faut le préciser, le justifier.
- **La consolidation des comptes.** Quand une usine fabrique plusieurs produits, comment attribuer les émissions de GES à chaque produit ? sur quelle base ? le coût de fabrication, la contribution à la valeur ajoutée de l'usine, au poids du produit ?

Malgré les limites de ces comptabilités, la société civile (associations de consommateurs et ONG) a poussé à leur développement. Des labels (Ecolabel – AFNOR, etc.), des certifications (normes ISO 14000, etc.) et des étiquetages (étiquetage énergie des produits, Directive 2010/30/EU) pour les produits sont apparus pour guider le choix du consommateur.

Les ONG réalisent un travail de veille afin de dénoncer tout emploi abusif d'affichage « vert » à des fins purement de marketing (ou « greenwashing »). Toutefois pour que tous ces affichages remplissent leur rôle, ne faut-il pas s'assurer que les consommateurs aient une connaissance précise de leur signification ?

- L'analyse Risques-Opportunités pour les entreprises :

L'analyse Risques-Opportunités est omniprésente dans la culture de gestion des entreprises. Appliquée à l'environnement, elle vise à révéler aux entreprises que la prise en compte de l'environnement n'est pas qu'une source de contraintes supplémentaires, mais également une source d'opportunités. En effet, les problématiques environnementales doivent stimuler l'innovation et augmenter l'efficacité de nos procédés industriels pour minimiser les impacts directs et indirects sur notre environnement. Cette hypothèse théorique du « win-win » (Porter et Van der Linde, 1995) s'inscrit plus largement dans les réflexions autour de la croissance verte ou de la croissance durable (Crifo et al., 2009). Pour ces économistes, les limites actuelles à la croissance de nos économies (Meadows et al., 1972) devraient se révéler le moteur de la croissance de celles de demain : l'innovation nécessaire à la transition énergétique (Von Weizsacker et al., 2009). Il convient alors de s'attaquer à tout ce qui pourrait freiner cette transition vers une croissance verte. Un obstacle parmi d'autres est l'inconscience ou l'ignorance des enjeux climatiques par les entreprises. Il faut donc, selon cette logique, développer les outils comptables carbone qui permettent aux entreprises de conduire des réflexions stratégiques de type risques-opportunités, de mesurer leurs impacts directs et indirects, de les suivre et d'entreprendre un plan d'action pour les réduire.

La méthode du Bilan Carbone (ADEME) est un bon exemple d'un outil comptable carbone développé suivant l'analyse risques-opportunités (mesure de la dépendance de l'activité aux émissions de GES) (Bilan Carbone, 2010). Elle est largement soutenue par les pouvoirs publics français et peut être considérée comme une référence. Plus largement ces méthodologies de comptabilisation d'émissions de GES ont été standardisées par des organismes (GHG Protocol) et labélisées par des labels (normes ISO).

Il semble que ces moteurs de développement de la comptabilité carbone constituent un cadre de lecture intéressant des différentes initiatives de la comptabilité carbone. Elles ne sont pas indépendantes et il est possible de les relier entre elles au sein d'un schéma (Cf. Figure 1). La dimension juridique des outils économiques visant à l'internalisation des externalités ne cesse de s'accroître, rendant obligatoire des « reportings » initialement pratiqués dans le cadre d'une analyse risques-opportunités. En effet, sans contrainte réglementaire, la pratique d'analyse risques-opportunités est souvent associée aux politiques de Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE). De même la pratique de la RSE (analyse risques-opportunités) peut être mise en avant par les entreprises pour façonner son image auprès de ses clients (démarche marketing) et se rapproche de l'incitation aux changements de comportements. Enfin les aspirations des consommateurs motivent à leur tour l'adoption d'outils économiques et juridiques, mais aussi la pratique volontaire du côté des entreprises.

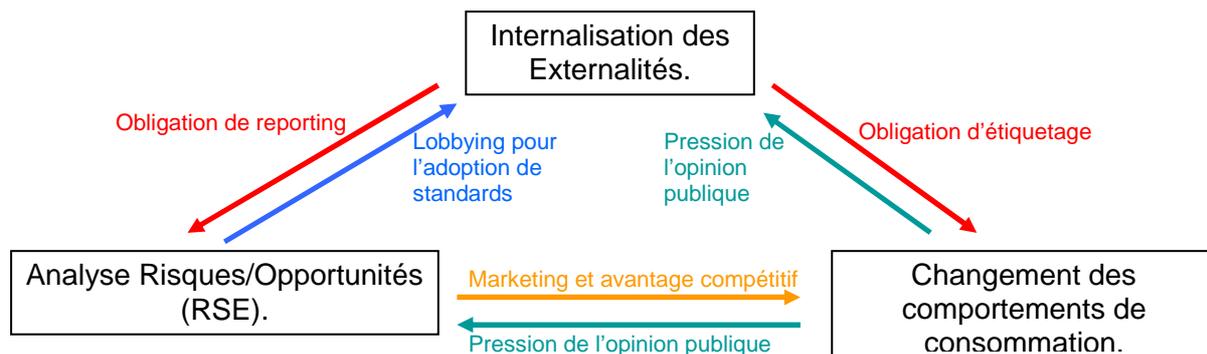


Figure 1 : Relations entre les 3 axes de développement de la comptabilité carbone.

Ce cadre de lecture tente d'expliquer les directions récentes prises par la comptabilité carbone. Il repose sur une analyse principalement économique (externalités, incitation, analyse coût/bénéfice). Mais il est important également de montrer que la problématique de la comptabilité carbone éclaire le débat sur la responsabilité des agents économiques. Les nouveaux enjeux du Développement Durable participent à refaçonner les frontières de la RSE, animant un vif débat sur les périmètres comptables pertinents. Les émissions de GES induites par les activités économiques sont une des nouvelles dimensions de cette responsabilité étendue.

Dans cette perspective, l'article propose dans un premier temps une interprétation de la comptabilité carbone au regard de l'élargissement des frontières de la responsabilité de l'entreprise.

Ensuite, l'article réexamine les différentes formes de comptabilité carbone existante sous l'angle du lien qu'elles introduisent entre les émissions de GES et les activités économiques sous-jacentes. Quel système de justification est utilisé au sein de ces comptabilités carbonées ? Après avoir répondu à cette question à travers l'étude d'exemples clés (les inventaires nationaux de GES, les comptes NAMEA, le Bilan Carbone), l'article propose un modèle alternatif : la comptabilité par enjeux.

Enfin une application de ce nouveau modèle comptable est présentée et discutée aux regards des concepts de responsabilité et de besoins fondamentaux. L'annexe de cet article contient les résultats chiffrés de ces quatre modèles de comptabilité carbone appliqués à un exemple simple calibré avec les données d'émissions de GES françaises.

1. La responsabilité des agents économiques : une mise en perspective.

La question technique abordée dans cet article traite de la nature du lien entre les émissions de GES et les activités économiques et de sa justification. Etablir ce lien crée automatiquement un nouveau champ de « responsabilité » pour les agents économiques. Il ne faut pas comprendre le terme de « responsabilité » dans le sens d'une maîtrise juridique, mais dans un sens plus large comme une responsabilité morale et éthique. Si un système comptable carbone alloue certaines émissions de GES à un agent économique, il devient possible de le juger, de le comparer sur ce nouveau critère et lui devra rendre des comptes. Faire le lien, c'est donc étendre les frontières de la responsabilité de l'action économique. Sur quels critères doit-on repousser les frontières de la responsabilité des entreprises ? Les économistes et les sociologues se sont emparés de la question, mais la définition des nouvelles frontières de l'entreprise reste un vif débat (MAEE, 2010).

La conception économique néo-institutionnelle amène à penser de façon concentrique la place de l'entreprise dans la société : l'entreprise est un acteur de l'économie de marché qui

n'est qu'une fraction de notre société. Le rôle sociétal de l'entreprise se trouve limité à son périmètre économique. Modifier « l'encastrement sociétal » de l'entreprise s'effectue en deux temps : le « cadrage » et le « débordement » (Callon, 1998 et 1999). Le cadrage est une relecture sociologique du concept d'externalités, qui évite de penser le non-marchand à partir du marchand. Cadrer est l'étape qui consiste à définir ce qui doit compter, ce qui vaut, ce qui doit être visé ou non, ce qui doit être pris en compte ou non (Dupuis et al., 2010). Ce concept de cadrage est lié à celui de framing (Goffman, 1971) ou à celui d'identité (White 1992, 2002). En effet la définition de l'identité, en précisant ce qui est intérieur et extérieur, crée la notion de frontières. Le cadrage est suivi nécessairement du débordement, étape de remise en question des frontières du cadre établi précédemment.

En comptabilité, les comptes reposent sur la définition du périmètre de l'entité comptable ou du champ d'observation, basé sur des critères juridiques, financiers, économiques ou techniques (Colasse, 2007 ; Richard, 2008). La prise en compte des enjeux de développement durable (aspects économiques, sociaux et environnementaux) nécessite dans un premier temps une nouvelle définition de l'objet des comptes. Il faut intégrer de nouvelles grandeurs comme les émissions de GES pour la comptabilité carbone, ou bien la quantité de nitrates déversés pour une comptabilité de pollution de l'eau, etc. Mais l'intégration des préoccupations de développement durable entraîne dans un second temps un nouveau cadrage des périmètres de responsabilité des agents économiques. Par exemple une entreprise « socialement responsable » ayant comme valeur les Droits de l'Homme ne peut négliger la question chez ses sous-traitants et partenaires. Elle se doit d'élargir son champ d'investigation. De ce fait, les normes comptables évoluent et reconnaissent désormais le principe de « sphère d'influence » (recouvrant l'ensemble des relations de l'entreprise avec les autres organisations) à côté de celui de « sphère de contrôle » (recouvrant l'entreprise-mère et ses filiales) (Norme ISO 26000). Il s'agit d'un processus de remise en cause de la frontière spatiale du cadre comptable (Dupuis et al., 2010).

Au travers de sa règle d'allocation, un outil comptable carbone est l'expression d'un nouveau périmètre de responsabilité de l'entreprise. Le mode de justification de cette règle d'allocation correspond aux critères qui assurent la cohérence de la nouvelle définition du périmètre de responsabilité. Il semble alors pertinent d'analyser différents exemples de modèles de comptabilité carbone et d'étudier comment ils illustrent cette problématique de la définition et donc de l'évaluation de la responsabilité des agents économiques.

2. Les inventaires nationaux de GES :

Cet outil de comptabilité carbone a été formalisé par l'IPCC en 1996, puis révisé en 2006 (IPCC, 2006) au titre de la convention cadre UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change, 1992) et en vue de la signature du protocole de Kyoto. L'UNFCCC prévoit l'établissement par les pays signataires de la convention d' « inventaires nationaux des émissions anthropiques par leurs sources et de l'absorption par leurs puits de tous les gaz à effet de serre ». Leur publication doit être annuelle pour les parties de l'Annexe I de la convention. Ces inventaires constituent ensuite la base sur laquelle se déroulent les négociations internationales de lutte contre le changement climatique prévues par l'UNFCCC : la Conférence des Parties (COP). Les chiffres contenus dans les inventaires nationaux de GES sont normalement le préambule de l'action (UNFCCC, 1992), mais la mise en place d'engagements contraignants de réduction des émissions de GES pour les pays est difficile (Hourcade, 2001). De par leur caractère macroscopique, donc éloigné du comportement des consommateurs ou des stratégies des entreprises, et obligatoire pour les pays signataires de la convention, le modèle comptable des Inventaires Nationaux de GES correspond au premier

moteur de développement de la comptabilité carbone présenté en introduction. Les Inventaires Nationaux de GES sont un des éléments d'une démarche visant à intégrer les externalités climatiques dans le processus de gouvernance des états, dans notre lecture.

Les experts de l'IPCC ont développé un outil de comptabilité carbone ayant les caractéristiques suivantes (IPCC, 2006) :

- **Transparence.** Les enjeux politiques et économiques sont importants, en particulier pour les pays de l'Annexe I engagés dans le protocole de Kyoto. La documentation des inventaires doit présenter les méthodes utilisées de façon à pouvoir garantir que les recommandations de l'IPCC sont respectées. Les publications des pays de l'Annexe I sont analysées par des équipes d'experts coordonnées par le secrétariat de l'UNFCCC.
- **Exhaustivité.** L'inventaire de GES doit comptabiliser toutes les sources de toutes les émissions des six GES concernés par le protocole de Kyoto, et des précurseurs de GES (SO₂, CO, NO_x et COVNM) dans le cadre de l'UNFCCC.
- **Cohérence.** Les estimations contenues dans les inventaires nationaux doivent être réalisées de manière à ce que les résultats d'une année à l'autre et d'une catégorie à l'autre soient comparables, afin de mettre en évidence les tendances réelles.
- **Comparabilité.** La définition des catégories sources (Common Reporting Format) et des méthodes d'estimation par le GIEC permet aux négociations internationales de se baser sur des inventaires de GES comparables entre pays.
- **Exactitude.** Les conventions comptables adaptées doivent être les plus neutres possibles, une attention particulière est accordée à la réduction des biais tant à la sur estimation qu'à la sous estimation.

Les inventaires nationaux de GES sont structurés suivant les 6 grandes catégories du « Common Reporting Format » (CRF) regroupant ainsi les différentes sources d'émission. Pour chacune d'entre elles, des statistiques nationales fournies par les administrations compétentes renseignent sur les niveaux d'activités. Ensuite des facteurs d'émissions permettent d'estimer les émissions de GES associées. Chacune de ces étapes fait l'objet de recommandations méthodologiques de la part de l'IPCC (IPCC, 2006).

La première catégorie, « Energie (CRF 1) », regroupe les émissions liées à la production et à la consommation d'énergie, c'est-à-dire les émissions des industries de l'énergie (les centrales électriques, les raffineries de pétrole et la production de combustibles solides et gazeux) et les émissions des industries consommatrices, des transports, du chauffage des bâtiments et de l'agriculture. A celles-ci se rajoutent les émissions dites fugitives en provenance, d'une part, de l'élaboration des produits pétroliers et d'autre part, de l'extraction et de la distribution des combustibles (mines, réseaux de transport de gaz naturel, stations services, etc) (CITEPA, 2010). Cette catégorie rassemble les émissions liées à la combustion d'hydrocarbures et contient par conséquent la grande majorité des émissions de CO₂ des pays.

La catégorie « Procédés Industriels (CRF 2) » regroupe l'ensemble des sources potentielles d'émissions de GES liées à un procédé industriel différent de la combustion de combustibles (les procédés énergétiques comme les fours sont déjà comptabilisés dans la catégorie Energie CRF 1). Cette catégorie inclut les émissions de la production de produits minéraux, de la chimie, de la métallurgie, des productions diverses (industries agro-alimentaires, etc) et de façon spécifique la production et la consommation des produits issus des gaz HFC, PFC et SF₆ (CITEPA, 2010).

La catégorie « Utilisation de solvants et autres produits (CRF 3) » rassemble les activités consommatrices de solvants comme l'application de peinture (dans l'industrie, le bâtiment, à usage domestique, etc.), le dégraissage des métaux et le nettoyage à sec. Cette catégorie contient des sources importantes de COVNM (Composés Organiques Volatils Non Méthaniques) convertis in fine en CO₂ équivalent (CITEPA, 2010).

La catégorie « Agriculture (CRF 4) » contient les émissions liées à l'agriculture qui ne sont ni liées à la consommation d'énergie (engins agricoles, chauffage des locaux, etc.) et ni liées à la catégorie CRF 5 concernant l'usage des sols. En d'autres termes, cette catégorie rassemble les émissions liées à la fermentation entérique et à la gestion des déjections des animaux d'élevage, à la culture dur riz et la fertilisation des terres et au brûlage des résidus de récolte (CITEPA, 2010). Elle contient des sources importantes de CH₄ et N₂O.

La catégorie « UTCF (Utilisation des Terres, leur Changement et la Forêt) (CRF 5) » contient les émissions liées à l'utilisation des sols et à son changement (déforestation, reboisement, passage prairies/cultures, etc.). Cette catégorie est une source d'émission de CO₂, CH₄ et N₂O, mais peut être également un puits de GES (CITEPA, 2010).

La dernière catégorie « Déchets (CRF 6) » rassemble les émissions liées au traitement des déchets solides (décharges, usine d'incinération des ordures ménagères sans récupération d'énergie, compostage) et au traitement des eaux usées (domestiques et industrielles) (CITEPA, 2010).

Comme la description des catégories des inventaires nationaux nous le montre, cette comptabilité par sources d'émissions ou procédés physiques déconnecte les émissions de GES de l'activité économique concernée. Une seule activité comme par exemple l'agro-alimentaire est distribué entre différentes catégories : les émissions des véhicules, des bâtiments et des fours pour les transformations des aliments sont affectées en CRF 1, les émissions des cultures et des troupeaux sont affectées en CRF 4, les procédés industriels de transformation des aliments comme la fermentation sont affectées en CRF 2, le passage d'une prairie à une culture en CRF 5 et le compostage des résidus de culture en CRF 6. Et si jamais l'agriculteur repeint sa grange, les émissions des solvants sont comptabilisées en CRF 3.

La recherche d'objectivité et d'exhaustivité a ainsi conduit à dissocier les émissions de GES de l'activité économique à l'origine de ces émissions. Dans la réflexion autour de la question de la justification des règles d'allocation des émissions aux activités économiques correspondantes, l'étude des inventaires nationaux de GES constitue l'étape « zéro » de notre analyse. Cependant, les inventaires nationaux de GES sont par définition nationaux et présentent donc un compte consolidé des émissions de GES à l'échelle d'un territoire. Ils introduisent un nouveau champ comptable à l'échelle des Etats, celui du carbone, mais n'induisent pas de redéfinition du périmètre de ce champ comptable. La comptabilité carbone s'arrête ici aux frontières des Etats et n'intègre pas la « sphère d'influence » que l'on pourrait définir dans ce cas comme les émissions de GES des pays d'importations et d'exportations. Les émissions de GES d'une usine produisant des biens destinés à l'exportation sont comptabilisées dans l'inventaire du pays producteur et non dans celui du pays destinataire de l'exportation. Ces émissions peuvent représenter des quantités de GES importantes pour des pays comme la Chine qui ont une économie fondée sur l'exportation massive de biens manufacturiers. Cela peut apparaître comme un enjeu important pour l'efficacité des politiques climatiques dans le contexte actuel de mondialisation de l'économie associée à de nombreuses délocalisations d'activités (Monjon et Quirion, 2010).

Les Inventaires Nationaux de GES établissent une comptabilité des émissions effectivement observées à l'intérieur des frontières d'un pays en négligeant la problématique du lien avec les activités économiques. Mais il faut reconnaître qu'ils constituent à ce jour l'exercice de comptabilité carbone le plus abouti et sans doute le plus fiable : la plupart des pays du monde (même pays hors Annexe I) ont au moins une fois réalisé l'exercice d'inventaire (UNFCCC), les mesures d'incertitude associées aux chiffres permettent d'apprécier les résultats et les processus de contrôle/assurance qualité au cœur des recommandations des experts l'IPCC (IPCC, 2006) sont inégalés dans le monde de la comptabilité carbone.

3. Les comptes NAMEA :

Même si les comptes NAMEA ont un périmètre national comme les Inventaires Nationaux de GES, le point de vue adopté est radicalement différent. Cet outil développé sur la base de la comptabilité nationale est un outil d'aide à la décision des pouvoirs publics. L'objectif n'est plus le recensement exhaustif des émissions de GES d'un territoire comme dans le cas des Inventaires Nationaux, mais d'investiguer le « circuit économique » des émissions de GES d'un territoire.

Les comptes NAMEA (National Accounting Matrix including Environmental Accounts) (Keuning et al., 1993, 1999) combine aux tableaux entrées-sorties (TES) de la comptabilité nationale (Leontief, 1970) des comptes physiques environnementaux ventilés par activités économiques. Les comptes NAMEA peuvent également être qualifiés « d'hybrides » (SEEA, 2003).

Le TES de la comptabilité nationale synthétise les relations entre les différentes branches du système productif et la demande finale. Cet outil présente les équilibres emplois-ressources pour chacun des produits, et les comptes de production et d'exploitation par branches d'activités. Le TES résulte de la juxtaposition de 5 tableaux (Cf. Tableau 1) :

- le tableau des ressources en produits, qui contient la production (X) et les importations (IM) de chaque produit¹,
- le tableau des consommations intermédiaires (CI) qui décrit les interdépendances entre les branches pour leurs approvisionnements comme pour leurs débouchés,
- le tableau des emplois finals qui regroupe la consommation finale des ménages et des administrations (Y), l'investissement (Formation Brute de Capital Fixe, FBCF) et les exportations (EX)²,
- le compte de production des branches, sous le tableau des consommations intermédiaires, qui permet d'estimer la valeur ajoutée des branches.
- le compte d'exploitation des branches, qui montre la décomposition de la valeur ajoutée entre l'excédent brut d'exploitation, les salaires et la fiscalité.

Le tableau des consommations intermédiaires est au centre du TES. Il permet l'étude économique des relations entre les différentes branches. Les colonnes correspondent aux branches d'activité, tandis que les lignes représentent des produits. Chaque colonne j contient les consommations intermédiaires effectuées des différents produits i par la branche j. Chaque ligne i retrace les ventes intermédiaires du produit i auprès de chaque branche j.

Les comptes NAMEA associent au TES une matrice de comptes environnementaux. On trouve en colonne différents items relatifs à différents enjeux environnementaux, comme les émissions de GES pour le changement climatique. Les comptes NAMEA distinguent les impacts environnementaux de la production de ceux de la consommation pour s'adapter au format du TES. Pour chaque ligne i on trouve l'impact environnemental associé à la production du produit i. Il s'agit de l'impact direct de la branche i qui produit du produit i. Appliqué aux émissions de GES, les comptes environnementaux présentent les émissions de GES direct (sur site) de chaque branche d'activité. En revanche les émissions de GES liées à l'activité de consommation de ce produit i sont rapportées séparément et figurent dans la

¹ La production d'un produit est valorisée au prix de base, tandis que les emplois du même produit sont valorisés au prix d'acquisition. Pour préserver l'équilibre emplois-ressources du TES, il convient en toute rigueur d'ajouter au tableau des ressources les marges de commerce, les marges de transport et les impôts et les subventions sur le produit (Piriou, 2004). Pour simplifier notre propos, nous ne considérerons que la production et les importations.

² Le tableau des emplois finals contient une dernière catégorie : la variation des stocks (Piriou, 2004). Un produit qui n'est pas consommé peut être stocké en vue d'une utilisation ultérieure et constituer une ressource pour la période suivante. Pour simplifier notre propos, nous ne tiendrons pas compte de ce champ.

Tableau des Ressources en Produits				Tableau des Consommations intermédiaires			Tableau des emplois finals				Comptes environnementaux		
	Prod	Imports	Total		. . . Branche j . . .	Conso Finale	FBCF	Export	Total	Emissions GES	Nitrates	...	
Produit 1	X ₁	IM ₁	R ₁	Produit 1	CI _{1,1} . . . CI _{1,j} . . . CI _{1,n}	Y ₁	FBCF ₁	EX ₁	EF ₁	GES ₁	N ₁		
·	·	·	·	·	· · ·	·	·	·	·	·	·		
·	·	·	·	·	· · ·	·	·	·	·	·	·		
·	·	·	·	·	· · ·	·	·	·	·	·	·		
Produit i	X _i	IM _i	R _i	Produit i	CI _{i,1} . . . CI _{i,j} . . . CI _{i,n}	Y _i	FBCF _i	EX _i	EF _i	GES _i	N _i		
·	·	·	·	·	· · ·	·	·	·	·	·	·		
·	·	·	·	·	· · ·	·	·	·	·	·	·		
·	·	·	·	·	· · ·	·	·	·	·	·	·		
Produit n	X _n	IM _n	R _n	Produit n	CI _{n,1} . . . CI _{n,j} . . . CI _{n,n}	Y _n	FBCF _n	EX _n	EF _n	GES _n	N _n		
				Compte de production							GES _m	N _m	
				∑ CI _{i,j}	CI ₁ CI _j CI _n								
				Valeur Ajoutée	VA ₁ VA _j VA _n								
				Compte d'exploitation									

Tableau 1 : Représentation schématique des comptes NAMEA (d'après INSEE, (Piriou, 2004) et (Ifen, 2006)).

Les 5 tableaux de gauche constituent le TES classique. Les lignes du tableau des consommations intermédiaires correspondent aux produits i, tandis que les colonnes correspondent aux branches d'activité j. Chaque ligne i exprime l'équilibre emplois-ressources pour le produit i : $X_i + IM_i = R_i = \sum_j CI_{i,j} + Y_i + FBCF_i + EX_i = \sum_j CI_{i,j} + EF_i$. Les colonnes j permettent la réalisation des comptes de production et d'exploitation par branche d'activité j.

La matrice des comptes environnementaux est ajoutée à droite du TES. Elle contient les flux physiques à l'origine des impacts environnementaux. Dans ce tableau sont considérés les émissions de GES et les nitrates, mais d'autres champs comme la consommation d'eau ou la production de déchets peuvent y être ajoutés. Ils sont présentés en colonne. Chaque valeur (GES_i) correspond aux émissions de la production X_i. Les émissions de la consommation sont rassemblées en GES_m.

dernière ligne (Cf. Tableau 1). Considérons par exemple que le produit 1 soit une voiture. Les émissions directes (GES_1) correspondent uniquement aux émissions du fabricant de la voiture. Elles n'intègrent pas les émissions de la fabrication des éléments intermédiaires achetés par la branche fabricant la voiture aux autres branches. Enfin les émissions lors de l'utilisation de cette voiture apparaissent dans la dernière ligne correspondant à la consommation finale du produit (GES_m). Dans cette lecture, les comptes NAMEA donnent une vision des impacts environnementaux par branches d'activité.

Mais les comptes NAMEA permettent également de calculer les impacts environnementaux nécessaires à la satisfaction de la demande finale. Cette présentation des comptes permet de tenir des impacts environnementaux causés par les importations, ceux de production sur le territoire national, et de retrancher les impacts environnementaux liés aux exportations (Lenglart et al., 2010). En manipulant le tableau des consommations intermédiaires (Cf. Annexe pour le détail des calculs), il est possible de calculer les impacts environnementaux de chacune des consommations intermédiaires nécessaires à la production du produit i . On obtient ainsi une empreinte environnementale totale (directe et indirecte) du produit i . Dans notre exemple de la voiture, cette vision par produit correspond aux émissions de la fabrication de toutes les pièces de la voiture qu'elles aient lieu le territoire national ou à l'étranger.

Appliqués aux émissions de GES, les comptes NAMEA permettent d'obtenir deux comptabilités distinctes :

- Une comptabilité par branche, qui présente les émissions de GES effectivement émises par chacune des branches d'activité sur le territoire national. Cette comptabilité fonctionne suivant la justification de la propriété des sources d'émissions. Les émissions des ménages correspondent aux émissions des véhicules et des logements dont ils sont propriétaires. Les émissions des branches d'activité sont les émissions directement émises sur site. Ce type de comptabilité carbone souligne la contribution au changement climatique des activités de consommations et des branches d'activité propriétaires de sources d'émissions importantes (la production d'électricité, le transport et la logistique...) (pour une étude de l'économie française, voir Lenglart et al., 2010).
- Une comptabilité par produit, qui présente les émissions de GES nécessaires à la fabrication de chaque produit incluant les émissions de toutes les consommations intermédiaires sur le territoire national ou à l'étranger. Cela correspond au « contenu carbone » du produit qui est l'équivalent du « double étiquetage » pour informer le consommateur. Ce type de comptabilité nuance les résultats de l'approche par branche en révélant l'importance de branches consommatrices de produits intermédiaires comme l'industrie manufacturière ou l'agro-alimentaire aux dépens de branches productrices (énergie, transports) (pour une étude de l'économie française, voir Lenglart et al., 2010).

En hybridant le TES de la comptabilité nationale avec des comptes environnementaux, les comptes NAMEA introduisent un nouveau champ d'observation qui peut se réinterpréter avec l'éclairage du débat sur les frontières de responsabilité des agents économiques. Les comptes par branche associent aux branches d'activité la pression environnementale de leurs sites de production. Ces comptes appliquent la sphère de contrôle comme définition du périmètre de responsabilité des branches d'activité. En revanche les comptes par produit intègrent les pressions environnementales de la production des biens intermédiaires nécessaires à la fabrication du produit en question. Si on définit la responsabilité de la branche d'activité sur la base de l'empreinte environnementale de sa consommation, les comptes NAMEA par

produit permettent de dessiner les contours d'une responsabilité étendue sur la base de la sphère d'influence de la branche d'activité.

Par rapport à l'approche des inventaires nationaux de GES, l'étude des comptes NAMEA nous a permis de mettre en évidence deux modes de justification de lien entre les émissions de GES et les activités économiques : la propriété des sources et la consommation. Enfin nous pouvons noter que la comptabilité par produit correspond à une approche macroscopique de « double étiquetage ». Elle n'est pas équivalente à une analyse de cycle de vie car elle ne tient pas compte des émissions de GES lors de l'utilisation (émissions des ménages), ni celles de la fin de vie du produit (le recyclage et le traitement des déchets sont comptabilisés comme un service consommé par les ménages, et pas comme un élément de la chaîne de production du produit). Mais la comptabilité par produit et l'analyse de cycle de vie partagent la consommation comme justification de l'allocation des émissions de GES.

4. Le Bilan Carbone :

La méthode « Bilan Carbone » est une méthodologie de comptabilité carbone particulièrement reconnue en France. Le présent article n'a pas l'ambition d'être exhaustif, il existe d'autres méthodologies analogues. Il s'agit ici de considérer la méthode Bilan Carbone comme un exemple illustratif de notre propos.

Le Bilan Carbone est un outil de management environnemental, qui s'intègre dans l'axe Analyse Risques-Opportunités de la comptabilité carbone. Il doit permettre d'identifier les actions prioritaires contre le changement climatique (Bilan Carbone, 2010) pour les activités industrielles, tertiaires, privées ou publiques comme les collectivités territoriales.

Contrairement aux deux approches présentées précédemment, le Bilan Carbone est une démarche microéconomique centrée sur chaque agent pris individuellement. Le Bilan Carbone a pour objectif d'évaluer, en ordre de grandeur³, les émissions de GES engendrées par l'ensemble des processus physiques qui sont nécessaires à l'existence d'une activité ou d'une organisation (Bilan Carbone, 2010). Il doit constituer un outil de réduction de la dépendance de l'activité aux sources d'émissions de GES : cette dépendance est principalement associée aux énergies fossiles pour ce qui concerne les émissions de CO₂. Le mode de justification de la règle d'allocation du Bilan Carbone n'est pas la responsabilité de l'agent dans l'accroissement des émissions de GES. Le Bilan Carbone est le préambule aux actions de réduction de la dépendance de l'agent aux émissions de GES. Ces dernières sont perçues, par les concepteurs de la méthode, comme un facteur de risques économiques pour l'agent (par exemple, la dépendance à l'égard des énergies fossiles dont l'augmentation des prix pourrait nuire à la rentabilité économique de l'activité de l'agent). Leur réduction représente une opportunité pour l'agent de diminuer ces risques. Le Bilan Carbone s'inscrit donc bien dans une démarche d'analyse Risques-Opportunités.

En adoptant le point de vue d'une entité ou d'un site, il devient pertinent de distinguer les émissions de GES qui prennent place directement au sein de l'entité (ou émissions directes) et les émissions de GES qui prennent place à l'extérieur de cette entité (ou émissions indirectes). Cette dichotomie est couramment supplantée par la classification par « scope » (périmètre en anglais). Elle a été introduite sous l'influence d'organisations internationales comme le GHG Protocol (initiative du World Resource Institute et du World Business Council for Sustainable Development visant à développer des standards et des outils de comptabilité carbone) et reprise par la norme ISO 14064. Il existe 3 « scopes » : le scope 1 correspond exactement aux émissions directes, le scope 2 correspond aux émissions liées à la production

³ « Un ordre de grandeur reste le même si le résultat considéré varie de plus ou moins 50%. » (Bilan Carbone, 2010 ; p 12). Définition peu courante de l'ordre de grandeur, qui est défini en sciences physiques la puissance de 10 d'un nombre en écriture scientifique.

d'électricité consommée par l'entité et le scope 3 correspond aux autres émissions indirectes non contenues dans le scope 2. Cependant les derniers travaux du GHG Protocol tentent de clarifier le scope 3 en 15 sous-catégories pour en rationaliser le contenu (GHG Protocol, 2011).

Il apparaît clairement que l'un des enjeux de ce type d'approche est le périmètre global retenu pour le scope 3 qui rassemble les émissions indirectes (les autres Scopes étant précisément définis). La prise en compte ou non de telle ou telle sources d'émissions de GES peut radicalement changer le résultat du Bilan Carbone. Par exemple, la prise en compte ou non des émissions des véhicules des clients se rendant à une grande surface de distribution change le Bilan Carbone de cette grande surface. Ainsi le nombre et le type de postes d'émissions varient suivant le type d'activité. Pour une industrie lourde traditionnelle, la première source d'émission sera probablement l'énergie directement utilisée à l'usine. Les émissions non énergétiques peuvent aussi être majeures dans le cas d'une cimenterie par exemple. Pour un industriel de l'agroalimentaire, les émissions liées à la production et à la transformation des produits agricoles peuvent être le poste principal. Pour un gestionnaire de réseaux d'adduction d'eau et d'évacuation des eaux usées, le méthane émis par les eaux usées peut représenter jusqu'à 40 % des émissions totales. Pour une société de services, le chauffage et la climatisation des bâtiments et le transport de personnes sont souvent les principales sources (Bilan Carbone, 2010).

Même si l'ordre de grandeur³ est le niveau de précision recherché par le Bilan Carbone, la tentation de comparer le Bilan Carbone de deux entités est grande. Comme nous venons de le voir, les Bilan Carbone dépendent du type d'activité de l'entité considérée. Comparer le Bilan Carbone de deux entités de secteur d'activité différent n'a absolument pas de sens. Mais comparer le Bilan Carbone de deux entités appartenant au même secteur d'activité n'en a pas forcément beaucoup plus dès lors que les calculs ne sont pas publiés (Bilan Carbone, 2010). La définition du scope 3 est prépondérante dans le résultat final. Il faut ajouter que le niveau de la certification des Bilan Carbone est bien moindre que celui des inventaires nationaux de GES. Toute entreprise peut réaliser elle-même son Bilan Carbone après avoir suivi une formation dispensée par l'ADEME. Malgré le faible degré de précision et de fiabilité de certains de ces chiffres, des ONG et des consultants n'hésitent pas à franchir toutes ces limites pour proposer des classements d'entreprises suivant leurs émissions de GES (Scope 1, 2 et 3) (EIO, 2011). Les pouvoirs publics ont depuis peu, par exemple dans le cas de la France (loi ENE, n°2010-788, Article 75), décidé de légiférer en introduisant une obligation de reporting environnemental incluant un chiffrage des émissions de GES. Pour l'instant, ces obligations ne portent que sur les émissions de type Scope 1 et 2, mais représentent une avancée juridique (de type Pollueur-Payeur) qui participe à façonner le monde de la comptabilité carbone.

L'analyse de la méthode Bilan Carbone nous a permis de mettre en évidence la dépendance comme mode de justification de la règle d'allocation. Cette justification s'inscrit totalement dans la démarche d'analyse Risques-Opportunités à l'échelle micro-économique de l'entreprise.

Fondamentalement, le Bilan Carbone et les méthodologies associées sont des initiatives qui posent de façon très pragmatique, à travers les définitions de Scope 1, 2 et 3, la problématique de la définition des frontières des entreprises. C'est un exemple concret de mise en œuvre d'outils comptables basés sur l'interprétation du concept de « sphère d'influence » de l'entreprise. Le Bilan Carbone propose une définition spécifique de la sphère d'influence de chaque type d'activité économique et évalue en termes d'ordre de grandeur les émissions de GES des sources pertinentes.

5. La comptabilité par enjeux :

La comptabilité par enjeux est un modèle comptable original développé par l'auteur. Elle a été initialement mise au point pour la comptabilisation des émissions de GES « induites » par les institutions financières. Ce modèle place la règle d'allocation au cœur de la réflexion. Sur quel critère allouer les émissions de GES aux différentes activités économiques ? La comptabilité par enjeux propose de les allouer suivant la capacité des agents à les réduire.

La comptabilité par enjeux explore un mode de justification de cette allocation différent de celui de la propriété, de la consommation ou de la dépendance. C'est une comptabilité carbone basée sur le pouvoir de décision et le levier d'action des agents économiques, c'est-à-dire sur l'« enjeu » climatique qui caractérise leurs activités. La définition économique rigoureuse de ce concept est la suivante : l'enjeu climatique d'un agent économique est la quantité d'émissions de GES que cet agent serait susceptible de réduire dans une économie où seraient introduites des contraintes fortes sur les émissions de GES. Sous des contraintes portant sur les émissions de GES qui se traduisent par un coût des émissions, l'internalisation de ces coûts supplémentaires entraîne une diminution de la demande en biens carbonés au profit de biens moins carbonés. L'agent producteur de biens carbonés devra alors répondre à l'évolution de la demande par de l'« innovation procédés » (gain d'efficacité du processus de conception et de fabrication) et de l'« innovation produit » (gain d'efficacité tout au long du cycle de vie du produit). Les émissions de GES ciblées par ces démarches d'innovation constituent l'enjeu climatique de l'agent.

Prenons quelques exemples pour illustrer ce concept. L'industrie manufacturière automobile consomme des produits intermédiaires, possède des usines où elle assemble des véhicules à moteur à explosion qui émettent des GES pendant leur utilisation. Quel est l'enjeu climatique associé à l'industrie manufacturière automobile ? S'agit-il de savoir si l'usine d'assemblage possède des panneaux solaires ou si elle a été repeinte avec telle ou telle type de peinture ou bien encore si elle a été construite suivant des normes de qualité environnementale ? Non, l'enjeu climatique pour cette activité économique est la technologie qui sera choisie pour concevoir le moteur et ainsi fournir le service de transport au consommateur final. En effet dans une économie avec des contraintes fortes sur les émissions de GES, le consommateur oriente son choix vers des véhicules faiblement émetteurs. L'industrie automobile va-t-elle lui en fournir ? C'est la réponse à cette question qui permettra de dire si oui ou non l'industrie manufacturière automobile a relevé le défi de la lutte contre le changement climatique. De plus, cet enjeu climatique est commun à toute la filière de l'automobile. Les sous-traitants sont concernés par l'évolution technologique de leur activité : ils peuvent concevoir des composants plus légers dans le but d'améliorer la performance énergétique des véhicules ou participer à la mise au point de technologies alternatives. Les loueurs doivent également adapter leur flotte pour répondre à la demande des clients. N'ayant pas de leviers d'action sur les innovations de la filière automobile, ils participent par leur demande en véhicules performants à son adaptation.

Les émissions de GES associées à la construction de l'usine dans cet exemple constituent l'enjeu climatique du secteur de la construction qui devra améliorer les techniques de construction et l'efficacité énergétique des bâtiments pour suivre la demande dans une économie sous contrainte carbone. De même les émissions de GES des solvants de la peinture de l'usine sont l'enjeu du producteur de la peinture ; celles de la fabrication des panneaux solaires sont l'enjeu du fabricant des panneaux. On considère uniquement dans ses exemples les émissions des procédés industriels. En effet les émissions de la production d'électricité consommée lors de la fabrication de la peinture ou des panneaux solaires représentent l'enjeu climatique du producteur d'électricité qui doit adapter son mix énergétique.

Ce type de comptabilité carbone alloue les émissions de GES observés aux agents économiques possédant le pouvoir de décision et le levier d'action nécessaire pour les réduire.

La comptabilité carbone par enjeux permet d'expliciter la « responsabilité fondamentale » de chaque activité économique, qui correspond au choix des procédés technologiques qu'il met en œuvre dans son activité, et des quantités de biens et de services qu'il offre.

Le corollaire de cette approche par enjeux climatiques est que l'ensemble des émissions de GES observées sont allouées à la production plutôt qu'à la consommation. Sans nier la responsabilité du consommateur dans l'acte de consommation, ce corollaire analyse la relation producteur/consommateur différemment. Continuons avec l'exemple de l'automobile : le consommateur n'achète pas une automobile émettant des GES pour ses émissions de GES, mais achète un moyen de locomotion individuel. Le consommateur a des besoins que le marché a pour objectif de contenter. Le consommateur répond au rapport qualité/prix des produits que le marché lui propose. Autrement dit, il maximise son utilité (qui intègre sa préférence pour l'environnement) suivant un signal prix, mais ne prend pas position en faveur d'une technologie en particulier, aussi carbonée soit-elle. Que la voiture soit émettrice ou non apparaît secondaire pour le consommateur. Le prix d'achat, le coût d'entretien et le prix de revente de la voiture déterminent sa décision finale relativement à sa propre fonction d'utilité. Le choix de la technologie est de ce point de vue le résultat des décisions stratégiques des manufacturiers sous des contraintes réglementaires émanant des pouvoirs publics. Cette lecture aboutit à affecter l'intégralité de l'enjeu climatique à l'activité de production et n'affecter aucune émissions de GES à celle de consommation (Cf. Annexe – le cas 100% production).

Selon la même logique, le secteur de la construction possède la responsabilité fondamentale des solutions techniques mises en œuvre pour la construction de logement par exemple. Le corollaire induit par exemple que l'arbitrage béton/bois appartient aux ingénieurs de la construction plutôt qu'au futur occupant a priori sans préférence pour l'une des deux technologies.

Ce corollaire est à la base de la perception des enjeux climatiques tels que présentés dans cette article. Mais il est possible d'en changer sans remettre en cause le principe de la comptabilité par enjeux. Il est possible par exemple d'affaiblir ce corollaire en modifiant a posteriori la règle d'allocation par exemple en affectant une fraction des enjeux climatiques à la consommation. Mais sans nouvelle justification de la règle d'allocation, ce partage des enjeux climatiques est arbitraire. Il s'agit de définir le pourcentage réalloué des émissions de GES de chaque activité économique au consommateur final.

Ainsi la comptabilité par enjeux climatiques lie les émissions de GES à la décision du procédé technologique utilisée. Il faut bien comprendre qu'il s'agit d'un mode de justification distinct de celui de la production. Il ne s'agit pas de considérer systématiquement les émissions de GES de l'activité de production ou les émissions de GES lors de l'utilisation du produit. Cela peut être ponctuellement le cas mais ne constitue pas la règle d'affectation : pour l'automobile, les émissions considérées sont celles de l'utilisation des produits, tandis que pour l'agro-alimentaire, les émissions considérées sont celles des processus de transformation des aliments.

La comptabilité par enjeux solidarise tous les agents économiques d'une même chaîne de valeur autour d'un même enjeu. Ainsi dans l'exemple de la filière automobile, il est nécessaire de rapprocher de l'industrie manufacturière l'ensemble des sous-traitants, mais aussi l'industrie de réparation et l'industrie de location et de commercialisation. L'objectif est de faire correspondre à un enjeu climatique donné l'ensemble économique concerné. La comptabilité par enjeux amène donc à dessiner des macro-secteurs adaptés à la taille des enjeux. Il en résulte que l'analyse est fondée sur un petit nombre de macro-secteurs. Ce type de comptabilité nourrit des réflexions macro-économiques et ne saurait descendre finement dans le tissu économique à l'échelle de filières comme définies dans les nomenclatures

économiques (la Nomenclature statistique des Activités économiques dans la Communauté Européenne – NACE, par exemple). La comptabilité par enjeux fournit des ordres de grandeurs qu'il convient d'interpréter et d'utiliser comme d'autres indicateurs macro-économiques tel le PIB. En revanche, elle aboutit à des valeurs additives : la somme des enjeux climatiques des activités économiques d'un territoire est égale aux émissions d'un territoire. Elle établit entre chaque quantité d'émissions de GES associée à un enjeu climatique et chaque activité économique une relation directe bijective : l'ensemble des émissions est distribué entre les différentes activités en fonction de leur enjeu climatique. La comptabilité par enjeux garantit l'absence de toute comptabilisation multiple par construction et les chiffres ainsi obtenus sont nécessairement consolidés.

La comptabilité par enjeux trouve déjà un champ d'application et paraît particulièrement adaptée à l'analyse de l'empreinte climatique des activités bancaires (2° Investing Initiative, 2°ii, 2013), ou plus précisément à la quantification et à l'analyse des émissions « induites » par un portefeuille de financement et d'investissement. En effet ces portefeuilles sont « diversifiés », c'est-à-dire qu'ils contiennent des actifs de différents secteurs pour diminuer les risques de pertes. L'utilisation de chiffres non consolidables pour la quantification d'émissions induites conduit inévitablement à une comptabilisation multiple qui remet en cause sa validité. La comptabilité par enjeux permet d'éviter toute comptabilisation multiple. De plus la notion d'enjeu climatique ou de responsabilité fondamentale fait échos à l'identification d'un risque carbone émergent par les institutions financières (UNEP-FI, 2005 ; 2°ii, 2013). L'augmentation du prix des ressources énergétiques fossiles, la mise en place d'outils économiques introduisant un coût des émissions de GES et le changement de comportements des consommateurs bouleverseront profondément nos économies. Pour les institutions financières, il s'agit d'appréhender cette réalité proche en analysant les émissions de GES de leurs clients selon la comptabilité par enjeux, qui répond parfaitement à ce besoin. La comptabilité par enjeux climatiques donne une lecture claire des ordres de grandeur des émissions de GES que chaque macro-secteur devra réduire. Le levier d'action pour la réduction des émissions de GES est le mode de justification de la règle d'allocation de la comptabilité par enjeux. Sa simplicité en fait une comptabilité facile d'utilisation permettant d'obtenir une première cartographie macroscopique des portefeuilles de financement et d'investissement.

Comme les autres formes de comptabilités carbone analysées précédemment, la comptabilité par enjeux adjoint un nouveau champ d'observation à la comptabilité associée à l'activité économique. Mais la redéfinition des frontières des secteurs économiques est profonde. Il ne s'agit pas simplement d'une extension des frontières. Attachée à garantir l'absence de comptabilisation multiple, la comptabilité par enjeux redessine des frontières économiques des agents sur la base de leurs leviers d'actions. Les frontières de l'enjeu climatique peuvent ne pas coïncider avec celles de la propriété ou de la sphère de contrôle. L'enjeu climatique est intégralement inclus dans la sphère d'influence.

Conclusion :

L'étude comparative de différents modèles de comptabilité carbone montre la diversité des règles d'allocation des émissions de GES aux activités économiques et celle des modes de justifications : propriété, consommation, dépendance et levier d'action. Chaque règle d'allocation définit le périmètre des émissions de GES à retenir pour chaque activité. Le contenu carbone n'est pas intrinsèquement défini pour chaque activité. Il dépend de la règle d'allocation du modèle de comptabilité carbone.

Les modes de justification des règles d'allocation des émissions de GES aux activités économiques représentent un cadre de lecture pertinent des différentes comptabilités carbone existantes. Il introduit un nouveau critère de classification des comptabilités carbones (Richard, 2009) (cf. Tableau 2). Mais surtout il permet de définir une nouvelle comptabilité carbone innovante : la comptabilité carbone par enjeux climatiques, qui alloue chaque type d'émissions de GES en fonction de la responsabilité fondamentale de chaque agent économique, c'est-à-dire en fonction de son levier d'action. La comptabilité par enjeux permet d'apporter une première réponse à la question de la quantification des émissions de GES induites par un portefeuille de financement et d'investissement.

L'analyse des modes de justification des règles d'allocation participe au débat animé par les sociologues et les économistes de la RSE sur la redéfinition des frontières de la responsabilité de l'entreprise. La comptabilité carbone ajoute un champ d'observation à la comptabilité économique, mais puisque les sources d'émissions de GES nécessaires à une activité économique ne se situent pas toujours dans sa sphère de contrôle, la comptabilité carbone représente une tentative d'élargissement du périmètre d'analyse de l'activité économique en question.

	Inventaires Nationaux	Comptes NAMEA	Bilan Carbone	Comptabilité par enjeux
Dimension	Macro	Macro (Méso)	Micro	Macro
Additivité	oui	Par branche uniquement	non	Oui
Mode de justification	-	Propriété (par branche)/Consommation (par produit)	Dépendance	Levier d'action

Tableau 2 : Synthèse des différents modèles comptables. « Dimension » est un critère de classification des comptabilités environnementales (Richard, 2009).

Bibliographie :

- 2°ii (2013). 2° Investing Initiative, *From financed emissions to long-term investing metrics, State-of-the-art review o GHG emissions accounting for the financial sector*. In partnership with: ADEME, Caisse des dépôts and AFD, supported by UNEP-FI and ABC.
- Bilan Carbone (2010). *Bilan Carbone, Entreprises – Collectivités – Territoires, Guide méthodologique – version 6.1 – objectifs et principes de comptabilisation*, ADEME.
- Bontems P. & Rotillon G. (2003). *L'économie de l'environnement*. Editions La Découverte, Collection Repères (deuxième édition), Paris.
- Callon, M. (1998). An essay on framing and overflowing: economic externalities revisited by sociology. In: *the ways of the Markets* (Ed., Callon M). Oxford: Backwell Publishers, 244-269.
- Callon, M. (1999). La sociologie peut-elle enrichir l'analyse économique des externalités ? Essai sur la notion de cadrage-débordement. In: *Innovations et performances. Approches Interdisciplinaires* (Eds, Foray D, Maitresse J). Paris : Ed. de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, 399-431.
- CITEPA (2010). *Rapport national d'inventaire pour la France au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques et du Protocole de Kyoto, CCNUCC – éditions d'avril 2010*.
- CITEPA (2012a). *Rapport national d'inventaire pour la France au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques et du Protocole de Kyoto, CCNUCC – éditions de mars 2012*.
- CITEPA (2012b). *Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France séries sectorielles et analyses étendues, format SECTEN – éditions d'avril 2012*.
- Colasse, B. (2007). *Les fondements de la comptabilité*. Paris : Editions La découverte.
- Crifo, P., Debonneuil, M., & Grandjean, A. (2009). Croissance verte. *Rapport pour le Conseil Economique pour le Développement Durable*. Paris: MEEDDM.
- Dales, J. H. (1968). *Pollution, property and prices: an essay in policy-making and economics*. Edward Elgar Publishing.
- Décret n° 2007-1873 du 26 décembre 2007 instituant une aide à l'acquisition des véhicules propres, <http://www.legifrance.gouv.fr>.
- DIRECTIVE 2003/87/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC, <http://eur-lex.europa.eu>.
- DIRECTIVE 2010/30/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010 on the indication by labelling and standard product information of the consumption of energy and other resources by energy-related products, <http://eur-lex.europa.eu>.
- Dupuis, J-C. & Eyquem-Renault, M. (2010). A la recherché de nouvelles frontières pour la RSE et l'entreprise. *Revue Internationale de Psychosociologie* 43-62.
- EIO (2011). Environmental Investment Oragnisation, ET Carbon Ranking, *Report: ET Europe 300, 2011 Carbon Rankings*. <http://www.eio.org.uk>.
- Ellerman, A. D., Convery, F. J., & de Perthuis, C. (2010). *Le prix du carbone. Les enseignements du marché européen du CO2*. Pearson.
- GHG Protocol (2011). *Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard, Supplement to the GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard*.

Goffman, E. (1971). *Frame Analysis: an essay on the organization of experience*. Chicago: Northeastern University Press.

Hourcade, J. C. (2001). Le climat au risque de la négociation internationale. *Le Débat*, (1), 136-145.

Ifen (2006). NAMEA, un outil pour relier activités économiques et pressions environnementales, Institut français de l'environnement, *Les dossiers*, n° 4, juillet 2006.

IPCC (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the IPCC 5th Assessment Report - Changes to the underlying Scientific/Technical Assessment *Climate*.

IPCC (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

Keuning, S.J. & Steenge, A.E. (Guest editors) (1999), Special Issue on "Environmental Extension of National Accounts: The NAMEA Framework", *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol. 10, N° 1, March 1999, 161 p.

Keuning, S.J. (1993). An information system for environmental indicators in relation to the national accounts. In: de Vries, W.F.M., den Bakker, G.P., Gircour, M.B.G., Keuning, S.J., Lenson, A. (Eds.), *The Value Added of National Accounting*, Statistics Netherlands. Voorburg:Heerlen, 287–305

Lenglart, F., Lesieur, C. & Pasquier, J-L. (2010), Dossier – Les émissions de CO2 du circuit économique en France, *L'économie française*, INSEE.

Leontief, W. (1970). Environmental Repercussions and the Economic Structure: An Input–Output Analysis, *Review of Economics and Statistics* 52, 262–271

Loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour environnement, Titre III Energie et Climat, Chapitre Ier : Réduction de la consommation énergétique et prévention des émissions de gaz à effet de serre, Article 75, <http://www.legifrance.gouv.fr>.

MAEE (2010). Ministère des Affaires Etrangères et Européennes : Analyse des notions de “due diligence” et de “sphère d’influence” dans le contexte du respect des droits de l’homme par les entreprises : enjeux de la définition du champ d’application des standards en matière de RSE. Bureau de l’Ambassadeur chargé de la bioéthique et de la responsabilité sociale des entreprises.

Meadows, D.H., Meadows D. L. & Randers, J. (1972). *The Limits to Growth*, Universe Books, NewYork.

Monjon, S., & Quirion, P. (2010). Addressing leakage in the EU ETS: Border adjustment or output-based allocation?, *CIREN Working Papers* n°25-2010.

Pigou, A. C. (1920). *The economics of welfare*. Ed. Macmillan, London.

Piriou, J. (2004). La Comptabilité Nationale. 13ème. *Repères*. Paris, France: *La Découverte*.

Porter, M. E., & Van der Linde, C. (1995). Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. *The journal of economic perspectives*, 9(4), 97-118.

RÈGLEMENT (CE) No 443/2009 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 23 avril 2009 établissant des normes de performance en matière d'émissions pour les voitures particulières neuves dans le cadre de l'approche intégrée de la Communauté visant à réduire les émissions de CO2 des véhicules légers, <http://eur-lex.europa.eu>.

Richard, J. (2008). La comptabilité environnementale : une vraie révolution comptable ? in Richard, Collette, *Comptabilité Générale*, Dunod.

Richard, J. (2009), Comptabilités environnementales, in: B. Colasse : *Encyclopédie de la comptabilité, Contrôle de gestion et Audit* (2ème édition), Economica. pp. 489-501.

Samuelson, P. A. (1948). Consumption theory in terms of revealed preference. *Economica*, 15(60), 243-253.

SEEA (2003). Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting 2003, European Commission, International Monetary Fund, Organisations for Economic Co-operation and Development, World Bank, United Nations, New York, Series F, n° 61, Rev. 1, 2003.

UNEP-FI (2005). United Nations Environmental Program – Financial Institutions, *Global Climate Change: Risk to Bank Loans*, http://www.unepfi.org/fileadmin/documents/global_climate_change_risk.pdf.

UNFCCC (1992). UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE, FCCC/INFORMAL/84 GE.05-62220 (E) 200705, United Nations.

Von Weizsacker, E.U. et alii (2009). *Factor Five: Transforming the Global Economy through 80% Improvements in Resource Productivity*, Earthscan, London.

White, H. C. (1992). *Identity and Control. A structural theory of social action*. Princeton: Princeton University Press.

White, H. C. (2002). The new institutional economics: tacking stock, looking ahead. *Journal of Economic Literature* XXXVIII, September: 595-613.

Sites :

Ecolabel, <http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/>.

ADEME, Bilan Carbone, <http://www.a2dm.fr/bilan-carbone.htm?gclid=CJib2b3H3rgCFY7LtAodA3AA9w>.

GHG Protocol, <http://www.ghgprotocol.org/>.

Normes ISO :

<http://www.iso.org/>

ISO 14000, http://www.iso.org/iso/fr/home/news_index/iso-in-action/sustainable_development.htm

ISO 14064, Gaz à effet de serre :

ISO 14064-1 http://www.iso.org/iso/fr/catalogue_detail?csnumber=38381;

ISO 14064-2 http://www.iso.org/iso/fr/catalogue_detail?csnumber=38382;

ISO 14064-3 http://www.iso.org/iso/fr/catalogue_detail?csnumber=38700.

ISO 26000, Responsabilité sociétale, <http://www.iso.org/iso/fr/home/standards/iso26000.htm>.

ANNEXE - Un modèle-exemple simple : 3 secteurs et 1 consommateur final.

Nous allons essayer de rendre plus concret les concepts et les différences des méthodologies présentées dans les parties précédentes de l'article. Pour ce faire considérons un modèle simple dont nous précisons les hypothèses explicites maintenant (cf. Figure 2). La dimension caricaturale du modèle est assumée à des fins d'illustration.

Nous réduisons l'exemple à un seul territoire en négligeant les échanges aux frontières et le nombre de secteurs d'activité à trois. Le nombre de postes d'émissions possibles est également réduit. Nous considérons les secteurs d'activité suivants en raison de leur importance dans la problématique de lutte contre le changement climatique :

- le secteur **Energie** : nous considérons les activités de production d'électricité et d'énergies fossiles (carburants automobiles, gaz, fioul), les activités de distribution et de commercialisation,
- le secteur **Automobile** : il rassemble toute la chaîne de production (métallurgie, sidérurgie, composants électroniques...), la commercialisation des modèles et leur entretien. Dans ce modèle, le secteur Automobile a la forme d'un conglomérat intégrant la production d'acier et de métaux et la manufacture automobile. Il fabrique ses machines et également les composants électroniques et la peinture nécessaires aux véhicules produits.
- Le secteur **Construction** : il regroupe les étapes de conception et de construction, ainsi que la fabrication des composants minéraux (plâtre, ciment, béton) nécessaires à la construction et particulièrement émettrice. Le secteur Construction se fournit auprès du secteur Automobile pour les pièces métalliques (charpentes, poutres...) et ses machines (engins de chantier). Il fabrique de son côté la peinture nécessaire à l'embellissement des bâtiments construits.

Seuls ces trois secteurs d'activité sont ici modélisés. Il n'existe pas dans le modèle-exemple d'autres biens de consommation que ceux produits par ces trois secteurs. Autrement dit, les problématiques agricoles, alimentaires, d'utilisation et de gestion des sols, de fin de vie/recyclage des produits et de gestion des déchets ne sont pas traitées par le modèle-exemple.

L'activité de consommation est modélisée ici par un unique **Consommateur Final**. Il consomme des produits issus des trois secteurs d'activités présentés plus haut : il achète un logement, un moyen de transport et de l'énergie pour chauffer son logement et se déplacer.

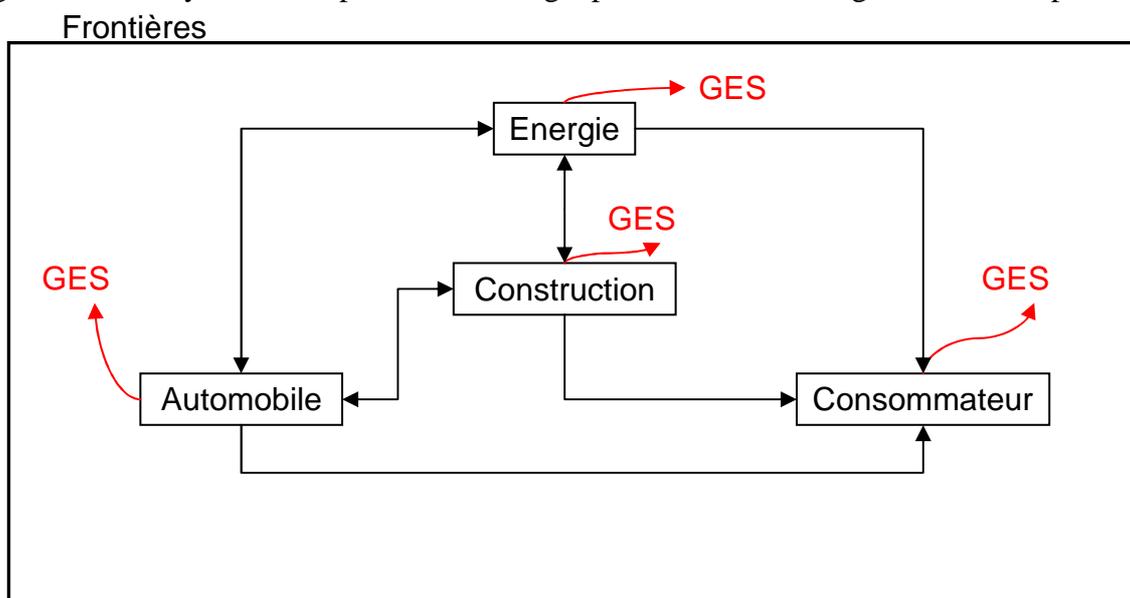


Figure 2 : Schéma du modèle-exemple à 3 secteurs d'activité et 1 consommateur final.

Ces trois secteurs sont en interaction et ces dernières sont décrites par les flèches de la figure 2. Le secteur Automobile et le secteur Construction consomment des produits du secteur Energie, comme l'électricité ou des carburants, pour leurs activités. A son tour le secteur Energie consomme des produits du secteur Bâtiment (construction des centrales et des infrastructures) et des produits du secteur Automobile (flotte de véhicules d'entreprise, distribution des carburants automobiles et domestiques). Enfin, le secteur Automobile consomme des infrastructures pour ces usines et le secteur bâtiment consomme des véhicules produits par le secteur automobile (flotte de véhicules d'entreprise, engins de chantiers) pour son activité. Enfin les activités de logistique et de transport sont intégralement intégrées dans les trois secteurs d'activité pour ne pas créer un quatrième secteur.

Plus précisément, quelles sont les émissions identifiées dans ce modèle-exemple matérialisées par le sigle GES en rouge sur la figure 2 ?

L'activité du secteur **Energie** conduit aux :

- émissions de la production d'électricité (combustion de carburants fossiles dans les centrales thermiques)
- émissions de la production des carburants fossiles (intentionnelles ou fugitives)
- émissions des véhicules du secteur produits par le secteur Automobile (consommation de carburants fossiles)
- émissions des bâtiments et infrastructures produits par le secteur Construction (chauffage des bâtiments).

L'activité du secteur **Automobile** conduit aux :

- émissions de la production de métaux (combustion de carburants fossiles et procédés industriels)
- émissions de la production de composants électroniques (procédés de la chimie)
- émissions liées à la fabrication et l'utilisation de la peinture (volatilité des solvants)
- émissions des véhicules nécessaires à l'activité (consommation de carburants fossiles)
- émissions des bâtiments et infrastructures produits par le secteur Construction (chauffage des bâtiments).

L'activité du secteur **Construction** conduit aux :

- émissions de la production des composés minéraux (ciment, plâtre...) (combustion de carburants fossiles et procédés industriels)
- émissions liées à la fabrication et l'utilisation de la peinture (volatilité des solvants)
- émissions des véhicules du secteur produits par le secteur Automobile (consommation de carburants fossiles)
- émissions des bâtiments nécessaires à l'activité (chauffage des bâtiments).

Le **Consommateur** est à l'origine des :

- émissions liées au chauffage de son logement produit par le secteur Construction,
- émissions de son véhicule produit par le secteur Automobile.

Utilisons ce modèle-exemple pour examiner les points de vue des différents cadres comptables analysés plus haut :

- les inventaires nationaux de GES ;
- les comptes NAMEA ;
- le Bilan Carbone ;
- la comptabilité par enjeux.

Ces outils comptables traitent d'échelles différentes : certains à l'échelle macro d'un pays, d'autres à celle micro d'une entreprise. Afin de pouvoir analyser les résultats de ces différents outils sur le modèle-exemple, il est nécessaire d'ajouter une hypothèse. Les secteurs d'activité

sont assimilables à des entreprises. Autrement dit, tout se passe comme si il n’y avait qu’une seule entreprise représentative dans chacun des secteurs.

Enfin pour préciser les idées, nous avons réalisé un chiffrage du modèle-exemple suivant les différents outils comptables. Ce chiffrage est illustratif et le niveau de précision est l’ordre de grandeur. Mais il souligne les grandes différences entre les outils de comptabilité carbone. Il a également l’intérêt de stimuler l’esprit critique du lecteur sur les importants écarts en termes d’ordre de grandeur que produisent ces différentes comptabilités. Le modèle-exemple a donc été calibré sur les données françaises de 2010. Le recoupement de différentes sources (CITEPA, INSEE) nous permet de préciser les ordres de grandeurs.

Les inventaires nationaux de GES :

Les inventaires nationaux de GES sont structurés par type de sources d’émissions. Compte-tenu des hypothèses faites dans le modèle-exemple, seules les trois premières catégories des inventaires nationaux de GES vont être renseignées : CRF1 Energie, CRF2 Procédés Industriels et CRF3 Utilisation de solvants. Le secteur agro-alimentaire, ni même la problématique d’utilisation des sols ne sont modélisés ; les catégories CRF4 et CRF5 ne sont pas concernées. Il en est de même pour la catégorie CRF6 relative aux émissions liées à la gestion des déchets, activité non modélisée dans le cas présent.

L’ensemble des émissions décrites dans le paragraphe précédent est réparti dans les différentes catégories décrites par le GIEC pour les inventaires nationaux de GES. Le résultat est présenté par la figure 3.

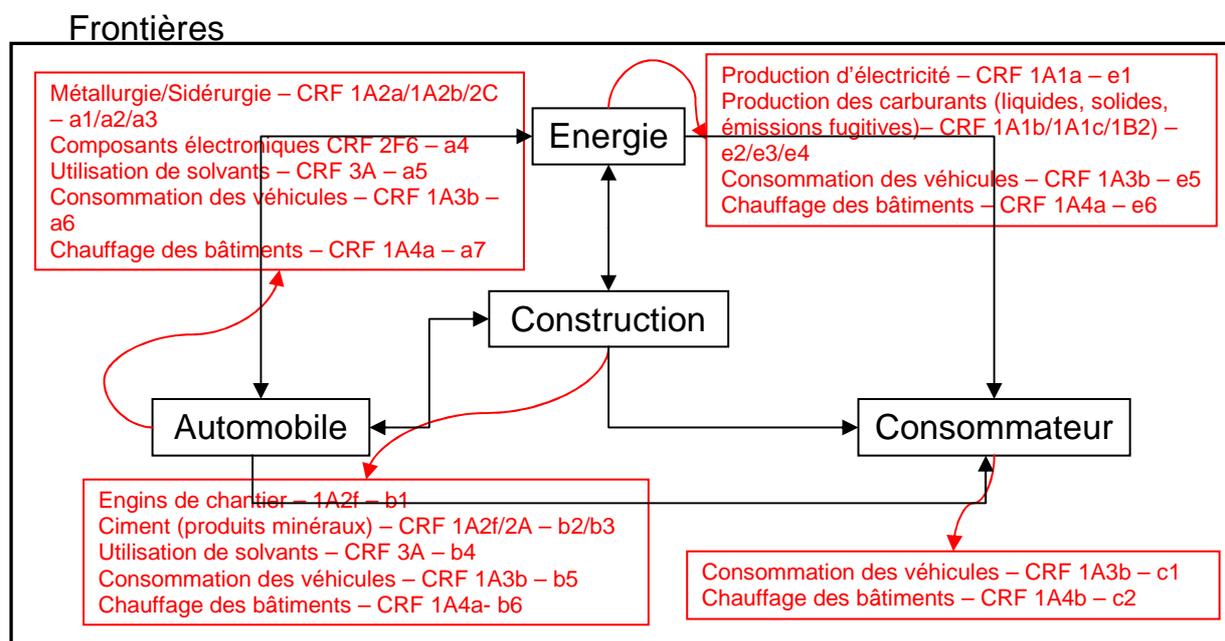


Figure 3 : le modèle-exemple du point de vue des Inventaires Nationaux de GES.

Pour chaque activité sont explicitées les activités économiques sources, les catégories CRF correspondantes et les quantités de GES exprimées sous forme littérale (a1, b2,...) qui sont comptabilisées dans le Tableau 3.

Les émissions d’une même catégorie sont additionnées, et les catégories sont agrégées ensuite afin de produire l’inventaire national de GES. L’inventaire correspondant à notre modèle-exemple est présenté dans le tableau 3.

Catégories	Montant d'émissions (Mt CO ₂ e)	
CRF 1 – Energie	e1 + e2 + e3 + e4 + e5 + e6 + c1 + c2 + b1 + b2 + b5 + b6 + a1 + a2 + a6 + a7	202
CRF 1A – Combustion d'énergie fossile		
CRF 1A1 – Industries énergétiques	e1 + e2 + e3	45
CRF 1A1a – Production d'électricité	e1	30 ^{a, b}
CRF 1A1b – Raffinage du pétrole	e2	12 ^a
CRF 1A1c – Carburants solides	e3	3 ^a
CRF 1A2 – Industries manufacturières	a1 + a2 + b1 + b2	28
CRF 1A2a – Fer et acier	a1	13 ^a
CRF 1A2b – Métaux non ferreux	a2	2 ^a
CRF 1A2F - Autres	b1 + b2	3 ^b + 10 ^{a, b}
CRF 1A3 – Transport	e5 + c1 + b5 + a6	65
CRF 1A3b – Transport par la route	e5 + c1 + b5 + a6	E + 65 ^{b, c} + E + E
CRF 1A4 – Chauffage des bâtiments	e6 + b6 + a7 + c2	60
CRF 1A4a – Bâtiments commerciaux	e6 + b6 + a7	E + E + E
CRF 1A4b – Bâtiments résidentiels	c2	60 ^{a, b}
CRF 1B – Emissions fugitives	e4	4
CRF 1B2 – Pétrole et gaz naturel	e4	4 ^a
CRF 2 – Procédés industriels	b3 + a3 + a4	16.2
CRF 2A – Produits minéraux	b3	12 ^a
CRF 2C – Industrie métallique	a3	4 ^a
CRF 2F6 – Industrie électronique	a4	0.2 ^{a, b}
CRF 3 – Utilisation de solvants	b4 + a5	0.5
CRF 3A - Peinture	b4 + a5	0.4 ^a + 0.1 ^a

Tableau 3 : Inventaire des émissions de GES du modèle-exemple sous le format des Inventaires Nationaux de GES (UNFCCC), calibré sur les données françaises de 2010.

Les montants d'émissions exprimés sous forme littérale (a1, b2, ...) correspondent aux notations de la figure 3. Les lettres a, b et c en exposant précisent les documents utilisés pour le chiffrage de l'inventaire. E désigne les quantités d'émissions de GES négligées ou difficilement calculables. Nous faisons l'hypothèse qu'elles ne perturbent pas l'ordre de grandeur final. La calibration par des données d'inventaires officiels assure les ordres de grandeurs globaux.

Exposants :

a = Inventaire national 2010 pour l'UNFCCC réalisé par le CITEPA (CITEPA, 2012a) (http://www.citepa.org/images/III-1_Rapports_Inventaires/ccnuc france 2012_sans_annexe_3_sec.pdf),

b = Inventaire national 2010 au format SECTEN réalisé par le CITEPA (CITEPA, 2012b) (http://www.citepa.org/images/III-1_Rapports_Inventaires/secten_avril2012-indb_sec.pdf),

c = Le dossier "Les émissions de CO₂ du circuit économique en France" de l'INSEE, (Lenglard et al., 2010).

Suivant nos hypothèses, les émissions du territoire et de son économie sommaire décrite dans ce modèle-exemple s'élèvent à 218.7 Mt CO₂e (CRF1 + CRF 2 + CRF 3 = 202 + 16.2 + 0.5 = 218.7). Cet inventaire de type inventaire national de GES ne permet pas une lecture par activité économique, mais fournit des valeurs additives des émissions des sources répertoriées de façon exhaustive.

Les comptes hybrides NAMEA :

La comptabilité nationale sépare les activités de production de celles de consommation. Les échanges entre les secteurs d'activité sont contenus dans les tableaux Entrées-Sorties. L'activité de production satisfait les consommations intermédiaires des secteurs et la demande finale du consommateur. Cette vision comptable est schématisée dans la figure 4.

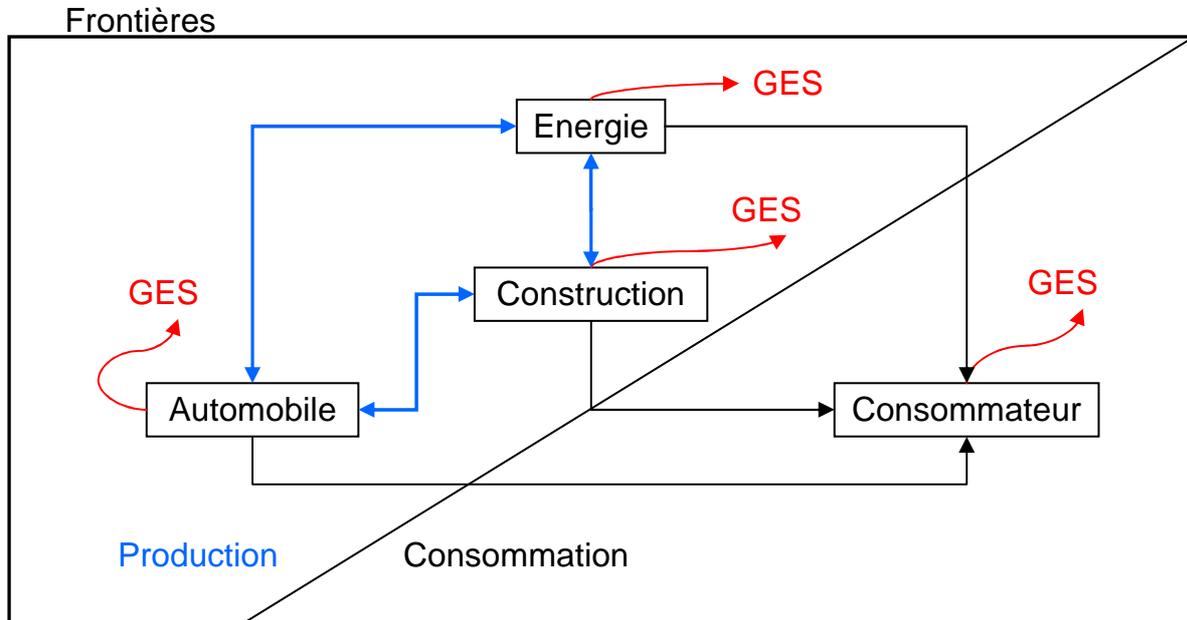


Figure 4 : le modèle-exemple du point de vue des comptes hybrides NAMEA. Les flèches bleues représentent les interactions décrites dans le tableau Entrées-Sorties.

Ainsi les émissions relatives au consommateur final sont traitées à part et correspondent aux émissions de chauffage des logements et de consommation des véhicules. En revanche, celles de la production peuvent être décrites de deux façons différentes grâce à l'outil NAMEA.

On peut suivre une approche dite « par branche » qui revient à analyser les émissions de chaque secteur d'activité. Il s'agit des émissions directes, sur site comme décrite dans le premier paragraphe. En reprenant les valeurs calibrées sur l'exemple de la France en 2010 (Lenglart et al., 2010), on obtient le résultat suivant :

Branches	Emissions 2010 (Mt CO ₂ e)
Energie	49
Automobile	19
Construction	25
Consommateur	125
Total	218

Tableau 4 : Emissions de GES par branche et émissions de GES des ménages (Consommateur). D'après les données de Lenglart et al., 2010.

Mais à partir des matrices NAMEA, basées sur les tableaux entrées-sorties de la comptabilité publique, il est possible d'adopter une approche dite « par produit » et ainsi d'analyser les émissions de GES nécessaires à la satisfaction de la demande finale du consommateur.

Pour l'exemple, nous simplifions la situation. Fidèlement au modèle, nous négligeons les importations et les exportations.

La demande finale est calculée comme la somme des dépenses des ménages et de la formation de capital fixe (investissement, particulièrement important pour décrire la demande en immobilier et construction).

Encore une fois pour donner des ordres de grandeurs, nous calibrons l'exemple sur les données de la France 2010. Nous construisons un TES à partir des travaux de l'INSEE (http://www.insee.fr/fr/indicateurs/cnat_annu/base_2005/donnees/xls/tes_38_2010.xls). Nous agrégeons :

- les filières BZ industries extractives, CD cokéfaction et raffinage et DZ production d'électricité pour le secteur Energie du modèle ;
- les filières CH métallurgie, CL matériels de transport pour le secteur Automobile du modèle ;
- les filières CG produits minéraux non-métalliques et FZ construction pour le secteur Construction du modèle.

Nous obtenons ainsi le tableau entrées-sorties (ou consommation intermédiaire) suivant qui synthétise les interactions entre les secteurs d'activité :

Branches Produits	Energie	Automobile	Construction	Demande Finale	Production Totale
Energie	89	7	9	80	185
Automobile	1	74	20	104	199
Construction	5	9	66	225	305

Tableau 5 : Tableau Entrées-Sorties simplifié en milliards d'euro, France pour l'année 2010 (d'après INSEE).

On obtient la matrice NAMEA du modèle à 3 secteurs en ajoutant au TES le vecteur colonne des émissions de GES par branche (cf. Tableau 1). A partir de la matrice NAMEA et du calcul présenté dans l'encadré « Calcul Matriciel », il est possible de calculer les émissions nécessaires à la satisfaction de la demande finale, c'est-à-dire les émissions nécessaires à la production des produits finalement consommés par le consommateur.

Calcul Matriciel : (d'après Lengart et al., 2010).

Le TES décrit l'équilibre entre la production et la consommation. Supposons n branches d'activités et n produits. En le lisant ligne par ligne, nous avons l'information : la production d'un produit i (X_i) se décompose d'une part par les consommations intermédiaires de ce produit i par les branches j ($CI_{i,j}$) et la consommation finale du produit i (Y_i).

En posant $CI_i = \sum_j CI_{i,j}$, la consommation intermédiaire total de produit i, on a :

$$X_i = CI_i + Y_i \quad (1)$$

On définit $A_{i,j} = \frac{CI_{i,j}}{X_j}$, le coefficient technique qui exprime la quantité de produit i consommée pour la production d'une quantité de produit j. On a donc : $CI_{i,j} = A_{i,j} \cdot X_j$ (2)

On obtient facilement : $CI_i = \sum_j CI_{i,j} = \sum_j A_{i,j} X_j = A_i X$ (3),

$$\text{où : } A_i = (A_{i,1} \quad \dots \quad A_{i,n}) \text{ et } X = \begin{pmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_n \end{pmatrix}$$

En construisant les vecteurs $CI = \begin{pmatrix} CI_1 \\ \vdots \\ CI_n \end{pmatrix}$ et $A = \begin{pmatrix} A_1 \\ \vdots \\ A_n \end{pmatrix}$, la relation (3) devient : $CI = AX$ (4)

Avec ces notations, la relation (1) peut s'écrire sous forme matricielle : $X = CI + Y$ (5)

A l'aide de la relation (4), on obtient : $X = AX + Y$ (6)

En inversant la relation (6), on exprime le niveau de production des n biens nécessaire pour satisfaire la demande finale $X = (I - A)^{-1}Y$ (7)

Si on dispose des émissions de GES des branches j, $CO2_j$, on peut définir les coefficients de pression environnementale des branches j, $e_j = \frac{CO2_j}{X_j}$, i.e. la quantité de GES émise par unité de production de la branche j.

En posant $e = \begin{pmatrix} e_1 \\ \vdots \\ e_n \end{pmatrix}$, le vecteur des pressions environnementales, on obtient finalement les

émissions liées à la satisfaction de la demande finale, sous forme matricielle :

$ENV = {}^t e(I - A)^{-1} Diag(Y)$, où $Diag(Y)$ est la matrice diagonale associée au vecteur Y .

Nous obtenons ainsi les résultats suivants pour notre modèle-exemple (cf. Tableau 6).

Produits	Emissions de GES réaffectées (Mt CO2e)
Energie	41
Automobile	20
Construction	32

Tableau 6 : Emissions de GES réaffectées par produit.

La comparaison des résultats par branche et par produit révèle la nature des interactions contenus dans le tableau entrées-sorties. Les émissions de la branche Energie sont partagées avec les branches Automobile et Construction du fait de leur consommation. Ce phénomène est nettement plus marqué dans les travaux de Lenglard et al., mais notre modèle simplifié à trois secteurs calibré comme un « sous-ensemble du total » ne permet pas d'avoir des niveaux de consommation intermédiaire suffisant.

Bilan Carbone :

La démarche du Bilan Carbone est de proposer une photographie de l'ensemble des émissions nécessaires à une activité économique. Il a été créé pour permettre l'action de réduction d'émissions de GES au niveau des entreprises ou d'un territoire. Il développe une approche dite « site », en intégrant l'ensemble des flux physiques entrant et sortant du « site » donnant lieu à des émissions de GES. Nous considérons ici dans le modèle-exemple non plus des secteurs d'activité mais des entreprises uniques représentatives de l'ensemble des secteurs d'activités.

Comme expliqué plus haut, le Bilan Carbone donne des résultats sous différentes formes de compte. Nous étudierons ici les Scopes 1, 2 et 3, structure de compte standardisé par le GHG Protocol (GHG Protocol, 2011).

On trouve deux principes importants dans le Bilan Carbone :

1) **Amortissements des immobilisations** (Bilan Carbone, 2010, p44) : il est défini comme la répartition des émissions de fabrication sur une certaine durée, comme on la pratique pour les amortissements comptables, afin de rendre les Bilan Carbone successifs comparables entre eux. Le principe d'amortissement du Bilan Carbone s'applique, dans notre modèle-exemple, aux immeubles et infrastructures produits par le secteur Construction et aux véhicules produits par le secteur Automobile.

2) **Prise en compte de l'utilisation des produits ou services mis sur le marché** (Bilan Carbone, 2010, p45) : cela paraît assez évident pour les véhicules, dont les émissions de fonctionnement sont prépondérantes devant celles de fabrication. Mais ce principe signifie également que les émissions de la combustion de carburants fossiles pour le chauffage d'un logement doivent être intégrées dans le Bilan Carbone du constructeur du logement.

La méthode Bilan Carbone préconise de tenir compte des émissions cumulées sur l'ensemble de leur durée de vie des seuls produits vendues sur la période de référence (souvent l'année civile), plutôt que d'estimer les émissions sur cette période de référence du « parc installé ». Les valeurs moyennes des consommations énergétiques et des fuites liées à l'utilisation des produits et des services sont plus faciles à estimer que le parc installé et son fonctionnement.

Ces deux principes impliquent que dans notre modèle-exemple les consommateurs doivent tenir compte des émissions de fabrication du produit en question (au titre du principe d'amortissement des immobilisations) et que les producteurs doivent tenir compte des émissions de fonctionnement du produit (au titre du principe de prise en compte de l'utilisation des produits mis sur le marché). Cependant, la situation se simplifie quelque peu dans le modèle-exemple puisque la fin de vie des produits et la gestion des déchets sont négligées ici.

Pour le calcul des émissions liées à l'utilisation, on fera l'hypothèse supplémentaire que les parcs de véhicules et de bâtiments sont stables (c'est-à-dire que la création est égale à la destruction). Ainsi les émissions de la production d'une seule année sur l'ensemble de la durée de vie sont égales aux émissions de la totalité du parc sur une année.

On rajoutera enfin une dernière hypothèse pour simplifier les comptes en Scope 1, 2 et 3. On considère que tous les déplacements professionnels sont réalisés avec des véhicules d'entreprises et que tous les déplacements privés sont réalisés avec des véhicules privés, car sinon une partie des émissions des véhicules privés devraient être comptabilisés au titre du Scope 3 de l'entreprise.

Par conséquent nous obtenons le schéma suivant qui souligne toute la différence d'approche de la comptabilité carbone par rapport aux deux précédents. Chacun des acteurs de ce modèle est en interaction avec d'autres et doit ainsi tenir compte dans son Bilan Carbone des émissions des autres acteurs.

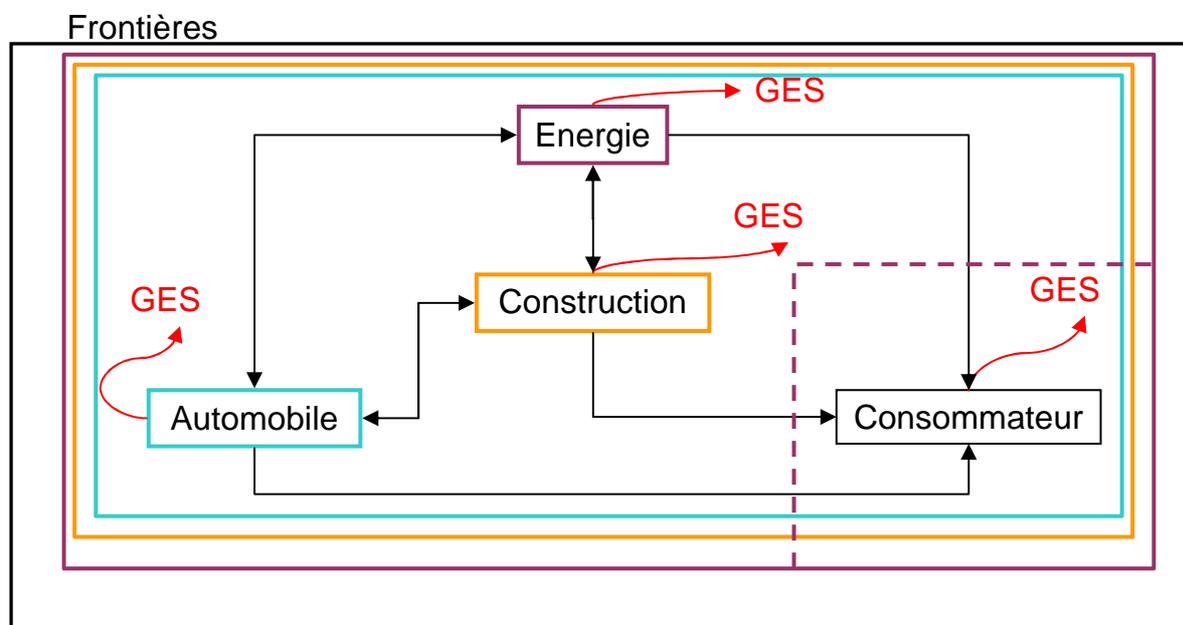


Figure 5 : le modèle-exemple du point de vue du Bilan Carbone.

En bleu ciel le périmètre du Bilan Carbone du secteur Automobile ; en orange celui du secteur Construction ; en violet celui du secteur Energie. La ligne en pointillés représente le Scope 3 du secteur Energie au titre des produits vendus qui n'est pas pertinent pour un secteur commercialisant des carburants fossiles. L'exercice du Bilan Carbone n'a pas été réalisé pour le poste Consommateur.

La méthode Bilan Carbone est une approche précise et minutieuse, dont nombres de détails n'affectent pas l'établissement des ordres de grandeurs de notre modèle-exemple.

On ne propose pas de bilan carbone pour le consommateur, on pourrait imaginer à la rigueur une analyse du contenu carbone de ces biens (Bilan Carbone Produit).

Voici dans le détail à l'échelle de notre modèle le bilan carbone des secteurs économiques étudiés. On remarquera cependant que la réalisation d'un bilan carbone pour le secteur Energie est quelque peu une « vue de l'esprit ». Une entreprise vendant des carburants fossiles, directement responsables d'émissions de GES lors de leur consommation et donc du réchauffement climatique, a a priori peu d'intérêt de réaliser un Bilan Carbone: le scope 3 est alors équivalent au volume de ses ventes. Réduire les émissions de GES associées à son activité est à première vue antagoniste avec son intérêt commercial. Pour continuer la logique démonstrative de notre modèle-exemple, nous avons tout de même adopté ce point de vue et réalisé ce Bilan Carbone.

Secteurs	Scopes	Postes	Emissions (Mt CO2e)
Automobile	Scope1	Métallurgie (consommation d'énergie fossile, procédés industriels, fabrication des machines...) ^a	15 + 4 + E = 19
		Electronique (matières premières, procédés industriels, fabrication des machines...) ^a	E + 0.2 + E = 0.2
		Solvants (fabrication et utilisation) ^b	E + 0.1 = 0.1
		Bâtiments (chauffage, construction) ^a	E + E = E
		Véhicules (consommation, fabrication) ^c	E + E = E
	Scope 2	Consommation d'électricité ^d	5 ?
Total = 89.3	Scope3	Produits vendus (utilisation) ^e	65
Construction	Scope 1	Ciment et autres produits minéraux (consommation d'énergie fossile, procédés industriels, fabrication des machines...) ^a	10 + 12 + E = 22
		Solvants (fabrication et utilisation) ^b	E + 0.4 = 0.4
		Bâtiments (chauffage, construction) ^{a, c}	E + 0 = E
		Véhicules –Engins de chantier (consommation, fabrication) ^a	3 + E = E
	Scope 2	Consommation d'électricité ^d	5 ?
	Scope 3	Produits vendus (utilisation) ^e	60
Total = 97.4		Métaux ^f	7 ?
Energie	Scope 1	Production d'énergie (consommation d'énergie fossile, fabrication des machines...) ^a	45
		Emissions fugitives ^g	4
		Bâtiments (chauffage, construction) ^a	E + E = E
		Véhicules (consommation, fabrication) ^a	E + E = E
	Scope 2	Consommation d'électricité ^c	0
	Scope 3	Produits vendus (consommation de carburants pour les véhicules – particuliers et entreprises -, consommation d'énergies fossiles pour le chauffage des bâtiments et production industrielle) ^h	(65 + 3) + 60 + 25 = 156
Total = 202			

Tableau 7 : Bilan Carbone des secteurs d'activité du modèle-exemple.

Exposants :

a = analyse approfondie de l'activité de production, les émissions futures de GES des immobilisations (bâtiments ou outils de production) sont amorties comme dans la comptabilité classique. Pour ne pas alourdir le modèle qui se veut démonstratif, nous négligerons leur contribution aux ordres de grandeurs finaux.

b = les émissions liées à la fabrication d'un intrant sont normalement comptabilisées dans le scope 3 de l'activité, mais dans ce modèle simplifié, l'activité de fabrication est complément intégrée et ainsi les émissions correspondantes basculent dans le Scope 1.

c = le modèle considère qu'une seule entreprise par secteur, donc les émissions de fabrication de ce bien sont logiquement déjà pris en compte par un autre poste du scope 1. Nous avons voulu l'explicitier à la manière du Bilan carbone.

d = la connaissance de la consommation d'électricité nécessite des données complémentaires. La production d'électricité globale induit 30 Mt CO2e. Plutôt que d'ajouter de la complexité au modèle, partons sur une

distribution arbitraire de ces émissions suivant la consommation : le consommateur final 15 Mt CO₂e, puis 5 Mt CO₂e par secteur.

e = le Bilan Carbone prévoit d'intégrer toutes les émissions nécessaires à l'utilisation du produit vendu. Par exemple pour la voiture, il faudrait tenir compte des émissions liées à l'entretien, mais nous nous limiterons aux émissions de la consommation de carburant, bien supérieures en ordre de grandeur, et compatibles avec notre modèle à 3 secteurs (il n'y a pas de secteurs de réparation et d'entretien). Et pour la construction, nous tiendrons compte uniquement des émissions liées au chauffage des bâtiments, et non à l'entretien, rénovation ...

f = émissions liées à la fabrication des métaux achetés par le secteur construction au secteur automobile (intégrant le secteur métallurgie et sidérurgie dans notre modèle). L'activité de métallurgie/sidérurgie au sein du secteur Automobile doit représenter environ 20 Mt CO₂e (19 Mt CO₂e de l'activité au sein strict + quelques Mt CO₂e des autres services permettant cette activité). Accordons-nous sur un partage 1/3-2/3 entre la construction et l'automobile. Ainsi la consommation de métaux de la construction représenterait environ 7 Mt CO₂e.

g = poste d'émissions spécifique au secteur Energie.

h = Scope 3 « vue de l'esprit », rassemblant toutes les émissions liées à la combustion des carburants vendus.

Outre la difficile application de la méthode Bilan Carbone de façon simultanée aux différents secteurs d'activité du modèle-exemple, cet exercice est l'occasion de rappeler que les valeurs des émissions de GES ne sont pas additives dans cette méthodologie.

La comptabilité par enjeux : le cas 100% production.

Toutes les émissions sont allouées à l'activité de production, non à l'activité de consommation. D'autres conventions sont possibles comme évoqué plus haut. Nous nous plaçons cependant dans ce cas extrême pour notre démonstration.

Nous devons répondre à la question : quels sont les enjeux climatiques de chacun des trois secteurs du modèle-exemple ? L'objectif est de répartir l'ensemble des enjeux climatiques, c'est-à-dire l'ensemble des émissions de GES du système, entre les différents secteurs d'activité. Cette vision de la comptabilité carbone peut être représentée comme suit :

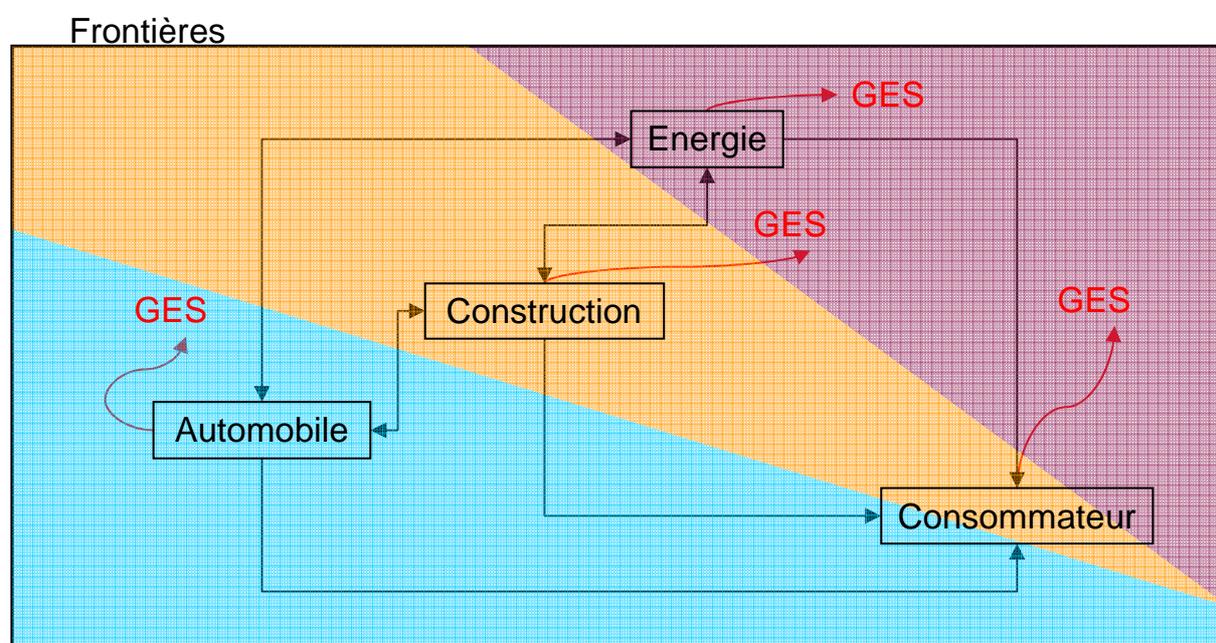


Figure 6 : le modèle-exemple du point de vue de la comptabilité par enjeux.

En violet, la part des émissions correspondant à l'enjeu climatique du secteur Energie, en orange celle associée à l'enjeu climatique du secteur Construction et en bleu clair celle associée à l'enjeu climatique du secteur Automobile.

Energie : l'enjeu climatique ou la responsabilité fondamentale du secteur Energie est bien plus les procédés de production d'électricité et de carburants fossiles (liquides ou solides) que le procédé industriel de fabrication de ses véhicules ou de ses bâtiments. La comptabilité par enjeux alloue au secteur Energie :

- les émissions de la production d'électricité
- les émissions de la production des carburants fossiles (liquides ou solides) intentionnelles ou fugitives.

Automobile : dans ce modèle-exemple, le secteur Automobile intègre les activités de sidérurgie et de métallurgie, ainsi que les activités électroniques. De plus, il se partage avec le secteur construction les activités de production de peinture (émissions liées à l'utilisation de solvants). Par conséquent, les enjeux climatiques de ce secteur sont les procédés industriels de sidérurgie et de métallurgie, les procédés industriels de fabrication de composants électroniques et ceux de fabrication de la peinture. Mais surtout ce secteur conçoit des véhicules responsables d'émissions au cours de leur utilisation. La comptabilité par enjeux alloue au secteur Automobile :

- les émissions de la production de métal et d'acier
- les émissions de la production de composants électroniques
- les émissions de la production de peinture destinée à la production automobile
- les émissions d'utilisation des véhicules produits.

Construction : dans ce modèle-exemple, le secteur Construction est également le secteur de production de ciments et autres produits minéraux. Les enjeux associés sont donc les procédés industriels de fabrication des produits minéraux nécessaires et le chauffage des bâtiments conçus par ce secteur. Plus marginalement, il y a comme pour le secteur automobile, la fabrication de la peinture (émissions liées à l'utilisation de solvants). La comptabilité par enjeux alloue au secteur Construction :

- les émissions de la production de ciment et autres produits minéraux
- les émissions de la production de peinture destinée à la construction
- les émissions de chauffage des bâtiments.

Enfin on notera que la comptabilité par enjeux n'alloue aucune émission au consommateur du fait de la convention prise d'allouer toutes les émissions de GES à l'activité de production.

En prenant les catégories définies par les inventaires nationaux de GES, la comptabilité par enjeux de ce modèle-exemple prend la forme ci-joint :

Secteurs	Enjeux climatiques	Nomenclature CRF	Emissions (Mt CO ₂ e)
Energie	Production d'électricité	1A1a	30
	Production carburants	1A1b/1A1c	13 + 2
Total = 49	Emissions fugitives	1B	4
Automobile	Métallurgie/Sidérurgie	1A2a/1A2b/2C	12 + 3 + 4
	Produits électroniques	2F6	0.2
	Utilisation de solvants	(3A)	(0.1)
Total = 87.3	Consommation véhicules	1A3B/(1A2F)	65 + (3)
Construction	Produits minéraux	2A/(1A2F)	12 + (10)
	Utilisation de solvants	(3A)	(0.4)
Total = 82.4	Chauffage bâtiments	1A4	60

Tableau 8 : Comptabilité par enjeux du modèle-exemple.

Note : chiffres entre parenthèses sont les catégories partagées entre plusieurs secteurs dans le modèle-exemple. Ce cas de figure ne concerne que le modèle-exemple puisque dans la réalité les secteurs d'activité ne sont si concentrés.

Conclusion de l'annexe:

L'objectif du développement de ce modèle-exemple est de rendre plus évident les différences entre les cadres de comptabilité carbone présentés dans l'article. Le tableau 9 résume les résultats obtenus par les différentes comptabilités carbonées sur le modèle-exemple.

L'objectif du chiffrage du modèle-exemple est de montrer qu'un même acteur peut avoir des empreintes carbonées très différentes suivant les cadres comptables utilisés. Il convient de garder cela à l'esprit lors de toute analyse de comptes carbone.

	Inventaires Nationaux de GES	Comptes NAMEA (par branches)	Comptes NAMEA (par produits)	Bilan Carbone	Comptabilité par enjeux
Energie	-	49	41	202	49
Automobile	-	19	20	89.3	87.3
Construction	-	25	32	97.4	82.4
Consommateur	-	125	125	-	0
Total	218.7	218	218	Non additif	218.7

Tableau 9 : Chiffres comparés obtenus par les différentes approches sur le modèle-exemple, en Mt CO₂e.

Le signe – exprime qu'il n'existe pas de valeur.