

ANALYSE DE CYCLE DE VIE APPLIQUEE A UN VEHICULE OU UN EQUIPEMENT AUTOMOBILE - PRECONISATIONS METHODOLOGIQUES – VERSION 2025

1. INTRODUCTION ET CONTEXTE GENERAL

Dans son projet de « Green Deal », l'Europe met clairement en avant la nécessité d'une vision environnementale basée sur le cycle de vie complet des produits. Face aux enjeux climatiques, les Etats - et l'Europe en particulier - se sont définis des trajectoires de neutralité carbone prenant en compte l'ensemble des contributions des industries et des produits.

Même si le contexte réglementaire actuel ne définit pas pour l'instant d'obligation de réaliser des analyses de cycle de vie dans l'automobile, des projets réglementaires sont d'ores et déjà identifiés :

- Le règlement UE 2019/631 légiférant sur les émissions de CO₂ à l'échappement prévoit dans son article 50 la publication d'une méthode de comptabilisation des émissions de CO₂ des véhicules sur l'ensemble de leur cycle de vie à partir de 2023 (lien : [EUR-Lex - 32019R0631 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](#)). Ce règlement a été complété par le 2023/851 qui intègre le "Pacte Vert" et prévoit le déploiement de règles d'évaluation de l'empreinte carbone sur le cycle de vie des véhicules à partir de 2025 et des publications volontaires à partir de mi-2026).
- Le « Battery Regulation » 2023/1542 (Article 7) impose une déclaration de l'empreinte carbone (auditée par un organisme certifié) des Packs Batteries vendus sur le marché Européen.
L'acte délégué (toujours à l'état de brouillon en janvier 2025) précisera la méthodologie de calcul à respecter. A noter que les données primaires seront obligatoires pour le calcul d'empreinte carbone du process de fabrication des cellules.
La fourniture de la déclaration d'empreinte carbone devra être effective un an après la publication de l'acte délégué définitif. Les packs devraient ensuite être classés par catégories de performance (en 2026). Des seuils maximums seront ensuite fixés (en 2028).
- Au-delà du secteur automobile, le règlement sur l'Ecoconception des Produits Durables (ESPR 2024/1781) prévoit de publier des empreintes carbone sur la plupart des produits commercialisés au sein de l'Union.

Par ailleurs, plusieurs projets ou groupes de travail internationaux se sont donnés comme objectif d'élaborer un cadre méthodologique standard de l'ACV des véhicules :

- TRANSENSUS, projet financé par l'Union Européenne pour l'ACV des véhicules zéro émission en préparation d'une future réglementation.
- Informal Working Group des Nations Unies pour l'empreinte carbone du cycle de vie des véhicules,

- Catenax : consortium de parties prenantes de l'industrie automobile pour définir des règles de calcul de l'empreinte carbone des composants automobiles et leur implémentation dans les outils d'échange de données informatisés.

En parallèle, la Commission Européenne mène depuis plusieurs années des travaux de recherche sur les analyses de cycle de vie. Une étude complète d'ACV comparative de différentes technologies de véhicules a en particulier été conduite par RICARDO en 2020.

Aujourd'hui la majorité des constructeurs automobiles réalise des analyses de cycle de vie. Les résultats alimentent des actions de communications externes et/ou participent aux choix stratégiques de l'entreprise.

Les principales communications réalisées aujourd'hui sont à destination d'un public institutionnel en lien avec l'image de marque de l'entreprise. Les résultats ACV sont alors communiqués au travers de la politique RSE des groupes, dans le rapport annuel, ou sur les sites internet. Ces communications peuvent également accompagner des choix technologiques ou d'innovations majeurs.

Les résultats ACV peuvent également être utilisés à des fins commerciales au travers des questionnaires des agences de notation extra financières, à l'intention des investisseurs. Les appels d'offre B2B prennent également en compte certains de ces résultats.

Dans un contexte de sévèrisation des exigences environnementales, en particulier pour le secteur automobile, il est apparu opportun de partager au sein de la filière les hypothèses méthodologiques permettant de mesurer de manière objective les impacts environnementaux des différentes technologies automobiles mises en œuvre aujourd'hui et dans le futur.

Le présent document synthétise les principales préconisations méthodologiques faisant référence au sein de la PFA pour conduire des études d'analyses de cycle de vie. Ce document pourra servir de cadre de référence dans le cadre d'échange de données environnementales entre acteurs de la chaîne de valeur automobile.

Exemples d'études de références traitant de l'Analyse de Cycle de Vie de véhicules :

- ***Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fuelled vehicles through LCA*** – European Commission – 13/07/2020 (Etude "Ricardo LCA 2020")
- ***Analyse de cycle de vie relative à l'hydrogène (Production d'hydrogène et Usage en mobilité légère)*** – ADEME – Septembre 2020 (Sphera & Gingko21)
- ***A global comparison in life-cycle greenhouse gas emissions of combustion engine and electric passenger cars*** - ICCT Georg Bieker – Juillet 2021
- ***Will future batteries be greener?*** - Minviro pour T&E – Juillet 2022
- ***Product Category Rules for Tires*** – Tires Industry Project – ul.com - Juillet 2022
- ***Product Category Rules for Passenger Cars*** – China Merchant Testing Vehicle TRIC Ltd / IVL – environdec.com - Février 2024.

2. PRESENTATION DE LA METHODOLOGIE ACV ET DE SES APPLICATIONS

2.1 Méthodologie ACV

L'analyse de cycle de vie (ACV ou LCA en anglais pour Life Cycle Assessment) est une méthode de quantification des impacts environnementaux des produits sur l'ensemble des étapes de leur cycle de vie, c'est-à-dire de l'extraction des matières premières (énergétiques ou non) nécessaires à leur fabrication jusqu'à leur élimination en fin de vie, en passant par toutes les étapes intermédiaires. Le cadre de réalisation de ces études est défini dans les normes internationales ISO 14040/44.

L'approche développée dans les ACV est une approche :

- **Multi-étape** puisqu'elle prend en compte toutes les phases du cycle de vie d'un produit ;
- **Multicritère**, dans la mesure où les résultats sont représentés de façon à refléter des enjeux environnementaux variés ;
- **Multi-composant**, puisqu'elle prend en compte le produit mais également ses emballages, les produits associés à son utilisation, etc. ;
- **Fonctionnelle**, car les impacts environnementaux sont calculés par rapport au service rendu par le produit, représenté par une unité fonctionnelle.

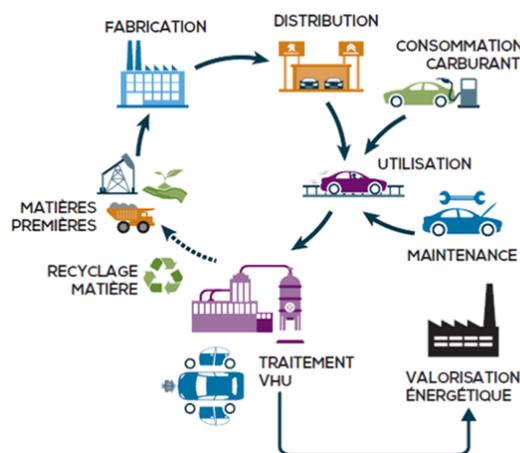


Figure 1. Schéma simplifié du cycle de vie d'un véhicule

La méthode est reconnue et normalisée par les ISO 14 040 et 14 044 ; elle distingue quatre étapes, chacune associée à une phase d'interprétation conférant à la méthode un caractère itératif (voir Figure 2) :

1. La définition des objectifs et des champs de l'étude
2. L'inventaire des flux entrants et sortants
3. L'évaluation des impacts
4. L'interprétation

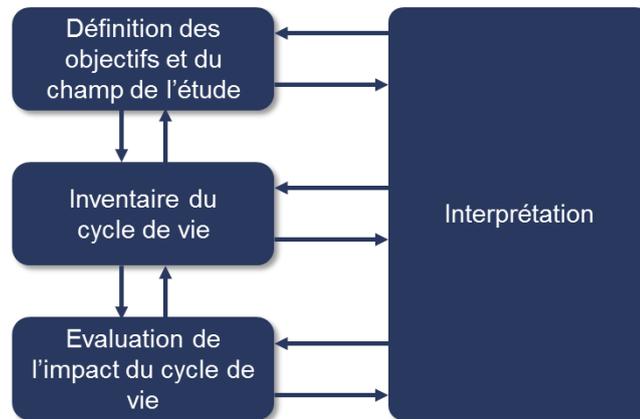


Figure 2. Etapes d'une analyse de cycle de vie selon la norme ISO 14040

L'enjeu majeur de l'utilisation de l'ACV est d'identifier les principales sources d'impacts environnementaux et d'éviter ou, le cas échéant, d'arbitrer les transferts entre ces derniers liés aux différentes alternatives envisagées.

2.2 Objectif des études ACV

Les études d'Analyse de Cycle de Vie visées par ces préconisations méthodologiques sont ciblées sur des véhicules complets ou des composants/systèmes de véhicules. Il s'agit en majorité d'études comparatives comme par exemple l'étude ACV comparative d'un véhicule nouvellement développé et du véhicule qu'il remplace, ou de deux véhicules possédant des équipements techniques différents (motorisations, matériaux, fonctionnalités ...)

Les objectifs associés à la réalisation de ces études peuvent se répartir sur 2 niveaux :

Niveau technique

- Modéliser un véhicule sur son cycle de vie tout en capitalisant les sources de données nécessaires ;
- Identifier les sources ou les étapes du cycle de vie contributrices aux impacts ;
- Mettre en relief les sources de transferts d'impacts environnementaux ;

Niveau communication

- Communiquer les résultats des études pour justifier d'un point de vue environnemental les choix techniques et technologiques ;
- Disposer de profils environnementaux permettant de positionner différents types de technologies / véhicules ;
- Communiquer les résultats au sein de la chaîne de valeur automobile (par exemple d'un équipementier vers un constructeur) sur la base d'hypothèses méthodologiques partagées ;
- Communiquer les résultats aux consommateurs pour leur apporter des informations sur les profils environnementaux des produits proposés.

2.3 Public visé par ces études

Ces études peuvent faire l'objet de communication :

- En interne de l'entreprise réalisant l'étude ;
- Dans le cadre d'une relation client- fournisseur ;
- Au sein de la PlateForme Automobile ;
- Après d'association professionnelles automobiles (ACEA, VDA, EUCAR) ou d'autres organismes ;
- Après des institutionnels ;
- Après du grand public.

Conformément aux préconisations des normes ISO14 040/44, toute communication externe de résultats d'analyses de cycle vie doit faire l'objet au préalable d'une revue critique menée par des experts externes à l'entreprise.

2.4 Outils et bases de données

Afin de réaliser ces évaluations il est nécessaire d'utiliser des outils dédiés. L'outil le plus souvent employé aujourd'hui dans le secteur automobile est l'outil *LCA FE – Life Cycle Assessment For Experts (ex GaBi)* – de l'éditeur Sphera (ex ThinkStep). Il permet une modélisation systémique des véhicules, à partir d'une base de données (MLC) de procédés de différents types (par exemple : fabrication de tôles d'acier, fabrication du gazole ou de l'essence, injection de plastique, production d'électricité selon les mix de différents pays, etc.). Le logiciel inclut également différentes méthodes de calcul des impacts telles que les méthodes CML (Centrum voor Milieukunde Leiden), ReCiPe, ou celles recommandées par le Joint Research Center de la Commission Européenne (EF3.0, EF3.1, EN15804 ...).

D'autres outils tel que SIMAPRO (développé par Pré Sustainability), UMBERTO (par IPoint) et OPEN LCA (en freeware), EIME (pour les PEP EcoPasseport), voire CARCULATOR proposé en ligne par l'institut Paul Scherrer ainsi que d'autres bases de données comme ECOINVENT peuvent être employés. L'utilisation du référentiel Sphera (logiciel et bases de données) est cependant recommandée par les experts de la PFA, notamment dans le cas d'ACV comparatives.

Afin que les résultats de différentes ACV soient comparables, il est indispensable que les données de références sur lesquelles elles s'appuient soient homogènes et représentatives. Certaines filières ont établi des référentiels précisant les périmètres et les procédés auxquels leurs évaluations doivent se référer. Par exemple, le Tire Industry Project a élaboré un référentiel (Product Category Rules) pour l'industrie du pneumatique. Ce PCR propose une liste de composants de référence en leur associant une empreinte environnementale par défaut sur plusieurs catégories d'impacts et identifie aussi les procédés Ecoinvent sur lesquels les ACV du secteur doivent s'appuyer.

Le secteur automobile mobilisant une très grande diversité de technologies et de filières de production, la mise au point d'un référentiel dédié de cadrage des calculs sera longue et complexe. Elle semble cependant indispensable. Le présent document peut être considéré comme une première étape dans cette direction.

Dans tous les cas, les études devront préciser l'origine des données utilisées (primaire ou secondaires), et vérifier leur applicabilité au cas par cas lorsque celles-ci proviennent de PCR.

2.5 Méthodologie et base empreinte carbone de la PFA

Une méthodologie de calcul d'empreinte carbone des produits de la filière automobile a été développée par la PFA en 2022 avec la contribution de Deloitte. Il ne s'agit pas d'ACV puisque son résultat est mono-impact et son périmètre réduit du berceau à la porte mais elle peut être employée dans le cadre de réponse à des RFQ.

Cette méthodologie est disponible sur le site de la PFA : https://pfa-auto.fr/wp-content/uploads/2024/10/PFA_GuideMethodologique_EmpreinteCarboneProduit_v20221125.pdf

Elle s'appuie sur une base de facteurs d'émission des principaux matériaux employés dans l'automobile, base disponible également sur le site de la PFA à l'adresse : <https://pfa-auto.fr/recherche-et-developpement/>

3. PRECONISATIONS METHODOLOGIQUES

Les préconisations décrites dans ce chapitre permettent de conduire une Analyse de Cycle de Vie en accord avec les préconisations des normes 14040/44. Comme déjà précisé, la conformité à la norme devra faire l'objet d'une revue critique avant toute publication externe des résultats ACV.

L'approche préconisée dans le cadre des ACV appliquées aux véhicules ou aux équipements automobiles est l'approche attributionnelle. De plus, les résultats présentés n'intégreront pas d'éléments relatifs aux impacts évités.

Dans le cas où une estimation d'impacts évités serait faite en comparaison avec un scénario de référence, cette estimation devra faire l'objet d'un reporting additionnel séparé.

3.1 Définition de l'unité fonctionnelle

L'unité fonctionnelle est l'unité commune servant de référence pour exprimer le bilan environnemental d'un produit. Elle permet de quantifier les résultats d'une étude ACV par rapport au service rendu.

Pour un véhicule complet, l'unité fonctionnelle est définie par sa production, sa maintenance et sa fin de vie ainsi que son utilisation sur une distance et pendant un nombre d'années. Le tableau suivant définit les hypothèses à prendre en compte en fonction du segment du véhicule concerné.

Il se fonde sur les pratiques actuelles des constructeurs et sur les valeurs retenues par l'Etude « Ricardo LCA 2020 » (voir référence en fin de chap.1). Il s'applique aux véhicules électriques, aux hybrides et aux véhicules à combustion interne.

Segment	Kilométrage (k km)	Exemple	Durée de vie
SEGMENT A	150	C1, Twingo	15 ans

SEGMENT B		208, Clio Mégane, 308, 3008 Espace, DS7 Audi A6, Mercedes CLS Mercedes S-Class, BMW serie 7 Kangoo, Partner, Berlingo Expert, Jumper, Master
SEGMENT C	225	
SEGMENT D		
SEGMENT E	270	
SEGMENT F		
CDV	270	
VAN1 & VAN2	300	

Figure 3. Kilométrage et durée de vie des véhicules selon leur segment

A ce jour, la définition des segments n'est pas réglementaire et relève essentiellement de pratiques communément partagées. Le tableau ci-dessus illustre les pratiques usuelles en France.

Le site de l'UE propose aussi des définitions de segments auxquelles on pourra se référer :

<https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/general-information/vehicle-types>

Pour l'étude d'un véhicule particulier ou d'une comparaison de véhicules appartenant au même segment, on privilégiera le kilométrage spécifique du segment. Pour l'instant, on ne considère pas de spécificité due à la motorisation (électrique ou thermique).

Pour des comparatifs plus larges ou indépendants des segments, on utilisera un kilométrage identique, par exemple de 200 000 km, sauf si la durabilité technique du véhicule est très spécifique.

Par exemple, on sera attentif lors des comparatifs entre des véhicules légers (L6/L7) et des véhicules M1 à ce que les kilométrages prennent en compte la durabilité technique des produits.

L'unité fonctionnelle utilisée pour l'étude d'une pièce/système sera définie sur la base de la fonction apportée par l'élément en tenant compte de l'unité fonctionnelle du véhicule intégrant l'élément.

Dans le cas d'étude cradle to gate pièce/système, l'étude sera réalisée sur la pièce/système. L'usage et la fin de vie ne seront pas pris en compte.

3.2 Modélisation des systèmes et des étapes du cycle de vie

L'étude sur les véhicules prend en compte toutes les étapes de leur cycle de vie, de l'extraction des matières premières entrant dans leur composition, jusqu'à leur élimination en fin de vie.

Les étapes sont :

- La production des matériaux et des pièces constitutives des véhicules et/ou systèmes étudiés ;
- La distribution des pièces, matières premières et composants, des fournisseurs vers l'usine de production du véhicule ou du système étudié ;
- La fabrication des véhicules ou des systèmes étudiés dans l'usine de production ;
- Le cas échéant la distribution du système de l'usine de production jusqu'au client (qui peut être un autre fournisseur ou un constructeur) ;
- La distribution aval du véhicule de l'usine terminale jusqu'au centre de distribution ;
- La production du carburant ou de l'électricité ;

- L'utilisation des véhicules prenant en compte la consommation, les émissions dues à la combustion ainsi que la maintenance des véhicules ;
- Le traitement en fin de vie du véhicule et/ou du système étudié conformément au traitement exigé par la réglementation sur les véhicules hors d'usage (VHU) (Directive 2000/53/CE (lien : [2000/53/CE](#)) ;
- Le cas échéant les usages complémentaires liés par exemple à la seconde vie d'équipements / batteries

A chaque étape du cycle de vie, sont pris en compte les flux entrants (consommations énergie/matière, etc.) et les flux sortants (rejets dans l'eau/l'air/les sols, production de déchets, etc.).

3.3 Délimitation des frontières du système

Pour chacune des études réalisées doivent être définies les données incluses et exclues du système pour l'étude considérée.

Préconisations sur les données à prendre en compte dans le cadre de ces études ACV des véhicules :

Tableau 1. Description des frontières du système

Données	Dans champ	Hors champ	Commentaires
Activités de recherche et développement et tertiaires (administration/marketing)		X	Les infrastructures liées à ces activités sont considérées comme non spécifiques aux véhicules étudiés, et amorties.
Déplacements domicile-travail et professionnels des salariés		X	Ces déplacements sont considérés comme non spécifiques aux véhicules étudiés.
Extraction des matières premières et mise en forme des composants	X		Ces données sont prises en compte au travers de la composition masses et matières des pièces/véhicules étudiés. Les procédés de transformation des matériaux en composants sont également pris en compte (injection, emboutissage, usinage ...)
Fabrication des infrastructures et outils des fournisseurs	Optionnel	X	Selon l'objet de l'étude et le caractère innovant du procédé étudié, les impacts environnementaux de la fabrication de certaines infrastructures pourront être considérés. Mais par défaut, il sera considéré que les infrastructures des fournisseurs et des équipements sont amorties et exclues.
Transport amont jusqu'aux fournisseurs de rang 1 pour le véhicule complet ou en amont des FRNs de l'usine du composant étudié	X		Données kilométriques et modes de transport associés
Transport du fournisseur de rang 1 jusqu'à l'usine constructeur du véhicule ou du système	X		Données kilométriques et modes de transport associés
Fabrication des véhicules au sein de l'usine terminale ou fabrication	X		Les données prises en compte sont en général issues du reporting environnemental de l'usine considérée

du composant étudié dans l'usine correspondante			
Fabrication des conditionnements pour la logistique des pièces rentrant en usine	X	X	Emballages durables non pris en compte. Recommandation de prendre en compte les emballages perdus.
Chauffage, éclairage, alimentation en eau sanitaire des ateliers	X		Cela concerne les ateliers de production des sous-composants, des équipements ou des véhicules.
Fabrication des matières auxiliaires pour la fabrication (huiles de coupe, gants, ...)	Option nel	X	Souvent intégré dans les procédés des bases de données employées
Traitement des déchets de fabrication dans l'usine terminale ou usine de fabrication de l'équipement	X		Flux de déchets et filières de traitement associées
Fabrication des infrastructures et outils de l'usine terminale ou usine de fabrication de l'équipement	X	X	Les infrastructures liées à l'usine terminale des véhicules produits en grande série ne sont pas prises en compte car déjà amorties d'un point de vue environnemental par rapport à la durée de vie des équipements et des volumes produits. En revanche, les outillages spécifiques pourront être pris en compte lorsqu'ils sont régulièrement changés ou pour des études ciblées sur des pièces.
Transport des véhicules de l'usine terminale aux centres de distribution.	X		Données kilométriques et modes de transport associés
Fabrication du carburant	X		Les données sur la fabrication des différents carburants sont issues de la base de données GABI (évaluations faites selon la méthode d'allocation « attributionnelle » entre les divers co-produits des raffineries et non « marginale »)
Production et distribution de l'électricité (alimentation des sites industriels et usage des véhicules électriques).	X		Les émissions doivent intégrer la construction et la maintenance des infrastructure ainsi que les pertes liées à l'autoconsommation et la distribution (périmètre Well to Socket)
Emission des polluants à l'usage (émissions réglementées dans le cadre de la norme EURO)	X	Les autres formes d'émissions non mesurées.	Les émissions prises en compte comme précisées dans le § concerné
Fonctionnement du réseau après-vente et distribution des pièces et accessoires		X	Non pris en compte
Fabrication des éléments de maintenance liés à l'usage des véhicules	X		Données issues des recommandations constructeurs (carnet d'entretien), selon une utilisation "normale" des véhicules. La réparation n'est pas prise en compte.
Emissions de particules liées à l'usure des pneumatiques, plaquettes de freins	Option nel	X	Données non encore normalisées sur le cycle de vie des véhicules. A prendre en compte selon l'objet de l'étude et la disponibilité des données
Traitement en fin de vie selon la filière VHU	X		<u>Sont ignorés</u> : transport de la carcasse vers le broyeur, opérations de démontage et dépollution du centre VHU <u>Sont intégrées</u> : transport du véhicule vers le centre VHU, traitement réglementaire de neutralisation des déchets dangereux (fluides, gaz de clim), broyage des carcasses, incinération et/ou mise en décharge des rebuts.

Pour les matières mises à disposition d'une filière de recyclage, la frontière s'arrête à la mise à disposition en sortie de centre VHU ou de broyeur. Les taux de recyclage et d'incinération peuvent être issus de calculs théoriques (homologation recyclabilité) ou de données de reporting (Ex : taux issus du dernier rapport de l'observatoire des VHU publié par l'Ademe).

3.4 Critères de coupure

Conformément aux recommandations de la norme ISO 14040 et 14044, un critère de coupure est fixé pour chaque étude. Cette troncature prend en compte les impacts environnementaux des éléments qui la composent pour éviter une omission trop importante en termes de flux. Il est de 99% en masse, c'est-à-dire que l'ensemble des flux omis ne doit pas dépasser 1% en masse. Par exemple, les matières connues comme ayant un fort potentiel d'impact sont exclues de ce critère de coupure (par exemple, les matières précieuses ou l'électronique).

Comme précisé dans le § précédent un certain nombre d'éléments ne sont pas pris en compte dans l'étude.

3.5 Indicateurs d'impacts environnementaux

Les indicateurs d'impacts environnementaux préconisés sont précisés ci-dessous. Il est recommandé d'utiliser à minima ces indicateurs dans le cadre d'une étude ACV complète. Ces indicateurs sont calculés selon les dernières versions des méthodes EF3.1 et EN15804+A2.

Indicateurs calculés avec la méthode EF3.1 :

- Acidification : Cet indicateur caractérise l'augmentation des quantités de substances acides (NOx, SO2...) dans l'atmosphère, qui entraîne pluies acides et déforestation. S'exprime en [Mole de H+ eq.]
- Eutrophication, marine : Caractérise l'introduction de nutriments (azote/nitrates ou phosphates par exemple) qui entraînent la prolifération d'algues avec pour conséquence l'asphyxie du milieu aquatique marin. S'exprime en [Kg P eq.]
- Eutrophication, terrestre : Caractérise l'introduction de nutriments (azote/nitrates ou phosphates par exemple) qui entraînent la prolifération d'algues. Concerne principalement les sols agricoles. S'exprime en [Mole N eq.]
- Ionising radiation, human health : Caractérise les effets de la radioactivité sur la santé humaine. S'exprime en [kBq U235 eq.]
- Photochemical ozone formation, human health : Quantifie la production d'ozone polluant (différent de la couche d'ozone), responsable de « pics d'ozone ». Ces pics sont le résultat d'une réaction entre les rayons du soleil et les NOx ainsi que les composés volatiles organiques (COV). Cet ozone est irritant pour le système respiratoire. S'exprime en [kg NMVOC eq.]

Indicateur calculé avec la méthode EN15804+A2 :

- Climate Change – Total : Quantifie l'augmentation non naturelle des quantités de gaz à effet de serre (CO2, N2O, CH4...) dans l'atmosphère, ce qui contribue au changement climatique. La méthode EN15804+A2 est préférée à la méthode EF3.1 car elle effectue une comptabilisation du carbone biogénique en -1/+1. Cela permet de contourner certaines incohérences des bases de données et met en avant l'intérêt de l'usage de

matières premières qui séquestrent le carbone biogénique sur des périodes significatives (environ 15 ans en ce qui concerne les automobiles). S'exprime en [kg CO₂ eq.].

La valeur de la sous-catégorie "Climate Change, Biogenic" est également indiquée.

D'autres indicateurs facultatifs peuvent être utilisés selon les besoins des études :

- Indicateurs calculés avec la méthode EF3.1 :
 - Resource use, fossils : Rend compte de l'appauvrissement de l'environnement en ressources fossiles telles que le gaz naturel, le charbon, le pétrole, etc. S'exprime en [MJ].
 - Resource use, mineral and metals : Rend compte de l'appauvrissement de l'environnement en ressources minérales telles que les métaux (fer, zinc...). S'exprime en [kg Sb eq.]
 - Water use : Rend compte du prélèvement en eau. S'exprime en [m3 water eq of deprived water.]
 - Particulate matter : Effets sur la santé humaine liés à l'exposition aux particules. S'exprime en « Disease incidences ».

Contrairement à la recommandation de l'*International Life Cycle Data* (ILCD) quant à la prise en compte de l'indicateur « Matière particulaire / Produits inorganiques respiratoires » ou « Particulate matter / respiratory inorganics » pour les produits automobiles, il est proposé de ne pas le considérer comme obligatoire dans les publications du secteur automobile. D'une part celui-ci est très faible en ce qui concerne les émissions au pot d'échappement et d'autre part, les émissions de particules issues des pneus ou des plaquettes de frein ne font pas encore l'objet de mesures standardisées. Cet indicateur devra être ajouté lorsque les mesures d'émission seront fiabilisées et normées.

- Indicateurs calculés avec la méthode ReCiPe 2016 :
 - Potentiel de déplétion des métaux ou Metal Depletion (MD) : Comme l'indicateur ADPe, cet indicateur vise à mesurer l'impact lié à l'appauvrissement de ressources naturelles minérales. Cependant, l'approche de ReCiPe complète celle de EF3.1, essentiellement physique, par une approche économique. Il se mesure en quantité de fer équivalent (kg Fe-Eq.) ;
- Indicateur de flux :
 - Demande d'énergie primaire ou Primary Energy Demand (PED) : Ce flux caractérise la quantité d'énergie totale, d'origine renouvelable ou non renouvelable.

L'indicateur « Ozone Depletion Potential » n'a pas été retenu car les impacts associés sont très faibles et ne représentent pas un enjeu pour l'industrie automobile.

Les méthodes de calculs d'impact évoluant régulièrement, les indicateurs préconisés seront amenés à évoluer pareillement. Dans cette optique, les membres de la PFA ont prévu d'examiner les nouvelles versions de la méthode EF du JRC pour voir dans quelle mesure elles pourraient remplacer toute ou partie des méthodes préconisées actuellement.

3.6 Préconisations méthodologiques pour la réalisation de l'Inventaire du Cycle de Vie

La phase de collecte des données d'inventaire du cycle de vie consiste à rassembler les informations sur l'ensemble des composants considérés dans le cadre de l'étude, les procédés de fabrication considérés, les kilométrages parcourus pour la logistique, les consommations et émissions liées à l'usage des voitures, la maintenance du véhicule pendant sa durée de vie, les procédés d'élimination en fin de vie par les filières de recyclage concernées. Les préconisations pour la méthodologie de collecte des données et l'inventaire sont décrites pour chaque étape du cycle de vie dans les paragraphes ci-après.

DONNEES RELATIVES A LA FABRICATION DES VEHICULES / COMPOSANTS

La phase de fabrication regroupe les étapes suivantes :

- La production des matières depuis le puits ou la mine,
- La fabrication de tous les composants du véhicule complet ou du système étudié,
- L'assemblage du véhicule au sein de l'usine terminale ou la fabrication du composant concerné par l'étude

Données relatives à la fabrication des composants du véhicule ou du système étudié

Les données masses et matières des pièces et composants sont issues pour partie des données collectées via IMDS. La granulométrie matière (et donc le nombre de matières considérées pour décrire un véhicule ou un sous ensemble) devra être suffisamment détaillée pour différencier des matières ayant des impacts de production ou de mise en œuvre significativement différents.

- On distinguera par exemple systématiquement un acier plat d'un acier long ou d'une fonte de fer. En revanche, selon l'étude, on pourra ou non distinguer les différentes catégories d'acier plat.
- On distinguera a minima les différentes familles de polymères (PA, POM, PE, PP, ABS, PVC ...) ainsi que les natures et quantités de charges qui leur sont adjointes.
- On distinguera de même les principaux métaux : cuivre, alu plat, alu fonte, acier plat, acier long, plomb, chrome, magnésium, cobalt, nickel, PGM, ...
- Certains éléments composés comme l'électronique ou les matières actives des batteries de traction ne seront pas « éclatées » au niveau de chacun des éléments qui les composent afin de conserver la trace du procédé de production très émetteur.

Les émissions liées à toutes les étapes de mise en forme et d'assemblage des différentes matières devront être modélisées et intégrées. Lorsqu'il n'est pas possible d'obtenir les données réelles de ces étapes, une modélisation générique et représentative de leur mise en œuvre sera appliquée à chaque matière (injection de plastique, découpe de métal, fusion des fontes ...). Elle intégrera les consommations d'énergie et de produits annexes, les pertes de rendement, le traitement des scraps de production, les émissions de polluant, ...

Si la localisation est inconnue, le mix moyen énergétique de la zone économique où le véhicule est produit sera considéré (Europe, Chine, Amérique latine, ...).

Pour le calcul des impacts de l'électricité, nous recommandons l'utilisation de l'approche location-based, qui repose sur les facteurs d'émission moyens du mix électrique national ou régional. Cette méthode est la plus simple à mettre en œuvre et permet une évaluation standardisée et cohérente des impacts environnementaux de l'électricité consommée.

Cependant, pour ceux souhaitant valoriser l'utilisation d'électricité renouvelable, il est possible de présenter également les résultats selon l'approche market-based. Cette dernière tient compte des certificats d'origine (GO, IREC, ...) ou contrats d'achat d'électricité renouvelable (PPA), permettant ainsi de valoriser les efforts en faveur de l'énergie verte.

Il convient de souligner les limites de l'approche market-based. En effet, son application tout au long de la chaîne de valeur nécessite l'utilisation de facteurs d'émission spécifiques liés aux contrats de chacun des acteurs, et/ou des facteurs d'émission résiduels (émissions liées à l'électricité non couverte par des contrats ou certificats spécifiques) pour ne jamais compter deux fois l'électricité verte. Ces facteurs résiduels ne sont pas toujours disponibles ou compatibles avec les contextes nationaux et sectoriels. Cela peut nuire à la robustesse et à la comparabilité des résultats. Ainsi, l'approche market-based doit être interprétée avec prudence et en complément des résultats location-based.

Les modèles « cradle to gate » des matières et des process associés peuvent être issus de la base de données MLC de Sphera ou de toute autre base de données ACV (Ecoinvent, ...) qui devra être précisée. Les données préconisées par la PFA feront l'objet d'une mise à jour ultérieure.

Données relatives à l'usine de fabrication du véhicule ou du système étudié

Les impacts environnementaux associés au site d'assemblage du véhicule ou du système seront considérés. La majorité des sites industriels font l'objet de reporting environnemental détaillé pour répondre aux contraintes réglementaires ou normatives (ISO 9001, ISO 14 001). Ces reportings permettent de connaître les consommations énergétiques, les émissions dans l'air, dans l'eau et les quantités de déchets générés.

Ces émissions devront être rapportées au système/véhicule étudié. Ainsi si différents systèmes/véhicules sont produits dans l'usine, une règle d'allocation devra être définie en fonction par exemple des volumes de véhicules étudiés produits (usine de carrosserie-montage).

Données relatives à la logistique

La logistique amont comprend l'ensemble des opérations de transport depuis les mines jusqu'à l'usine de production d'un équipement ou d'un véhicule complet et peut se décomposer en 3 grandes catégories :

- Transports à destination du site de production du véhicule ou de l'équipement. Il s'agit des transports entre les fournisseurs de rang 1 et le constructeur/équipementier. Ces transports sont généralement bien documentés et connus, même si certains d'entre-elles peuvent être organisées par le fournisseur de rang 1. Ils sont systématiquement inclus dans les périmètres de calcul.
- Transports entre les fournisseurs de matière première et les fournisseurs de rang 1. Leur complexité est très variable et dépend du nombre d'étapes de production en amont. Leur détail n'est généralement pas connu du constructeur/équipementier. Ils peuvent être exclus ou inclus à partir d'estimations globales. Ce point devra être précisé dans le rapport d'ACV.

- Transport entre la mine et la production d'une matière première (bobine de tôle, granulé de plastique, lingot de cuivre). Ils sont généralement inclus dans les procédés des bases de données utilisées en arrière-plan.

La logistique aval correspond :

- Pour les véhicules complets au transport de l'usine terminale jusqu'aux centres de distribution. Une valeur additionnelle moyenne de transport jusqu'au point de vente sera considérée.
- Pour un système / équipement : le transport de l'usine à son client direct.

La distance parcourue ainsi que le ou les modes de transport utilisés doivent être considérés.

Les procédés suivants issues de la base de données MLC de Sphera pourront par exemple être employées pour l'inventaire de cycle de vie :

→ Amont :

- Transport routier : GLO Truck, Euro 0 - 6 mix, 20 - 26t gross weight / 17.3t payload capacity u-so {30eef797-312a-447a-9272-4d271ac60289}
- Transport maritime : EU-28 Container ship ocean incl. fuel, 27,500 dwt payload capacity, ocean going agg Sphera {7d4c6dee-3d6b-4fbf-a496-2354450a1a14}
- Transport ferroviaire : GLO Rail transport cargo - average, light train, gross tonne weight 500t / 363t payload capacity u-so Sphera 0e18387f-9a65-4a6c-87d6-89404f330a10}
- Transport Aérien : EU-28 Plane (cargo) incl. fuel, 65 t payload agg Sphera {28b6ad2c-e13e-4322-a443-771a7e7d16a2}

→ Aval:

- Transport routier : GLO Truck-trailer, Euro 0 - 6 mix, up to 28t gross weight / 12,4t payload capacity u-so Sphera {068528f0-f90c-48d1-bcd2-9fb42313d124}
- Transport maritime : GLO Ro-ro-ship, 1,200 to 10,000 dwt payload capacity u-so Sphera {ab57e962-8f35-461b-9d25-5bbc3ed9c07c}
- Transport ferroviaire : GLO Rail transport cargo - average, average train, gross tonne weight 1,000t / 726t payload capacity u-so Sphera {0b5bac50-540d-421c-a175-84ae4c06c7b0}

DONNEES RELATIVES A L'UTILISATION : PHASE D'USAGE

La phase d'usage prend en compte la production des carburants et des énergies consommés (Puits au Réservoir ou Well to Tank) ainsi que les émissions ayant lieu lors du roulage (Réservoir à la Roue ou Tank to Wheel) et ce, pendant toute sa durée de vie, en cohérence avec la définition de l'unité fonctionnelle.

Les données de consommation comme d'émission sont basées sur les données homologuées sur le cycle d'homologation de la zone de commercialisation : le cycle WLTC pour l'Europe.

Dans le cas européen : pour la consommation d'électricité comme de carburant, on utilise la consommation combinée (phases basse, moyenne, haute et extra-haute) et moyennée entre Valeur haute et Valeur basse de la famille d'interpolation à laquelle appartient le véhicule étudié. Lorsque

l'analyse est effectuée sur un véhicule dont on connaît la définition technique exacte, la consommation est évaluée sur sa valeur interpolée exactement.

La valeur réellement consommée par les usagers est en moyenne plus élevée que la consommation homologuée. De ce fait, on cherchera à prendre en compte cette valeur réelle dans les ACV des véhicules. Si le coefficient de correction n'est pas disponible pour le véhicule étudié (statistique du constructeur ou de l'autorité régulatrice), dans le cas du WLTC, on majorera la consommation homologuée de 20% quelle que soit la motorisation (ICE, BEV, HEV, PHEV, ...).

En dehors de l'Europe, on appliquera également un coefficient majorant adapté à la réglementation en vigueur dans la région considérée.

En revanche, on ne prendra pas en considération la dégradation de la consommation en fonction de l'âge du véhicule ou de l'usure des composants (pneus par exemple).

Concernant les véhicules hybrides rechargeables ou avec extension d'autonomie, la valeur retenue est la consommation combinée (4 phases) et pondérée (2 modes maintien ou épuisement de charge) selon les règles validées par WLTP et prenant en considération l'Utility Factor de la zone géographique considérée. Une sensibilité sans recharge de la batterie sera systématiquement présentée.

Concernant les véhicules électriques, il s'agit de la consommation « à la prise » et non de la seule consommation du moteur. Elle intègre les pertes liées à la charge et à la décharge de la batterie.

Données « well to tank » : du puits au réservoir

La production du carburant ou de l'électricité nécessaire à l'alimentation du moteur fait partie intégrante du périmètre évalué dans les ACV des véhicules. L'emploi de données secondaires issues de la base Sphéra est préconisé.

- Données relatives à la production de carburant :

Le carburant dont la production sera évaluée sera celui avec lequel le véhicule est homologué. Ce carburant sera différent d'une région à une autre (Europe, Brésil, Chine, ...). En Europe, les véhicules essence seront évalués avec un E10, les diesel avec un B7.

Si l'homologation est faite avec deux carburants (comme au Brésil avec le A22 et l'EHR), l'ACV devra être faite avec les deux.

Dans le cas d'une bi-carburation (GPL et essence, éthanol et essence, ...), le calcul de référence sera effectué avec le carburant pour lequel le véhicule est vendu (GPL, éthanol). Une sensibilité sera présentée avec l'autre carburant (essence dans ces deux cas).

- Données relatives à la production d'électricité :

Les impacts à considérer devront intégrer la construction, la maintenance et le démantèlement des installations de production et de distribution de l'électricité. Ils intégreront aussi les pertes liées à la distribution¹. Les bases de données présentes dans les outils de réalisation d'ACV, en particulier MLC

¹ Pour information, les valeurs des émissions présentées par l'IEA (International Energy Agency) n'intègrent généralement pas les phases de construction et de maintenance des moyens de production ni les pertes liées à la distribution.

de Sphéra, proposent des valeurs d'inventaires pour les mix électriques par pays ou par région et prennent bien en compte l'ensemble des impacts liés à l'infrastructure, aux pertes de distribution ...

Le mix électrique à considérer par défaut est celui de la zone économique de vente du véhicule (Europe, Chine, Amérique du sud, Japon ...). Des sensibilités pourront être présentées sur des mix moyens de certains pays ou de certaines filières de production (mix renouvelable par exemple). La zone géographique sélectionnée devra toujours être précisée.

Deux scénarios temporels peuvent être utilisés pour évaluer les impacts de production de l'électricité :

1°) L'électricité produite l'année de sortie du véhicule. Lorsque l'évaluation des impacts est absente des bases de données utilisées, elle pourra être approchée par une moyenne pondérée entre la dernière valeur réelle mise à disposition et la première valeur projetée dans un scénario conservatif (peu évolutif).

2°) L'électricité produite tout au long de la vie du véhicule en utilisant par exemple des projections d'impacts électriques détaillées année par année ou en prenant une valeur projetée à la moitié de la durée de vie. Les projections utilisées devront être conservatives (du type scénario 'little improvement' de MLC de Sphéra).

Données « Tank to Wheel » : du réservoir à la roue

Les données d'émissions sont issues des données homologuées sur le cycle d'homologation en vigueur en Europe (WLTC).

Les émissions de CO₂ et de SO₂ sont majorées du coefficient de real-driving, de la même façon que la consommation de carburant. En revanche, les émissions de polluants ne sont pas majorées. En effet, les émissions homologuées sont des seuils maximums et non des valeurs moyennes. Elles ne sont pas proportionnelles à la consommation.

On ne prendra pas non plus en compte l'effet du vieillissement des équipements (catalyseurs par exemple) sur le niveau d'émission des polluants.

Sur la base de ce cycle, la consommation de carburant et les émissions de polluants sont suivies, notamment dans la cadre des réglementations EURO² et réglementations CO₂³.

- Emissions à l'échappement :
 - Emissions de CO₂,
 - Emissions de CO,
 - Emissions de NO_x,
 - Emissions de HC,
 - Emissions de HC+NO_x,
 - Emissions de particules (PM 10).
- Emission de SO₂ :
 - Elle sera estimée à partir de la consommation du véhicule et du seuil maximal de soufre autorisé dans le carburant dans la zone de roulage.

² Les normes définissent un seuil maximum d'émission pour chaque polluant. Ce seuil dépend du carburant (essence ou gazole), de la date de mise sur le marché et de la catégorie du véhicule.

³ L'Union Européenne a défini des seuils d'émissions de CO₂ des véhicules particuliers de 130 g/km en 2015 et 95 g/km en 2020.

Les émissions de particules issues des freins et des pneus lors du roulage feront l'objet de mesures et de déclarations dans le cadre de la mise en application de la norme Eu07. Elles seront alors intégrées dans les ICV et les évaluations ACV des véhicules.

Application de la phase d'usage à un sous-système :

Lorsque l'étude porte sur un sous-système ou un équipement d'un véhicule, il est parfois nécessaire d'estimer les impacts de la phase d'usage rapportés à ce seul sous-système.

- Ecart entre deux systèmes :

Le plus souvent, il s'agit d'évaluer les impacts d'un système alternatif par rapport à ceux du système de référence (monté sur un véhicule aux caractéristiques définies).

Pour ce faire, on cherchera en priorité à obtenir de la part du constructeur l'écart de consommation entre le véhicule équipé du système alternatif et le véhicule de référence.

En l'absence de données spécifiques au véhicule étudié, on pourra se référer au tableau ci-dessous :

Consommation RDE	Véhicule Thermique Essence	Véhicule Hybride Essence	Véhicule Electrique
	<i>Ecart en l/100 km</i>	<i>Ecart en l/100 km</i>	<i>Ecart en kWh/100 km</i>
Masse : +10 kg sans adaptation GMP	+ 0,019	+0,011	+ 0,034
SCx : + 10/1000 m2	+ 0,029	+0,037	+ 0,12
Pneus : +1 kg / t veh ⁴	+ 0,120	+0,132	+ 0,54
Conso Elec 12v : +100 w	+ 0,080	+0,156	+ 0,31

Le coefficient RDE de +20% par rapport aux consommations a été pris en compte.

- Evaluation de la phase d'usage d'un système (équipement) dans l'absolu :

On s'appuiera sur la règle présentée ci-dessus en prenant en référence l'absence de système. Par exemple, on évaluera l'impact d'usage d'un équipement pesant 5 kg sur un véhicule thermique segment C comme suit :

$$0,016 \text{ (l/100km)} \times 5 \text{ (kg)} / 10 \text{ (kg)} \times 225 \text{ 000 (km)} / 100 \text{ (km)} \times 2,916 \text{ (kg CO}_2 \text{ / l carburant)}^5$$

$$= 52,5 \text{ kg CO}_2\text{eq}$$

La composante de la consommation liée à l'aérodynamisme ne sera pas intégrée à l'évaluation de la phase d'usage des équipements. En effet, il n'est pas possible d'estimer le SCx du véhicule dont une pièce de peau serait absente et les pièces internes n'ont pas d'effet sur cette valeur. Les effets de la consommation liée à l'aérodynamisme ne seront imputés qu'au constructeur, seul responsable du choix du design.

⁴ Le coefficient de résistance au roulement (CRR) caractérise les pertes hystérétiques du pneu, qui représentent une des principales contributions à l'efficacité énergétique du pneu. Il correspond à la force de résistance au roulement (FRR) rapportée à la charge portée par le pneu, et s'exprime en kg/t. L'écart de consommation est rapporté à un véhicule moyen : il ne faut pas multiplier la valeur par la masse supposée du véhicule.

⁵ Données JEC V5

○ Polluants à l'échappement :

Les émissions de CO₂ et de SO₂ seront considérées comme proportionnelles à la consommation de carburant car liées aux caractéristiques de ce dernier.

Pour les autres polluants, rien ne permet de penser que leurs émissions soient proportionnelles à la consommation. En conséquence, l'évaluation des impacts liés aux écarts de définition des systèmes (variation de masse, de consommation électrique ...) n'intégrera pas de variation d'émission des polluants autres que le SO₂ et le CO₂.

Données relatives à l'utilisation : étape de maintenance

La production et le traitement des produits nécessaires à la maintenance du véhicule au cours de sa vie sont inclus dans le périmètre étudié. Les informations nécessaires proviennent des recommandations des constructeurs et des équipementiers. Elles sont en partie précisées dans les carnets d'entretien des véhicules.

La maintenance peut répondre à deux nécessités différentes :

- L'entretien (comme la vidange) : maintenance régulière du véhicule et consommable. Les éléments à prendre en compte a minima sont les suivants : huile moteur, filtres à huile, batterie 12V, liquide de refroidissement moteur et batterie traction, gaz de climatisation.
- Le remplacement des pièces d'usure (comme les garnitures de frein), dont le renouvellement dépend fortement du mode de conduite du conducteur. On se reportera aux fréquences de changement théorique précisées dans le carnet d'entretien lorsqu'elles existent. Les éléments à prendre en compte a minima sont : les pneumatiques, les garnitures de frein et les essuie-glaces.
- En ce qui concerne les pneumatiques, leur durée de vie avant changement pourra être estimée à partir de la valeur de l'« engagement de durée de vie sur usure » donné par le manufacturier à la demande du constructeur sur le véhicule considéré. Cette valeur est déterminée avant de procéder à la qualification des pneus lors de l'homologation du véhicule.

Le nombre de renouvellement pris en compte pour chaque item sera précisé.

On comptabilisera également dans la phase de maintenance les impacts liés à la fuite du gaz réfrigérant. La réglementation européenne tolère 40g de fuite par an, ce qui représente 600g sur quinze ans (soit l'équivalent d'une charge initiale pour un véhicule courant). Sauf données spécifiques, on considèrera qu'au cours de la vie d'un véhicule, l'équivalent d'une charge initiale a fui dans l'atmosphère.

Données relatives à la fin de vie des véhicules

Rappel : la Directive 2000/53/CE du 18 septembre 2000 sur les Véhicule Hors d'Usage (VHU) fixe les taux de recyclage et de valorisation des VHU, avec les taux suivants depuis 2015 :

- 95% de réutilisation et valorisation en masse du VHU.
- Comprenant un minimum de 85 % de réutilisation et de recyclage en masse du VHU.

1- Choix de la méthode :

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour modéliser la fin de vie et le recyclage des véhicules.

a. La « méthode cut-off » (ou « méthode des stocks ») :

Il est mis à disposition de la technosphère un stock de matières récupérées, provenant de matériaux en fin de vie, et destiné à la fabrication de produits recyclés. Aucun impact (ni positif, ni négatif) n'est considéré lorsque de la matière récupérée est envoyée vers le stock ou lorsque de la matière récupérée est prélevée du stock. Cela signifie que :

- Les impacts liés à la production de matière vierge sont portés par le produit qui utilise cette matière vierge,
- Les impacts liés à la collecte et au procédé de recyclage (transformation de la matière récupérée en matière première secondaire utilisable) sont portés par le produit qui utilise la matière recyclée,
- Aucun impact n'est porté par la matière récupérée issue du stock et utilisée pour produire le matériau recyclé *via* le procédé de recyclage,
- Aucun crédit n'est attribué à la matière envoyée vers le stock.

b. La « méthode des impacts évités » :

Les impacts évités grâce à la mise à disposition de matières qui seront récupérées et recyclées à l'issue de l'usage initial du véhicule sont évalués en comparaison avec les impacts de production de matières vierges. Afin d'éviter le double comptage de ce « crédit », les règles de son allocation entre celui qui met à disposition les matières recyclables et celui qui utilise les matières recyclées doivent être établies.

La Commission Européenne propose un cadre méthodologique à appliquer dans ce cas : la Circular Footprint Formula (CFF) qui intègre aussi la valorisation de crédits dus à la production d'énergie liées à l'incinération des déchets (voir le document **Product Environmental Footprint Category Rules Guidance** Version 6.3 May 2018 disponible sur le site de la Commission Européenne)⁶.

c. La méthode retenue :

La méthode préconisée dans le cadre d'étude ACV véhicule est la méthode cut-off.

En effet, la mise en œuvre de la CFF nécessite de recueillir un grand nombre de données et de fixer un grand nombre de paramètres qui n'ont pour l'instant pas fait l'objet de discussion ni de consensus au sein de la filière automobile. Or leurs valeurs ont une influence de premier ordre sur les résultats et les valeurs par défaut proposées par la JRC (voir le document *CFF_Default_Parameters_March2018*⁷ disponible sur le site de la Commission Européenne) ne sont pas adaptées au secteur automobile qui

⁶ [PEFCR_guidance_v6.3-2.pdf](#)

⁷ [European Platform on LCA | EPLCA](#)

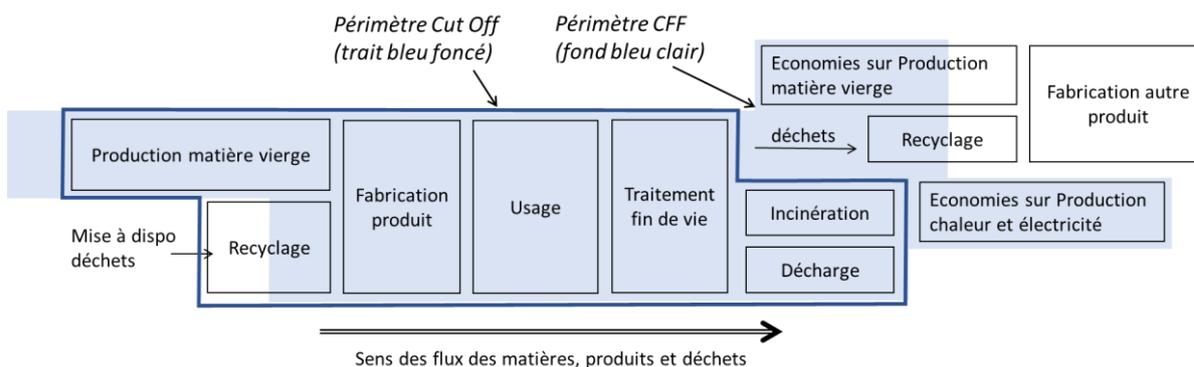
est très spécifique (durée de vie des produits, filière de traitement de fin de vie spécifique, obligations de recyclage précisées dans une directive dédiée ...).

Dans l'état actuel et en l'absence d'un PEFCR adapté au secteur automobile, la méthode des stocks sera la méthode de référence utilisée pour le calcul des impacts, en particulier pour les études comparatives. Aucun « crédit » lié au recyclage ou à la production d'énergie par l'incinération ne sera pris en compte.

Il sera possible de présenter les résultats de l'application de la CFF en sensibilité. Dans ce cas, le potentiel des impacts évités ne sera pas déduit des impacts initiaux, mais sera affiché séparément. Le détail des paramètres mis en œuvre devra être précisé. Leur détermination pourra s'appuyer sur les paramètres A et B proposés par défaut dans les annexes du PEFCR Guidance et sur les taux de récupération ou de recyclage diffusés par l'observatoire des VHU de l'ADEME.

Il est à noter que la non prise en compte de crédits liés au recyclage en fin de vie du véhicule permet de bénéficier pleinement du moindre impact des matières recyclées mises en œuvre dans le système / véhicule étudié.

d. Le périmètre retenu :



Dans le schéma ci-dessus, le périmètre retenu, « cut off », est matérialisé par le trait bleu foncé.

En amont, il intègre la production des matières vierges depuis la mine et celle des matières recyclées depuis la mise à disposition des déchets aux recycleurs.

En aval, il comprend les traitements réglementaires de fin de vie des véhicules (dépollution, broyage). Pour les déchets qui seront recyclés, le périmètre s'arrête à leur mise à disposition des recycleurs. Pour les déchets qui seront incinérés ou mis en décharge, ces deux dernières phases sont incluses dans le périmètre. Les potentielles émissions évitées liées à l'incinération ne sont pas comptabilisées dans le périmètre.

e. Les taux de filières de traitement de fin de vie :

L'intégration du traitement de fin de vie des matières, principalement l'incinération, a une influence de premier ordre sur le résultat de l'ACV. Pour effectuer des calculs comparatifs de véhicules, les filières de fin de vie à considérer sont spécifiées dans le tableau suivant (à partir de la décomposition des matériaux des VHU proposée dans la norme ISO 22628) :

7 matériaux	Composants	Norme 22628	Filière de fin de vie à considérer par défaut
Composants et fluides	Tous fluides	Réutilisable ou recyclable	Recyclé
	Batterie 12V	Réutilisable ou recyclable	Recyclé
	Filtres à huile	Réutilisable ou recyclable	Recyclé
	Réservoir GPL	Réutilisable ou recyclable	Recyclé
	Réservoir GNC	Réutilisable ou recyclable	Recyclé
	Pneumatiques maintenance	Réutilisable ou recyclable	Voir paragraphe suivant
	Pneumatiques fin de vie véhicules	Réutilisable ou recyclable	Recyclé
	Catalyseurs	Réutilisable ou recyclable	Recyclé
Métaux ferreux et non ferreux		Recyclable	Recyclé
Polymères		Recyclable ou valorisable	Polyoléfines : Recyclé Autres : Incinéré
Elastomères		Recyclable ou valorisable	Incinéré
Verre		Recyclable	Recyclé
MONM (Organique Naturelle Modifiée)		Recyclable ou valorisable	Incinéré
Autres		Recyclable, valorisable ou indéfini	Mise en décharge

Dans le cas d'études plus ciblées (sous-ensemble, innovation, assemblages spécifiques en vue d'améliorer la recyclabilité, ...), des projections plus détaillées et représentatives des traitements prévus à l'horizon de la fin de vie des véhicules étudiés pourront être utilisés.

f. Cas particulier des pneumatiques changés en maintenance :

Les impacts liés à la fin de vie des pneus changés lors des opérations de maintenance seront évalués sur la base des statistiques mises à disposition par le PCR Tire (<https://tireindustryproject.org/>) :

- La valorisation en tant que matière ou dans les filières de génie civil & mine sera exclue du périmètre de l'évaluation ;
- L'incinération, même avec récupération d'énergie, sera intégrée dans le périmètre sans crédit éventuel associé ;
- La part non valorisée sera incluse dans le périmètre et considérée comme mise en décharge.

	China	Europe	Japan	South Korea	LA	NA	ROW
Source	As a proxy, used same as ROW data	(Tons 2013)	(Tons 2014)	(Tons 2015)	Average Brazil (Tons 2013 and 2015)- Mexico (Tons 2012 and 2015)	Average USA (Tons 2015)- Canada (Tons 2014)	Average of all the countries
TOTAL ELT Generated (from available sources)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
TOTAL Recovered	77.2%	90.5%	84.8%	94.6%	77.5%	86.0%	77.2%
TOTAL Recovered (including Civil Engineering and Landfill in Mining)	78.8%	95.1%	84.9%	94.6%	77.5%	90.1%	78.8%
Sub-total Material Recovery	39.2%	52.5%	17.8%	35.4%	35.3%	60.5%	39.2%
Sub-total Energy Recovery	37.9%	38.0%	67.1%	59.1%	42.2%	25.5%	37.9%
Sub-total Civil Engineering and Landfill in mining	1.6%	4.6%	0.1%	0.0%	0.0%	4.2%	1.6%
TOTAL Other (not recovered, landfill, stockpiled or unknown)	21.1%	4.6%	15.1%	5.4%	22.5%	9.4%	21.1%

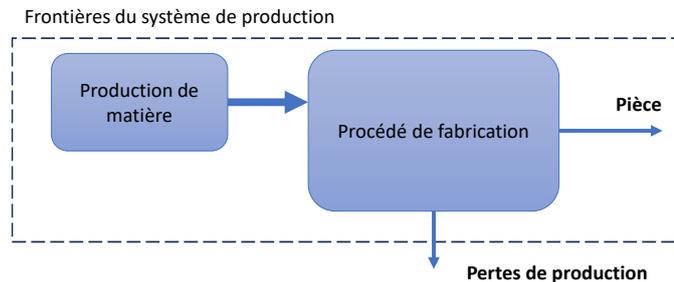
Figure 4. Répartition des filières de traitement des pneus en fin de vie (extrait du PCR Tire première version)

Données relatives à la prise en compte des déchets de production

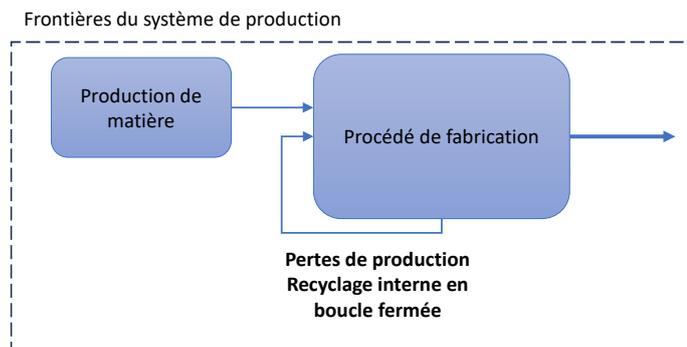
Toutes les matières utilisées lors de la phase de fabrication d'un produit sont incluses dans le calcul des impacts environnementaux, y compris celles qui deviennent des pertes de production. Les pertes de production se traduisent par une surconsommation de matières premières.

La comptabilisation des impacts environnementaux des pertes de production dépendra de différentes situations :

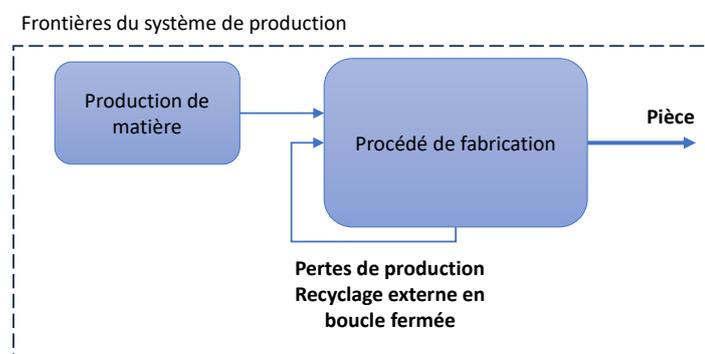
- **Situation A : les pertes sont des déchets ou ne sont pas valorisés au sein du site de production.** Elles sont considérées comme des sortants du système. Les impacts liés à l'élimination des déchets (incinération ou mise en centre de stockage/ décharge) sont inclus dans l'évaluation produit. Le recyclage des pertes à destination d'autres acteurs ne donne pas lieu à une réduction des émissions de production (cf. la méthode préconisée « cut-off »)



- **Situation B : les pertes sont valorisées ou recyclées en boucle fermée au sein du site de production.** Les pertes étant recyclées sur site en boucle fermée, elles ne sont pas considérées comme des matières supplémentaires dans le bilan car elles ne sortent pas du système. Les traitements ou procédés appliqués à la matière avant sa réintégration, tels que la consommation d'énergie et de consommables, sont comptabilisés.



- **Situation C : les pertes sont valorisées ou recyclées en boucle fermée par un intermédiaire externe (qui peut être un recycleur ou un transporteur).** Les pertes étant recyclées par un recycleur externe en boucle fermée, elles ne sont pas considérées comme des matières supplémentaires dans le bilan car elles ne sortent pas du système. Comme dans la situation B, les étapes liées au recyclage externe doivent être prises en compte : transport jusqu'au recycleur, entrants pour le procédé(s) de recyclage et transport du recycleur jusqu'au site.



Données relatives à la seconde vie et aux autres usages des batteries de traction

Dans le cas où la conception de la batterie de traction permet de façon établie d'autres usages que celui du roulage du véhicule sur le nombre de kilomètres associés au segment (voir chapitre 3.1.2), une étude de sensibilité pourra être établie en répartissant les impacts provenant de la fabrication et la fin de vie de la batterie sur ces différents usages.

La règle d'allocation devra se fonder prioritairement sur des quantités physiques (comme les MWh restitués ou la détérioration de la capacité de la batterie) ou, en un second lieu, sur des quantités économiques (valeur de revente).

3.7 Analyse de la qualité des données

La qualité des données utilisées dans le calcul des impacts environnementaux doit être évaluée. Il est préconisé d'effectuer l'évaluation selon les 3 critères de représentativité suivants :

Représentativité géographique (GR) : Les données employées sont-elles représentatives des sites de production, du pays, de la région ?

Représentativité technique (TeR) : Les données employées sont-elles représentatives des technologies mise en œuvre dans les lignes de production, sont-elles approximatives ?

Représentativité temporelle (TiR) : Les données employées sont-elles récentes ? Leur plage de validité (dans le cas des données génériques) est-elle échue à la date de l'évaluation ?

A minima, le rapport d'ACV devra contenir une évaluation qualitative de la représentativité des données employées selon ces trois axes.

Dans le cas où une analyse plus systématique est nécessaire, on pourra utiliser l'approche proposée en annexe pour caractériser plus finement les données et en effectuer une synthèse. Cette approche est issue de la norme EN15804-A2 (paragraphe 6.3.8 et annexe E). D'autres normes spécifiques au secteur automobile sont en cours de définitions à la date de rédaction de cette note (février 2025) qui pourront également être employées à l'issue de leur publication.

4. INTERPRETATION ET FORMALISATION DES RESULTATS ACV

La formalisation des résultats devra permettre d'identifier les impacts de chaque phase du cycle de vie :

- Phase de fabrication des pièces et matières, avec distinction de la batterie de traction le cas échéant,
- Phase logistique (transport des pièces et distribution des véhicules),
- Phase de production dans l'usine de montage du véhicule ou du système étudié
- Phase d'utilisation :

- Phase « du puit au réservoir » ou « well to tank » : comprenant les impacts dus à la fabrication du carburant ou de l'électricité
- Phase « du réservoir à la roue » ou « tank to wheel » : comprenant les impacts dus aux émissions à l'échappement du véhicule
- Phase de maintenance du véhicule
- Phase de fin de vie du véhicule

Chaque phase pourra être analysée en identifiant les indicateurs d'impacts prédominants, les transferts d'impacts environnementaux, ...

Exemples de graphiques illustrant des résultats d'ACV :

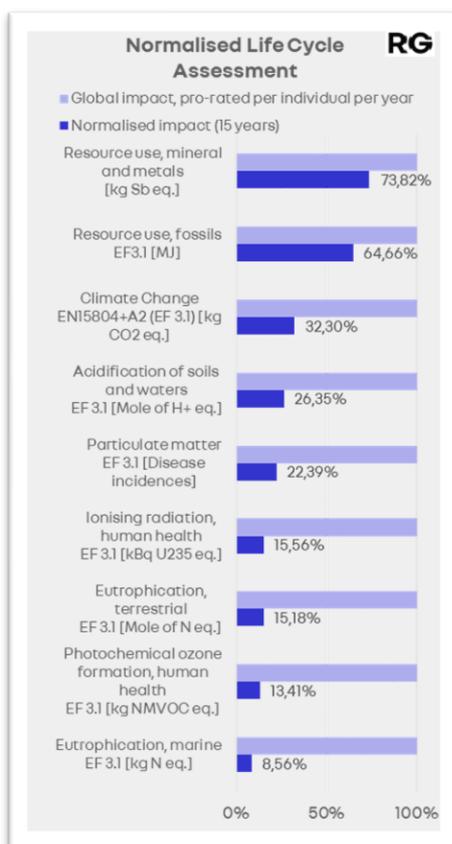


Figure 1 : Normalisation des impacts du cycle de vie complet d'un véhicule électrique.

La normalisation (ou normation) est, pour chaque catégorie d'impact, la division du résultat obtenu par une valeur de référence. La valeur de référence est généralement celle de l'impact de toutes les activités humaines sur un an divisée par le nombre d'humains.

Ici, la référence est celle proposée pour la méthode EF 3.1 dans le « JRC Technical Report: Global normalisation factors for the environmental footprint and Life Cycle Assessment » de 2017.

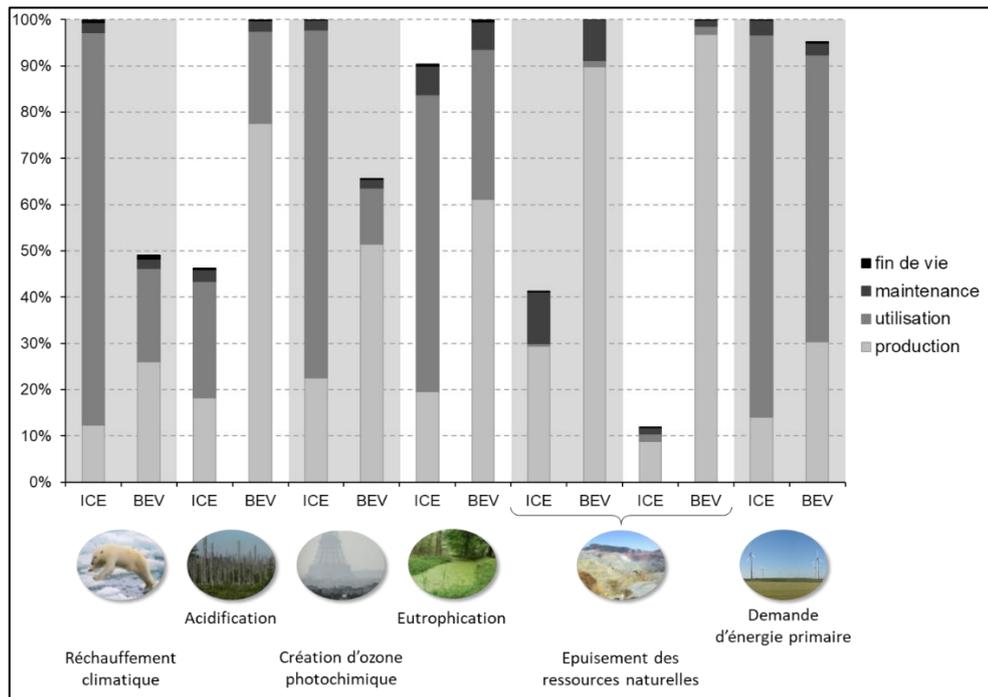


Figure 2 : Répartition de différents impacts selon les phases des production, utilisation, maintenance et fin de vie pour deux véhicules thermique et électrique du même segment.

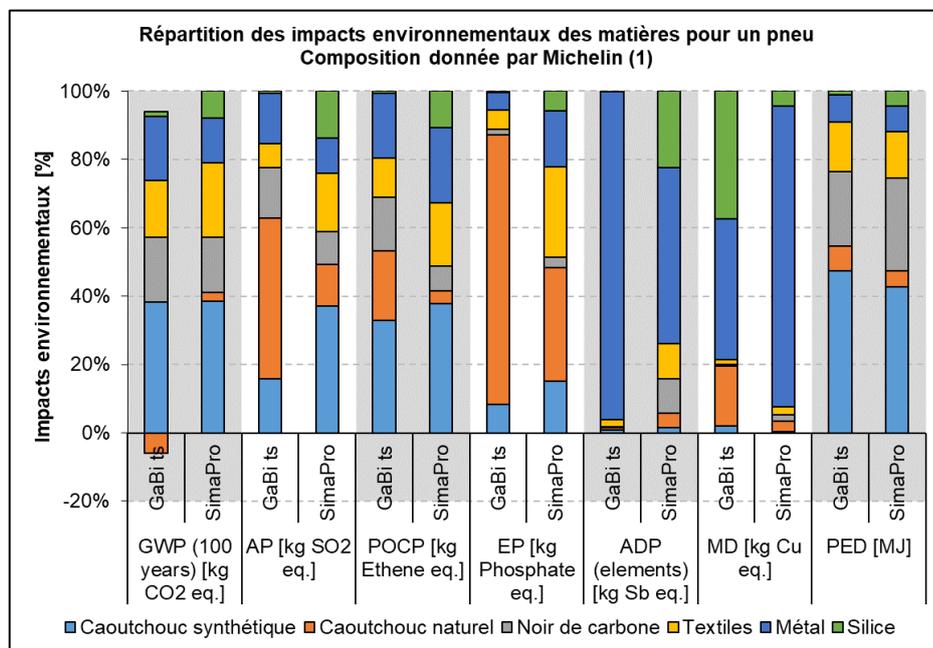
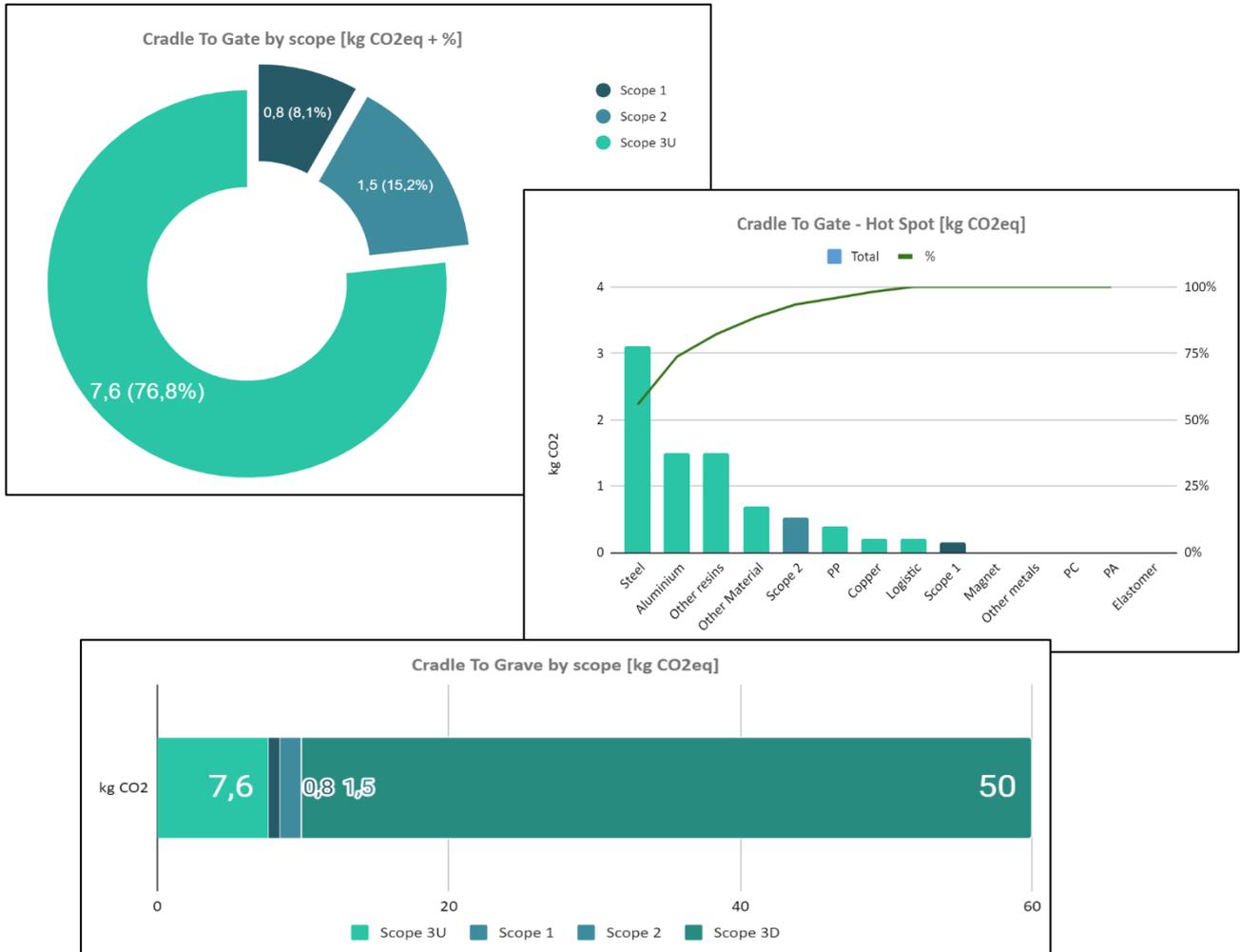


Figure 3 : Comparaison des impacts dus à la production de principaux matériaux entrant dans la fabrication d'un pneumatique, selon les bases de données utilisées.



Figures 4, 5, 6 : potentiel de réchauffement global de la production seule (cradle to gate) ou de la production et de l'usage (cradle to grave) d'un équipement automobile (damper).

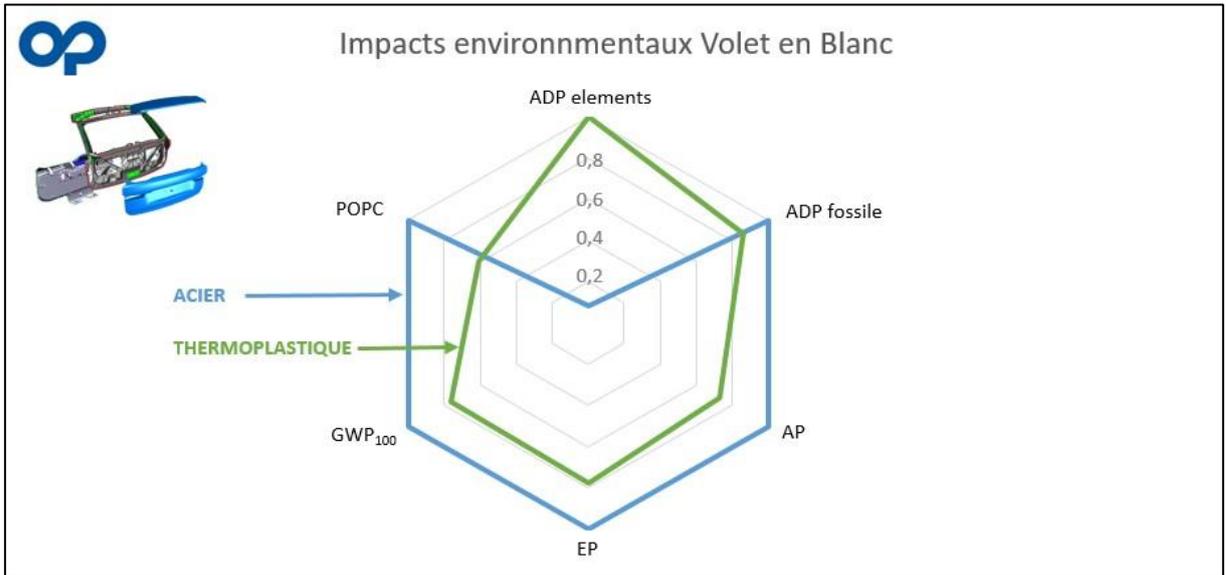


Figure 7 : Analyse comparative de 2 technologies (acier vs polypropylène renforcé) pour un volet arrière équipant un SUV ICE parcourant 150 000 kms.

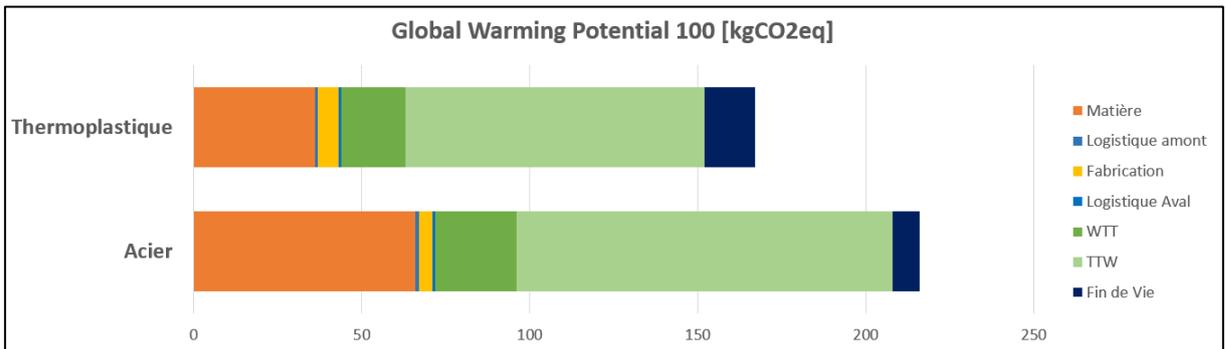


Figure 8 : Décomposition de l'indicateur GWP100 par phase du cycle de vie des volets arrière en blanc.

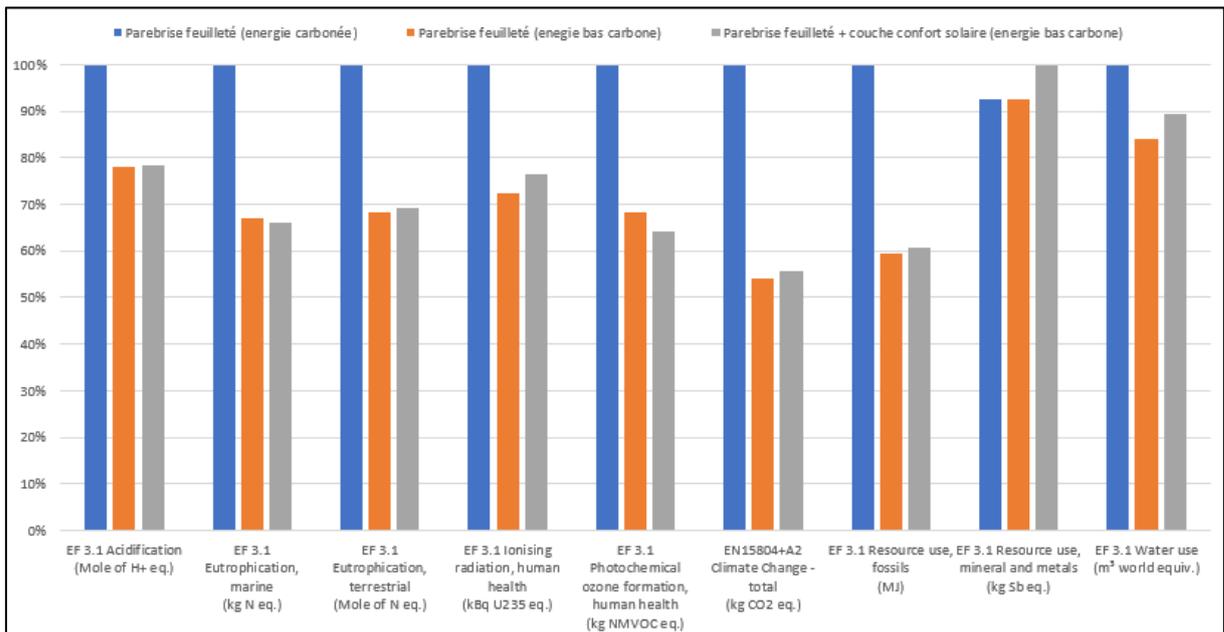


Figure 9 : comparaison des impacts selon le type d'énergie fortement carbonée ou bas carbone pour la production de vitrage feuilleté automobile et selon la présence de fonction confort solaire ou pas (cradle to gate).

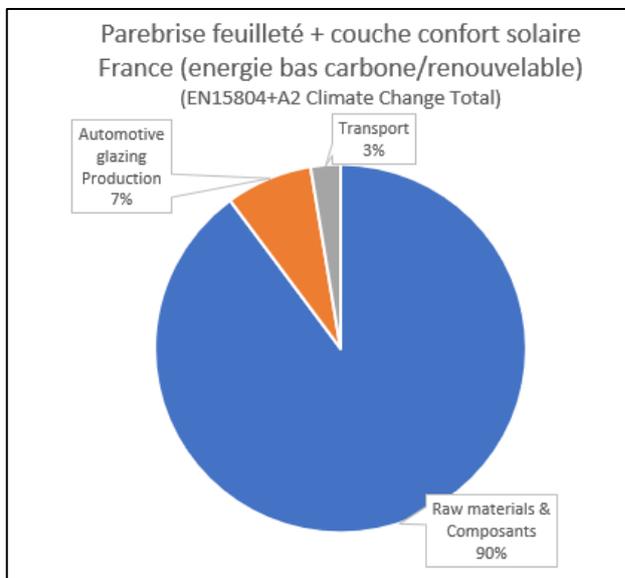


Figure 10 : répartition des principaux contributeurs de l'indicateur Climate Change CO2eq pour un vitrage feuilleté type parebrise (cradle to gate).

5. SOCIÉTÉS DE CONSEIL SPÉCIALISÉES EN ACV

La liste ci-dessous propose les noms de plusieurs entités (*Sociétés, Centres de recherche techniques, Associations, Organismes*) ayant une expérience significative en ACV dans le domaine automobile et réalisant des certifications, études, revues critiques et formations. Elle est proposée à titre indicatif et n'est pas exhaustive.

- Carbone 4 : Cabinet de conseil indépendant spécialisé dans la stratégie bas-carbone et l'adaptation au changement climatique. <https://www.carbone4.com/>
- EVEA : S.A.S coopérative spécialiste du cycle de vie des produits. <https://evea-conseil.com/fr>
- QUANTIS : Cabinet de conseil spécialisé dans l'accompagnement des entreprises sur des solutions environnementales (groupe BCG). <https://quantis.com/fr/>
- SPHERA : Société fournissant un logiciel d'ACV (LCA FE) et une base de données de procédés d'arrière-plan, des outils de performances ESG et des activités de services. <https://sphera.com/>
- BUREAU VERITAS : Cabinet de conseil, mettant à disposition un logiciel pour réaliser les empreintes environnementales (ACV) de produits et services selon les exigences de l'ISO 14 040/44 ainsi que des supports de communication . <https://www.bureauveritas.fr/>
- SOLINNEN : Société indépendante proposant des services d'expertise et d'accompagnement dans l'environnement, plus spécifiquement sur l'analyse du cycle de vie et l'éco-conception. <https://solinnen.com/>
- GINKO21 : Cabinet de conseil et de formation indépendant en éco-conception et éco-innovation. <https://www.ginko21.com/>
- CETIM : Centre Technique des Industries Mécaniques. <https://www.cetim.fr/>
- LIST : Le Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST) est une Organisation de Recherche et de Technologie (RTO) dont la mission est de développer des prototypes de produits/services compétitifs et orientés marché à destination d'acteurs publics et privés. <https://www.list.lu/>
- IFPEN : Institut Français du Pétrole et des Energies nouvelles (IFPEN) est un acteur de la recherche et de la formation dans les domaines de l'énergie, du transport et de l'environnement. <https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/>
- SCORELCA : Association basée sur une collaboration entre les acteurs industriels, institutionnels et scientifiques afin de favoriser une évolution positive, partagée et reconnue des méthodes de quantification environnementales globales, en particulier de l'analyse du cycle de vie et de leur mise en pratique. <https://www.scorelca.org/>
- ECOSD : Association dont le but principal est de favoriser les échanges afin de créer et diffuser les connaissances dans le domaine de l'Eco-conception de Systèmes pour un Développement durable (EcoSD). <https://www.ecosd.fr/fr/>

-
- TUV : Organisme allemand d'évaluation de conformité. <https://www.tuv.com/>
 - AFNOR : Premier organisme français de certification. <https://certification.afnor.org/>
 - I CARE: Cabinet de conseil spécialisé dans l'ACV adossé à un cabinet d'audit (groupe BearingPoint) : <https://www.i-care-consult.com/fr/>
 - BL EVOLUTION : Cabinet spécialisé dans la Biodiversité : <https://www.bl-evolution.com/>
 - WELOOP : Cabinet indépendant d'ACV, méthodologie, spécialiste batteries EV : <https://www.welooop.org/>
 - DELOITTE : Cabinet d'audit généraliste possédant une division Environnement / ACV : <https://www.deloitte.com/global/en/issues/climate/sustainability-and-climate.html>

ANNEXES
ANNEXE A - Analyse de la qualité des données

Dans le cas où une analyse systématique de la qualité des données est nécessaire, on pourra utiliser l'approche suivante pour caractériser plus finement les données génériques (ou datasets) et en proposer une synthèse. Cette approche est issue de la norme EN15804-A2, paragraphe 6.3.8 et Annexe E.

Tableau de définition des niveaux de qualité :

Niveau de Qualité	Représentativité Géographique (GR)	Représentativité Technique (TeR)	Représentativité Temporelle (TiR)
Tres Bon	Les processus inclus dans l'ensemble de données sont totalement représentatifs de la géographie déclarée dans le champ « emplacement » indiqué dans les métadonnées.	Les aspects technologiques ont été modélisés exactement comme décrit dans le titre et les métadonnées, sans besoin important d'amélioration.	La date du calcul de l'ACV est incluse dans la période de validité de la métadonnée (*)
Bon	Les processus inclus dans l'ensemble de données sont bien représentatifs de la géographie déclarée dans le champ « emplacement » indiqué dans les métadonnées.	Les aspects technologiques sont très similaires à ce qui est décrit dans le titre et les métadonnées, avec un besoin d'améliorations limitées. Par exemple : utilisation de données relatives à des technologies génériques au lieu de modéliser toutes les installations individuelles.	La période de validité de la métadonnée (*) est échuë depuis moins de trois ans à la date de calcul de l'ACV.
Moyen	Les processus inclus dans l'ensemble de données sont suffisamment représentatifs de la géographie déclarée dans le champ « emplacement » indiqué dans les métadonnées. Par exemple, le pays représenté est différent, mais a un profil d'offre de réseau d'électricité très similaire.	Les aspects technologiques sont similaires à ce qui est décrit dans le titre et les métadonnées, mais méritent des améliorations. Certains des processus pertinents ne sont pas modélisés avec des données spécifiques, mais uniquement des approximations.	La période de validité de la métadonnée (*) est échuë depuis moins de six ans à la date de calcul de l'ACV.
Mauvais	Les processus inclus dans l'ensemble de données ne sont que partiellement représentatifs de la géographie déclarée dans le champ « emplacement » indiqué dans les métadonnées. Par exemple, le pays représenté est différent et a un profil d'offre de réseau d'électricité nettement différent.	Les aspects technologiques sont différents de ce qui est décrit dans le titre et les métadonnées. Des améliorations majeures sont nécessaires.	La période de validité de la métadonnée (*) est échuë depuis moins de dix ans à la date de calcul de l'ACV.
Très mauvais	Les processus inclus dans l'ensemble de données ne sont pas représentatifs de la géographie déclarée dans le champ « emplacement » indiqué dans les métadonnées.	Les aspects technologiques sont totalement différents de ce qui est décrit dans le titre et les métadonnées. Des améliorations substantielles sont nécessaires.	La période de validité de la métadonnée (*) est échuë depuis plus de dix ans à la date de calcul de l'ACV.

(*) la période de fin de validité de la métadonnée ne devra pas dépasser 8 ans au-delà de son année de référence.

Pour obtenir le score de chaque donnée, un tableau basé sur les valeurs suivantes par catégorie sera appliqué :

Niveau de Qualité	GR	TeR	TiR
Tres Bon	1	1	1
Bon	2	2	2
Correct	3	3	3
Pauvre	4	4	4
Tres pauvre	5	5	5

Les niveaux de qualité seront ensuite moyennés et le résultat final sera qualifié selon le tableau suivant :

Niveau de Qualité Final	Score Final
Très Bon	3
Bon	4 à 5
Correct	6 à 8
Pauvre	9 à 11
Très pauvre	12 à 15

Exemple d'évaluation en dressant la liste des datasets utilisés dans le calcul de l'ACV du composant, ensemble de composants ou véhicule :

Nom du Dataset	Process	Pays	Valide jusqu'à	Source	Technologie	GR	TeR	TiR
GLO: Silver mix ts	Process A	Global	2021	Sphera	Représentatif	3	3	2
FR: Residual grid mix	Process A	France	2025	Sphera	Représentatif	1	2	1
RER: Electricity from hydro power Sphera	Process B	Europe	2025	Sphera	Représentatif	2	2	1
RER: Thermal energy from light fuel oil (LFO)	Process B	Europe	2019	Sphera	Représentatif	2	3	2
EU-27: Steel sheet part PE	Process B	Europe	2012	Sphera WorldSteel	Représentatif	2	2	5
RER: Lubricants at refinery ts	Process B	Europe	2025	Sphera	Représentatif	2	4	1
DE: Tetrafluoroethane (R134a)	Process B	Germany	2014	Sphera	Représentatif	2	3	5
RER: Tap water from surface water ts	Process B	Europe	2025	Sphera	Représentatif	2	2	1
GLO: Truck-trailer, Euro 0 - 6 mix, 28 - 34t gross weight / 22t payload capacity	Process B	Global	2022	Sphera	Représentatif	3	2	2
...	x	y	z
				Moyenne		2	2	2

Pour obtenir le score final, on fera la moyenne arithmétique de chaque colonne et l'addition des 3 moyennes obtenues. Le score mieux disant possible sera donc $1+1+1=3$ et le pire $5+5+5=15$.

Les datasets mobilisés dans cette analyse qualité devront couvrir au moins 80% et idéalement 100% de l'empreinte carbone du produit modélisé.

Le résultat final donne dans cet exemple :

Niveau de Qualité Final	Score Final
Correct	6