L'E-NERGIE CARBONE/HYDROGÈNE/OXYGÈNE

SYNTHESE DE L'ETUDE D'EMPREINTE CARBONE DU PROJET E-CHO

Contexte 2

Méthodologie 3

Principe 3

Spécificité du projet 4

Evaluation de l'impact climatique du projet 5

Phase travaux 6

Production d'hydrogène 6

Production de e-biokérosène et de naphta 7

Production de e-méthanol 8

Conclusion 9

Contexte

La Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) et la Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE) fixent pour objectif de décarboner l'énergie consommée par les moyens de transport, tout en maitrisant la demande et en améliorant l'efficacité énergétique. Pour l'industrie, il s'agit d'électrifier les procédés et de décarboner l'énergie consommée et de proposer des produits compatibles avec la neutralité carbone, notamment en recyclant le CO_2 émis par certaines industries. L'efficacité énergétique et l'éco-conception sont également à favoriser pour minimiser les impacts des procédés.

Dans cette optique, le projet E-CHO vise à la production de carburants durables :

- Le e-biokérosène servant de carburant aérien,
- Le e-bionaphta pouvant servir de carburant et d'intrant pour l'industrie chimique,
- Le e-méthanol pouvant servir de carburant maritime et d'intrant pour l'industrie chimique.

Cette production s'inscrit également dans le cadre plus large de la politique européenne, à travers plusieurs textes fondamentaux :

- La directive sur les énergies renouvelables dite REDII (2018/2001) et REDIII (2023/2413), complétée des actes délégués 2023/1184 et 2023/1185 qui précisent les modalités pratiques et méthodologiques de mise en œuvre
- La directive sur le gaz naturel, les gaz renouvelables et l'hydrogène (2024/1788)
- Le règlement ReFuelEU Aviation (2023/2405), qui vise à promouvoir l'aviation durable en imposant des quotas d'utilisation de carburants d'aviation durables (SAF) aux compagnies aériennes dans l'UE
- Le règlement FuelEU Maritime (2023/1805) concernant l'utilisation des carburants renouvelables et bas carbone dans le transport maritime

Les produits de ce projet doivent donc être conformes à toutes ces réglementations ou directives. En particulier, du point de vue de l'impact climatique, lorsqu'ils sont utilisés comme carburant aérien et maritime respectivement, le e-biokérosène et le e-méthanol produits devront présenter un abattement des émissions de gaz à effet de serre (GES) minimum de 70% par rapport à une référence de carburant fossile (dont le facteur d'émission est fixé à 94 gCO_2e/MJ), ce calcul tenant compte de l'ensemble du cycle de vie du carburant produit (production et utilisation (combustion)).

Lors de la concertation continue du projet E-CHO, le cabinet Carbone 4 a été mandaté par la Commission Nationale de Débat Publique pour rendre un avis d'expert sur l'empreinte

carbone et les émissions évitées par E-CHO. Une restitution a été réalisée lors du comité de suivi de janvier 2025. Les analyses de Carbone 4 ont permis de conclure que :

- Le e-biokérosène et le e-méthanol produit par E-CHO peuvent respecter le taux d'abattement des -70% à condition que l'approvisionnement en électricité comporte 50% de renouvelable en respectant les critères stricts d'approvisionnement de la directive européenne REDII ;
- Le rendement des électrolyseurs est un critère important pour réduire au maximum l'empreinte du projet ;
- La nature et la distance d'approvisionnement de la biomasse sont déterminantes pour respecter le seuil de -70%.

L'objectif fixé par E-CHO est d'atteindre un taux d'abattement de -85% sur l'ensemble du cycle de vie. Des calculs d'empreinte carbone ont été réalisés par Elyse Energy pour mesurer ce potentiel de réduction d'émissions de GES face à la production de produits fossiles, à partir des données réelles du projet. Le méthodologie et l'évaluation réalisée sont synthétisées ci-après.

Méthodologie

Principe

L'évaluation de l'impact climatique d'un projet repose sur l'établissement d'un bilan des gaz à effet de serre (GES) émis par le projet sur tout son cycle de vie (construction, phase de fonctionnement (production) et fin de vie (démantèlement)). C'est ce qu'on appelle l'empreinte carbone du projet.

Ce bilan nécessite la connaissance des données d'activité[1] du projet et les facteurs d'émission[2] correspondants. Le calcul à réaliser est le suivant, pour chaque donnée d'activité :

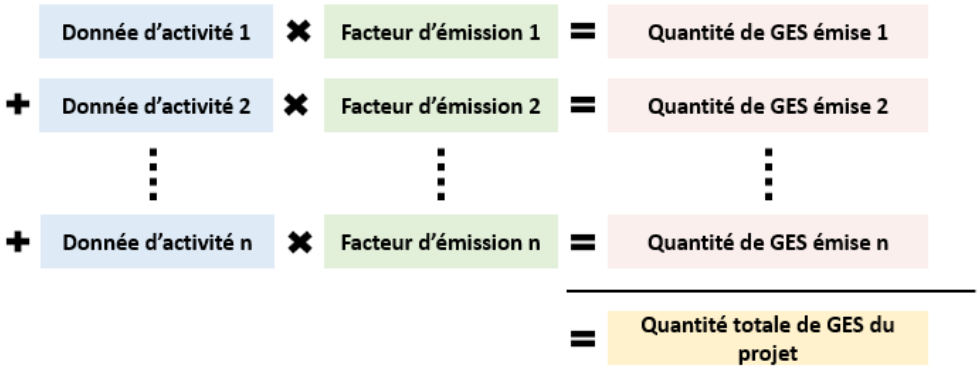
Émissions de GES = données d'activités x facteur d'émission correspondant

(en tCO_2e) (tonne ou m^3 par exemple) (tCO_2e/quantité)

[1] Une donnée d'activité correspond à un flux physique, tel qu'une masse de matière première, un nombre de kilomètres parcourus pour le transport, ou une consommation d'énergie, qui est associé aux activités du projet.
[2] Un facteur d'émission indique la quantité de GES émise par la production d'un bien ou la production d'énergie, et est exprimé en masse de CO_2e par unité. Le plus souvent, il se base sur la méthode IPCC et sur l'indicateur de potentiel de réchauffement global à 100 ans.

Par exemple, le facteur d'émission de la production de béton est de 88kg de CO_2e par tonne de béton[3]. Pour calculer les émissions de GES de la production de 50 tonnes de béton, il faut donc multiplier ce facteur d'émission par la donnée d'activité « 50 tonnes de béton ». Soit 88,0 kg CO_2e / tonne x 50 tonnes = 4 400 kgCO_2e. La production de 50 tonnes de béton émet l'équivalent de 50 tonnes de CO_2.

Ce calcul est réalisé pour chaque consommation nécessaire au procédé, puis toutes les émissions sont additionnées pour avoir l'impact climatique du projet.



Les facteurs d'émission peuvent être génériques ou spécifiques, et proviennent de bases de données reconnues, comme la Base Empreinte de l'ADEME, ou des bases de données spécialisées en Analyse de Cycle de Vie (ACV) comme ecoinvent.

Spécificité du projet

Lorsque les produits sont destinés à un usage carburant, ils doivent impérativement respecter la directive REDII et ses actes délégués pour être certifiés durables.

Pour évaluer l'impact climatique des produits selon la méthodologie de la directive REDII, l'ensemble du cycle de vie est pris en compte :

- Production (et culture le cas échéant) et transport des matières premières du procédé : H_2, CO_2, biomasse, autres consommables
- Procédé de production des produits : consommations d'énergies (vapeur, électricité)
- Transport et distribution du produit
- Usage comme carburant (combustion)

[3] https://base-empreinte.ademe.fr/donnees/jeu-donnees/79af151d-774a-37f8-8bfd-9893e7a7f72e/0/false/null

Les facteurs d'émission

La méthodologie de la directive indique qu'il ne faut pas tenir compte des émissions de GES de la fabrication des machines et des équipements du projet. Le facteur d'émission de l'électricité consommée est par ailleurs spécifique et fourni par la méthodologie :

- L'électricité renouvelable, sous conditions, bénéficie d'un facteur d'émission nul
- Pour la France, si l'électricité consommée vient du réseau sans preuve d'un caractère renouvelable, alors son facteur d'émission est de 57 gCO_2e/kWh[4]

Pour les autres consommables/matières premières, les facteurs d'émissions utilisées sont issus de bases de données reconnues.

Les données d'activité

Les données d'activité utilisées pour évaluer l'impact climatique du projet sont issues de données réelles d'études techniques complétées, à la marge, par des données de la littérature.

Les phases de travaux et de démantèlement du projet E-CHO sont évaluées distinctement du calcul RED (puisqu'elles ne font pas partie du périmètre de calcul réglementaire) et ont été considérées en utilisant une donnée générique de la base de données d'ACV ecoinvent pour la construction d'une usine de chimie organique. Cette donnée a été ajustée avec les données de surface occupées par les usines BioTJet et eM-Lacq, les quantités de molécules produites, et sur une durée de vie de 50 ans (durée de vie standard pour une usine chimique) pour mieux correspondre aux installations d'E-CHO.

Evaluation de l'impact climatique du projet

L'impact climatique du projet est évalué par la quantification des émissions potentielles de GES liées au projet, qu'elles soient directes (émissions des usines) ou indirectes (émissions sur la chaîne de valeur). La raison d'être de ce projet est donc de proposer aux transports aérien et maritime ainsi qu'à l'industrie chimique, des molécules qui soient la source d'émissions de GES beaucoup plus faibles que les produits fossiles utilisés habituellement (kérosène, naphta, méthanol et carburant maritime). Comme présenté précédemment, les émissions de GES sont évaluées sur l'ensemble du cycle de vie du produit, de sa production à son élimination en fin de vie (ou utilisation) par combustion.

La production et l'utilisation des molécules produites par le projet E-CHO seront à l'origine d'émissions de GES principalement indirectes, c'est-à-dire venant de la consommation

[4] Ministère de la Transition Ecologique. L'hydrogène. https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/lhydrogene-ses-avantages

d'énergie des usines d'E-CHO (électricité, laquelle est bas carbone en France grâce aux centrales nucléaires et à la production d'électricité renouvelable) et des activités en amont et en aval de la chaîne de valeur (transport de la biomasse par exemple). L'impact climatique de phase de construction est aussi majoritairement dû aux émissions indirectes liées à la fabrication des matières premières en amont de la construction.

Les émissions de GES potentielles du projet E-CHO sont estimées à 96 680 tCO_2e/an[5] tandis que les émissions de GES potentielles de la production équivalente de carburants fossiles sont estimées à 644 541 tCO_2e/an. Ainsi, sur 50 ans, en tenant d'une phase de démarrage et d'arrêts de maintenance programmés, les émissions évitées par le projet E-CHO atteignent 24,8 $MtCO_2e$.

Phase travaux

La phase de chantier générera des émissions de GES de manière directe du fait de l'utilisation des engins de chantier mais aussi de manière indirecte, du fait de la production des matériaux nécessaires à la construction des équipements, des bâtiments et des infrastructures (voiries par exemple) du site de production. Ces émissions seront ensuite amorties au fur et à mesure des années de fonctionnement du site. Par ailleurs, durant cette période, les engins utilisés seront conformes aux réglementations en vigueur et seront correctement entretenus par les entreprises mandatées sur le chantier.

Une évaluation préliminaire des émissions de GES de la construction du site a été réalisée à partir de la base de données ecoinvent 3.11 pour une usine chimique. D'après cette estimation, la production et l'acheminement des matériaux des usines d'E-CHO seraient la source de 545 000 t de CO_2e, excluant les émissions du chantier lui-même. Ces émissions sont du même ordre de grandeur que les émissions de CO_2e évitées par une seule année de production du projet E-CHO en fonctionnement nominal. De plus, l'impact climatique de la phase travaux pourra être affiné après les études de détails, une fois connues les quantités et la provenance des matériaux.

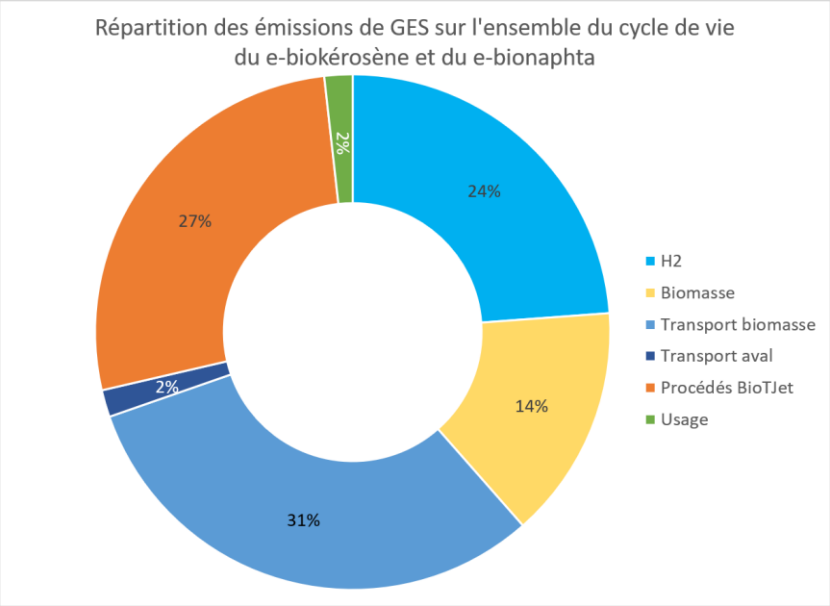
Production d'hydrogène

Les émissions de GES de la composante HyLacq sont directement intégrées aux émissions de GES des composantes BioTJet et eM-Lacq grâce à une allocation des émissions basées sur la quantité d'hydrogène produite pour la production de SAF et de naphta (BioTJet) et pour la production de méthanol (eM-Lacq).

[5] tCO_2e/an : tonnes de CO_2 équivalent par an

Production de e-biokérosène et de naphta

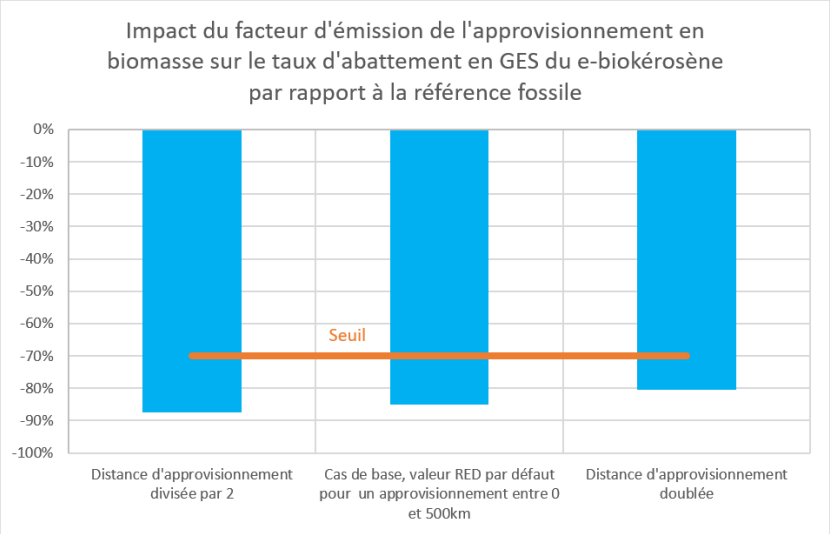
L'unité BioTJet vise à produire une moyenne de 88 600 tonnes de SAF et de 27 000 tonnes de naphta par an en fonctionnement nominal. En appliquant la méthodologie de la directive RED, le SAF et le naphta produits par l'unité BioTJet, au sein du projet E-CHO, permettent un abattement de -85% d'émissions de GES par rapport au carburant fossile de référence. Ce chiffre est calculé sur la base des données d'activités collectées et avec un mix électrique composé d'électricité renouvelable ainsi que d'électricité standard du réseau français et correspond à un facteur d'émission du SAF et du naphta de 14,1 gCO_2e/MJ.



La figure ci-dessus illustre que :

- Les procédés de production (procédés BioTJet + H_2) contribuent à 51% des émissions de GES sur le cycle de vie du SAF et du naphta, principalement du fait de la consommation d'électricité ;
- Le transport de la biomasse contribue à 31% des émissions de GES sur l'ensemble du cycle de vie. Cette contribution est d'autant plus importante que les émissions des procédés sont faibles, notamment en raison du faible facteur d'émission de l'électricité. Par ailleurs, le facteur d'émission du transport de la biomasse est calculé à partir des valeurs par défaut de la RED qui sont comprises entre 3,1 et 4,2 gCO_2e/MJ de biomasse pour un transport entre 1 et 500 km, et non à partir du plan logistique spécifique au projet dont a minima 80% est réalisé à moins de 400km. Ceci constitue donc une hypothèse conservatrice pour le calcul ici présenté. La figure ci-dessous illustre que même dans l'hypothèse où la distance parcourue de l'ensemble de l'approvisionnement serait doublée – ce qui n'est pas prévu pour le projet – le taux

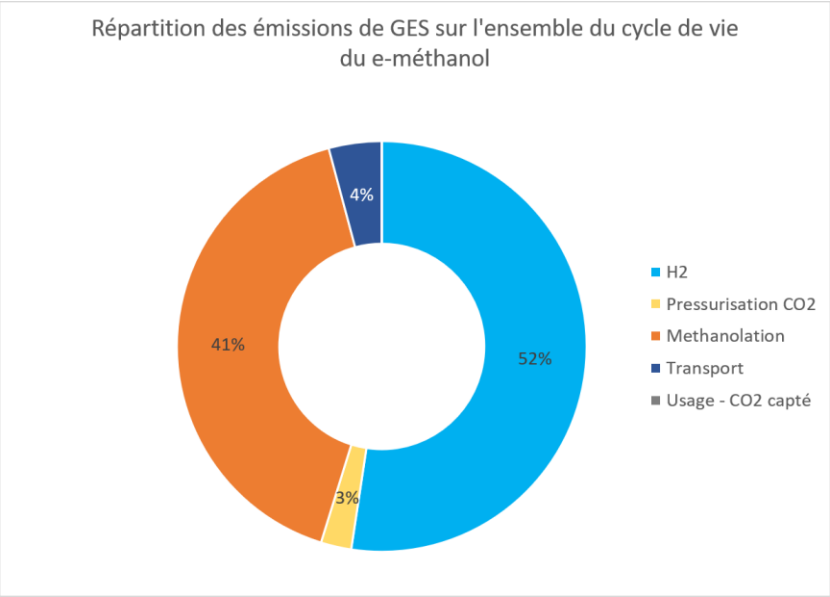
d’abattement en GES du e-biokérosène par rapport à la référence fossile passerait de -85% à -80%, dépassant encore le seuil d’abattement réglementaire de -70%.



Production de e-méthanol

L’unité eM-Lacq vise à produire une moyenne de 88 000 tonnes de e-méthanol par an en fonctionnement nominal. En appliquant la méthodologie de la directive RED, le e-méthanol produit par eM-Lacq, au sein du projet E-CHO, permet un abattement de -85% d’émissions de GES par rapport au carburant fossile de référence, avec un mix électrique composé d’électricité renouvelable et d’électricité standard du réseau français, et selon les données d’activité collectées. Le facteur d’émission du e-méthanol étant évalué à 14,1 gCO_2e/MJ.

La figure ci-dessous illustre que le transport des matières premières ou des produits finis et l’approvisionnement en CO_2 sont négligeables devant le procédé de méthanolation et la production d’H_2 qui représentent plus de 90% des émissions, notamment du fait de la consommation d’électricité des procédés (émissions indirectes).



Conclusion

Selon la méthodologie réglementaire RED, **sur 50 ans, les émissions évitées par le projet E-CHO atteindraient 24,8 MtCO_2e** (en considérant un démarrage progressif et des périodes d'arrêt). **Sur une année de production en fonctionnement nominal, les émissions évitées par le projet E-CHO atteignent 547 800 tCO_2e par rapport à la référence fossile.**

La Stratégie Nationale Bas-Carbone vise notamment à la sortie des énergies fossiles et à la réduction des émissions de GES. Le projet s'inscrit donc pleinement dans les objectifs de la SNBC en proposant de remplacer l'utilisation d'énergies fossiles par deux sources d'énergie renouvelable et bas-carbone : la biomasse et l'électricité française, pour produire des molécules énergétiques liquides à destination du transport longues distances et de l'industrie.