



Analyse du cycle de vie des véhicules de distribution

# Entraînement électrique à batterie vs entraînement diesel





# Contenu

Contenu.....	2
Résumé .....	3
Auteurs.....	4
Contact.....	5
Abréviations, termes et définitions.....	6
Outils et bases de données.....	8
Objectif et champ de l'étude.....	9
Inventaire .....	12
Production.....	13
Entretien.....	15
Récupération.....	15
Résultats.....	16
Discussion.....	23
Conclusions.....	25
Liste de référence .....	26
Annexe – Ensemble de données .....	29



# Résumé

Scania s'est engagée à faire avancer la transformation vers un système de transport durable. Une approche holistique est essentielle pour soutenir les activités de nos clients et prendre en compte les impacts environnementaux. L'analyse du cycle de vie (ACV) est une méthode ISO 14040/44 permettant de calculer l'impact environnemental des produits ou des services sur l'ensemble de leur cycle de vie: dans ce cas, la production, l'utilisation, l'entretien et le recyclage des véhicules et des batteries.

L'ACV est utilisée chez Scania pour évaluer l'impact environnemental du produit et pour fixer des objectifs de projet internes lors du développement du produit. Scania a développé des capacités et des compétences internes pour réaliser l'ACV et dirige l'organisation avec l'ACV comme base factuelle. Avec cette publication externe de l'ACV, Scania fait un pas de plus pour informer les parties prenantes des résultats importants de l'ACV.

Scania est en pleine transformation avec des produits et services déjà connectés, plus électrifiés et plus autonomes. Pour le développement de produits de Scania, cela signifie plus que la production de quelques véhicules électrifiés – un système modulaire complet est nécessaire pour offrir la grande variété de véhicules utilitaires également comme variantes électrifiées. Le premier véhicule BEV entièrement produit en série par Scania a été lancé à l'automne 2020. Il a donc été facile de prendre la décision de réaliser cette première ACV accessible au public en comparant un BEV représentatif, disponible lors du premier lancement sur le marché, et un ICEV correspondant.

L'étude couvre l'ensemble du cycle de vie des véhicules, du berceau à la tombe, en commençant par l'extraction et le raffinage des matières premières et en terminant par le recyclage des véhicules. L'unité fonctionnelle choisie vise à refléter et à représenter un cycle de vie complet des véhicules. L'unité fonctionnelle est la suivante: 500'000 km de kilométrage dans un cycle de distribution représentatif avec une charge utile moyenne de 6,1 tonnes.

Les caractéristiques techniques des véhicules, à l'exception des groupes motopulseurs, sont maintenues aussi semblables que possible afin de rendre la comparaison aussi équitable que possible. La capacité de la batterie installée dans le BEV est de 300 kWh. L'intensité de carbone de l'électricité utilisée dans le BEV est calculée sur la base du mix énergétique du réseau européen pour l'année de référence 2016. D'autres mix énergétiques ont été étudiés pour analyser l'impact des futurs mix pronostiqués ainsi que de l'électricité verte. Le carburant utilisé pour l'ICEV est du diesel B7 avec un ajout de 7 % de RME, représentatif des conditions européennes.

La production des BEV a un impact environnemental plus élevé, principalement en raison de la production à forte intensité énergétique des cellules de batterie. Les émissions de gaz à effet de serre (GES) passent de 27,5 tonnes CO<sub>2</sub>eq (production d'ICEV) à 53,6 tonnes CO<sub>2</sub>eq (production de BEV). Les émissions de GES liées à la production des cellules de batterie sont de 74 kg CO<sub>2</sub>eq/kWh de capacité de batterie installée. Malgré l'effort de production accru, l'impact total du cycle de vie sur le changement climatique montre un potentiel de réduction spectaculaire pour le BEV, grâce à l'impact beaucoup plus faible lors de la phase d'utilisation. En fonction de l'intensité de carbone du réseau électrique de l'UE, la réduction des GES sur l'ensemble du cycle de vie varie entre 38 % (mix EU 2016) et 63 % (mix EU 2030 pronostiqué). L'alimentation du véhicule en électricité verte est le moyen d'exploiter pleinement le potentiel du BEV. Les résultats montrent une réduction des GES de 86 % sur l'ensemble du cycle de vie.

*«Un BEV entrant sur le marché de l'UE après 2020 présentera une réduction des gaz à effet de serre sur l'ensemble de son cycle de vie de plus de 50 % par rapport à l'alternative diesel.»*



En raison des émissions de GES plus élevées pendant la production, les véhicules BEV peuvent être considérés comme ayant une dette de carbone par rapport aux ICEV. La dette de GES sera effacée à un moment donné en raison des émissions plus faibles par kilomètre dans la phase d'utilisation. C'est ce que l'on appelle généralement le break-even, c'est-à-dire le point auquel le BEV présente un niveau total de GES inférieur à celui de l'ICEV. En fonction de l'intensité de carbone, le break-even se situe entre 33'000 km (énergie verte) et 68'000 km (année de référence 2016). Cela indique que le BEV a le potentiel d'avoir moins d'impact sur le climat que l'ICEV dès un à deux ans d'exploitation, pour toutes les combinaisons d'électricité étudiées dans ce rapport.

À la fin du cycle de vie, les batteries de traction Scania sont collectées, démantelées, broyées et recyclées par des partenaires de collecte et de recyclage. Le processus de recyclage exact dépend de la situation géographique et de l'organisation des partenaires. En raison des différentes structures de marché (projet pilote ou recyclage à grande échelle) et de la quantité limitée de données pertinentes, il a été décidé d'exclure le recyclage des piles du modèle de recyclage. En outre, le modèle d'analyse du cycle de vie ne suppose pas une seconde vie de la batterie, ce qui signifie que la totalité de la charge de production est attribuée au cycle de vie du véhicule Scania.

Il existe également un potentiel de réduction spectaculaire pour d'autres catégories d'impact telles que la formation de particules, la formation d'ozone et l'acidification terrestre. La réduction dans ces catégories se situe entre 83 et 97 %, principalement en raison de l'élimination des émissions de gaz d'échappement.

La consommation de ressources fossiles et l'eutrophisation des eaux marines et douces diminuent également de manière significative pour le BEV (18-48 %), bien que l'impact soit principalement dû au charbon dans la production d'électricité. La raison principale en est que l'impact du puits au réservoir (Well-to-Tank) de la production de diesel est plus élevé que l'impact de la production d'électricité.

*«Avec la production durable de batteries et l'énergie verte, le potentiel de réduction des GES pour le BEV sera largement supérieur à 90 %.»*

Cette ACV donne un aperçu de l'ampleur et de la relation entre les impacts environnementaux des véhicules de distribution BEV et ICEV. Toutefois, les résultats de l'ACV, notamment en termes absolus, ne sont pas destinés à être comparés à ceux d'autres OEM. Le choix de l'unité fonctionnelle, de la méthodologie, de la portée et de l'accès aux données primaires aura un impact majeur sur le résultat final.

Tous les faits et chiffres figurant dans ce rapport ont été vérifiés dans un rapport de base établi par un tiers (interne à Scania). La vérification a été effectuée par IVL Svenska Miljöinstitutet conformément à la norme ISO 14040/44.

## Auteurs

Dora Burul  
Energy Economy and Sustainability  
Scania R&D

David Algsten  
Energy Economy and Sustainability  
Scania R&D



# Contact

Andreas Follér  
Head of Sustainability  
[andreas.foller@scania.com](mailto:andreas.foller@scania.com)



# Abréviations, termes et définitions

ACV	Analyse du cycle de vie
AICV	Analyse de l'impact du cycle de vie
ICV	Inventaire du cycle de vie
GES	Gaz à effet de serre
CO <sub>2</sub> eq	Equivalent de dioxyde de carbone
WtW (Well-to-Wheel)	Du puits à la roue
WtT (Well-to-Tank)	Du puits au réservoir
TtW (Tank-to-Wheel)	Du réservoir à la roue
ICEV (Internal Combustion Engine Vehicle) interne	Véhicule à moteur à combustion interne
BEV (Battery Electric Vehicle)	Véhicule électrique à batterie

## Analyse du cycle de vie

L'analyse du cycle de vie (ACV) est une méthodologie permettant d'évaluer les incidences environnementales associées à toutes les étapes du cycle de vie d'un produit, de l'approvisionnement en matières premières à l'élimination, en passant par la production et l'utilisation. Elle permet une approche globale des impacts environnementaux et évite le transfert de charges.

Les 4 phases de l'ACV sont: la définition de l'objectif et du champ de l'étude, l'inventaire du cycle de vie, l'évaluation du cycle de vie, et interprétation. L'objectif et le champ indiquent le but de l'étude, l'application prévue et le groupe cible, les limites du système et l'unité fonctionnelle.

L'inventaire du cycle de vie (ICV) est le processus de collecte des données et de calcul du modèle de produit. L'analyse de l'impact du cycle de vie (AICV) est une étape qui permet de classer et de caractériser les impacts environnementaux potentiels sur la base des résultats de l'ICV.

L'interprétation se fonde sur les résultats de l'analyse de l'inventaire et fournit une analyse basée sur l'objectif et le champ définis. Les résultats sont analysés pour chaque catégorie d'impact et les différences entre les produits mais aussi les phases du cycle de vie sont discutées. (ISO 14040:2006, ISO 14044:2006)

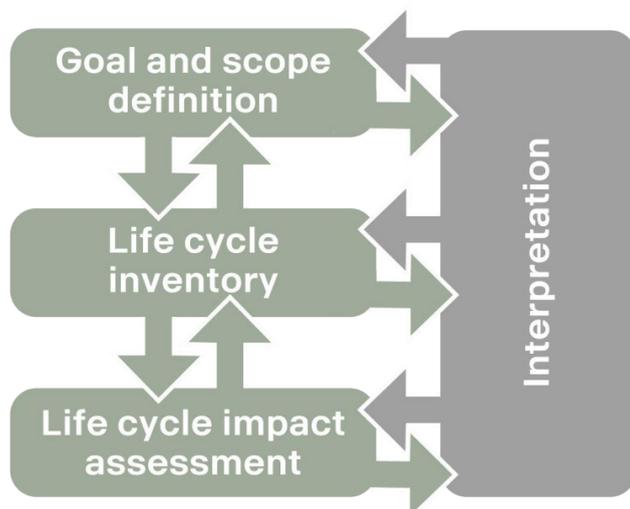


Figure 1. Les quatre étapes de l'analyse du cycle de vie

## Unité fonctionnelle

Une analyse du cycle de vie n'est valable que dans les limites du système et de l'unité fonctionnelle définis. L'unité fonctionnelle est la «performance quantifiée d'un système de produit destiné à être utilisé comme unité de référence» (ISO 14044 2006).



## **Inventaire du cycle de vie**

L'inventaire du cycle de vie (ICV) est une partie de l'ACV dans laquelle toutes les données nécessaires sont collectées et modélisées. Il s'agit du processus de quantification de l'utilisation des matières premières, des besoins d'énergie et des émissions au cours du cycle de vie du produit. Il crée un inventaire des flux élémentaires en provenance et à destination de l'écosphère pour un système de produits.

## **Analyse de l'impact**

L'analyse de l'impact du cycle de vie (AICV) convertit les flux élémentaires de l'ICV en impacts environnementaux potentiels. Il est courant de le définir en 4 phases: classification, caractérisation, normalisation et pondération. La présente analyse inclut la classification et la caractérisation en tant qu'étapes obligatoires de l'AICV et exclut la normalisation et la pondération car elles ne sont pas recommandées par la norme ISO 14040/44 pour la communication externe. L'étape de classification attribue les résultats de l'ICV à des catégories d'impact environnemental spécifiques (par exemple, le CO<sub>2</sub> et le CH<sub>4</sub> sont attribués à la catégorie CCP (potentiel de changement climatique). L'étape de caractérisation convertit (via des facteurs de caractérisation) les résultats de l'ICV par catégorie d'impact en indicateurs de catégorie d'impact (par exemple, le CH<sub>4</sub> est converti en CO<sub>2</sub>eq).

## **Données d'exploitation**

Les données d'exploitation sont des données stockées dans les unités de commande du véhicule. Environ 2000 variables + variables calculées sont stockées. La lecture a lieu lorsque les véhicules se rendent à l'atelier et les données sont stockées dans un entrepôt de données d'exploitation.

Les données d'exploitation permettent d'analyser les performances des véhicules (par exemple, la consommation de carburant) et la manière dont les véhicules sont exploités. Les informations sont utilisées par un large éventail de parties prenantes telles que le développement de produits, les analystes, les ateliers, les services de conduite, etc.

## **Liste des matériaux**

Une liste des matériaux est une liste de tous les matériaux et de la quantité de chaque matériau utilisé dans le véhicule.

## **Protocole des gaz à effet de serre**

Le protocole des gaz à effet de serre (GES) est un cadre mondial permettant de normaliser la comptabilisation des émissions de GES. Pour établir un lien entre les domaines du protocole des GES et les domaines couverts par cette ACV, les domaines suivants sont entièrement ou largement couverts pour la catégorie d'impact des GES:

Portée 1: émissions directes de gaz à effet de serre  
Portée 2: émissions indirectes de gaz à effet de serre  
Catégories de portée 3:

1. Biens et services achetés
4. Transport et distribution en amont
9. Transport et distribution en aval
11. Utilisation des produits vendus
12. Traitement de fin de vie des produits vendus



# Outils et bases de données

## **GaBi**

Logiciel ACV avec bases de données ICV de Sphera Solutions GmbH.

## **Base de données LEAD**

La base de données GaBi Professional, qui contient des ensembles de données open-source, spécifiques à Gabi, ainsi que des ensembles de données développés par le groupe VW. Service Pack 39 utilisé dans cette étude.

## **Scania Mapping List**

La Mapping List est un fichier xml qui décrit chaque matériau d'un véhicule Scania avec l'ensemble de données LEAD correspondant. Il permet la création automatique de modèles.

## **SlimLCI+**

L'application SlimLCI+ fait correspondre les enregistrements LEAD avec la liste des matériaux sur la base de la Scania Mapping List.

## **IMDS**

L'International Material Data System (IMDS) est un système commun de données sur les matériaux pour l'industrie automobile, dans lequel les fournisseurs communiquent des informations sur la composition des matériaux des pièces.

## **SMART**

Outil Scania (par iPoint-systems GmbH) pour la gestion des fiches de données matérielles (MDS) à partir de l'IMDS.

## **VECTO**

L'outil de calcul de la consommation d'énergie des véhicules VECTO a été développé par la Commission européenne en tant qu'outil de simulation officiel pour les calculs de carburant/énergie des véhicules utilitaires lourds pour la déclaration des émissions de CO<sub>2</sub>.



## Objectif et champ de l'étude



L'objectif de cette analyse du cycle de vie est d'évaluer l'impact environnemental d'un camion électrique dans le transport de distribution et de le comparer à son homologue à moteur diesel. Les résultats sont publiés dans l'intention d'accroître les connaissances sur l'impact environnemental du cycle de vie des véhicules lourds et sur la comparaison entre les véhicules électriques et les véhicules à combustion interne, en particulier.

L'étude couvre l'ensemble du cycle de vie d'un véhicule, du berceau à la tombe, depuis l'extraction et le raffinage des matières premières jusqu'au recyclage des véhicules.

L'unité fonctionnelle de cette étude vise à reproduire et à représenter une vie opérationnelle complète des véhicules. L'étude des données d'exploitation a permis d'établir des chiffres représentatifs pour le kilométrage et la charge utile. Les données d'exploitation ont également été utilisées pour ajuster les cycles de conduite standard du VECTO afin de se rapprocher du fonctionnement réel. L'unité fonctionnelle est: 500'000 km parcourus dans un cycle de distribution représentatif avec une charge utile moyenne de 6,1 tonnes.

L'évaluation est effectuée au niveau du point médian en utilisant la méthode hiérarchique ReciPe 2016 v1.1. La perspective hiérarchiste se fonde sur le consensus scientifique concernant le calendrier et la plausibilité des mécanismes d'impact. Par exemple, le potentiel de changement climatique est considéré sur 100 ans (Huijbregts et al., 2017). L'étude montre les impacts potentiels pour: le changement climatique, la formation de particules, l'utilisation des ressources fossiles, l'eutrophisation des eaux douces et marines, la formation d'ozone (santé humaine et écosystèmes) et l'acidification terrestre. Ces catégories d'impact ont été sélectionnées en fonction de la pertinence des impacts pour le secteur des transports et de la maturité de la méthodologie (Commission européenne et al., 2011 ; Van Loon et al., 2018). D'autres catégories d'impact, telles que l'exploitation des ressources minières, la consommation d'eau et la toxicité, qui peuvent être considérées comme pertinentes pour les produits Scania, sont présentes mais ne sont pas prises en compte ici car



elles font encore l'objet d'un important processus d'amélioration méthodologique. Dans l'intervalle, elles feront l'objet d'un suivi interne et seront communiqués à l'avenir.

Cette ACV est attributive, car elle est basée sur des données historiques mesurées, ce qui permet de saisir correctement les émissions du cycle de vie d'un véhicule, plutôt que de fournir une estimation de la manière dont la production et l'utilisation du véhicule affecteront l'impact environnemental global, ce qui serait une approche axée sur les conséquences.

Une méthode d'allocation est nécessaire lorsque les impacts environnementaux d'un processus doivent être attribués à plusieurs produits ou services. La répartition entre les produits ou services peut être basée sur des caractéristiques telles que la masse, l'énergie ou les valeurs économiques. Dans cette étude, aucune attribution spécifique d'impacts environnementaux n'a été faite autre que celles déjà incluses dans les ensembles de données LEAD. Les attributions des jeux de données LEAD sont décrites dans la documentation du logiciel (<http://www.gabi-software.com/international/databases/gabi-data-search/>).

Les critères de séparation des enregistrements LEAD, tels que décrits dans la documentation du logiciel ([www.gabi-software.com](http://www.gabi-software.com)), sont utilisés.

Les crédits pour les matériaux secondaires pendant la phase de récupération ne sont pas pris en compte. L'entretien (à l'exception des pneus) est exclu en raison de sa faible importance environnementale (0,1 à 0,3 % du cycle de vie) et de la difficulté de définir un entretien moyen en raison de la grande diversité des opérations.

Les étapes de production des composants de la chaîne d'approvisionnement sont exclues pour toutes les pièces qui ne sont pas produites dans les usines Scania (à l'exception des pneus et des batteries de traction). La raison en est l'accès limité aux données et l'insignifiance pour l'environnement (<1 % de la phase de production).

Cette ACV donne un aperçu de l'ampleur et de la relation entre les impacts environnementaux des véhicules de distribution BEV et ICEV. Toutefois, les résultats de l'ACV, notamment en termes absolus, ne sont pas destinés à être comparés à ceux d'autres OEM. Le choix de l'unité fonctionnelle, de la méthodologie, de la portée et de l'accès aux données primaires aura un impact majeur sur le résultat final. Scania se félicite du développement à long terme de lignes directrices plus générales en matière d'ACV sur la base de la norme ISO 14040/44 et s'engage à contribuer à ce développement.

## Les véhicules

Les produits de Scania sont basés sur le concept de modularité, par opposition à un concept qui fournit des modèles de véhicules. Le système modulaire permet d'adapter les véhicules de manière unique à chaque type de tâche de transport. La spécification BEV couverte par cette ACV est basée sur les prévisions de ventes de BEV utilisés dans ce qui peut être décrit comme un segment de distribution mixte, où les opérations des clients consistent en un mélange de transport urbain et régional.

Un ICEV diesel comparable est soigneusement sélectionné pour être aussi proche que possible du BEV tout en veillant à ce qu'il soit un bon représentant des ICEV de ce segment. Cette comparaison est effectuée sur la base des statistiques de vente ainsi que des connaissances internes et garantit que la comparaison est juste et pertinente.



Vehicle	Technical GVW	Cab	Wheel configuration	Power (peak/continuous)	Traction battery capacity	Transmission
ICEV	28 ton	P17	6x2*4	320 hp Euro 6	N/A	8 speed GR875 Opticruise
BEV	28 ton	P17	6x2*4	295/230 kW	300 kWh	2 speed GE21S21

*Tableau 1. Spécifications des véhicules.*

Les deux véhicules sont des véhicules rigides à trois essieux avec un essieu porteur directeur. Ils sont équipés de cabines P17 et les châssis sont adaptés pour une caisse. En fait, la seule différence entre les véhicules est la chaîne cinématique. Les différences dans le groupe motopropulseur et le poids de la batterie signifient que le BEV a un poids à vide plus élevé d'environ 1 tonne.



# Inventaire du cycle de vie



L'inventaire du cycle de vie (ICV) enregistre des données pour chaque phase du cycle de vie: la production, l'utilisation, l'entretien et le recyclage.

Le processus de collecte des données diffère selon les phases du cycle de vie. Les données de la phase de production sont basées sur les spécifications du véhicule et les données de composition des matériaux provenant des fournisseurs de pièces via IMDS. Les données de la phase d'utilisation sont basées sur des simulations de consommation d'énergie (VECTO) et des données d'exploitation. La phase d'entretien (limitée au changement de pneus) et la phase de récupération sont basées sur des études ACV externes.



## Production

La collecte des données commence par la collecte des données sur les matériaux pour l'ensemble du véhicule. Chaque véhicule compte plus de 10'000 matériaux signalés, qui sont ensuite classés en groupes de matériaux pour finalement compiler une liste de ~45 matériaux par véhicule.

À des fins de visualisation, les ~45 matériaux présents dans les véhicules ont été divisés en catégories de matériaux plus larges et présentés sous forme de fraction de poids pour les BEV et les ICEV.

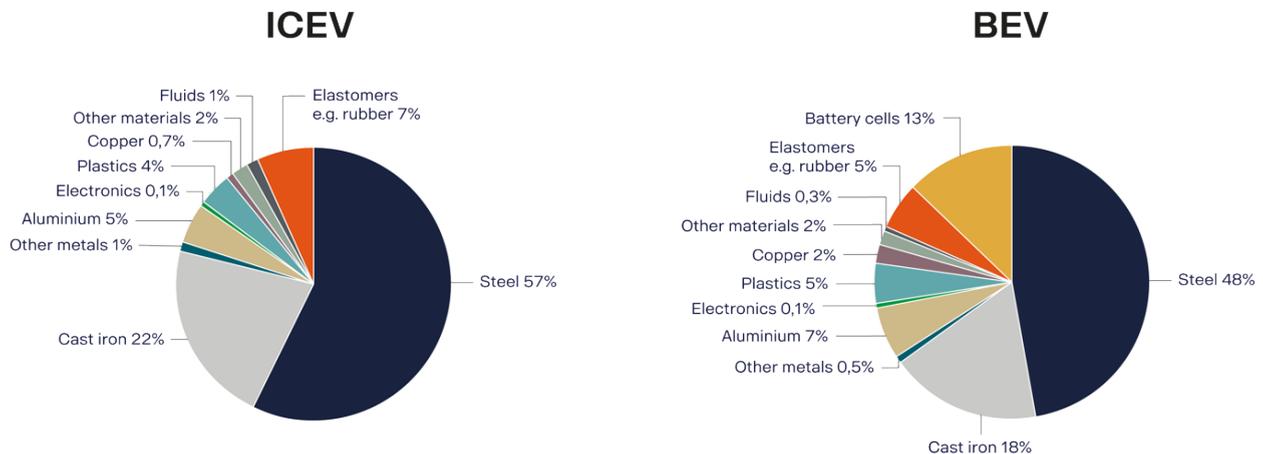


Figure 2. Composition matérielle. Catégories de matériaux exprimées en pourcentage du poids total du véhicule.

Les informations sur les matériaux et le poids sont compilées dans la liste des matériaux. La liste des matériaux est importée avec la Scania Mapping List dans SlimLCI+, où chaque matériau se voit attribuer le jeu de données le plus approprié. Les ensembles de données LEAD décrivent l'impact environnemental pour l'extraction des matières premières et la production de produits semi-finis.

On utilise principalement les ensembles de données moyennes de l'industrie provenant de la base de données LEAD, mais pour certains matériaux (par exemple, les matériaux à poids élevé: acier et aluminium), des ensembles de données spécifiques à Scania ont été développés pour représenter avec précision l'acier et l'aluminium utilisés par Scania. Le jeu de données relatif à l'acier de Scania est basé sur des jeux de données LEAD standard et comprend 82 % de matériaux primaires et 18 % de matériaux secondaires. Le jeu de données sur l'aluminium de Scania est basé sur des jeux de données LEAD standard et comprend 52 % de matériaux primaires et 48 % de matériaux secondaires.

L'étape suivante consiste à ajouter l'énergie de processus utilisée dans la production des composants et l'assemblage des véhicules. Les composants et les étapes d'assemblage suivants sont couverts: composants de la chaîne cinématique et de la transmission, cabine, composants du châssis et assemblage final du véhicule complet. Le suivi interne des émissions directes et indirectes (portées 1 et 2, protocole des GES) permet de suivre les émissions de GES de ces activités. En outre, les émissions de GES des opérations logistiques telles que les transports depuis les fournisseurs directs ainsi que le transport des véhicules produits jusqu'au concessionnaire sont incluses.

Pour l'évaluation des impacts des pneus, les résultats de l'ACV cradle-to-gate sont réalisés en collaboration avec Michelin. Cela permet de s'assurer que tous les impacts environnementaux de la production de pneus sont correctement enregistrés et que les données relatives non seulement aux matériaux mais aussi aux processus sont prises en compte.



La batterie de traction est fabriquée avec la technologie de cellules de batterie NMC622. La capacité installée est de 300 kWh. La production de batteries est un point névralgique en raison des étapes du processus qui consomment beaucoup d'énergie. Les principaux points névralgiques de la production de cellules de batterie sont l'apport d'énergie (électricité et énergie thermique) dans la production du matériau actif de la cathode (CAM) et la fabrication des cellules. Les cellules de la batterie sont fabriquées en Europe, tandis que les étapes en amont sont réalisées en Chine. Cela signifie que les sous-composants des cellules, tels que la cathode et l'anode, sont alimentés par le mix électrique chinois (854 g CO<sub>2</sub>eq/kWh), tandis que la production des cellules est alimentée par le mix électrique européen (424 g CO<sub>2</sub>eq/kWh). Le modèle pour la production de cellules de batterie est basé sur les données des fournisseurs et la modélisation est effectuée par le groupe VW. Le modèle ACV est représentatif de la technologie NMC622.

## Utilisation

### Consommation de carburant et d'énergie

Une partie essentielle de l'évaluation des impacts de la phase d'utilisation consiste à obtenir des valeurs représentatives de la consommation de carburant et d'énergie des véhicules. Une approche basée sur la simulation est utilisée avec VECTO comme outil de simulation. VECTO a été développé par la Commission européenne en tant qu'outil officiel de calcul des carburants/énergies des véhicules utilitaires lourds pour la déclaration des émissions de CO<sub>2</sub> (Commission européenne, 2017).

Sur la base des données d'exploitation des véhicules en réseau de Scania, les cycles VECTO pour le *transport urbain* et *régional* ont été adaptés pour mieux refléter les conditions de conduite typiques des véhicules de distribution Scania. Les véhicules sont simulés dans les deux cycles, puis les résultats de chaque cycle sont pondérés pour donner un résultat global. Les chiffres de consommation de carburant obtenus à l'aide de cette méthode ont été validés par rapport aux chiffres réels de consommation de carburant provenant de données d'exploitation et présentent une cohérence rassurante.

En outre, on suppose que les véhicules sont équipés de la même carrosserie (caisse) et on leur a donc attribué la même valeur de traînée C<sub>dx</sub>A. Les mêmes pneus et la même répartition du poids entre les essieux ont été utilisés dans les simulations. La consommation de carburant qui en résulte pour l'ICEV est de 25,5 l/100 km et la consommation d'énergie pour le BEV est de 93,2 kWh/100 km (sans compter les pertes de charge, voir «*Du puits au réservoir*»).

### Du puits au réservoir

L'ICEV est supposé fonctionner avec un mélange diesel B7 avec un ajout de 7 % d'EMC, ce qui est représentatif des conditions européennes (ACEA, 2013). En plus du carburant, l'AdBlue utilisé dans le système de post-traitement pour réduire les émissions d'échappement est également inclus dans l'analyse.

Comme référence, on suppose que le véhicule BEV fonctionne avec le mix électrique de l'UE, année de référence 2016 (dans le texte: EU baseline). L'année de référence est 2016 car il s'agit des données disponibles dans la base de données LEAD Service Pack 39 et elle est également cohérente avec l'électricité utilisée dans le modèle de cellule de batterie. L'intensité de carbone dans l'EU baseline est de 424 g CO<sub>2</sub>eq/kWh, ce qui constitue une approche prudente par rapport au mix électrique européen actuel.

Les pertes de charge des BEV n'étant pas incluses dans les résultats de consommation du VECTO, elles doivent être considérées séparément. Dans cette étude, on suppose que 80 % du chargement est effectué pendant la nuit et que 20 % du chargement est effectué sous forme de charge rapide. Les pertes de charge (pertes à la station de charge plus pertes dans le véhicule) sont supposées être de 5 % pour la charge de nuit et de 10 % pour la charge rapide. Il en résulte une perte de charge moyenne de 6 %, qui,



ajoutée à la consommation d'énergie du BEV, donne 98,7 kWh/100 km.

### **Du réservoir à la roue**

Les émissions de gaz d'échappement pour l'ICEV sont basées sur des données simulées de consommation de carburant et de fonctionnement. Les émissions de CO<sub>2</sub> et de N<sub>2</sub>O sont stochiométriques et donc une fonction de la consommation de carburant simulée et de la consommation d'AdBlue (en tant que valeur moyenne issue des données d'exploitation). Pour les émissions de NO<sub>x</sub>, on a également utilisé des données d'exploitation.

Les émissions de CO, de NMHC, NH<sub>3</sub> et de PM<sub>2,5</sub> sont calculées en utilisant la consommation de carburant simulée en combinaison avec les limites légales pour ces émissions en vertu de la législation WHTC et sont donc des valeurs prudentes (Commission européenne, 2011).

Le BEV n'a pas d'émissions TtW (émissions de gaz d'échappement).

En phase d'utilisation, des émissions de particules (PM<sub>2,5</sub>) s'ajoutent en raison de l'usure des pneus et des freins (Ntziachristos et Boulter, 2016).

## **Entretien**

Pendant la durée de vie, les pièces telles que les pneus, les batteries de démarrage, les plaquettes de frein, les huiles, etc. sont changées dans le cadre de l'entretien. Toutefois, si l'on examine l'impact de l'entretien (à l'exclusion des pneumatiques), il apparaît que l'impact environnemental global est insignifiant. L'ampleur se situe entre 0 et 0,3 % des émissions du cycle de vie pour les ICEV aussi bien que pour les BEV. Par conséquent, la phase d'entretien dans cette étude consiste uniquement en un remplacement des pneus, qui est la seule partie de l'entretien pertinente pour l'environnement. Deux jeux de pneus complets sont supposés en plus des pneus montés en production. Les batteries lithium-ion sont supposées durer toute la durée de vie du véhicule, c'est-à-dire qu'aucun remplacement de batterie n'est envisagé.

## **Récupération**

La phase de récupération est basée sur un modèle générique pour la récupération d'un véhicule utilitaire lourd. Aucun crédit n'est pris en compte pour les matériaux secondaires générés lors de la récupération des véhicules.

Aucune seconde vie de la batterie n'est supposée, c'est-à-dire que la charge de production totale est attribuée au cycle de vie du véhicule.

Scania dispose d'une installation de recyclage des batteries bien préparée pour tous les marchés. Le processus de recyclage exact dépend du marché et de la situation géographique. Les batteries sont collectées par des partenaires, démantelées, broyées et recyclées par des partenaires de recyclage dans leurs installations. En raison des différentes configurations des marchés (projet pilote ou recyclage à grande échelle) et de la quantité limitée de données pertinentes, il a été décidé d'exclure le recyclage des batteries du modèle de recyclage. En excluant le recyclage des batteries, les impacts de l'énergie utilisée dans le processus de recyclage ne sont pas pris en compte. Bien qu'il s'agisse d'une limite évidente de l'étude, l'impact de cette étape devrait être faible pour toutes les catégories d'impact utilisées (sur la base des résultats de l'impact actuel du recyclage).



# Résultats



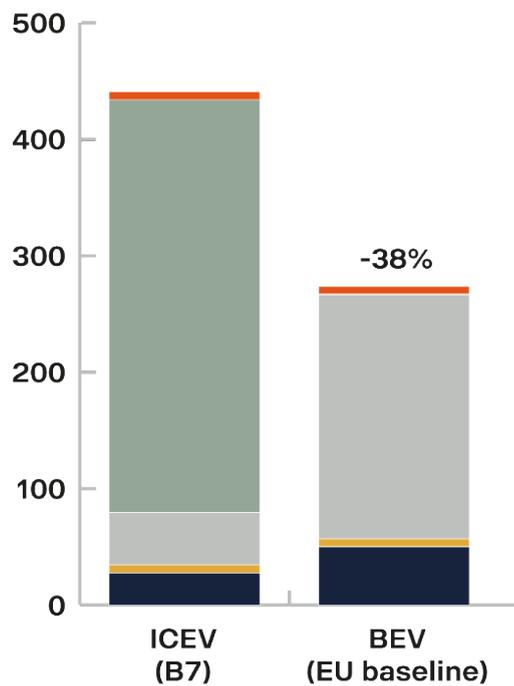
Le potentiel de changement climatique (CCP) est une catégorie d'impact environnemental qui présente un intérêt particulier pour la comparaison entre les ICEV et les BEV. Dans l'UE, les bus et les poids lourds sont responsables d'environ 6 % des émissions totales de GES, avec une tendance à la hausse due à l'augmentation du transport de marchandises (Commission européenne, 2016). Le potentiel de changement climatique est de loin la catégorie d'impact environnemental la plus importante pour Scania en raison de l'énergie fossile consommée lors de la phase d'utilisation. Elle reste en point de mire pour les BEV en raison des émissions liées à la production d'électricité et à la fabrication des batteries. L'importance du changement climatique en tant que catégorie d'impact la plus importante par rapport aux autres impacts environnementaux a été confirmée par les ACV et les analyses de matérialité internes de Scania ainsi que par des études externes, par exemple l'étude RICARDO (Hill et al., 2020). Par conséquent, la plus grande partie du chapitre des résultats est consacrée aux impacts climatiques.

## Potentiel de changement climatique

Le potentiel de changement climatique décrit l'émission de gaz à effet de serre (GES) qui peut entraîner une augmentation de l'absorption de la chaleur du rayonnement solaire dans l'atmosphère et contribuer ainsi à une augmentation des températures moyennes mondiales. La substance de référence pour le potentiel de réchauffement planétaire est le dioxyde de carbone. Tous les autres gaz à effet de serre (par exemple CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, PFC) sont calculés par rapport au dioxyde de carbone (équivalents CO<sub>2</sub>). La figure 4 montre les émissions totales de GES sur la durée de vie des véhicules, regroupées par phase du cycle de vie. La phase d'utilisation a été divisée en deux parties: du puits au réservoir (WtT) et du réservoir à la roue (TtW).



tonnes  
CO<sub>2</sub>eq



Vehicle	Production	Maintenance	Use WtT	Use TtW	Recovery
ICEV (B7)	27,5	2,4	44,9	354,3	2,1
BEV (EU baseline)	53,6	2,4	209,5	0,0	2,1

Figure 3. Émissions de GES sur l'ensemble du cycle de vie, exprimées en tonnes de CO<sub>2</sub>eq par phase du cycle de vie. La phase d'utilisation est divisée en deux parties: du puits au réservoir (WtT) et du réservoir à la roue (TtW).

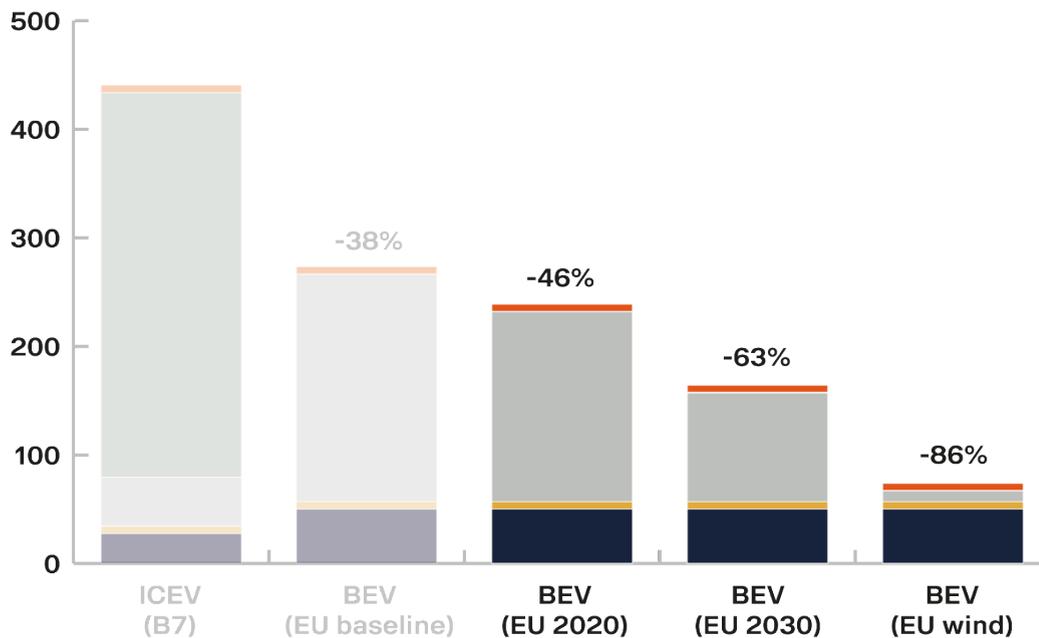
Bien que l'impact de la phase de production soit presque deux fois plus élevé pour le BEV que pour l'ICEV, la phase d'utilisation est clairement la phase dominante tant pour l'ICEV aussi bien que que pour le BEV. Dans le scénario de base (EU baseline), le BEV peut réduire les émissions de GES sur l'ensemble du cycle de vie de 38 % par rapport au ICEV.



## Potentiel des BEV avec un mix électrique amélioré en phase d'utilisation

Le mélange d'électricité considéré pour la phase d'utilisation est le paramètre unique le plus important qui influence l'impact environnemental global des BEV. Le mix électrique de l'UE pour l'année de référence 2016 est utilisé comme base de référence. Cependant, la production d'électricité dans le monde s'améliore continuellement, ce qui rend pertinente la réalisation d'une analyse de sensibilité sur la façon dont les différentes combinaisons d'électricité dans la phase d'utilisation affectent les émissions totales de GES pendant la durée de vie. Pour cette raison, le mix électrique de l'UE attendu pour 2020 et 2030 a été modélisé, sur la base de la publication World Energy Outlook 2019 de l'Agence internationale de l'énergie. L'impact environnemental de la production d'électricité par source est tiré de la base de données LEAD et couplé aux parts d'électricité publiées dans le WEO 2019 pour le scénario Stated Policies (AIE, 2019). Les énergies renouvelables étant regroupées en un seul groupe dans le WEO 2019, la ventilation par source est basée sur l'étude RICARDO (Hill et al., 2020). Les pertes de distribution et de transmission de 6,9 % sont ajoutées selon la base de données LEAD pour donner le mix électrique de l'UE en 2020 (355 g CO<sub>2</sub>eq/kWh) et en 2030 (203 g CO<sub>2</sub>eq/kWh). Comme alternative supplémentaire, le mix EU wind (représentant l'électricité verte) est étudié. Dans cette analyse de sensibilité, le mix électrique pour toutes les phases (y compris la production de cellules de batterie), à l'exception de la phase d'utilisation, reste inchangé (EU baseline).

tonnes  
CO<sub>2</sub>eq



Vehicle	Production	Maintenance	Use WtT	Use TtW	Recovery
ICEV (B7)	27,5	2,4	44,9	354,3	2,1
BEV (EU baseline)	53,6	2,4	209,5	0,0	2,1
BEV (EU 2020)	53,6	2,4	175,0	0,0	2,1
BEV (EU 2030)	53,6	2,4	100,2	0,0	2,1
BEV (EU wind)	53,6	2,4	4,7	0,0	2,1

Figure 4. Émissions totales de GES sur l'ensemble du cycle de vie, exprimées en tonnes de CO<sub>2</sub>eq par an phase du cycle de vie. La phase d'utilisation est divisée en deux parties: du puits au réservoir (WtT) et du réservoir à la roue (TtW). Quatre scénarios différents de mix énergétique sont utilisés pour l'électricité de la phase d'utilisation.



La figure 4 montre l'impact du mix électrique sur les GES émis pendant le cycle de vie. Il convient de noter que ces résultats supposent un mix électrique constant sur l'ensemble du cycle de vie du véhicule, du premier au dernier kilomètre. Cela signifie que la figure 4 montre l'effet potentiel des améliorations de la composition du mix électrique plutôt que le cas réel, qui serait les effets agrégés de la modification du mix électrique.

Si le BEV est exploité en phase d'utilisation avec un mix électrique qui est en moyenne égal au mix EU 2020 pronostiqué, la réduction sur la durée de vie est de 46 % par rapport au ICEV (B7), tandis qu'un mix qui correspond au mix EU 2030 pronostiqué donne une réduction de 63 %. Comme il est probable que le mix électrique à la fin de la durée de vie du véhicule sera plus proche du mix EU 2030 pronostiqué, la réduction attendue sur la durée de vie se situera entre 46 et 63 %.

Si l'on utilise de l'électricité verte (comme EU wind), ce qui est déjà possible aujourd'hui, la réduction du cycle de vie du BEV peut atteindre 86 %.

Il convient de noter que le Well-to-Wheel pour l'ICEV B7 est supposé constant dans ces comparaisons et que le résultat serait différent si le mélange de biodiesel était plus élevé que les 7 % supposés.

## Améliorations possibles du diesel

L'objectif de ce rapport est de montrer le potentiel d'un véhicule électrique à batterie par rapport à un véhicule à moteur à combustion interne alimenté en diesel B7. Toutefois, il convient de préciser qu'il est possible d'améliorer considérablement les émissions de GES d'un ICEV. Le mélange de biodiesel (principalement HVO) est déjà à un niveau significatif sur de nombreux marchés et des plans pour une augmentation continue du mélange existent sur plusieurs marchés européens. Les moteurs diesel Scania peuvent fonctionner avec 100 % de HVO.

Dans cette étude, si le B7 est remplacé par du HVO à base de déchets (suif de bœuf), les émissions de GES du cycle de vie de l'ICEV sont réduites de 74 % (réduction du puits à la roue de 81 %).

## Émissions de gaz à effet de serre provenant de la production de véhicules

Comme le montre la figure 5, les émissions de GES liées à la production ne représentent que 6 % des émissions totales. Pour un BEV (EU baseline), la part de la production passe à 20 % des émissions totales. Au fur et à mesure que la transition des ICEV vers les BEV se poursuivra et que le mix électrique s'améliorera en même temps, l'importance de la phase de production continuera de croître pour devenir le point névralgique du cycle de vie des BEV.

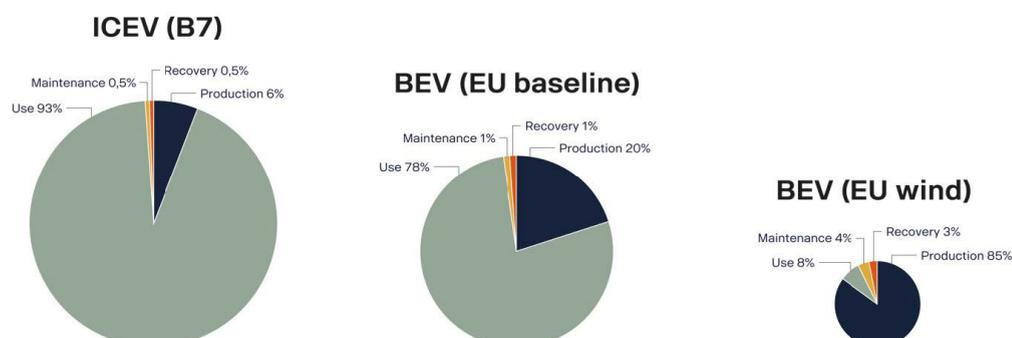


Figure 5. Part de chaque étape du cycle de vie en % du total des émissions de GES du cycle de vie. La taille des cercles est proportionnelle aux émissions totales de GES sur l'ensemble du cycle de vie.



La phase de production comprend l'extraction des matières premières, le raffinage, la production de pièces, l'assemblage des véhicules et la logistique d'approvisionnement. La production de pièces, l'assemblage de véhicules et la logistique d'approvisionnement sont la source d'environ 2,5 tonnes de GES, pour les ICEV aussi bien que pour les BEV. La plus grande partie des émissions de GES dans la phase de production provient donc du processus d'extraction et de raffinage des matières premières. La figure 6 montre comment l'extraction et le raffinage des différentes catégories de matériaux, la logistique et l'assemblage contribuent aux émissions de la phase de production pour les deux véhicules.

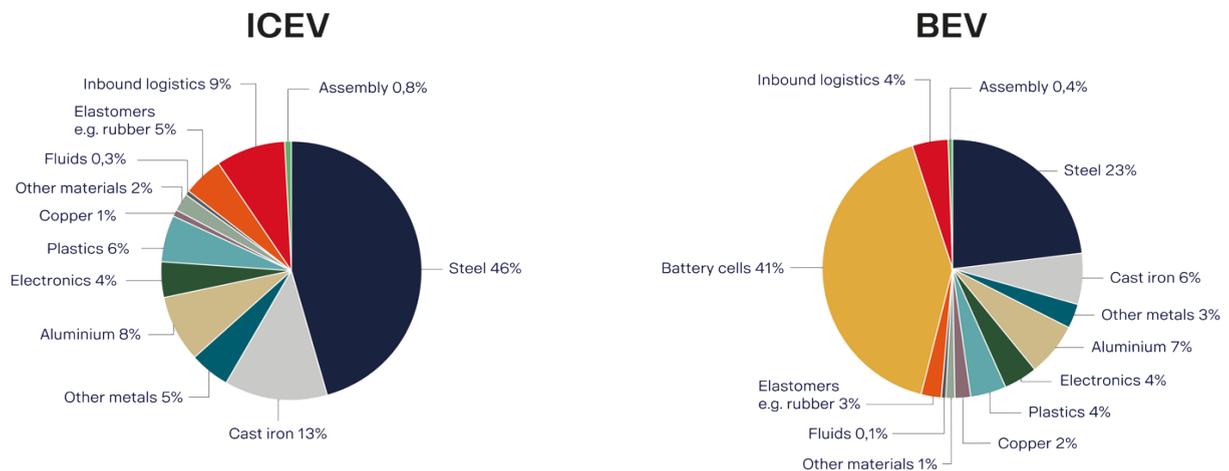


Figure 6. Émissions de GES provenant de différentes catégories de matériaux, en % des émissions totales de la phase de production.

Les points névralgiques de la phase de production des ICEV sont la production d'acier, la production de fonte et la production d'aluminium. Les mêmes matériaux sont des points névralgiques pour les BEV, mais ce qui double presque les émissions totales de GES de la production de BEV, c'est la production de cellules de batterie à forte intensité énergétique. L'impact des cellules de batterie s'élève à 74 kg CO<sub>2</sub>eq par kWh installée. La majeure partie de l'impact provient des étapes à forte intensité énergétique du processus de fabrication des sous-composants de la batterie, qui a lieu en Chine. Dans la figure 7 ci-dessous, l'impact des cathodes, par exemple, comprend toutes les étapes ultérieures, à commencer par l'extraction des matières premières, tous les processus de raffinage, le transport et l'énergie nécessaire à la production des cathodes. La dernière étape de la production des cellules de batterie, la fabrication des cellules, a lieu en Europe et est déterminée par l'impact de l'électricité et de l'énergie thermique.

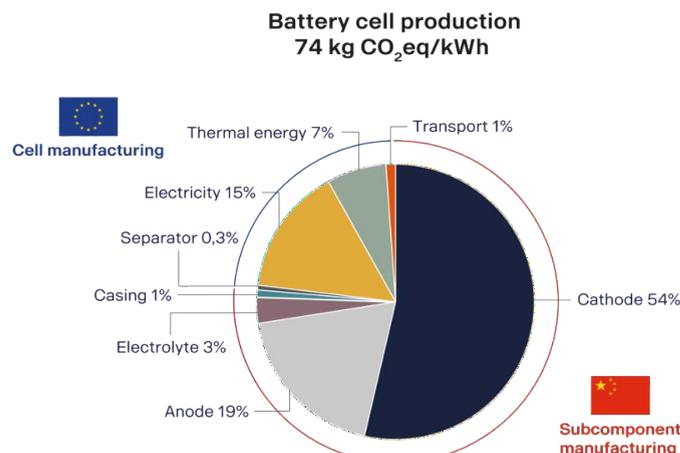


Figure 7. Émissions de GES à différentes étapes de la production des cellules de batterie, en % de la charge totale par kWh de capacité installée.



## Break-even

La production des BEV entraîne des émissions de GES plus élevées que celle des ICEV (principalement en raison de la production des cellules de batterie), mais pendant le reste de la vie du véhicule, cette dette est effacée, car les émissions cumulées de GES de la phase d'utilisation augmentent plus rapidement pour l'ICEV en raison de la combustion du diesel. Cela signifie qu'après un certain nombre de kilomètres parcourus, les émissions totales de GES atteignent un break-even. Au break-even, les émissions totales de GES sont les mêmes pour le BEV et l'ICEV. Après le break-even, les émissions de GES sur le cycle de vie sont plus faibles pour le BEV que pour l'ICEV.

La figure 8 montre les émissions totales cumulées de GES en fonction du nombre total de kilomètres parcourus. Toutes les phases du cycle de vie, à l'exception de la phase d'utilisation, sont combinées et définies comme point de départ des courbes.

Le break-even est atteint après environ 33'000 km à 68'000 km, en fonction du mix électrique.

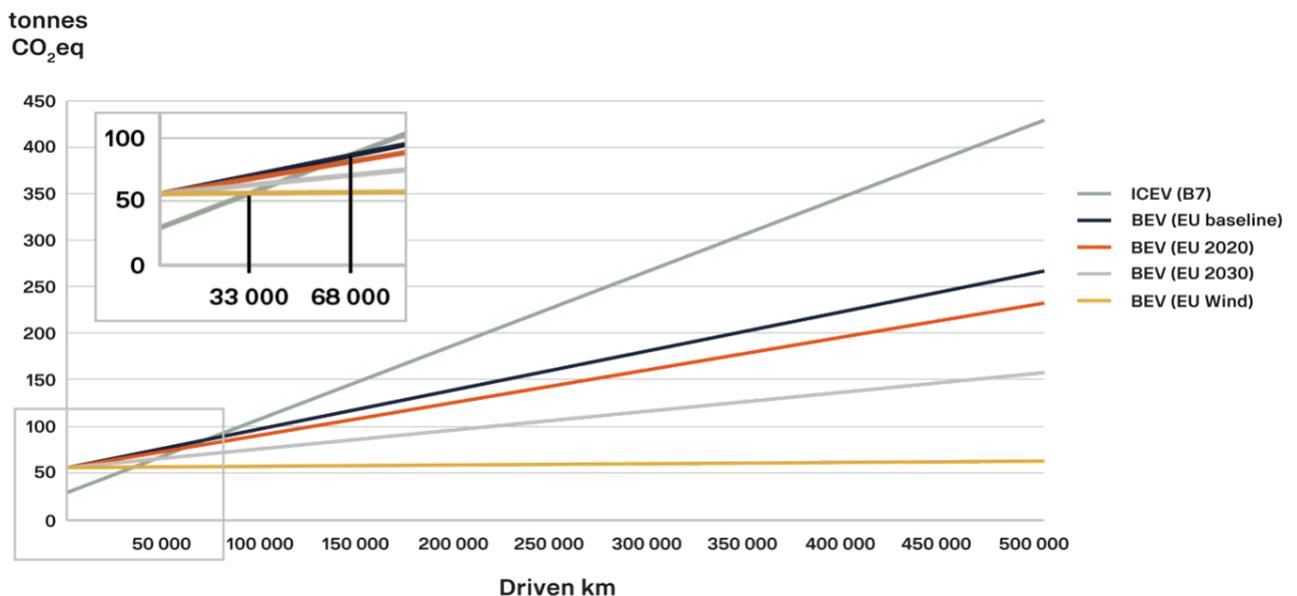


Figure 8. Break-even des GES en fonction des kilomètres parcourus. L'intensité de carbone dans le mix électrique influence le moment où le break-even est atteint.

## Autres impacts environnementaux

La figure 9 montre le rapport entre ICEV et BEV pour les autres catégories d'impact examinées dans cette étude. L'ICEV est fixé comme valeur de référence (100 %) et les valeurs du BEV sont présentées comme une réduction par rapport à l'ICEV. Aucune valeur absolue n'est présentée et aucune hypothèse ou déclaration n'est faite quant à l'importance d'une catégorie d'impact par rapport aux autres. L'intention est de montrer le potentiel de réduction pour le BEV. Il existe un potentiel de réduction important dans toutes les catégories, en particulier celles qui sont liées aux gaz d'échappement, comme c'est le cas pour les particules, le smog estival et l'acidification terrestre. Dans ces catégories, le BEV présente un potentiel de réduction élevé. La formation de particules montre les effets sur la santé humaine des aérosols primaires et secondaires, exprimés en équivalents PM<sub>2,5</sub>. Il est important de noter que seule une fraction de cette catégorie d'impact provient des PM<sub>2,5</sub> directes. Les PM<sub>2,5</sub> directes proviennent des tuyaux d'échappement (20 %), de l'abrasion des pneus et des freins (50 %) et de l'abrasion de la route (30 %). Cependant, la plupart des émissions de cette catégorie proviennent d'aérosols secondaires tels que les NO<sub>x</sub> et les NH<sub>3</sub>.

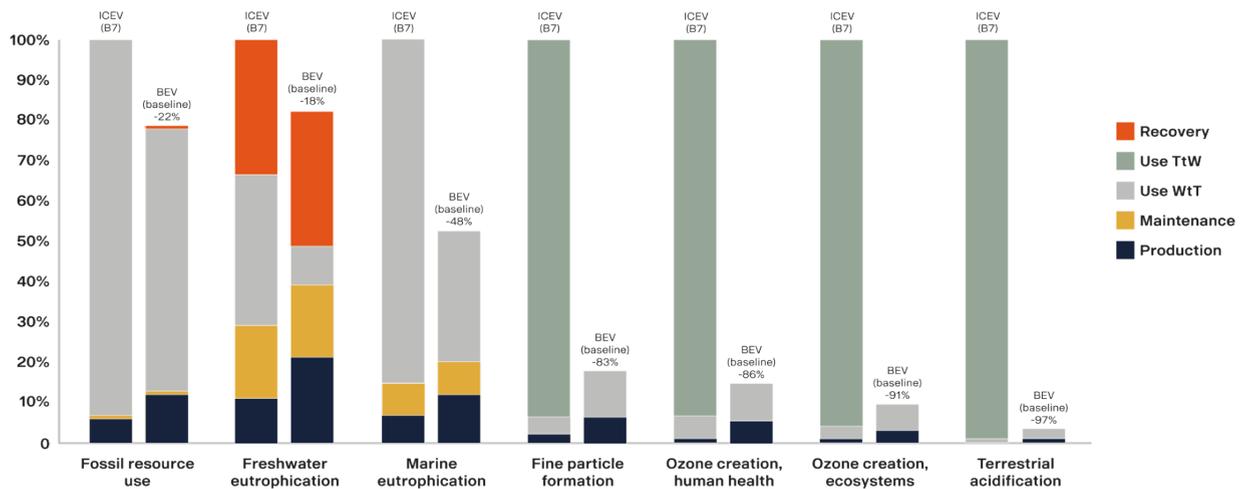


Figure 9. Potentiel de réduction des BEV pour d'autres catégories d'impact. Les valeurs de réduction du BEV sont indiquées par rapport aux émissions de l'ICEV.

Les impacts dans les catégories de l'utilisation des ressources fossiles et de l'eutrophisation marine et d'eau douce diminuent également pour le BEV par rapport au ICEV, mais pas de manière aussi spectaculaire que dans les catégories mentionnées précédemment.

Le Well-to-Tank est le principal moteur de l'exploitation des ressources fossiles et de l'eutrophisation marine,

c'est-à-dire la production de diesel pour l'ICEV et la production d'électricité pour le BEV. Avec la décarbonisation du réseau électrique, ces catégories d'impact devraient ensuite diminuer pour le BEV et la réduction par rapport au ICEV devrait augmenter.

Si l'on considère spécifiquement l'eutrophisation des eaux douces, la contribution de la phase d'utilisation (du puits au réservoir) reste la plus importante pour l'ICEV, alors qu'elle est divisée par quatre pour le BEV à combustible. Ceci est dû à l'impact plus important de la production de diesel par rapport à la production d'électricité.

Un autre point névralgique de l'eutrophisation des eaux douces est le recyclage des véhicules, avec des impacts provenant du recyclage des métaux. Comme le recyclage dans cette étude est basé sur un modèle générique, les impacts des ICEV et des BEV sont les mêmes.

Dans les catégories d'eutrophisation marine et d'eau douce, l'importance relative de la phase d'entretien est plus grande que dans les autres catégories. Les effets dans la phase d'entretien proviennent de la production des pneus qui sont changés sur les véhicules au cours de leur cycle de vie. L'importance de l'impact de l'entretien est donc la même pour les BEV et les ICEV.



# Discussion



## La tonne-km comme unité fonctionnelle

La tonne-kilomètre (tkm) est une unité fonctionnelle courante dans les études ACV du secteur des transports et convient bien lorsque l'objectif est de comparer les incidences de deux solutions possibles pour une tâche de transport. Toutefois, dans cette étude, l'objectif n'est pas seulement de comparer les deux véhicules, mais aussi de présenter de manière transparente les impacts environnementaux des produits sur l'ensemble de leur durée de vie. Dans ce cas, l'unité fonctionnelle de 1 tkm ne convient pas à l'objectif de l'étude, car les résultats ne sont pas facilement modulables en termes d'unité fonctionnelle. La mise à l'échelle n'est pas impossible, mais elle doit être effectuée avec beaucoup de précautions et chaque phase du cycle de vie doit être traitée séparément. Au lieu de 1 tkm, le kilométrage total avec une charge utile moyenne a été choisi comme unité fonctionnelle, ce qui devrait être un bon reflet d'une durée de vie complète représentative.

## Consommation d'énergie / de carburant dans la pratique

Trouver des hypothèses représentatives pour la consommation de carburant et d'énergie est une tâche difficile. Les données d'exploitation sont une source d'information très précieuse et, dans de nombreux cas, la meilleure, mais elles nécessitent un volume important pour minimiser le risque de conclusions trompeuses et les effets des valeurs aberrantes. Étant donné que le BEV dans cette étude est un tout nouveau produit, les données d'exploitation disponibles sur la consommation d'énergie sont très limitées et ne constituent donc pas une bonne source de valeurs représentatives. L'utilisation d'une approche basée sur la simulation garantit que les mêmes hypothèses sont faites pour la consommation de carburant/d'énergie supposée pour les deux véhicules. Le choix de VECTO comme outil de simulation repose sur sa transparence et sur le fait qu'il s'agit d'un outil bien connu et établi pour les calculs de carburant et d'énergie.



Les cycles de conduite VECTO pertinents pour les véhicules du secteur de la distribution sont les cycles de livraison régionale et urbaine. Afin d'obtenir des résultats aussi représentatifs que possible, les cycles de conduite standard de VECTO ont été modifiés. En utilisant les données d'exploitation d'une flotte de référence de véhicules de distribution aux spécifications similaires à celles des véhicules de cette étude, des facteurs tels que la fréquence d'arrêt, les pentes de la route et le temps d'inactivité ont été analysés. Sur la base de ces données, les cycles VECTO ont été ajustés pour mieux refléter les conditions de conduite prévues pour les véhicules de l'étude.

## **Analyse de l'impact du cycle de vie – méthodes et catégories**

Il existe deux termes clés lorsque l'on parle d'analyse de l'impact du cycle de vie: la méthodologie AICV et la catégorie d'impact.

La méthodologie AICV est une somme complète de méthodes permettant de calculer une série d'impacts (également appelés catégories d'impact). Un impact est la conséquence des émissions de l'ICV sur l'environnement, la santé humaine et la disponibilité des ressources. Il existe différentes méthodes pour calculer le même impact (catégorie). Ces calculs complexes visent à représenter de la meilleure façon possible des flux d'émissions naturels encore plus complexes. En matière d'ACV, il est important de choisir une méthodologie reconnue comme robuste et applicable par les experts du monde universitaire et de l'industrie (entre autres critères), et c'est pourquoi ReCiPe 2016 v1.1. Hierachist est choisi pour cette étude.

Il est courant d'utiliser une seule méthodologie AICV lors de la réalisation d'une ACV. Toutefois, cela signifie que certains impacts peuvent être plus ou moins prononcés, ce qui peut entraver leur communication. Idéalement, pour obtenir une transparence totale et éviter les transferts de charge, tous les impacts pertinents pour le secteur des transports devraient être évalués et communiqués. Toutefois, dans cette étude, les praticiens ont choisi d'omettre certaines catégories d'impact pour lesquelles les méthodologies sont encore en cours de développement et ne sont donc pas considérées comme matures (par exemple, l'épuisement des ressources minérales, la consommation d'eau et la toxicité).

La communication de résultats issus de méthodes immatures qui devraient évoluer considérablement pourrait, au pire, être mal informée et conduire à des conclusions erronées.

On considère que l'objectif de l'étude a été atteint en examinant huit impacts environnementaux de la plus haute importance pour l'industrie du transport et en utilisant des méthodologies actuellement matures. La méthodologie AICV et la sélection des impacts continueront à être suivies de près au fur et à mesure de l'évolution des méthodes et des impacts.



## Conclusions



Les véhicules utilitaires lourds se caractérisent généralement par un degré élevé d'utilisation, ce qui fait de la phase d'utilisation la phase du cycle de vie de loin la plus importante en termes d'impact environnemental. C'est également au niveau de cette phase que sont réalisées les améliorations majeures et radicales résultant du passage à des véhicules entièrement électrifiés. Si l'on considère le potentiel de réduction de l'impact sur le climat pour les mix électriques pronostiqués EU 2020 (46 %) et EU 2030 (63 %), et s'il est probable que le mix électrique à la fin de la vie du véhicule soit plus proche du mix EU 2030 pronostiqué, on peut en conclure qu'un BEV entrant sur le marché européen après 2020 aura une réduction des GES sur son cycle de vie de plus de 50 % par rapport à l'alternative diesel.

Cette étude montre qu'en utilisant de l'électricité verte dans la phase d'utilisation, il y a une réduction potentielle de 86 % des émissions totales de GES sur le cycle de vie du BEV. Cette réduction est obtenue malgré le fait que la production du BEV émet deux fois plus de GES que celle de l'ICEV.

Dans la phase de production, la batterie lithium-ion est un contributeur majeur. Pour les BEV de cette étude, les cellules de batterie sont responsables d'un peu plus de 40 % des émissions de GES liées à la production. Cependant, il existe un grand potentiel d'amélioration des niveaux d'émission dans la production des BEV, car l'industrie des batteries continue à se décarboniser et l'utilisation de l'électricité verte continue à augmenter.

Il est donc raisonnable de penser qu'avec une production durable de batteries et de l'électricité verte, le potentiel de réduction des GES pour le BEV est largement supérieur à 90 %.

Le BEV a une «dette de production» en termes d'émissions de GES. Cependant, une autre conséquence du taux d'utilisation élevé du véhicule utilitaire lourd est que le break-even des GES se situe tôt dans la vie du véhicule. Les calculs effectués dans le cadre de cette étude montrent que le break-even en matière de GES est atteint entre 33'000 et 68'000 km, en fonction de l'intensité en carbone du mix électrique. Cela



suggère que le BEV a le potentiel de surpasser l'ICEV en seulement un ou deux ans d'utilisation, et ce pour tous les mix d'électricité présentés.



# Liste de référence

ACEA, 2013. compatibilité des véhicules avec les nouvelles normes de carburant (E10/B7) | ACEA - European

Automobile Manufacturers Association [document WWW].

URL <https://www.acea.be/publications/article/vehicle-compatibility-with-new-fuel-standards> (consulté le 15/01/21).

Commission européenne, 2011. Règlement (UE) no 582/2011 de la Commission du 25 mai 2011 mettant en œuvre et modifiant le règlement (CE) no 595/2009 du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les émissions des véhicules utilitaires lourds (Euro VI) et modifiant les annexes I et III de la directive 2007/46/CE du Parlement européen et du Conseil Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE (2011) JO L.

Disponible à l'adresse : <http://data.europa.eu/eli/reg/2011/582/oj/eng> (consulté le 5.4.21).

Commission européenne, 2016, Réduire les émissions de CO2 des véhicules utilitaires lourds [Document WWW]. Action pour le climat - Commission européenne.

URL [https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/heavy\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/heavy_en) (consulté le 4/5/21).

Commission européenne, 2017. Règlement (UE) 2017/2400 de la Commission du 12 décembre 2017 portant application du règlement (CE) n° 595/2009 du Parlement européen et du Conseil relatif à la détermination des émissions de CO2 et de la consommation de carburant des véhicules utilitaires lourds et modifiant la directive 2007/46/CE du Parlement européen et du Conseil et le règlement (UE) n° 582/2011 de la Commission (Texte avec communiqué EEE.) (2017) JO L.

Disponible à l'adresse : <http://data.europa.eu/eli/reg/2017/2400/oj/eng> (consulté le 5.4.21.).

Hill, N., Amaral, S., Morgan-Price, S., Nokes, T., Bates, J., Helms, H., Fehrenbach, H., Biemann, K., Abdalla, N., Jöhrens, J., et Cotton, E., 2020. Determining the environmental impacts of conventional and alternative fuel vehicles through LCA. Rapport final pour la Commission européenne, DG Action pour le climat, Commission européenne.

Commission européenne, Centre commun de recherche, Institut de l'environnement et du développement durable, 2011. Guide général du manuel du système international de référence des données sur le cycle de vie (ILCD) pour l'analyse du cycle de vie : dispositions et mesures à prendre. Office des publications, Luxembourg.

Huijbregts et al, 2016. ReCiPe 2016 Une méthode harmonisée d'évaluation de l'impact du cycle de vie au niveau du point médian et du point final Rapport I : Caractérisation (n° RIVM Report 2016-0104). RIVM.

AIE, 2019. Perspectives énergétiques mondiales 2019 - Analyse [document WWW]. AIE. URL <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019> (consulté le 17/01/21).

ISO 14040, 2006. ISO 14040:2006 [Document WWW]. ISO.

URL <https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/03/74/37456.html> (consulté le 19/02/21).

ISO 14044, 2006. ISO 14044:2006 [Document WWW]. ISO.

URL <https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/03/84/38498.html> (consulté le 19/02/21).

Ntziachristos, L., Boulter, P., 2016. 1.A.3.b.vi-vii Usure des pneus et des freins sur route 2016 - . Agence européenne pour l'environnement [Document WWW].

URL <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016/part-b->



[sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-b-vi/view](#) (consulté le 19/02/21).

van Loon, P., Olsson, L., Klintbom, P., n.d. LCA Guidelines for electric vehicles [document WWW].

URL <https://www.ri.se/sites/default/files/2019-06/Bilaga%20%2C%20LCA%20Guidelines%20for%20electric%20vehicles.pdf> (consulté le 1.15.21).



# Annexe - Ensembles de données

## Phase de production (sans cellule de batterie et sans pneus)

Matériau	Pays	Nom de l'ensemble de données	Type	Origine
Acier	UE-28	Bobine d'acier Acier mondial, laminé à froid	agg	worldsteel
Acier	UE-28	Bobine d'acier worldsteel, laminée à chaud	agg	worldsteel
Acier	UE-28	Acier galvanisé	agg	worldsteel
Acier	UE-28	Fil machine worldsteel	agg	worldsteel
Acier	UE-28	Acier inoxydable (EN15804 A1-A3)	agg	worldsteel
Fonte	UE-28	Composant en fonte (automobile)	p-agg	ts
Aluminium	UE-28	Mélange de feuilles d'aluminium	agg	ts
Aluminium	UE-28	Aluminium-Massel-Mixture	agg	ts
Aluminium	UE-28	Lingots d'aluminium (AlCu4MgTi) secondaire	p-agg	ts
Magnésium	CN	Magnésium	agg	ts
Cuivre	UE-28	Mélange de fils de cuivre (Europe 2015)	agg	Interne/ECl
Zinc	FR	Mélange de zinc	agg	ts
Nickel	GLO	Composé de nickel	agg	ts
Chef de file	UE-28	Effectuer le mélange primaire et secondaire	p-agg	ILA
Praséodyme	CN	Praséodyme	agg	ts
Néodyme	CN	Néodyme	agg	ts
Étain	GLO	Étain	agg	ts
Or	GLO	Mélange d'or (primaire, cuivre et voie de recyclage)	p-agg	ts
Argent	GLO	Mélange d'argent	agg	ts
Chrome	FR	Mélange ferrochrome	agg	ts
PE	UE-28	Tuyau en polyéthylène (PE-HD)	agg	PlasticsEurope
PE	UE-28	Film de polyéthylène (PE-LD)	agg	PlasticsEurope
PE	UE-28	Granulés de polyéthylène basse densité (PE-LD)	p-agg	ELCD/plastiqueEuro pa
PE	UE-28	Granulés de polyéthylène haute densité (PE-HD)	p-agg	ELCD/plastiqueEuro pa
PP	UE-28	Fibres de polypropylène (PP)	agg	ts
PC	UE-28	Polycarbonate	agg	PlasticsEurope
PA6.6	UE-28	Fibres de polyamide 6.6 (PA 6.6)	agg	ts
PBT	FR	Mélange de granulés de polybutylène téréphtalate (PBT)	agg	ts
PET	UE-28	Fibres de polyéthylène téréphtalate (PET)	agg	ts
PVC	FR	Granulés de chlorure de polyvinyle (suspension, S-PVC) Mélange	agg	ts
ABS	UE-28	Acrylonitrile butadiène styrène (ABS)	agg	PlasticsEurope
POM	FR	Mélange de granulés de polyoxyméthylène (POM)	agg	ts
NR	FR	Caoutchouc naturel (NR)	agg	ts
EPDM	FR	Élastomère éthylène-propylène-diène (EPDM)	agg	ts
VMQ	FR	Caoutchouc de silicone (RTV-1, durcissement par l'humidité)	agg	ts
UP	FR	Résine de polyester non saturé (UP)	agg	ts
PU	FR	Mousse rigide de polyuréthane (PU)	u-so	ts
Électricité	GLO	Cartes de circuits imprimés assemblées (moyenne standard, LEAD)	agg	interne
Coton	GLO	Production textile - tissus	p-agg	CottonInc
Couleur	FR	Peinture à base d'eau (industrielle ; noire)	agg	ts
Résine	FR	Colle à base de résine époxy à 2 composants (simple)	agg	ts
Carton	UE-28	Carton ondulé sans production de papier 2015	p-agg	ts/FEFCO
Papier	UE-25	Papier graphique	agg	Euro-Graph/ELCD
Laine de verre	UE-28	Laine de verre	agg	ts
Verre	FR	Vitre de fenêtre	agg	ts
Bariumkar bonat	FR	Carbonate de baryum via sulfure de baryum et CO2	agg	ts



Calciumcarbonate	UE-28	Carbonate de calcium >63µ	agg	IMA Europe/ELCD
Lubrifiant	UE-28	Lubrifiants, en provenance de la raffinerie	agg	ts



Phosphate	GLO	Mélange de phosphates (32,4 % P2O5)	agg	ts
Perlite	UE-28	Perlite (grain 0/3) (EN15804 A1-A3)	agg	ts
R134a	FR	Tétrafluoroéthane (R134a)	agg	ts
Platine	GLO	Platinum Mix	agg	ts
Acide sulfurique	UE-28	Acide sulfurique (100% H2SO4)	agg	Engrais Europe
Eau de traitement	UE-28	Eau de traitement	agg	ts

## Phase d'utilisation

Énergie/carburant	Pays	Nom de l'ensemble de données	Type	Origine
Base de référence de l'UE	UE-28	Mix électrique	agg	ts
EU Wind	UE-28	Électricité Vent	agg	ts
Diesel	UE-28	Mélange diesel, à la station-service (100 % fossile)	agg	ts
RME	UE-28	Biodiesel de colza (RME)	agg	ts
AdBlue	FR	Urée (procédé au carbone Stami)	agg	ts
HVO	FI	Huile végétale hydrotraitée (HVO) à partir de suif de bœuf (production de sébum sans stress)	agg	ts