

CAHIER DES CHARGES

ACV attributionnelle Transport maritime Etude comparative de l’empreinte environnementale de ferries à passagers alimentés par différents vecteurs énergétiques

0. Synthèse

0.1. Contexte et objectifs

Dans le contexte actuel d’urgence climatique, le transport maritime apparaît comme une alternative en général plus écologique que le transport routier et le transport aérien.

Pourtant, près de 95% des navires fonctionnent toujours au fuel lourd afin de pouvoir bénéficier d’un prix très bas de ce carburant, et peu d’armateurs optent pour de nouveaux navires compatibles avec des carburants alternatifs.

Plusieurs alternatives au fuel lourd sont aujourd’hui envisagées par les opérateurs maritimes. Parmi les alternatives les plus utilisées, on peut notamment citer : le Gaz naturel liquéfié (GNL), l’hybridation électrique, les agrocarburants (B100, HVO...), d’autres potentielles comme l’hydrogène (gazeux ou liquéfié), l’ammoniac, le méthanol et les déclinaisons de ces carburants dans leur version synthétique.

Si ces solutions offrent une alternative à l’utilisation du fuel lourd, elles soulèvent un certain nombre de questions. Il apparaît donc indispensable de chercher à objectiver le débat dès à présent en comparant les différentes filières énergétiques actuelles et à venir du transport maritime, en ayant une approche en cycle de vie et multicritères.

Ainsi l’ADEME souhaite, au travers de cette analyse de cycle de vie attributionnelle, affiner sa connaissance des impacts environnementaux du transport maritime par ferry à passagers pour préciser le potentiel des différentes filières énergétiques et orienter le choix des opérateurs maritimes.

0.2. Organisation de l’étude

L’étude comportera une base forfaitaire (fixe) et une partie variable (bons de commande).

Membres du Comité technique en construction

ADEME (Philippe CAURNEAU, Laurent GAGNEPAIN, Laure SUNE), GICAN, Armateurs de France, GRDF, EVOLEN ...

Planning prévisionnel

Durée maximale de 17 mois (publication des résultats à 30 mois).

1. Contexte et objectifs généraux

1.1. Les activités de l'ADEME

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique -, nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, air, économie circulaire, gaspillage alimentaire, déchets, sols... - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et solidaire et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

1.2. Contexte

1.2.1. Contexte sectoriel

Dans le contexte actuel d'urgence climatique, le transport maritime de marchandises apparaît comme une alternative en général plus écologique que les transport routier et aérien car il s'agit d'un moyen de transport plus performant en termes de consommation d'énergie et d'émissions de gaz à effets de serre à la tonne transportée par kilomètre (facteur 20 par rapport au routier et 100 par rapport à l'aérien).

Le transport maritime offre aussi une opportunité pour réduire les besoins énergétiques et par conséquent les émissions du transport national, avec un plus large recours à son usage et un développement du report modal vers les transports fluviaux et ferroviaires

Pourtant, encore près de 95% des navires (source DNV) fonctionnent toujours au fuel lourd afin de pouvoir bénéficier d'un prix très bas de ce carburant.

L'ADEME considère que la décarbonation du transport maritime (qui représente 3% des émissions mondiales de CO₂) est un enjeu important pour contribuer à atteindre les objectifs de l'Accord de Paris et participer à la préservation de la biodiversité marine.

Les solutions alternatives au fuel lourd sont aujourd'hui questionnées par les opérateurs maritimes, les chantiers navals et les Régions dans le cadre de délégation de service publique (DSP) afin d'améliorer la performance environnementale de la filière et d'inscrire résolument le transport maritime dans une trajectoire de décarbonation et de transition écologique.

Parmi les solutions en question, certaines sont crédibles comme le Gaz naturel liquéfié (GNL), l'hybridation électrique, les agrocarburants (B100, HVO...), d'autres ne sont encore que potentielles comme l'hydrogène (gazeux ou liquéfié), l'ammoniac, le méthanol et les déclinaisons de ces carburants dans leur version synthétique ou biosourcée.

Si ces solutions permettent bien une baisse des émissions de CO₂ à l'échappement par rapport au fuel lourd, elles soulèvent un certain nombre de questions. En effet, le bilan environnemental des biocarburants de première génération ou celui des batteries ne milite pas en faveur de ces solutions, tandis que d'autres solutions butent sur les limites d'un déploiement à grande échelle de telle ou telle filière énergétique.

Il apparaît donc indispensable de chercher à objectiver le débat dès à présent en comparant les différentes filières énergétiques actuelles et à venir du transport maritime, en ayant une approche en cycle de vie et multicritères.

Si les rares analyses d'analyse de cycle de vie des navires montrent très clairement que la très grande majorité des émissions de GES sont liées à la phase d'utilisation lorsque ces navires fonctionnent au fuel lourd, l'utilisation de carburants alternatifs à faible contenu carbone pourrait modifier cette proportion.

Compte tenu de l'importance des dessertes maritimes des territoires dans le tissu économique, **l'ADEME souhaite focaliser cette étude sur les ferries à passagers**, ces ferries étant en **général mixte, capables d'emporter en même temps des passagers, des véhicules et des marchandises**.

La mixité de cet usage complexifie l'allocation de l'impact environnemental de ce mode à chacune des catégories transportées. La récente révision en 2023 de la norme ISO 14083 « Gaz à effet de serre — Quantification et déclaration des émissions de gaz à effet de serre résultant des opérations des chaînes de transport » permet de clarifier l'allocation des émissions de GES entre passagers et marchandises. Pour autant, le reporting des compagnies maritimes conformément à l'article L. 229-25 du code de l'environnement ou au règlement européen MRV ne suit pas cette norme ISO et ne permet pas une comparaison juste avec le mode aérien s'agissant du transport de passagers.

Ainsi l'ADEME souhaite, au travers d'une analyse de cycle de vie attributionnelle, affiner sa connaissance des impacts environnementaux du transport maritime de personnes et de marchandises via des ferries pour préciser le potentiel des différentes filières énergétiques et orienter le choix des opérateurs maritimes.

Enfin, peu de constructeurs et de concepteurs de navires réalisent à ce jour d'analyse de cycle de vie, essentiellement semble-t-il par manque de cadre normatif notamment sur la juste profondeur de cette analyse, sa granulométrie et la difficulté d'accéder à certaines données d'inventaire. Ce premier travail sur les ferries à passagers doit permettre de donner un cadre pour d'autres ACV de navires à venir.

1.2.2. Contexte réglementaire et normatif, typologie de l'étude

L'étude implique la réalisation d'une analyse de cycle de vie de type attributionnelle qui devra respecter :

- Les normes ISO 14040 et 14044 en premier lieu ;
- En second lieu :
 - Les normes ISO/TS 14067:2013 ("Gaz à effet de serre -- Empreinte carbone des produits -- Exigences et lignes directrices pour la quantification et la communication") ;
 - Le EF Guidance dernière version, le référentiel ILCD Handbook (JRC European Commission, 2010) ;
 - Avec en cas d'arbitrage des propositions à porter par le candidat et arbitrer par l'ADEME.
- En troisième lieu :
 - La norme ISO 14083 :2023 (« Gaz à effet de serre -- Quantification et déclaration des émissions de gaz à effet de serre résultant des opérations des chaînes de transport »)

NOTA : L'étude comportera une base forfaitaire (fixe) et une partie variable (bons de commande) permettant le cas échéant de compléter et/ou approfondir en cours d'étude certains points selon les recommandations du Comité technique, de la revue critique ou de l'ADEME.

L'étude sera une ACV-A (attributionnelle) à date (2022 ou 2023 par exemple). Cet horizon sera déterminé en COPIL.

1.3. Etat de l'art

Pour la collecte des données, l'étude pourra s'appuyer sur des éléments concernant la production des énergies et/ou leur usage dans le transport maritime publiés antérieurement :

Documents sur les ACV de navires

- Etude «eco Island Ferry », 2014, Aalborg University, Danemark ;
<https://vbn.aau.dk/en/publications/eco-island-ferry-comparative-lca-of-island-ferry-with-carbon-fibr>
- Article « Benefits and limits of a Constraint Satisfaction Problem/Life Cycle Assessment approach for the ecodesign of complex systems: a case applied to a hybrid passenger ferry », 2012, Nicolas Tchertchian, Pierre-Alain Yvars, Dominique Millet ;
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.10.048>
- Article "Quantitative assessment of material composition of end-of-life ships using onboard documentation ", 2015, K.P. Jain , J.F.J. Pruyn, J.J. Hopman ;
<http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.11.017>
- Article "Local added value and environmental impacts of ships crapping in the Context of a ship's lifecycle ", 2016, Nathanael Ko, Johannes Gantner ;
<http://dx.doi.org/10.1016/j.oceaneng.2016.05.026>
- Article "Life cycle assessment of steel in the ship recycling industry in Bangladesh", 2016, S.M. Mizanur Rahman, Robert M. Handler, Audrey L. Mayer ;
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.014>
- Article "Life cycle cost and environmental impact analysis of ship hull maintenance strategies for a short route hybrid ferry", 2018, Haibin Wang, Elif Oguz, Byongug Jeong, Peilin Zhou ;
<https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.04.084>
- Article "Life Cycle Assessment of Alternative Ship Fuels for Coastal Ferry Operating in Republic of Korea", 2020, Sang Soo Hwang, Sung Jin Gil, Gang Nam Lee, Ji Won Lee, Hyun Park, Kwang Hyo Jung, and Sung Bu Suh ; <https://doi.org/10.3390/jmse8090660>
- Article "Life Cycle Assessment of a Hydrogen and Fuel Cell RoPax Ferry Prototype", 2020, Juan Camilo Gomez Trillos, Dennis Wilken, Urte Brand, and Thomas Vogt ;
https://doi.org/10.1007/978-3-030-50519-6_2
- Article "Environmental Life-Cycle Assessment of Eco-Friendly Alternative Ship Fuels (MGO, LNG, and Hydrogen) for 170 GT Nearshore Ferry", 2020, Gang Nam Lee , Jong Mu Kim , Kwang Hyo Jung , Hyun Park , Hag Soo Jang, Chung Seong Lee and JiWon Lee ;
<https://doi.org/10.3390/jmse10060755>

Autres documents

- Etude ACV de véhicules roulant au GNV et bioGNV (IFP-EN, 2019), [lien](#)
- Etude ACV attributionnelle « Analyse de cycle de vie relative à l'hydrogène – Production d'hydrogène et usage en mobilité légère » publiée par l'ADEME en Septembre 2020, [lien](#)
- Etude « Analyses cycle de vie appliquées aux biocarburants de première génération consommés en France », publiée par l'ADEME en Février 2010, [lien](#)
- European Commission, Joint Research Centre, Prussi, M., Yugo, M., De Prada, L., et al., JEC well-to-tank report V5 ; JEC well-to-wheels analysis : well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context, Publications Office, 2020,
<https://data.europa.eu/doi/10.2760/959137>
- Bilan matière batterie véhicule électrique : Accardo, A.; Dotelli, G.; Musa, M.L.; Spessa, E. Life Cycle Assessment of an NMC Battery for Application to Electric Light-Duty Commercial Vehicles and Comparison with a Sodium-Nickel-Chloride Battery. Appl. Sci. 2021, 11, 1160.
<https://doi.org/10.3390/app11031160>
- Production biométhane : Esnouf A., Brockmann D., Cresson R. (2021) Analyse du cycle de vie du biométhane issu de ressources agricoles – Rapport d'ACV. INRAE Transfert, 170pp. [Lien](#).

- Production GNV : Prieur, A. and Tilagone, R., "A Detailed Well to Wheel Analysis of CNG Compared to Diesel Oil and Gasoline for the French and the European Markets," SAE Technical Paper 2007-01-0037, 2007, <https://doi.org/10.4271/2007-01-0037> et le rapport complet associé « Le Gaz naturel véhicules : quel potentiel », étude réalisée par le groupe de travail *Énergie – Environnement* de l'AFGNV, novembre 2006 (disponible sur demande auprès de l'ADEME).

Les documents de guides méthodologiques

- La PCR (*Product Category Rules*) pour les EPD (*Environmental Product Declaration* - Déclaration Environnementale de Produit) des fabricants de navires « *yachts, small crafts, other vessels and components thereof* » (<https://www.environdec.com/library>)
- Guide méthodologique pour réaliser une ACV appliquée à un véhicule produit par la PFA (pour la forme du document et non pas son contenu)

Le candidat est invité à compléter cette liste avec d'autres propositions lors de la rédaction de son offre.

1.4. Objectifs de la prestation et champ de l'étude

Objectifs de la prestation

Les objectifs de la prestation sont :

- Évaluer l'empreinte environnementale (absolue ou en passager.km ou en tonne.km) d'un trajet en ferry à passagers réalisé avec différentes sources d'énergie ;
- Comparer l'impact environnemental entre les ferries à passagers conventionnels fonctionnant au fuel lourd et les ferries à passagers alimentés en énergies alternatives ;
- Apporter un éclairage environnemental solide aux opérateurs maritimes dans leur choix de verdissement de leur flotte ainsi qu'aux Régions et à la puissance publique en matière de planification énergétique ;
- Communiquer sur l'impact environnemental du transport maritime et donner des préconisations en matière de filière énergétique ;
- Grâce à l'ICV, de consolider les bases de données et outils existants avec des données consistantes et désagrégées, dans le but d'améliorer la comparaison du transport maritime au transport routier et au transport aérien :
 - Dans la Base de données Empreinte de l'ADEME
 - Pour la mise à jour de l'outil « Mon Impact Transport ».
 - Dans le cadre des travaux de la DG AMPA pour une feuille de route de décarbonation du maritime
 - Dans le cadre des travaux prospectifs de l'ADME sur la Transition(s) 2060 – pour une France neutre en carbone à l'horizon 2060.
- Identifier les limites de l'étude et émettre des recommandations ;
- Etablir des lignes directrices pour réaliser une ACV de ferries à passagers afin de donner un cadre méthodologique aux acteurs de la construction navale (bureaux d'étude, architectes navals, concepteur, société d'ingénierie, chantiers navals) pour que des ACV soient plus fréquemment et plus facilement conduites et que leurs résultats puissent être comparés.

Champ de l'étude :

L'étude s'attachera à étudier l'impact environnemental d'un ferry à passagers sur (1) des trajets nationaux (dessertes d'îles) et (2) des trajets intra-européens, ces deux typologies d'usage (traversée courte de quelques heures pour le premier cas, traversée longue allant jusqu'à une nuit/journée pour le second cas) se traduisant par des ferries très différents.

L'étude sera réalisée sur le périmètre géographique de la France métropolitaine et reposera sur les mix électriques moyens français.

1.5. Communication prévue

La communication autour des résultats de l'étude se fera pour :

- Les salariés de l'ADEME ;
- Les Régions ;
- Les professionnels du secteur maritime et les énergéticiens ;
- Les regroupements professionnels du secteur (AdF, GICAN...) ;
- Le ministère en charge de la transition écologique et des transports ;
- Le ministère en charge de la mer et de la biodiversité.

En ce sens, les résultats doivent être restitués de manière la plus pédagogique possible. Les livrables devront en tenir compte.

L'étude sera publiée dans la Librairie ADEME dans son intégralité (inventaire de cycle de vie inclus) et sous la forme d'une synthèse d'une vingtaine de pages. La liste des livrables attendus est décrite dans le paragraphe "livrables".

Il sera demandé au prestataire de présenter les résultats finaux de l'étude devant le groupe d'ingénieur-e-s transports ADEME, dans un format d'intervention d'une heure, en visio-conférence, date à finaliser en 2025, après le début du marché.

Il sera également demandé au prestataire de fournir une présentation orale d'une demi-heure autoporteuse des résultats (diaporamas commentés de l'étude).

2. Gouvernance

2.1. Comités et GT

Les travaux s'articuleront autour de 4 comités :

- Un comité consultatif. Il sera composé de représentants d'organismes divers : ADEME, ministères, filières professionnelles (AdF, GICAN, EVOLEN), laboratoires universitaires, ONG ou associations (Transports et Environnement, Green Marine Europe, The Shift Project), acteurs territoriaux (un syndicat d'énergie, une collectivité). Ce comité se réunira *a minima* 2 fois, au démarrage de l'étude ainsi qu'à l'issue des travaux ;
- Un comité de pilotage. Il sera constitué de représentants de l'ADEME et du prestataire. Ce comité se réunira en amont des comités techniques et à chaque occasion que l'ADEME ou le prestataire en fera la demande pour valider des points particuliers ne pouvant pas être traités par échanges de mails.
- Un comité technique (cf. §2.2) ;
- Un comité de revue critique (cf. §2.3).

En cas de besoin, des groupes de travail (GT) sectoriels pourront être organisés pour collecter des données sur des filières énergétiques telles que l'ammoniac ou le méthanol. Le candidat devra bien prendre en compte ce besoin dans le chiffrage de son offre.

2.2. Comité technique

Ce comité à vocation technique garantira la tenue des délais, l'organisation des réunions et la répartition des tâches. Le Comité technique définira le périmètre de l'étude et ses caractéristiques principales. Il précisera notamment certaines spécificités des scénarios étudiés, en début de prestation (cf. 3.2.1)

Le Comité technique sera constitué de représentants de l'ADEME et d'acteurs industriels et académiques concernés par la collecte de données. La sollicitation et la mobilisation de ces acteurs revient à l'ADEME et non au prestataire, celui-ci devant être neutre vis-à-vis des intérêts de la filière. L'ADEME a déjà pris contact avec : GICAN, Armateurs de France, GRDF. D'autres acteurs comme EVOLEN pourront être sollicités. Le candidat est invité à préciser dans son offre s'il a des préconisations et des contacts pertinents. La capacité des acteurs industriels à partager des données sera appréciée au lancement de l'étude.

Avant chaque Comité technique, un document de préparation de la réunion (ordre du jour minuté) comprenant notamment le rappel des objectifs, les travaux mis en œuvre depuis le dernier Comité technique, les résultats obtenus, les difficultés rencontrées et les travaux à venir jusqu'au prochain Comité technique. sera remis au groupe par le prestataire. Ce document sera discuté et amendé lors des réunions.

Les comptes-rendus des Comités techniques seront diffusés par le prestataire dans les 15 jours qui suivent la réunion. Ces comptes-rendus auront été préalablement validés par les membres du comité.

Lors du Comité technique, le prestataire effectuera une présentation de l'état d'avancement de l'étude à l'ADEME et aux membres du Comité technique.

Ce comité de technique se réunira 6 fois.

2.3. Comité de revue critique

2.3.1. Composition du comité de revue critique

Une étude critique sera associée à ce travail. L'ADEME prendra en charge son financement, et elle attend du prestataire qu'il l'aide à sa constitution, notamment en proposant trois experts francophones des domaines de l'ACV, du transport maritime et/ou de l'énergie qui pourraient la conduire. Le nom du président ou de la présidente de l'étude critique pourra être précisé. L'ADEME se réserve également la possibilité de proposer des noms d'experts.

2.3.2. Fonctionnement en parallèle

Le Comité de revue critique fonctionnera en parallèle de la réalisation de l'étude, selon une approche « intermédiaire » consistant à faire réviser en cours d'étude au comité de revue uniquement les choix considérés comme suffisamment conséquents pour orienter la suite de l'étude, par exemple le choix de l'approche globale, de l'unité fonctionnelle, la collecte de données etc. Il se réunira 2 fois pour valider par exemple :

- L'approche globale, le choix de l'unité fonctionnelle, le choix des échéances temporelles, la méthodologie retenue pour l'analyse de fiabilité (fin de la phase de cadrage) ;
- La collecte des données ;
- L'interprétation des résultats finaux ;
- L'analyse des jeux de données d'ICV soumis à publication.

3. Contenu détaillé de la prestation

L'étude comportera une base forfaitaire (fixe) et une partie variable (bons de commande) permettant le cas échéant de compléter et/ou approfondir en cours d'étude certains points selon les recommandations du Comité technique, du Comité de revue critique ou de l'ADEME.

3.1. Préambule : bibliographie

Une première phase de recherche et d'analyse bibliographique permettra d'identifier, dans la littérature et à partir des échanges avec les membres du Comité technique, les différentes expérimentations déjà réalisées et les publications, en France ou en Europe, sur l'usage de carburant alternatif dans le transport maritime et les analyses de cycle de vie associées. Une première liste d'articles scientifiques et de rapport d'étude a été présentée au §1.3.

S'agissant du guide méthodologique et des lignes directrices associées pour la réalisation d'une ACV d'un ferry passager, une enquête auprès des acteurs français de la construction navale (bureaux d'étude, chantiers navals) permettra de mettre en évidence les pratiques actuelles en matière d'ACV de navires et les besoins/lacunes en termes de méthodologie ou de sourcing des données.

3.2. Définition de la prestation forfaitaire

3.2.1. Définition des objectifs et du champ de l'étude

Echelle temporelle

L'ACV sera réalisée sur la base des données réelles collectées en 2022 ou 2023 (l'échelle temporelle sera déterminée avec le Comité technique).

Usages et unités fonctionnelles

Comme décrit dans le « PEF Guidance », l'Unité Fonctionnelle doit être définie de sorte à répondre aux questions suivantes : (1) quoi, (2) combien, (3) pendant combien de temps et (4), dans la mesure du possible, avec quel niveau de qualité ?

Proposition d'UF :

UF n°1 : Le transport maritime de voyageurs, avec pour unité fonctionnelle « Transporter une personne dans un ferry à passagers sur 1 km pendant x années » ;

UF n°2 : Le transport maritime de marchandises, avec pour unité fonctionnelle « Transporter une tonne de fret dans un ferry à passagers sur 1 km pendant x années »

Modélisation du ferry

Pour chaque UF, on se référera à un ferry à passagers moyen dont les caractéristiques seront déterminées au début de l'étude, par exemple sur la base des critères suivants : masse, consommation au kilomètre, durée de vie, puissance des moteurs, etc. Un taux d'occupation / chargement moyen du navire sera aussi déterminé, ainsi que tout autre élément jugé pertinent à la définition d'un trajet type.

L'objectif est ainsi d'avoir des résultats génériques, non liés à un ferry en particulier.

Ces ferries sont en général de type « mixte », capables d'emporter en même temps des passagers, des véhicules et des marchandises.

2 typologies de ferry seront à considérer :

- Cas n°1 : le petit ferry côtier, typiquement pour les dessertes des îles

- Cas n°2 : le ferry intra-européen, doté d'une capacité d'hébergement de nuit de passagers (cabines)

Scénarios à étudier

Pour chaque typologie de ferry, une ligne maritime fictive sera déterminée avec le CoTech, afin de représenter au mieux un trajet type et pour définir la consommation énergétique en usage pour les différents types de solutions énergétiques étudiées. La caractérisation de la ligne maritime pourra s'appuyer sur notamment les critères suivants :

- Longueur de la ligne
- Zone de navigation (profondeur des fonds, courantologie)

Filières énergétiques à considérer :

Les filières suivantes seront étudiées dans les cas n°1 (petit ferry côtier) et n°2 (ferry intra-européen). Pour chacune d'entre-elles, la configuration de la propulsion mécanique ou électrique sera précisée en début d'étude :

1. Le Marine gasoil (MGO) (référence)
2. La batterie électrique rechargeable, en mode hybride (électrique / MGO)
3. La batterie électrique en mode 100 % électrique
4. Le dihydrogène (H₂) par électrolyse pour pile à combustible (avec batterie électrique)
5. Le dihydrogène (H₂) pour moteur à combustion interne
6. Le HVO
7. Le GNL
8. Le BioGNL
9. Le GNC
10. Le BioGNC
11. L'ammoniac
12. Le méthanol (à partir de gaz naturel)
13. Le bio-méthanol

Synthèse des 38 scénarios à évaluer :

Filières énergétiques	Cas n°1 : petit ferry côtier		Cas n°2 : ferry intra-européen	
	UF1 (voyageurs)	UF2 (marchandises)	UF1 (voyageurs)	UF2 (marchandises)
MGO	X	X	X	X
Hybride électrique/MGO	X	X	X	X
Electrique			X	X
(H2) pour pile à combustible (avec batterie électrique)	Stockage gazeux	Stockage gazeux	Stockage liquide	Stockage liquide
(H2) pour moteur à combustion interne			Stockage liquide	Stockage liquide
HVO	X	X	X	X
GNL			X	X
Bio-GNL			X	X
GNC	X	X		
Bio-GNC	X	X		
Méthanol (à partir de gaz naturel)	X	X	X	X
Ammoniac			X	X

Bio-méthanol	X	X	X	X
--------------	---	---	---	---

Précisions complémentaires

Les étapes du cycle de vie analysées incluent les matières premières, la fabrication, l'acheminement, la distribution, l'utilisation, la fin de vie.

Le répondant proposera sa propre méthodologie pour comptabiliser l'impact environnemental des infrastructures associées aux filières énergétiques (bornes électriques de recharge, station de distribution).

Cet exercice s'appuiera sur l'analyse bibliographique du §3.1 et les données proposées par le CoTech.

3.2.2. Collecte et inventaire

La qualité des données d'inventaire sera évaluée par une approche à proposer par le candidat, pouvant mixer matrice Pedigree et DQR/EF, afin d'assurer une qualité suffisante pour l'ensemble de l'inventaire, et de permettre une analyse de variabilité et d'incertitude de qualité. Il est attendu que le candidat explicite la méthode qui sera utilisée dans son offre.

L'inventaire de cycle de vie à réaliser pourra se référer aux bases de données publiques et/ou aux données propres ADEME issues de ses études ACV sur les biocarburants et la production d'hydrogène et/ou aux études listées dans le § 1.3. En l'absence de données de terrain de qualité suffisante, des proxys ou des données bibliographiques pourront être utilisés, en considérant bien l'impact sur l'incertitude associée.

Pour les filières émergentes ou à venir, pour la collecte des données spécifiques, le comité technique facilitera la mise en relation avec les laboratoires et industriels concernés.

L'inventaire se devra d'être homogène (consistant), et notamment d'employer une base d'arrière-plan unique. Toute dérogation à cette règle devra être justifiée et validée.

En cas de collecte de données d'inventaire non actuellement disponibles dans les bases génériques et en premier lieu ecoinvent, une publication de datasets sera à proposer à l'ADEME auprès d'ecoinvent notamment à des fins de capitalisation et valorisation. Cette action pourra faire l'objet d'un bon de commande spécifique dans le cadre de la prestation.

3.2.3. Caractérisation

3.2.3.1 Indicateurs et méthodes de caractérisation

L'étude étudiera les impacts et dommages potentiels définis par :

- D'une part les dernières préconisations PEF/OEF (*Product Environmental Footprint / Organisational Environmental Footprint*) ;
- D'autre part un set de méthodes homogène, au choix entre Impact World + et ReCiPe (choix à faire et argumenter entre les versions E/I/H).

Le prestataire potentiel pourra également proposer des indicateurs de flux (*énergie primaire consommé, déchets produits, sol occupé, etc.*), aux conditions expresses :

- Que ces indicateurs soient systématiquement présentés à part, notamment dans les graphiques ;
- Que les doubles comptages qu'ils pourront représenter soient systématiquement rappelés ;
- Qu'ils permettent de faciliter la communication des résultats, par exemple étant donné leur lien avec les principaux *Midpoint* qui auront été identifiés.

Les indicateurs *Endpoint* seront utilisés non pas pour être communiqués, mais pour aider le prestataire à identifier les principaux enjeux environnementaux du système étudié (phase d'analyse et interprétation), en l'occurrence les principaux *Midpoint*. Le prestataire pourra compléter ce travail par d'autres approches, notamment celle de normation et pondération développée par la Commission Européenne pour le programme EF (*Environmental Footprint*) ou les limites planétaires : il est attendu que le candidat propose une méthode dans son offre et l'illustre avec ses propres références ou de références bibliographiques.

Ces propositions seront validées par l'ADEME au démarrage ou en cours d'étude.

3.2.3.2 Présentation des résultats d'impact potentiel

Il sera demandé de ne jamais mettre plus de 2 chiffres significatifs :

- 2 max pour les indicateurs de niveau I de l'ILCD
- 1 pour les indicateurs de niveaux II ou plus
- Ne considérer que les ordres de grandeur pour les indicateurs tox et écotox, qui seront présentées sur des échelles log

Il sera également important de rappeler aussi systématiquement que possible le caractère potentiel des impacts.

3.2.4. Interprétation, analyse

Dans la mesure du possible, les résultats obtenus seront comparés avec ceux disponibles dans la littérature.

3.2.4.1 Analyses de sensibilité

Une fois les résultats de l'ACV obtenus pour chaque scénario, il est important de réaliser des analyses de sensibilité afin d'une part d'identifier les paramètres clés et les effets de seuil, et d'autre part de garantir ou non la robustesse des conclusions face à des hypothèses plus ou moins volatiles.

Les paramètres sur lesquels seront réalisées les analyses de sensibilité seront définis conjointement entre le prestataire et le Comité technique. Au total, 5 analyses de sensibilité seront conduites dans la partie forfaitaire de l'étude, par exemple :

- Le lieu de production de la batterie électrique ;
- Le type de production du méthanol ;
- Le type de production de l'ammoniac (avec H₂ via ENR par électrolyse) ;
- Le type de production de l'HVO
- La production de l'H₂ par électrolyse via ENR ;

Le candidat proposera dans sa réponse les études de sensibilité qu'il envisagerait.

Par ailleurs, 2 analyses de sensibilité complémentaires sont prévues en bon de commande dans la part variable de l'étude (Cf. § 3.3).

3.2.4.2 Analyses d'incertitude

La méthodologie et le logiciel utilisés pour l'analyse d'incertitude et de variabilité sont laissés au choix du répondant qui devra les préciser dans son offre. Cette analyse fait partie intégrante des critères de sélection appliqués aux répondants. Les préconisations de l'étude n° 2014-03 faite par le LIST pour SCORELCA (*Les différentes sources d'incertitudes en ACV, leurs modes de calcul et impacts sur l'interprétation* : https://scorelca.org/espace_mb/etudes/SCORE-2014-03-synthfr-b6k010a2y8-13.pdf) serviront à hiérarchiser les offres (l'approche Monte-Carlo sera considérée comme un minimum).

3.2.4.3 Identification des principaux impacts environnementaux

Le prestataire proposera et utilisera une combinaison de méthodes pour identifier les principaux enjeux des scénarios étudiés :

- Endpoint
- Normalisation : dans le cas où l'évaluation environnementale mettrait en évidence des bénéfices environnementaux pour certains indicateurs, mais des charges pour d'autres, il peut être difficile de conclure sur l'intérêt environnemental du projet. Une méthode d'aide à la décision basée sur le calcul d'un score unique de performance environnementale s'appuyant sur le programme *Environmental Footprint* de la Commission européenne (https://eplca.jrc.ec.europa.eu/permalink/EF_normalisation_weighting_EFmodelers.xlsx) pourra être employée par le prestataire pour conclure sur la performance environnementale des différents scénarios.

3.2.4.4 Identification des principaux contributeurs aux impacts environnementaux

Le prestataire suivra autant que possible l'approche préconisée dans le programme PEF (*Product Environmental Footprint*) de la DG ENV.

Plus précisément, seront identifiés :

- Les principales catégories d'impact. Pour cela, le prestataire se basera sur les méthodes de caractérisation d'impacts potentiels (*Midpoint*) préconisées par l'ILCD Handbook (JRC European Commission, 2010).
- Les principales phases du cycle de vie contribuant à ces impacts. On utilisera un découpage en 4 ou 5 phases, similaire pour l'ensemble des catégories : 1 ou 2 phases pour la fabrication (selon qu'on distingue l'extraction ou production des matières premières des étapes de mise en forme et d'assemblage), distribution, utilisation, fin de vie.
- Les principaux procédés contribuant à ces impacts
- Les principaux flux élémentaires contribuant à ces impacts et procédés
- La notion de hotspots pourra également être reprise.

Le candidat est invité à se positionner par rapport à cette approche dans son offre, en exposant notamment ses éventuelles expériences de mise en pratique dans des travaux de PEFCR.

3.2.4.5 Divers

On identifiera dans l'étude les éventuels points de basculement au-delà desquels une solution B devient pertinente par rapport à une solution A pour un impact potentiel donné. En intégrant l'incertitude.

3.2.5. Revue critique

Une revue critique sera réalisée en conformité aux normes en vigueur (cf. [1.2.21-1-2](#)). Le montage des comités de revue critique et leur mode de fonctionnement sont expliqués au §2.3. Le prestataire devra chiffrer séparément le temps qu'il envisage de dédier pour répondre aux demandes de modifications du comité de revue critique :

- Pour la partie étude ACV attributionnelle (base forfaitaire) ;
- Pour les *reviewers* des données soumises à une base de données publique (part variable).

3.2.6. Guide méthodologique ACV-A Navires de commerce

Sur la base des travaux réalisés dans cette ACV-A, du recueil de retours d'expérience des acteurs du secteur du transport maritime (bureaux d'étude, architectes navals, concepteur, société d'ingénierie, chantiers navals, armateurs), des retours de la revue critique et des « Product Category Rules *Yachts, small crafts, other vessels and components thereof* » (<https://www.environdec.com/library>), il sera

demandé la rédaction d'un guide méthodologique permettant de donner des lignes directrices à ces acteurs du transport maritime pour que des ACV attributionnelles de navires de commerce soient plus fréquemment et plus facilement conduites et que leurs résultats puissent être comparés.

3.2.7. Rapport

La langue de travail sera le français. La mission conduira à la production des documents suivants :

- **15 mois après la notification du contrat,**
 - **Un rapport final provisoire** en français, présentant les hypothèses et la méthodologie suivie, l'inventaire de cycle de vie, les résultats avec les analyses correspondantes et
 - **Un projet de guide méthodologique** en français sur la conduite d'ACV de ferries à passagers.
- **17 mois après la notification du contrat :**
 - **Un rapport final définitif** en français, présentant les hypothèses et la méthodologie suivie, l'inventaire de cycle de vie, les résultats et les analyses correspondantes et
 - **Un guide méthodologique définitif** en français et en anglais sur la conduite d'ACV de ferries à passagers.
- Le rapport sera accompagné des éléments suivants :
 - Une synthèse en français et en anglais conforme à l'ISO 14025, de 10 à 20 pages ;
 - Un document de communication en français de 3 à 5 pages, incluant des visuels facilitant la lecture des résultats et la compréhension des enseignements, à l'attention d'un public non averti ;
 - Un article scientifique en français et en anglais (5 000 mots) qui pourra être soumis par le prestataire aux journaux pertinents (e.g. *International Journal of Life Cycle Assessment* ; *Journal of Cleaner Production*) ;
 - Un diaporama en français d'environ 20 slides qui sera présenté lors d'un webinaire ADEME Service Transports et Mobilité, dans un format d'intervention d'une heure (30 mn présentation + 30 mn questions / réponses), en visio-conférence ;
 - Une présentation orale d'une demi-heure autoporteuse des résultats (diaporamas commentés de l'étude qui pourrait être identique à celui présenté lors du webinaire) ;
 - Pour l'inventaire de cycle de vie : voir paragraphe [3.2.83-2.8.](#)

3.2.8. Publication des données d'inventaire

Une des principales valeurs ajoutées d'une ACV est la collecte de nouvelles données. Pour que ces données soient réutilisées – et réutilisables facilement, il n'est pas suffisant de publier l'inventaire, il est également nécessaire de soumettre ces données aux porteurs de bases d'inventaire, afin que les utilisateurs de logiciels d'ACV y aient accès pour de futurs travaux.

Afin de fournir un niveau suffisant de transparence (cf. ISO), permettant à la fois d'assurer une reproductibilité minimale de l'étude, et donc par exemple sa mise à jour dans le temps, et de contribuer à l'augmentation des connaissances :

- L'inventaire est rendu public dans le rapport d'étude, conformément à l'ISO ; le niveau de désagrégation de l'inventaire sera déterminé en cours d'étude avec les partenaires en fonction du niveau de confidentialité des données collectées, et avec l'objectif de le maximiser ;
- Les données spécifiquement collectées dans le cadre de l'étude et présentant une valeur ajoutée en termes de qualité – et notamment de représentativité – par rapport aux données disponibles dans les bases d'inventaire – et particulièrement les bases publiques (e.g. ecoinvent, ELCD),

pourront être soumises aux porteurs de ces bases pour publication, avec un niveau de désagrégation le plus élevé possible. Ceci implique notamment une mise au format correspondant (e.g. Ecospold, ILCD). La sélection de ces jeux de données sera faite en cours d'étude et leur publication fera l'objet d'un ou plusieurs bons de commande (prestation unitaire Cf §3.3).

3.3. Définition des prestations unitaires

L'ensemble des prestations relatives aux attentes exprimées au paragraphe 3.2. Définition de la prestation forfaitaire fera l'objet d'une prestation de type forfaitaire. Cette prestation sera complétée par des prestations unitaires qui feront l'objet de bons de commande passés lors de la réalisation du marché.

a mis en forme : Police : (Par défaut) + Corps (Calibri), Gras

Les prestations unitaires sont précisées ci-dessous :

Concernant l'étude ACV :

- La collecte supplémentaire de 5 données spécifiques via des groupes de travail spécifiques (hors données spécifiques transmises par le CoTech), notamment concernant le bilan matière, les consommations d'énergie et les filières de production Méthanol et Ammoniac ;
- L'étude d'une filière énergétique supplémentaire, par exemple : PtL (power to liquid), B100, BtL (biomass to liquid) biocarburant de 2^{ème} génération. Le répondant pourra, s'il le souhaite, suggérer l'étude d'autres filières.
- La réalisation de 3 analyses de sensibilité supplémentaires.

Concernant la mission globale :

- L'organisation d'un Comité technique supplémentaire qui se tiendra en distanciel : selon la complexité des données recueillies et leur traitement, les difficultés rencontrées, etc. l'organisation d'un comité supplémentaire pourrait s'avérer nécessaire. L'organisation de ce comité comprend sa préparation, sa tenue et la fourniture d'un compte-rendu ;
- Un tour de correction supplémentaire : la prestation forfaitaire prévoit 2 mois de relecture et validation des livrables finaux et des éléments de communication attendus. Au-delà de cette durée, un tour de correction supplémentaire pourra être apporté si nécessaire ;
- Soumission de 10 dataset à une base publique de données d'ICV (par exempleecoinvent) ou à un réseau (par exemple LCDN)

3.4. Droits de propriété intellectuelle, confidentialité

Le prestataire technique retenu sera mandaté par l'ADEME et par elle seule. Toutes les informations collectées seront tenues confidentielles par le prestataire.

Tous les résultats seront la propriété de l'ADEME. L'acceptation par le prestataire de ce cahier des charges implique de sa part la cession totale à titre gratuit de tous ses droits, intellectuels ou autres sur l'ensemble de cette prestation et des livrables et s'assure de tous droits d'utilisation libre des informations par l'ADEME.

La totalité des résultats de la présente étude seront la propriété de l'ADEME qui s'engage à ne pas divulguer d'informations confidentielles recueillies auprès des entreprises et des collectivités au cours de l'étude.

4. Calendrier prévisionnel

La durée de l'accord-cadre ne pourra pas dépasser **30 mois**, en incluant la revue critique et la soumission de l'inventaire à une base de données publique d'ICV. Le Comité technique de lancement aura lieu au plus tard à T0+1

Le calendrier proposé pourrait par exemple être le suivant :

T0+3	T0+6	T0+9	T0+12	T0+15	T0+17		T0+30
COTECH 1	COTECH 2	COTECH 3	COTECH 4	COTECH 5	COTECH 6		
				Rapport final provisoire ACV	Rapport final ACV		
					Relecture	Soumission de l'inventaire à une base publique de données d'ICV	