SCORELCA

ETUDE N° 2020-01

INDICATEUR ACV « GAZ A EFFET DE SERRE », DEFINITION ET APPLICATION : L'ENJEU TEMPOREL

SYNTHESE

Novembre 2021

Responsables scientifiques :

- Yves GERAND, Pauline ROIGNANT, Samuel CAUSSE
EVEA Evaluation et Accompagnement
8 rue des Thébaudières
44800 Saint Herblain

- Helen BEWI KOMESSE, Pierre COLLET
IFPEN
1 et 4 avenue de Bois-Préau
92852 Rueil-Malmaison Cedex – France

L'association SCORE LCA est une structure d'étude et de recherche dédiée aux travaux relatifs à l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) et à la quantification environnementale. Elle vise à promouvoir et à organiser la collaboration entre entreprises, institutionnels et scientifiques afin de favoriser une évolution partagée et reconnue, aux niveaux européen et international, de la méthode d'Analyse du Cycle de Vie et de sa mise en pratique.

- ✓ En Bibliographie, ce document sera cité sous la référence :
  SCORE LCA, indicateur ACV « gaz à effet de serre », définition et application : l'enjeu temporel, 2021, 10p, n°2020-01.

- ✓ Ces travaux ont reçu le soutien de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)
  www.ademe.fr

- ✓ Les points de vue et recommandations exprimés dans ce document n'engagent que les auteurs et ne traduisent pas nécessairement, sauf mention contraire, l'opinion de l'ensemble des membres de SCORE LCA.

- ✓ Les informations et les conclusions présentées dans le présent document ont été établies au vu des données scientifiques et techniques et d'un cadre réglementaire et normatif en vigueur à la date de l'édition des documents.

RESUME

A travers un état de l'art bibliographique, des études et un cas d'étude simplifié, les différents enjeux temporels liés à l'indicateur « gaz à effet de serre » utilisé en Analyse de Cycle de Vie sont ici étudiés :

- La distinction entre GWP (Global Warming Potential) et GTP (Global Temperature Potential) est faite, notamment concernant la nuance temporelle entre les deux indicateurs, et l'interprétation associée est réalisée sur le cas d'étude,
- L'horizon temporel retenu pour le GWP ainsi que la prise en compte ou non des Near Term Climate Forcers (NTCF) sont également considérés dans la mesure où il s'agit aussi de problématiques temporelles, pour lesquelles la sensibilité des résultats varie
- Enfin, une approche dynamique est considérée, à la fois dans l'inventaire et dans la caractérisation (vision prospective, comptabilité des flux répartie dans le temps et facteurs de caractérisation temporels associés).

MOTS CLES

Changement climatique, GWP, GTP, NTCF, dynamique, bâtiment, bois, carbone biogénique.

SOMMAIRE

Introduction 5
Objectifs 5
Etat de l'art scientifique 5
Enjeux temporels liés au choix de l'indicateur : GWP et GTP 5
L'horizon temporel 6
Approche dynamique 6
Cas d'étude 7
Introduction 7
GWP : périmètre et horizon temporel 7
GTP 8
Approche dynamique 8
Conclusions 9
Recommandations 10

Introduction

L'impact des gaz à effet de serre (GES) sur le changement climatique est devenu un enjeu incontournable dans de multiples domaines. Toutefois, les études d'impacts environnementaux via la méthode d'analyse du cycle de vie (ACV) portent systématiquement sur l'indicateur du changement climatique faisant intervenir le pouvoir de réchauffement global (global warming potential, GWP) des GES. Cet indicateur est lié au forçage radiatif des GES, intégré sur un horizon de 100 ans, ce sans tenir compte de leur date d'émission ou d'absorption (approche statique). Or, il existe d'une part des approches dynamiques tant au niveau de l'inventaire des émissions, que de leur caractérisation ; d'autre part, des indicateurs complémentaires ont été développés, qui tiennent compte d'autres /facteurs/phénomènes/conséquences/ tels que l'élévation moyenne de la température atmosphérique ou encore la hausse du niveau de la mer. Reste la question de savoir dans quel cas le recours à l'une ou l'autre des approches est pertinent et des travaux de recherche se penchent encore actuellement sur la question. De plus, les outils et méthodes de pris en compte effective de ces autres indicateurs ou de la dimension temporelle des émissions (phases d'inventaire et de caractérisation) ne sont pas encore démocratisées auprès des praticiens en ACV.

Objectifs

La présente étude visait à faire le bilan des travaux de recherche en cours ou récents sur la prise en compte de la temporalité des émissions de GES et des indicateurs du changement climatique autres que le GWP, et à réaliser un cas d'étude permettant d'englober ces différentes notions afin de dégager leur valeur ajoutée (marginale ou indispensable) dans l'interprétation des résultats d'impact en fonction du contexte et d'élaborer des recommandations associées.

Etat de l'art scientifique

Enjeux temporels liés au choix de l'indicateur : GWP et GTP

Une fois défini le phénomène du changement climatique et ses contributeurs, qui font notamment intervenir la notion de cycle du carbone et donc l'aspect temporel des émissions/séquestrations de CO2, sa caractérisation est abordée en distinguant les métriques disponibles, de nature instantanée ou cumulative (faisant donc intervenir un horizon de temps à définir). Celles-ci /donnent lieu/se rattachent/ à plusieurs indicateurs rendant compte de diverses conséquences du changement climatique, sur lesquels le poids relatif des différents GES sera potentiellement très contrasté selon leur durée de vie dans l'atmosphère. On retient les indicateurs suivants : forçage radiatif (GWP), le plus utilisé et proposé dès le premier rapport du GIEC (IPCC 1992) ; changement de température (GTP, Shine et al. 2005) ; augmentation du niveau des océans (GSP, Sterner et al. 2014) ; changement du rythme des précipitations (GPP, Shine et al. 2015). Ces différentes répercussions des émissions de GES suivent par ailleurs une chaîne de causalité. La procédure de calcul des indicateurs GWP et GTP est ensuite explicitée : le GWP d'un GES fait intervenir son forçage radiatif (W.m-2) qui dépend de la quantité émise et de la durée de vie dans l'atmosphère, intégré sur un horizon de temps donné et normalisé par le GWP du CO2. Le GTP correspond lui au changement de température survenant un certain nombre d'années après l'émission du GES, normalisé par le changement de température qui serait induit par une même masse de CO2. Ces calculs font intervenir, en plus du forçage radiatif, la sensibilité climatique (K/W/m2) et le temps de réponse du changement de température (années). Ainsi, en comparaison au GWP, le GTP n'a pas de mémoire dans le sens où il se rapporte à un instant donné sans cumuler les effets du GES émis avant la fin de l'horizon temporel choisi. De ce fait, l'information sur le fort impact d'un GES sur une courte durée de vie est perdue par rapport à la caractérisation par le GWP (l'exemple du méthane étant parlant). Toutefois le GTP est désormais jugé aussi robuste que le GWP par le GIEC, qui recommande son analyse dans son cinquième rapport ainsi que l'UNEP, bien que plus incertain du fait /de traduire/de correspondre à/ un effet plus avancé dans la chaîne de causalité des émissions de GES. Par rapport aux scénarios RCP du GIEC (Representative Concentration Pathway - scénarios d'augmentation du forçage radiatif en 2100 par rapport à la période préindustrielle), qui indiquent l'évolution de la concentration en différents GES dans le temps, ces indicateurs du changement climatique sont calculés en aval.

Concernant les facteurs de caractérisation à utiliser, un état des lieux des référentiels ayant établi des recommandations est établi : ceux de l'IPCC (2013) restent consensuels, mais certains (comme l'UNEP/SETAC) recommandent l'utilisation des facteurs tenant compte des rétroactions du changement climatique (influence sur le cycle global du carbone en modifiant les taux de respiration et de photosynthèse des sols), non considérées par la méthode IPCC 2013.

L'horizon temporel

Après avoir explicité les différents indicateurs du changement climatique et les recommandations existantes sur les facteurs de caractérisation à favoriser, la place de la dimension temporelle dans le calcul du GWP et du GTP est abordée à travers les aspects suivants : choix de l'horizon temporel, efficacité radiative via la dépendance à la concentration en GES dans l'atmosphère au cours du temps, dégradation des GES dans l'atmosphère, sensibilité climatique et temps de réponse du système climatique. Cette dimension temporelle explique l'évolution des métriques au cours des rapports du GIEC.

L'horizon temporel (HT) choisi - pour intégrer les métriques cumulatives ou considérer les effets d'une émission après un temps donné pour les métriques instantanées - peut être fixe (fenêtre de temps de durée HT pour chaque GES) ou variable (chaque GES émis à ti est évalué sur la fenêtre de temps HT-ti). Dans les deux cas, le plus couramment employé est l'horizon moyen terme de 100 ans bien qu'il soit discutable, a minima, de le considérer lui seul étant donné que les effets des GES à courte durée de vie sont étalés dans le temps et donc moins perceptibles sur les 100 ans d'évaluation. A l'inverse, un horizon court terme (typiquement 20 ans) peut conduire à négliger les effets sur le climat de GES à durée de vie plus importante. Ainsi, il semble pertinent de ne pas tirer de conclusions d'une étude n'ayant évalué l'effet des GES que sur l'un ou l'autre des horizons de temps, mais d'en confronter au moins deux. L'UNEP raisonne en termes d'impacts à court et long terme, pouvant être caractérisés respectivement par le GWP100 et le GTP100 et recommande donc l'utilisation de ces deux indicateurs. La caractérisation par le GWP20 et la prise en compte des Near Term Climate Forcers (NTCF) sont préconisées comme études de sensibilité.

L'efficacité radiative d'un GES dépend notamment de sa concentration dans l'atmosphère et potentiellement de celle d'autres substances, et varie donc au cours du temps.

De même, la dégradation des GES dans l'atmosphère s'effectue sur un temps donné, à l'exception du CO2 pour lequel il ne s'agit pas de dégradation mais de l'absorption par des puits de carbone. A noter que les derniers modèles mettent en évidence une saturation de plus en plus marquée des puits de carbone naturels (i.e., une fraction de CO2 plus importante restant dans l'atmosphère au cours du temps). Les équations de dégradation et les constantes y intervenant sont explicitées.

Quant à la sensibilité climatique et au temps de réponse du système climatique, ils sont également fonction du temps via la dynamique d'absorption de la chaleur par les océans.

Approche dynamique

Ces différentes considérations conduisent à la /question/notion/ des facteurs de caractérisation dynamiques et des inventaires du cycle de vie dynamiques préalables (dans le cadre des ACV dynamiques) et de leur importance. Il est remarqué que les enjeux liés à la prise en compte des dynamiques temporelles sont particulièrement importants dans le domaine du bâtiment : consommation d'énergie fonction des saisons et mix d'approvisionnement fonction des années, dynamique d'émissions et de captation du carbone biogénique, évolution des facteurs de caractérisation dans le temps. De manière générale, les profils d'émissions en fonction du temps peuvent être importants à prendre en compte, notamment pour la comparaison de produits avec des profils différents, comme les résultats sont évalués sur des périodes de temps différentes. Il peut alors être pertinent d'utiliser un point fixe dans le temps, en gardant toutefois à l'esprit qu'une émission se produisant plus tardivement aura un impact moindre que la même émission ayant lieu plus tôt (Albers et al. 2019).

Pour réaliser un inventaire dynamique, les flux élémentaires doivent suivre une distribution temporelle. L'évolution du mix électrique au cours des années, la variabilité de l'utilisation de certains produits ou services ou encore les modélisations prospectives sont des exemples d'inventorisation dynamique du cycle de vie.

Une fois l'inventaire réalisé, la caractérisation dynamique des impacts sur le changement climatique peut être menée. Les méthodes développées jusqu'à présent proposent de considérer un point fixe dans le temps pour définir l'horizon temporel de chaque GES en fonction de sa date d'émission, ce qui peut permettre, par exemple, d'estimer les délais de compensation pour l'atténuation des émissions liées à l'utilisation des terres, ou de calculer les effets des émissions de carbone biogénique de la

biomasse à rotation longue (Cherubini et al. 2016). La procédure de calcul et les équations associées sont ensuite détaillées. En perspective, pour /obtenir des facteurs de caractérisation entièrement dynamiques/retranscrire entièrement tous les phénomènes dynamiques au travers des facteurs de caractérisation/, il faudrait également élaborer des valeurs prospectives pour la fonction de dégradation et pour l'efficacité radiative des GES. L'illustration de ces problématiques dynamiques à travers l'application aux filières bois énergie et bâtiment donnée par Cornillier et al. (2015) est reprise à titre d'exemple.
L'approche dynamique est particulièrement pertinente pour les systèmes faisant intervenir le cycle du carbone biogénique, notamment pour mieux évaluer la réelle compensation des émissions obtenue par la séquestration de carbone sur un temps donné, tandis que l'approche statique limite la pertinence de cette évaluation. Cependant, pour le moment, aucun consensus n'existe quant à l'approche de modélisation des flux dynamiques à adopter et à leur intégration dans les méthodes d'évaluation environnementale actuelles. En effet, des méthodes plus ou moins complexe d'élaboration des profils d'émission-séquestration du carbone biogénique ont été proposés, qui tiennent compte de la dynamique de croissance de la biomasse mais peuvent aussi inclure celle du carbone organique du sol ou encore des modèles économiques. Comme l'ont souligné de récents travaux (Fouquet et al., 2015 ; Albers et al., 2019), le choix de l'ordre de modélisation du cycle du carbone (séquestration-émission ou émission-séquestration) a également un impact très important, en ACV attributionnelle, sur les résultats de la modélisation dynamique du changement climatique : une séquestration suivie d'une émission tend à diminuer les impacts par rapport à l'hypothèse de neutralité climatique, alors qu'une modélisation émission puis séquestration tend au contraire à accroître ces impacts. La nature de la forêt (gestion durable ou pas) indique notamment la perspective à adopter (historique ou future) pour comptabiliser la séquestration du carbone. Dans une ACV conséquentielle, ces questions ne se posent pas.

Une revue bibliographique des normes, référentiels et guides méthodologiques dans leur version la plus actuelle est ensuite réalisée, constituant une mise à jour du recensement de l'étude SCORE LCA 2013-02. Les références existantes sont des lignes directrices ACV, des référentiels sectoriels ou encore des référentiels de calcul d'empreinte carbone. Dans un second temps, les publications scientifiques ayant traité de l'ACV dynamique et les approches proposées sont résumées en détaillant le secteur et les objectifs visés, l'horizon temporel et les facteurs de caractérisation retenus (GWP et/ou GTP), le caractère dynamique de l'ICV et de la caractérisation et enfin le cas d'étude retenu et ses résultats.

Cas d'étude

Introduction

Les considérations des points précédents amènent à dérouler un cas d'étude sur le cycle de vie d'un bâtiment en ossature bois (maison individuelle de 130 m² habitable). Seuls les éléments constitutifs en bois ont été modélisés (logiciel Simapro 9.1.1.1, base de données Ecoinvent 3.6) et le cycle de vie comprend les étapes suivantes : croissance de la forêt, abattage, menuiserie et édification de la maison, utilisation de la maison (41 ans), fin de vie (enfouissement, incinération ou envoi vers plateforme de tri). Notamment, la phase d'utilisation consiste en le chauffage de la maison, 100% électrique afin de tester l'utilisation de mix électriques prospectifs. Pour la fraction de bois racheté par les usines de panneaux de particules bois en fin de vie, la norme 15804+A1 stipule de considérer une réémission de CO2 : cette voie de fin de vie est alors modélisée par un flux de CO2 biogénique correspondant à la quantité de carbone contenue dans la fraction de bois racheté. Pour le bois enfoui, une dégradation de 15% du bois sur 100 ans est considérée.

GWP : périmètre et horizon temporel

Dans un premier temps, une caractérisation du GWP statique est effectuée à l'aide des facteurs IPCC 2013 GWP 100a v1.03, ce qui implique que les flux « carbon dioxide, in air » et « carbon dioxide, biogenic » ne soient pas caractérisés car considérés neutres pour le climat. Ainsi, les principaux GES contribuant au GWP sont identifiés, et leur contribution respective est comparée à la proportion de GES émis qu'ils représentent (en masse).
Les analyses de sensibilité suivantes sont ensuite menées pour l'approche statique :
- Comparaison au résultat fourni par la méthode précédente IPCC 2007 GWP 100a (qui ne caractérise pas non plus les flux « Carbon dioxide, in air » et « Carbon dioxide, biogenic ») : le résultat

est très proche (1,1% de différence), la méthode utilisée parmi les deux ne change donc pas les conclusions du présent cas d'étude.

- Prise en compte des rétroactions : les FC intégrant les rétroactions varient de 11 à 23% par rapport aux FC sans rétroactions. Cependant, la différence de résultats sur le cycle de vie de la maison n'est que de 2%, plutôt lié au fait que les émissions de substances concernées par les rétroactions soient faibles dans le système étudié.

o Pour illustrer les potentielles variations plus importantes que peut engendrer la prise en compte des rétroactions, deux autres systèmes sont analysés, dans lesquels les substances adaptées pour prendre en compte les rétroactions sont émises en plus grande quantité : 1 kWh du mix électrique français basse tension (intensif en émissions fugitives de SF6 au niveau des transformateurs), et 1 kg de viande de bœuf en poids vif (intensif en émissions de CH4 et de N2O). Pour le premier système, seule une variation de 1,5% du GWP est observée, contre 12% pour le second : ainsi, selon le système étudié et les GES en jeu (nature et quantité), les rétroactions peuvent induire un résultat significativement différent pour le GWP.

- Prise en compte des NTCF (Near Term Climate Forcers, soit des aérosols primaires, des précurseurs de la formation d'ozone troposphérique ou d'aérosols secondaires pouvant influer sur le climat par absorption ou diffusion du rayonnement solaire et par d'autres interactions chimiques et physiques complexes) : les facteurs proposés par IPCC 2013 GWP100a sont utilisés pour caractériser l'impact de ces substances, en ajoutant manuellement celui du noir de carbone car non inventorié dans SimaPro. Le résultat d'impact diminue de 15% lorsqu'ils sont pris en compte, principalement à cause des NOx et du SO2 en dépit des faibles quantités émises. En revanche, le noir de carbone a un impact insignifiant (<0,01%).

- Changement d'horizon temporel (20 ans, 500 ans) : l'impact diminue au maximum de 18%, en passant de l'horizon 20 ans à 500 ans, avec 13% de diminution entre 20 et 100 ans, principalement à cause du CH4 ; la diminution de 6% entre 100 et 500 ans est quant à elle plutôt due aux NOx.

GTP

Comparaison au GTP : les facteurs GTP 100a du tableau annexe 8.1.A du rapport du GIEC 2013 sont implémentés dans SimaPro pour pouvoir évaluer cet indicateur. La comparaison porte sur les conclusions obtenues dans le cas de la modélisation d'un mix électrique évolutif prospectif pour la phase d'utilisation de la maison, selon qu'on l'évalue avec le GWP ou le GTP (i.e., est-ce que l'utilisation du GWP et du GTP aboutissent aux mêmes tendances/conclusions ?). Pour l'exercice, le scénario M1 (« Répartition diffuse des énergies renouvelables sur le territoire ») du Bilan prévisionnel long terme « Futurs énergétiques 2050 » de RTE est modélisé avec un pas de temps de 5 ans jusqu'en 2060 et des données d'arrière-plan Ecoinvent pour chaque source d'énergie. Le mix statique de comparaison est le mix français Ecoinvent 3.6. La différence d'impact entre les deux scénarii (mix statique ou évolutif) est quasiment identique avec les deux indicateurs, et dans le même sens : le scénario mix évolutif est moins impactant avec le GTP.

Approche dynamique

Dans un second temps, une comparaison des résultats de l'analyse statique à ceux d'une analyse dynamique est menée. Concernant l'utilisation d'un inventaire dynamique seul, l'exemple du mix électrique évolutif est repris pour illustrer l'impact de son utilisation sur le résultat de la phase d'utilisation (GWP ou GTP du mix évolutif inférieur à celui du mix statique). Lorsqu'on utilise par ailleurs une caractérisation dynamique des impacts à l'aide de l'outil DYNCO2 v2.0. (à noter que non seulement les émissions de la production d'électricité par année sont modélisées, mais également les émissions des activités d'arrière-plan sont rendues dynamiques, du fait d'utiliser des données Ecoinvent ; normalement, seules les émissions liées à la production de l'électricité devraient être rentrées dans DYNCO2), en y renseignant les principales émissions du mix contribuant au GWP sur un pas de temps de 5 ans, l'impact atteint au bout de 100 ans est bien inférieur à celui obtenu avec la caractérisation statique, et ce dernier serait éventuellement atteint au bout d'un temps très long (> 2000 ans). Les émissions des principaux GES au cours du temps en recourant aux mix prospectifs sont tracées et les deux principales sources d'électricité des mix contribuant à leur GWP sont identifiées.

Enfin, différentes /méthodes/hypothèses/ de modélisation du cycle de vie du bois (croissance des arbres et fin de vie) sont confrontées ainsi que, pour chacune, leurs résultats avec les approches statique et dynamique :

- Réutilisation du bois modélisée par une émission de CO2 biogénique la même année que l'incinération et l'enfouissement (norme 15804+A1) : avec l'hypothèse que la croissance de la forêt a

lieu sur 45 ans, avec un prélèvement de carbone constant chaque année (cumul linéaire) - ayant réalisé au préalable le calcul du contenu en carbone du bois et des quantités émises sous forme de CO2 en fin de vie et identifié les quantités de CO2, CH4 et N2O émises via la modélisation SimaPro pour pouvoir les renseigner dans DYNCO2 – le résultat en statique est positif notamment à cause de la réémission d'une partie du carbone sous forme de méthane ; à l'inverse, en dynamique, l'impact est encore très négatif 100 ans après la dernière émission, du fait que la captation de CO2 dès la première année de croissance est intégrée sur des horizons de temps plus longs.

o Une analyse de sensibilité à l'équation de séquestration de carbone au cours du temps (linéaire jusqu'à présent) est menée en considérant l'équation du taux de croissance de la végétation de Cherubini et al. (2011), fonction du temps et de la période de rotation (qui donne une courbe de prélèvement annuel de CO2 sigmoïde : par rapport à la dynamique linéaire, la différence d'impact (100 ans après la dernière émission) est de 1%, soit négligeable.

- Réutilisation du bois modélisée en considérant sa fin de vie ultime (incinération) après la période de réutilisation (40 ans) : l'impact obtenu est encore plus négatif que dans la modélisation par une réémission de CO2 biogénique, du fait que les émissions liées à l'incinération ayant lieu 40 ans plus tard ont un facteur de caractérisation plus faible.
- Croissance du bois parallèle au chauffage de la maison (avec le mix prospectif), et fin de vie de la maison après les 41 années d'utilisation (sans réutilisation) : Les émissions liées à la production d'électricité (tendant vers une décarbonation dans l'exemple du mix prospectif utilisé) prennent le pas sur l'impact total, la captation de carbone par la croissance du bois n'étant utile que pour « contrebalancer » les émissions liées à la fin de vie de ce dernier. Compenser les émissions liées à la production d'électricité nécessiterait de planter un très grand nombre d'arbres, et de surcroît d'éviter une fin de vie émettrice de GES pour ces derniers.

Pour finir, l'influence de la dynamique temporelle entre le moment de la séquestration et celui des émissions de GES – jusqu'à présent considérées comme se déroulant dans cet ordre - est analysée : les émissions liées à la fin de vie du bois sont modélisées dans DYNCO2 comme survenant la première année, et la séquestration intervient dès la deuxième année via la croissance de la forêt. Par rapport au cas où l'on considère en premier le stockage, la conclusion est tout autre : l'impact GWP 100 ans après la dernière émission (à l'année 101 donc) est de positif, alors qu'il était négatif en considérant la captation en premier lieu.

Conclusions

- Les évolutions dans les facteurs de caractérisation fournis par le GIEC, rapport après rapport, sont significatives. Cependant, les différences observées dans le cadre du cas d'étude son mineures.
- L'horizon temporel majoritairement recommandé et utilisé est 100 ans.
- De plus en plus d'études recommandent d'avoir recours à l'indicateur GTP, au moins en complément du GWP.
- Les dynamiques temporelles liées à la caractérisation des impacts des émissions de GES mènent à des variations importantes de résultats et d'interprétation,
- Notamment, les dynamiques temporelles liées aux flux de carbone biogénique en phase d'inventaire mènent à des conséquences dont il est important d'évaluer les effets sur le climat de façon dynamique.

Ces deux derniers points ainsi qu'une série de publications dans le domaine du bâtiment conduisent à penser qu'un cas d'étude dans ce secteur est particulièrement intéressant pour illustrer les méthodes, résultats, et recommandations correspondantes.

- Dans notre cas d'étude, l'utilisation des GTP ne modifie pas les conclusions par rapport à l'utilisation classique des GWP.
- De même, la prise en compte des NTCFs ne change pas les conclusions générales de l'étude.
- En revanche, la prise en compte de la distribution temporelle des émissions de GES, en utilisant les GWP dynamiques, a un impact non négligeable sur les résultats.
    - En particulier la comptabilisation du carbone biogénique, et l'enchaînement dans le temps des phénomènes de séquestration/relargage associés, entraîne dans notre cas d'étude une diminution importante de l'impact changement climatique. On peut, par extension, également envisager des impacts importants liés au recours à cette approche dynamique dans le cas de produits fossiles à longue durée de vie (e.g. éléments plastiques utilisés dans le bâtiment).

- Il est à noter que d'un point de vue opérationnel, l'intégration de cette dynamique dans le logiciel SimaPro n'est pas envisageable (sauf à intégrer un facteur de caractérisation par année d'émission et par GES, ce qui complexifierait significativement la phase d'inventaire). Cette intégration nécessite donc la manipulation d'outils multiples (au moins deux : un outil d'ACV et un outil de calcul dynamique) ce qui rend l'approche peu ergonomique.
- Le recours à l'outil DYNCO2 dans le cadre des présents travaux a permis une première approche dynamique, sur un outil :

- gratuit,
- de type Excel, pour une bonne facilité de prise en main et une simplicité d'utilisation
- basé sur le 5ème rapport du GIEC (2013) : 207 substances caractérisées
- de calcul d'impact à partir d'un inventaire d'émissions annuelles
- nécessitant de connaître les émissions de chaque substance du système (en cycle de vie), via un logiciel d'ACV permettant d'obtenir les inventaires des différentes substances émises
- nécessitant une maîtrise de base d'un logiciel d'ACV pour en extraire les informations pertinentes
- dont les calculs et enregistrements sont assez longs (quelques minutes),
- et qui, de façon concrète, multiplie par 2 à 5 le temps passé sur l'évaluation.
-

Recommandations

Les recommandations à l'issue de cette étude sont les suivantes :

- L'utilisation des GWP dynamiques entraîne des modifications potentiellement importantes par rapport à une approche statique. Nous recommandons de limiter cette utilisation à des cas où il y a des dynamiques de carbone biogénique ou d'émissions retardées de carbone fossile, et uniquement en complément d'une approche statique.
- Cette mise en œuvre permet d'anticiper les exigences réglementaires, e.g. celles liées à la RE2020 dans le domaine du bâtiment.
- Si l'expertise informatique est disponible en interne à l'équipe ACV, nous recommandons de comparer les fonctions de l'outil DYNCO2 avec celles disponibles dans Brightway2 Temporalis avant de mettre en œuvre l'ACV dynamique. Cet outil pourrait permettre de lever les limites identifiées dans la présente étude lors de l'utilisation de DYNCO2.
- Ce type d'outil devrait permettre de distinguer les émissions liées aux infrastructures du bâtiment (qui ne devraient être renseignées qu'à l'année 1) de celles liées au démantèlement (sur la dernière année), et les émissions liées aux infrastructures nécessaires tout au long du processus de production (de type transport), à chaque année. Ces éléments, non disponibles dans l'usage du couple SimaPro / DYNCO2, rendent l'analyse inexacte (bien que ces éléments jouent à la marge).
- Concernant l'enchaînement temporel de la captation et des émissions, la vision conservatrice est d'abord de considérer les émissions, puis le captage.
- Par ailleurs, nous recommandons de manière pratique de fixer un horizon temporel correspondant à 100 ans après la dernière émission. De cette manière, il est assuré de ne pas exclure du calcul d'impact des émissions de GES.