

ANALYSE DU CYCLE DE VIE
COMPARATIVE
NOUVELLE ZOE & CLIO V

GROUPE RENAULT

JANVIER 2021



01

OBJECTIFS ET CHAMP DE L'ETUDE

02

INVENTAIRE DE CYCLE DE VIE

03

RESULTATS DE L'ACV

04

LIMITES

05

CONCLUSION

06

RAPPORT DE REVUE CRITIQUE

07

ANNEXES



01

OBJECTIFS ET CHAMP DE L'ETUDE

Ce rapport présente les résultats de l'analyse du cycle de vie du véhicule ZOE, ainsi qu'une comparaison avec ceux de son équivalent thermique de la gamme Renault: CLIO V.

L'objectif et le champ de l'étude sont décrits dans le rapport méthodologique version 2.1 « Analyse du Cycle de Vie (ACV) des véhicules du Groupe Renault ».

UNITÉ FONCTIONNELLE ET CARACTÉRISTIQUES DES VÉHICULES

L'unité fonctionnelle utilisée dans cette étude comparative est:
« Transporter des personnes sur 150 000 kilomètres, pendant 10 ans, en respectant les normes en vigueur » (voir le chapitre 02. du Rapport Méthodologique 2.1 « Analyse du cycle de vie des véhicules du Groupe Renault »).

L'ACV comparative concerne un modèle essence pour le véhicule thermique, le carburant le plus représentatif des ventes. En effet, en 2018, les véhicules vendus en France étaient majoritairement (55%) des véhicules essence et cela s'accroît en 2019. Le véhicule comparé, ZOE, n'a pas de version thermique.

Les motorisations de chaque modèle choisies pour cette ACV comparative sont les plus vendues (ou en prévision) dans le monde lors de l'année de lancement respective des deux véhicules (2019). Les deux modèles comparés sont des véhicules fabriqués et vendus en 2019. Ils appartiennent au segment B.

Les caractéristiques des deux véhicules utilisés pour les calculs ACV sont détaillées dans le tableau suivant.

		Nouvelle ZOE (2019) ¹	CLIO V (2019) ¹
Description générale	Constructeur	RENAULT	RENAULT
	Dénomination	ZOE	CLIO
	Année de démarrage de la production	2019	2019
	Catégorie	Transport de personnes – M1	
	Segment	B	B
Spécifications mécaniques	Carburant	Electricité	Essence
	Moteur	5AQ	H4D B4
	Boîte de vitesse	RA0 - automatique	JR5 - manuelle
	Homologation émissions (70/220/CEE)	NA	EURO 6
	Consommation (WLTP) ²	18,45 kWh/100 km ³	5,45 l/100 km
Autonomie (ZOE)	Autonomie (WLTP) (km)	372	
Batterie de traction	Type et capacité utile	NMC 622; 52 kWh	
Dimensions	Longueur (mm)	4085	4047
	Largeur (mm)	1730	1728
	Hauteur (mm)	1562	1437
Emissions indirectes	Localisation utilisation	Mix électrique union européenne 28 (GABI 2016)	Union européenne Gabi EU-28: Gasoline mix (regular)
Emissions DIRECTES	CO ₂ (WLTP)	0	123 g/km
	CO (WLTP)	0	598,2 mg/km
	HC (WLTP)	0	38,3 mg/km
	NOx (WLTP)	0	17,5 mg/km
	SO ₂	0	0,802 mg/km.

¹ 2019 correspond à la date de lancement

² Moyenne véhicule low et véhicule high

³ Incluant le chargeur

Figure 1 : Tableau comparatif des caractéristiques des deux véhicules

01

OBJECTIFS ET CHAMP DE L'ETUDE

Le suivi des ZOE vendues depuis 2012 montre la similarité de l'usage d'une ZOE (électrique) et d'une CLIO essence: les kilomètres annuels parcourus sont égaux avec un écart type similaire.

Les études après-vente comptabilisent les distances parcourues par trajet. Les trajets dépassant 150 km représentent <1% des trajets pour CLIO 4 et <1% pour la version précédente de ZOE. L'utilisation d'une ZOE est comparable à au moins 99% à l'usage d'une CLIO essence.

Les deux véhicules sont différents (aspect, technologie..) néanmoins leur fonction et leur usage sont comparables.

Le roulage de la ZOE est calculé avec un mix électrique européen (source Gabi- UE 28 2016).

Une analyse de sensibilité est faite avec le mix électrique français sur les impacts analysés (source Gabi- UE 28 2016), et une analyse de sensibilité complète l'analyse avec les données d'émissions indirectes de l'électricité pour les premiers pays de vente de ZOE (source mix électrique IEA 2018-données 2016) sur le paramètre réchauffement climatique.

Seule la fonction de transport de personnes est considérée dans l'étude. Les vies ultérieures des batteries sont traitées par une allocation qui est décrite dans le paragraphe sur la fin de vie de l'inventaire du cycle de vie (chapitre 2).



02

INVENTAIRE DE CYCLE DE VIE

COMPOSITION MATIERES

Le tableau suivant (figure 3) présente les compositions matières, en pourcentage de masse, de Nouvelle ZOE et CLIO V.

	NOUVELLE ZOE	CLIO V
METAUX	59%	74%
BATTERIE DE TRACTION	22%	
POLYMERES	9%	14%
PIECES (PNEUS, BATTERIE...)	4%	5%
MINERAUX	2%	3%
ELASTOMERES	2%	1%
AUTRES (ADHESIF, PEINTURE,...)	2%	3%

Figure 3 : Tableau comparatif de la composition matières et pièces de CLIO V et Nouvelle ZOE

La composition matière des deux type de véhicules (hors batterie de traction) est similaire. Néanmoins CLIO V a 2% de moins de métal et 5% de plus de polymères que ZOE, lorsque la batterie est soustraite. La batterie de traction de 52 KWh de ZOE représente 22% de la masse du véhicule.

USINES

Le véhicule électrique ZOE est assemblé dans l'usine de Flins en France, la CLIO V est assemblée dans l'usine de Bursa en Turquie. Les moteurs et boîtes de vitesse sont produits dans des usines différentes. (figure 4).

	NOUVELLE ZOE	CLIO V
USINE DE CARROSSERIE - MONTAGE POUR L'ASSEMBLAGE DU VEHICULE	FLINS (FRANCE)	BURSA (TURQUIE)
USINE DE MECANIQUE POUR LE MOTEUR	CLEON (FRANCE)	VALLADOLID (ESPAGNE)
USINE D'ASSEMBLAGE POUR LA BATTERIE	FLINS (FRANCE)	NA
USINE DE MECANIQUE POUR LA BOITE VITESSE	CLEON (FRANCE)	BURSA (TURQUIE)

Figure 4 : Tableau comparatif des usines de production

ASSEMBLAGE BATTERIE

Les cellules de la batterie sont produites en Corée ou en Pologne, les modules sont fabriqués en Pologne et sont assemblés en France dans l'usine Renault de Flins. Pour le calcul, le mix électrique Polonais a été utilisé pour la fabrication des cellules et des modules et le mix français pour l'assemblage des modules.

02 INVENTAIRE DU CYCLE DE VIE

USAGE

Les données utilisées pour la partie roulage des véhicules proviennent de l'homologation des véhicules sur le cycle WLTP¹. Les valeurs sont présentées en figure 1.

Pour le véhicule électrique, le rendement du chargeur est inclus dans la consommation de ZOE.

FIN DE VIE DES VEHICULES

En fin de vie, le recyclage, le réemploi et la valorisation énergétique génèrent des bénéfices d'impacts.

Pour l'évaluation de ces bénéfices d'impacts, les pièces peuvent suivre deux voies:

- La première correspond aux pièces démontées et réutilisées, la méthode des impacts évités est alors utilisée (observatoire VHU Ademe).
- Pour le reste, on applique la méthode définie par la commission Européenne CFF² à partir des informations compilées par l'Ademe (observatoire des VHU).

Les paramètres de la CFF sont définis pour chaque famille de matériaux. Les paramètres A et B (=0) sont issus des recommandations de l'UE. Le paramètre R1 (matière recyclée) est issu de nos experts matériaux. Les paramètres R2 (matière recyclable) et R3 (récupération d'énergie) sont issues du rapport annuel de l'Observatoire des VHU (ADEME mars 2019). Les paramètres de qualité sont fixés à 1.

SECONDE VIE DES BATTERIES

Après son utilisation dans le véhicule, la batterie de traction peut assurer d'autres usages au-delà de la mobilité. L'affectation des impacts de sa production et de sa fin de vie à chaque usage est réalisée selon la méthode d'allocation par fonctionnalité intégrée, suivant les paramètres suivants :

- Le *State of health*¹ (SOH) moyen au cours de l'usage considéré : il caractérise la fréquence avec laquelle il est nécessaire de recharger la batterie pour un service équivalent.
- La quantité totale d'énergie restituable en MWh. Pour la phase d'usage automobile, l'énergie restituée est évaluée à 30 MWh pour 150 000km parcourus.
- Un facteur supplémentaire qui intègre les incertitudes liées aux prévisions de dégradation des batteries après leur utilisation dans le véhicule, le recul actuel n'étant pas suffisant pour des statistiques précises : l'allocation à la seconde vie est minorée de 40% entre 30 et 57 MWh, et de 80% au-delà de 57 MWh en raison des incertitudes, 57 MWh correspondant à l'atteinte d'un SOH de 75%, seuil minimal considéré pour un usage automobile.

Le facteur de Fonctionnalité Intégrée est évalué à 61,3% pour la première vie de la batterie 52 KWh de nouvelle ZOE.

¹ Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure (WLTP)

² Circular Footprint Formula

¹State of health : "état de santé" de la batterie, c'est à dire sa capacité de charge réelle par rapport à sa capacité de charge initiale.

02 INVENTAIRE DU CYCLE DE VIE

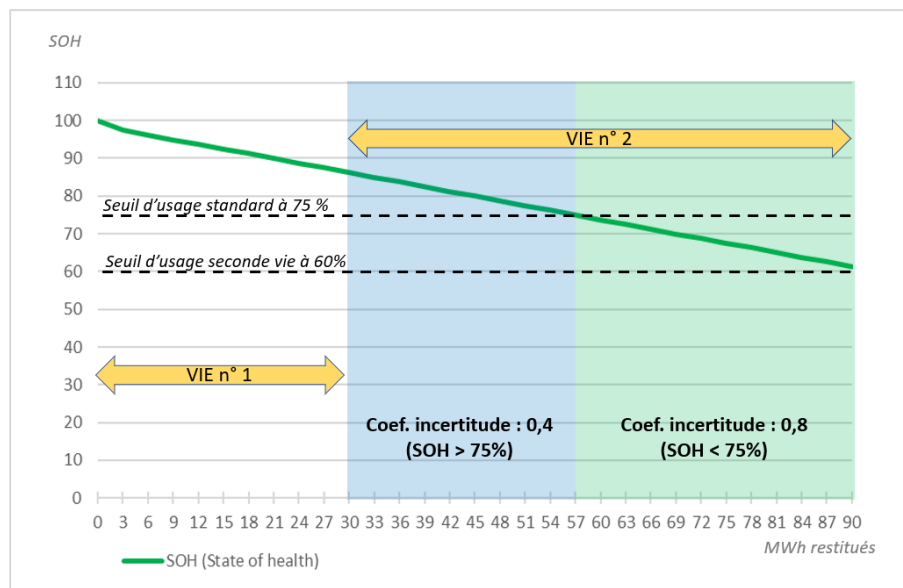


Figure 5 : Courbe de vieillissement d'une batterie Nouvelle ZOE

L'ACV de la batterie de la nouvelle ZOE est calculée en prenant en considération le facteur de 61,3% affecté à l'ensemble des impacts de production, logistique, remanufacturing et fin de vie des usages successifs. Une analyse de sensibilité comparera les impacts avec et sans seconde vie de la batterie.

Renault est partenaire d'un nombre important d'études ou d'expérimentations d'utilisation de batteries de véhicules électriques pour des usages stationnaires de seconde vie, par exemple, Elsa (avec Bouygues) et Porto Santo et pour l'instant, la demande est supérieure à l'offre de batteries en fin de vie.



03

RESULTATS DE L'ACV

COMPARAISON ENTRE NOUVELLE ZOE ET CLIO V

RESULTATS BRUTS

Les résultats des calculs sont présentés dans le tableau suivant, pour Nouvelle ZOE et CLIO V.

	NOUVELLE ZOE (UE)	CLIO V
RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE (KG CO2 EQ.)	19 823	27 537
EPUISEMENT DES RESSOURCES FOSSILES (MJ)	218 072	358 617
EPUISEMENT DES RESSOURCES MINERALES (KG SB EQ.)	0,28	0,18
EUTROPHISATION (KG PHOSPHATE EQ.)	6,02	5,34
ACIDIFICATION (KG SO2 EQ.)	66,35	38,75
CREATION D'OZONE PHOTOCHIMIQUE (KG ETHENE EQ.)	4,58	9,63

Figure 6 : Tableau des résultats ACV brut CLIO V et Nouvelle ZOE

Afin d'interpréter ces résultats, une comparaison par normation est réalisée.



CLIO V



ZOE

COMPARAISON PAR NORMATION

La normation permet de mesurer la contribution relative du véhicule étudié par rapport aux impacts environnementaux de l'ensemble des citoyens européens pour une année de référence, et ainsi de hiérarchiser leur « importance » relative.

La normation est le rapport de chaque flux généré par le cycle de vie du véhicule, et de sa valeur référence. La valeur référence prise pour chaque flux est celle de la zone Europe (UE 28) pour l'année (2016) pour les indicateurs de la méthode de caractérisation CML 2001¹.

L'histogramme suivant représente les résultats normés, pour 1 an du cycle de vie de ZOE et CLIO V pour les 6 impacts sélectionnés (rapport méthodologique V2.1) et pour un citoyen européen (EU28, en 2016). Il ne reflète pas les émissions du secteur automobile en Europe, le taux de possession moyen d'un véhicule étant de 0,5 véhicule par habitant.

Une analyse de sensibilité est proposée en annexe avec une normation par la méthode du JRC² (2017). Celle-ci prend en référence l'impact d'un habitant moyen dans le monde entier.

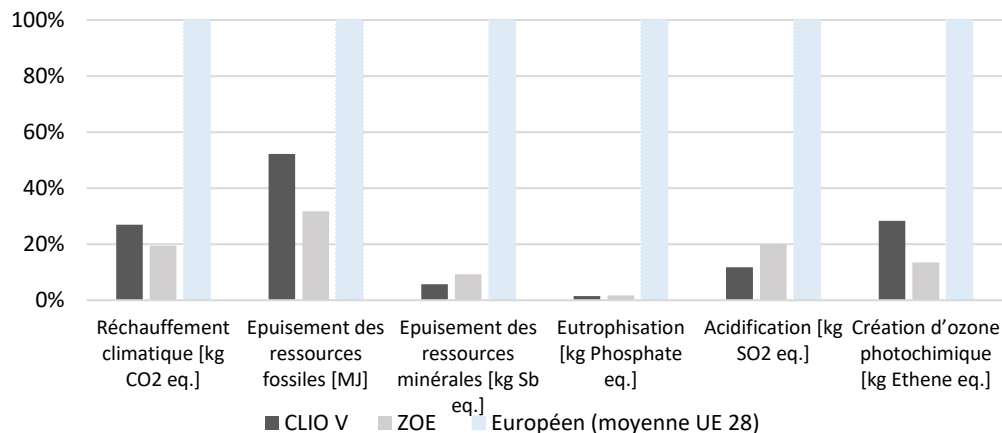


Figure 7 : Résultats normalisés Nouvelle ZOE et CLIO V – Méthode CML

¹ CML méthode développée par l'Institut des sciences environnementales- Université de Leiden, Pays-Bas

² JRC - Global normalisation factors for the Environmental Footprint and Life Cycle Assessment 2017

Cet histogramme permet de constater que la contribution des deux véhicules à l'épuisement des ressources minérales (6% pour CLIO et 9% pour ZOE) et à l'eutrophisation (1% pour CLIO et 2% pour ZOE) est négligeable par rapport à leur contribution aux autres impacts étudiés, par rapport à l'impact annuel d'un citoyen européen en 2016.

CLIO contribue de manière plus significative à l'épuisement des ressources fossiles (52% pour CLIO et 32% pour ZOE), essentiellement par la consommation de carburant au cours de sa phase d'usage.

La contribution au réchauffement climatique est également une différence notable entre les deux technologies (27% pour CLIO et 19% pour ZOE), et elle est due majoritairement aux émissions de CO₂ lors de la phase d'utilisation (directes pour le véhicule thermique, indirectes pour le véhicule électrique).

C'est pourquoi la réduction de la consommation de carburant et des émissions de CO₂ lors de la phase d'usage font partie des enjeux fondamentaux de la recherche et de l'ingénierie du groupe Renault sur les véhicules thermiques.

ZOE présente un avantage important par rapport à CLIO sur le réchauffement climatique (-28 % pour une utilisation en Europe).

L'analyse de sensibilité sur la normation (données du JRC- habitant monde) donne des résultats très différents pour l'impact épuisement des ressources minérales (28% pour CLIO et 50% pour ZOE). C'est un indicateur dont la robustesse est discutée (JRC), mais il reste néanmoins présenté dans la suite du rapport.

Au vu des résultats de ces 2 normations, l'indicateur eutrophisation, moins pertinent, n'est pas présenté dans la suite du rapport.

03 RESULTATS DE L'ACV

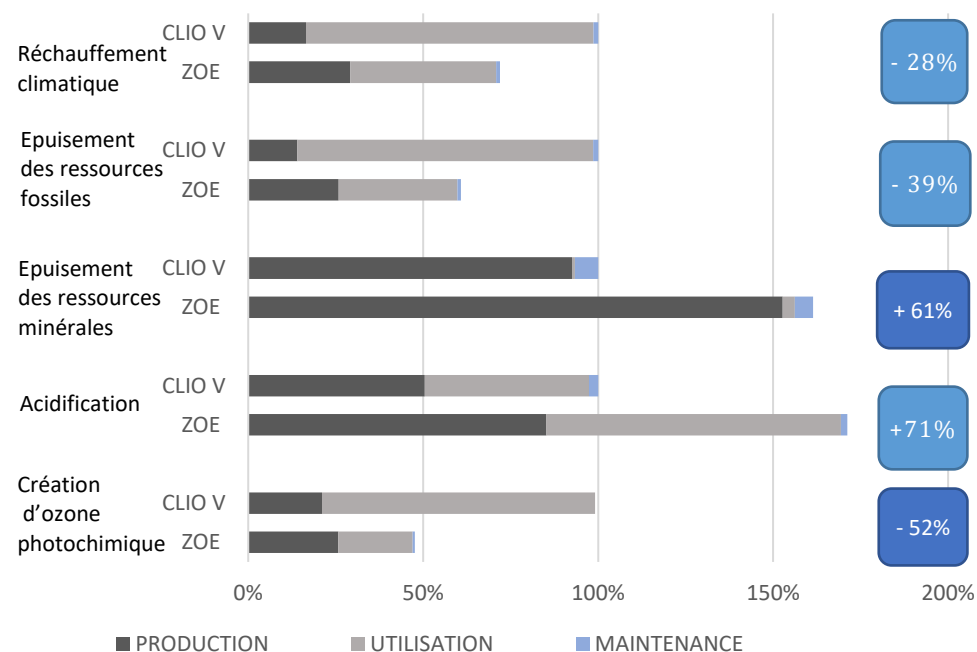
COMPARAISON PAR INDICATEUR D'IMPACT

L'histogramme suivant représente les résultats comparatifs entre ZOE et CLIO V pour les 5 indicateurs d'impacts analysés :

- Réchauffement climatique
- Epuisement des ressources fossiles
- Epuisement des ressources minérales
- Acidification
- Création d'ozone photochimique

Il s'agit des indicateurs d'impacts calculés avec la méthode de caractérisation CML 2001, dans sa version de janvier 2016. Cet histogramme permet également d'observer les évolutions des indicateurs pour chaque étape du cycle de vie entre ZOE et CLIO V. Les bénéfices de fin de vie sont pris en compte dans la phase production.

ZOE a une empreinte environnementale moindre par rapport à CLIO pour 3 des 5 impacts, présentant une baisse comprise entre 28 et 52%. ZOE augmente les impacts acidification et épuisement des ressources minérales de 71% et 61% par rapport à CLIO.



RESULTATS DE L'ACV NOUVELLE ZOE ET CLIO V

CYCLE DE VIE COMPLET

Le tableau figure 9 rassemble les résultats pour les 5 indicateurs d'impacts analysés, et pour chacune des étapes du cycle de vie :

- La production inclut l'extraction des matières premières et leur transformation, la fabrication des pièces et l'assemblage du véhicule. La production prend également en compte la logistique depuis le fournisseur rang 1 jusqu'au client final.
- L'utilisation prend en compte le nombre de kilomètres parcourus par le véhicule (défini par l'unité fonctionnelle) et la production de carburant pour le véhicule thermique ou la production d'électricité (mix européen moyen) pour le véhicule électrique, comprenant l'extraction de matière première, sa transformation, son transport et le transport d'électricité.
- La maintenance comprend la fabrication des pièces de rechange et des fluides utilisés au cours de la vie du véhicule.
- La fin de vie inclut les process de démontage, de réemploi, de recyclage, de valorisation énergétique et d'élimination des différentes pièces du véhicule. La fin de vie implique des émissions et des bénéfices (gains matières et énergie), d'où les valeurs négatives pour chacun des impacts.

Figure 9 : Tableau de résultats des 5 impacts retenus pour le cycle de vie complet de ZOE et CLIO V

RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE [KG CO2 EQ.]	NOUVELLE ZOE		CLIO V	
	VALEUR	% CYCLE DE VIE	VALEUR	% CYCLE DE VIE
PRODUCTION MATIERES (Y COMPRIS LOGISTIQUE ET MANUFACTURING)	9 267	47%	5 713	21%
PRODUCTION CARBURANT OU ELECTRICITE	11 500	58%	4 120	15%
UTILISATION & MAINTENANCE	308	2%	18 861	68%
FIN DE VIE	-1 251	-6%	-1 157	-4%
EPUISEMENT DES RESSOURCES FOSSILES [MJ]	NOUVELLE ZOE		CLIO V	
	VALEUR	% CYCLE DE VIE	VALEUR	% CYCLE DE VIE
PRODUCTION MATIERES (Y COMPRIS LOGISTIQUE ET MANUFACTURING)	107 278	49%	66 293	18%
PRODUCTION CARBURANT OU ELECTRICITE	122 000	56%	303 000	84%
UTILISATION & MAINTENANCE	3 568	2%	5 228	1%
FIN DE VIE	-14 773	-7%	-15 905	-4%
EPUISEMENT DES RESSOURCES MINERALES [KG SB EQUIVALENT]	NOUVELLE ZOE		CLIO V	
	VALEUR	% CYCLE DE VIE	VALEUR	% CYCLE DE VIE
PRODUCTION MATIERES (Y COMPRIS LOGISTIQUE ET MANUFACTURING)	0,44	154%	0,24	138%
PRODUCTION CARBURANT OU ELECTRICITE	0,01	2%	0,001	1%
UTILISATION & MAINTENANCE	0,01	3%	0,01	7%
FIN DE VIE	-0,17	-60%	-0,08	-46%
ACIDIFICATION [KG SO2 EQ.]	NOUVELLE ZOE		CLIO V	
	VALEUR	% CYCLE DE VIE	VALEUR	% CYCLE DE VIE
PRODUCTION MATIERES (Y COMPRIS LOGISTIQUE ET MANUFACTURING)	46,53	70%	26,21	68%
PRODUCTION CARBURANT OU ELECTRICITE	32,60	49%	16,70	43%
UTILISATION & MAINTENANCE	0,73	1%	2,49	6%
FIN DE VIE	-13,51	-20%	-6,66	-17%
CREATION D'OZONE PHOTOCHIMIQUE [KG ETHENE EQ.]	NOUVELLE ZOE		CLIO V	
	VALEUR	% CYCLE DE VIE	VALEUR	% CYCLE DE VIE
PRODUCTION MATIERES (Y COMPRIS LOGISTIQUE ET MANUFACTURING)	3,18	69%	2,43	25%
PRODUCTION CARBURANT OU ELECTRICITE	2,04	45%	4,14	43%
UTILISATION & MAINTENANCE	0,06	1%	3,46	36%
FIN DE VIE	-0,69	-15%	-0,40	-4%

03 RESULTATS DE L'ACV

Les histogrammes suivants présentent la répartition des impacts des deux véhicules selon les étapes du cycle de vie.

Pour les deux technologies, la principale contribution vient de la phase d'utilisation pour les impacts réchauffement climatique et épuisement des ressources fossiles.

Pour les impacts acidification et épuisement des ressources minérales, la principale contribution provient de la phase de production.

L'indicateur création d'ozone photochimique résulte principalement d'une réaction entre les rayons du soleil et les NOx ainsi que les composés volatiles organiques (COV). Le véhicule électrique est avantagé grâce au mix électrique européen par rapport au véhicule thermique en phase d'utilisation.

Les résultats des autres impacts analysés sont disponibles en annexe.



ZOE -Réchauffement climatique [kg CO2 eq.]

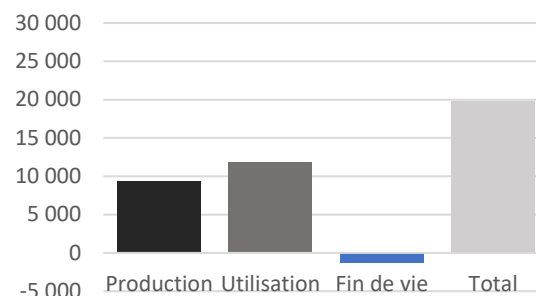


Figure 10 : Impact réchauffement climatique pour le cycle de vie complet de ZOE

CLIO -Réchauffement climatique [kg CO2 eq.]

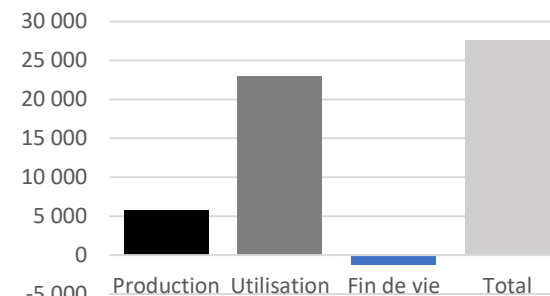


Figure 11 : Impact réchauffement climatique pour le cycle de vie complet de CLIO

ZOE- Epuisement des ressources minérales [Kg Sb équivalent]

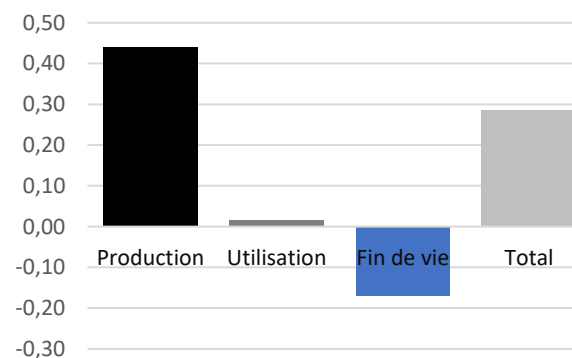


Figure 12 : Impact épuisement des ressources minérales pour le cycle de vie complet de ZOE

CLIO- Epuisement des ressources minérales [Kg Sb équivalent]

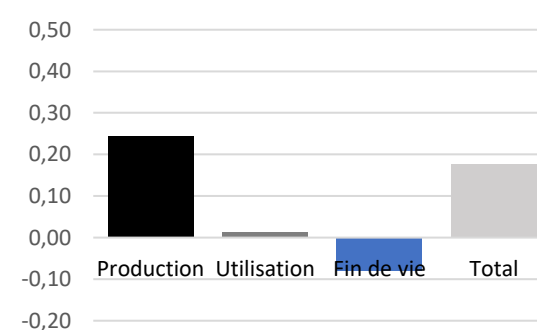


Figure 13 : Impact épuisement des ressources minérales pour le cycle de vie complet de CLIO

RESULTATS PAR PHASE DU CYCLE DE VIE

Production du véhicule

Les diagrammes de Pareto suivants (figures 14, 15, 16 et 17) représentent la contribution de chaque pièce ou groupe de pièces pour les indicateurs d'impact réchauffement climatique et acidification. Ils permettent d'identifier les 20% de matières du véhicule qui sont responsables de 80% de l'impact étudié.

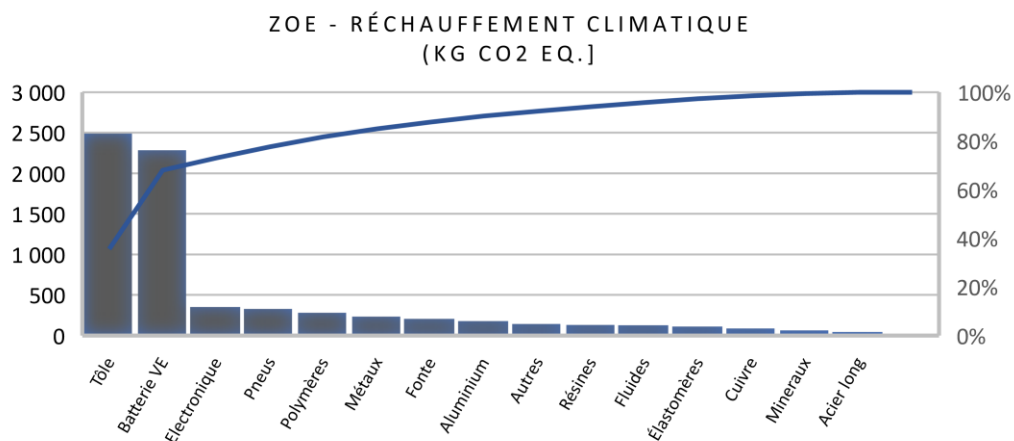


Figure 14 : Diagramme de Pareto pour l'impact réchauffement climatique de la production de ZOE

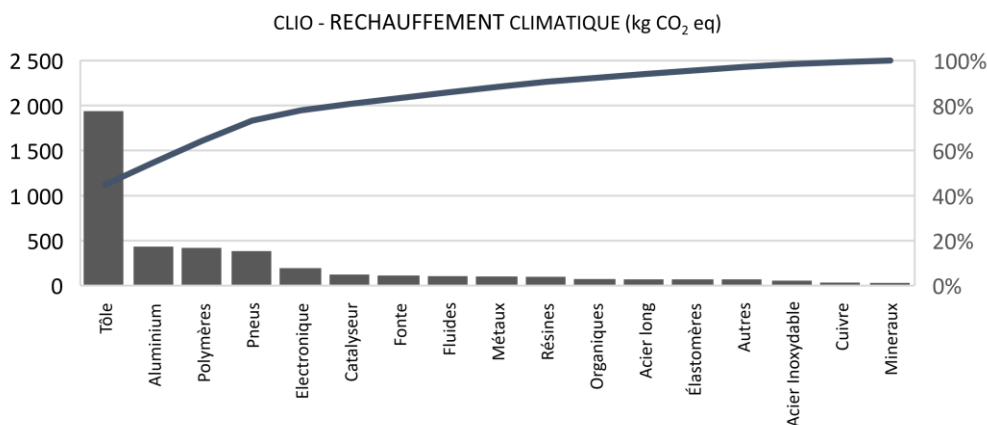


Figure 15 : Diagramme de Pareto pour l'impact réchauffement climatique de la production de CLIO

En dehors de la batterie du véhicule électrique, quel que soit l'impact considéré, la tôle, l'acier long ou l'aluminium sont les plus gros contributeurs car les métaux représentent plus de 70% de la masse totale du véhicule (hors batterie).

Pour les impacts création d'ozone photochimique, acidification et épuisement des ressources minérales, la batterie de traction du véhicule électrique est le premier contributeur.

Selon les impacts considérés, ce sont ensuite les pneus (en intégrant les pneus de rechange changés lors de l'utilisation du véhicule) et l'électronique qui interviennent en tant que contributeurs principaux pour ZOE.

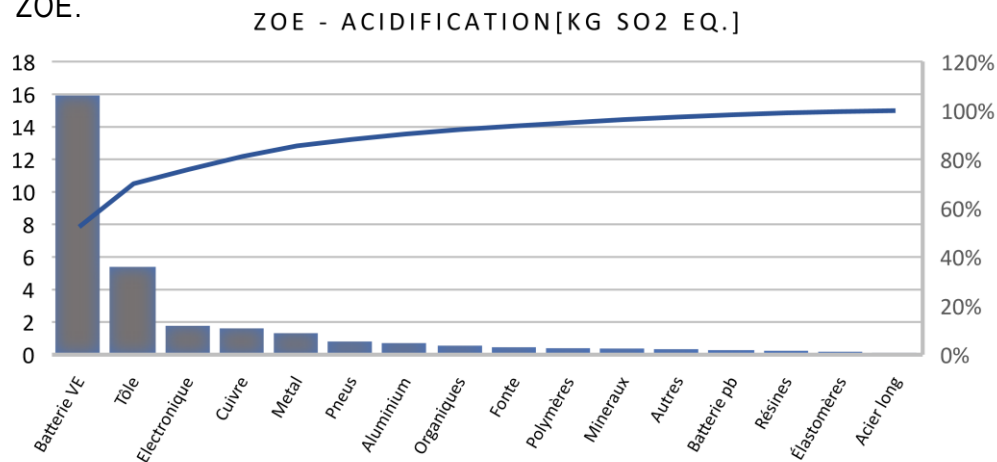


Figure 16 : Diagramme de Pareto pour l'impact acidification de la production de ZOE

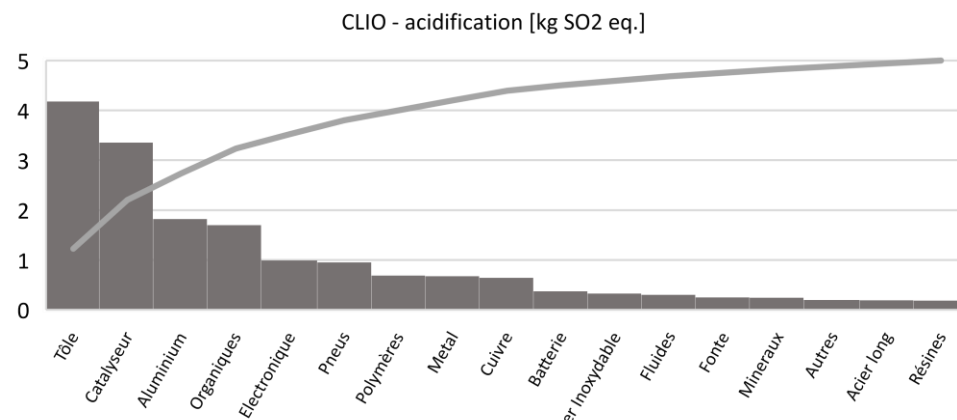


Figure 17 : Diagramme de Pareto pour l'impact acidification de la production de CLIO

03 RESULTATS DE L'ACV

ZOE est composée de 22,5 kg de matières synthétiques recyclées. Quatre des pièces qui composent la partie basse du tableau de bord sont réalisées à partir de matières plastiques recyclées, habituellement cantonnées aux parties non visibles de la voiture. Au total, 17,5 kg de plastique injecté est issu du recyclage, ce qui permet d'éviter l'utilisation de matière vierge. Ces pièces en plastique recyclé sont réparties dans de nombreuses zones de la ZOE : 5 kg de polymère recyclé est aussi intégré dans le textile et les fibres non tissées.

Par ailleurs, sur la finition ZEN, ZOE inaugure une nouvelle sellerie avec un tissu issu à 100 % du recyclage. Ce fil est obtenu à partir de rebuts de fabrication des ceintures de sécurité et de déchets plastique (PET). Son approvisionnement et sa fabrication en boucle courte, conformes aux principes de l'économie circulaire, réduisent de plus de 60 % les émissions de CO₂ associées par rapport au tissu en matière vierge.

De son côté CLIO V dispose de 16 kg de plastique recyclé.

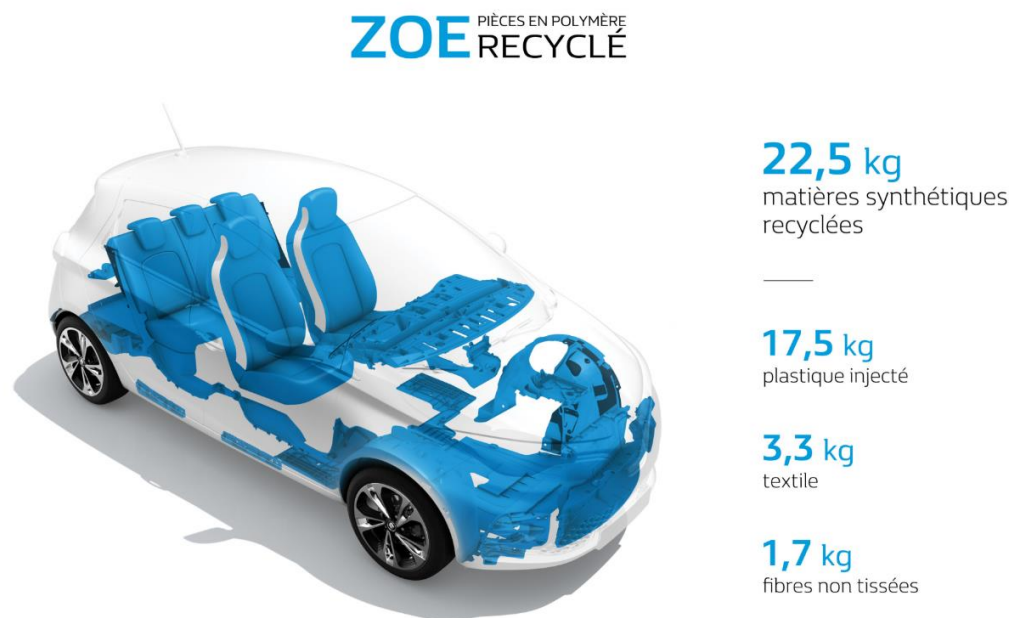


Figure 18 : Représentation des pièces en polymère recyclé de ZOE finition ZEN vue de dessus

03 RESULTATS DE L'ACV

La batterie 52KWh représente 28% de l'impact de la production de ZOE sur le réchauffement climatique et contribue entre 10 et 48% des autres impacts. Sa contribution sur le cycle global est illustrée ci-contre figure 19.

Sur l'ensemble du cycle de vie, la batterie représente entre 10 et 24 % des impacts pour une utilisation en Europe en 2019.

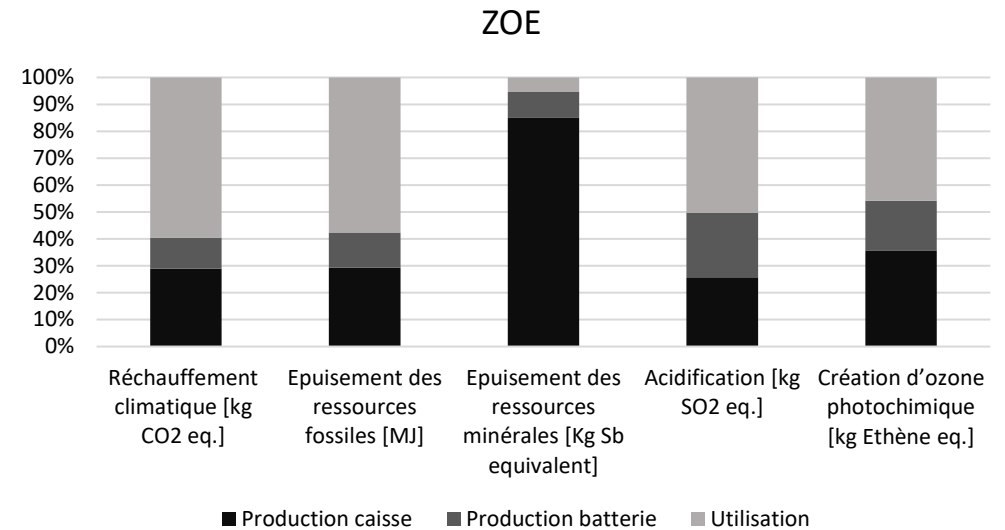
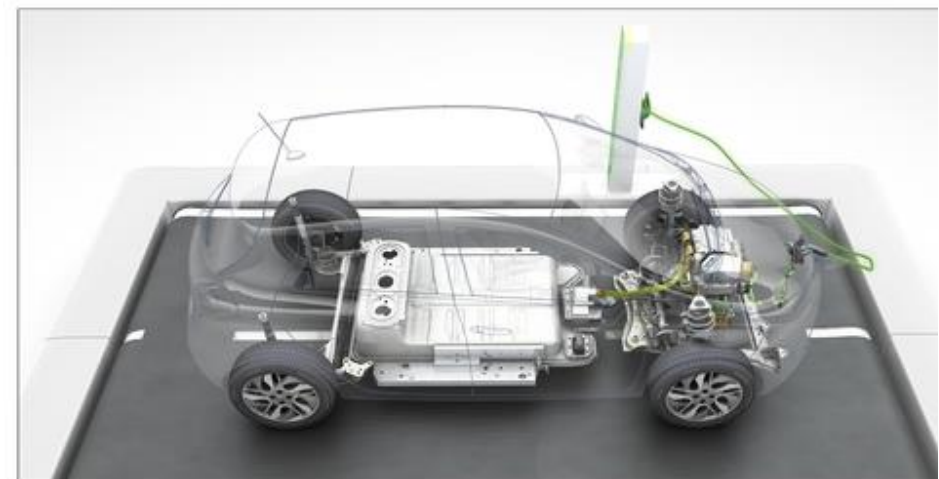


Figure 19: Impact de la batterie sur le cycle de vie pour les 5 impacts



CHARGE DE LA BATTERIE DE ZOE

DRIVE THE CHANGE

03 RESULTATS DE L'ACV

Utilisation du véhicule

Les histogrammes suivants (figure 15 et 16) présentent la contribution des différentes phases d'utilisation: production de carburant ou d'électricité (Well To Tank), phase de roulage (Tank To Wheel) et maintenance aux 5 impacts environnementaux.

Pour CLIO, la production de carburant (well to tank) est le principal contributeur pour les indicateurs épuisement des ressources fossiles, acidification et création d'ozone photochimique.

Les émissions de gaz à effet de serre (impact réchauffement climatique) sont émises à 80% lors du roulage du véhicule (tank to wheel).

La phase de mise à la route du véhicule (well to tank + tank to wheel) représente plus de 95% des impacts de la phase d'utilisation, la maintenance ayant un faible impact.

L'impact épuisement des ressources minérales en phase maintenance est lié au changement de la batterie de démarrage.

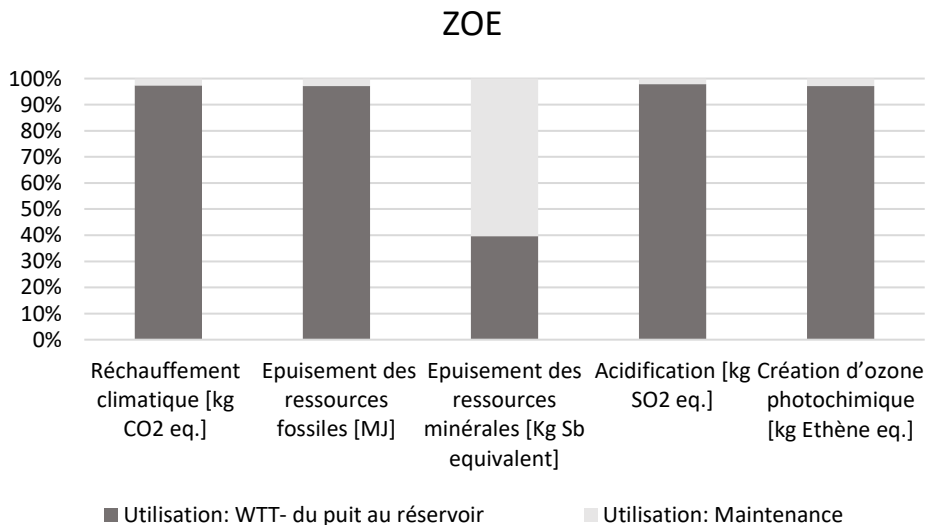


Figure 20 : Diagramme de contribution de la phase d'utilisation aux impacts pour ZOE

Le véhicule électrique n'ayant pas d'émissions liées à la consommation de carburant, l'origine des impacts se concentre sur la fabrication et le transport d'électricité.

Le mix électrique utilisé lors de la phase d'utilisation (roulage) est le contributeur principal de ses impacts.

Le graphique (figure 17) page suivante illustre la différence d'impacts entre une utilisation avec un mix européen (UE 28) et un mix décarboné français.

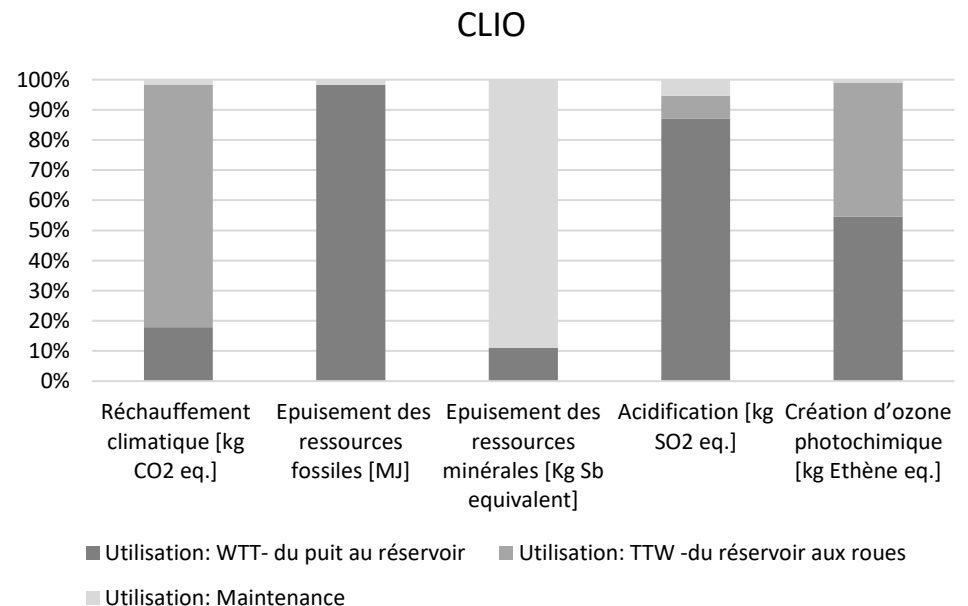


Figure 21 : Diagramme de contribution de la phase d'utilisation aux impacts pour CLIO

03 RESULTATS DE L'ACV

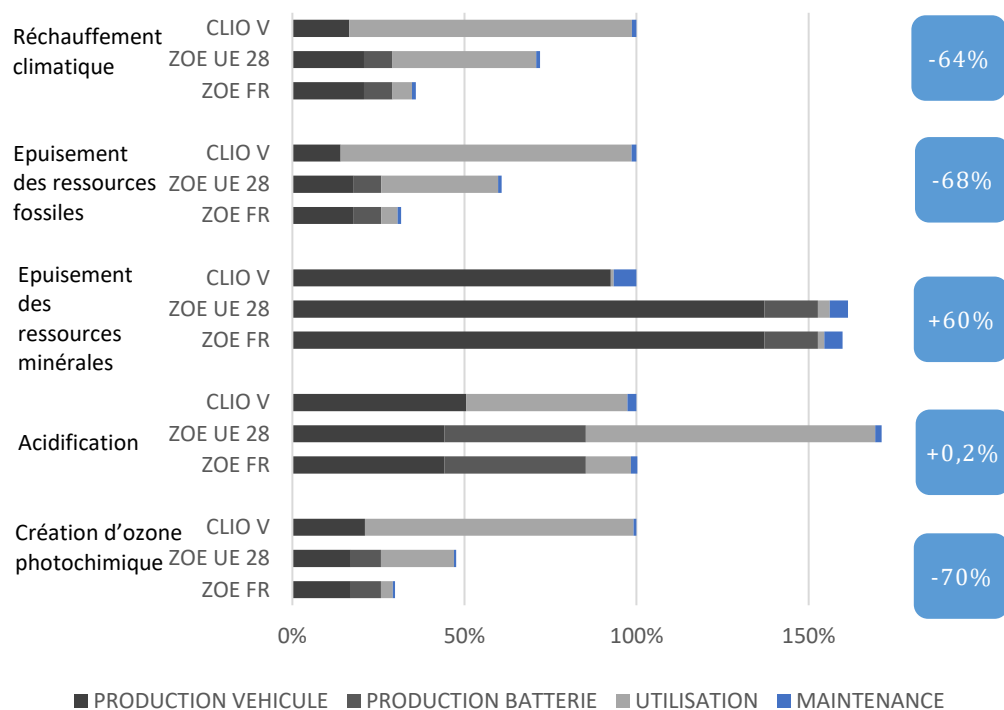


Figure 22 : Résultats comparatifs avec mix électrique Européen et Français pour l'utilisation de ZOE

Pour une utilisation en France, grâce à l'électricité décarbonée, l'empreinte environnementale du véhicule électrique est réduite de 64 à 70% par rapport à son équivalent thermique sur 3 impacts environnementaux. L'impact épuisement des ressources minérales augmente de 60% par rapport à son équivalent thermique et est équivalent (0,2%) pour l'impact acidification.

En comparant les phases utilisation de ZOE, les 5 impacts sont réduits entre 47 et 87% en France par rapport à une utilisation Européenne.

Le schéma suivant (figure 23) présente l'empreinte carbone comparée entre CLIO et ZOE dans ses 20 premiers pays de vente et avec le mix électrique pondéré de ses ventes. Par ailleurs, afin d'illustrer la performance de CLIO, un véhicule moyen vendu en Europe est représenté (production CLIO + émissions CO₂ moyenne UE 2018, source AAA).

Les états se sont engagés à décarboner leurs mix électriques afin de respecter les engagements pris lors de la cop 21 (-30% en UE sur 10 ans (2017-2027) IEA- New Policy scenario). L'impact de la ZOE sur ses 10 ans d'utilisation bénéficiera du développement des énergies renouvelables et son empreinte environnementale sera inférieure à celle présentée dans cette ACV (-19,4% pour une utilisation en 2025).

Sensibilité du mix électrique pays sur le cycle de vie

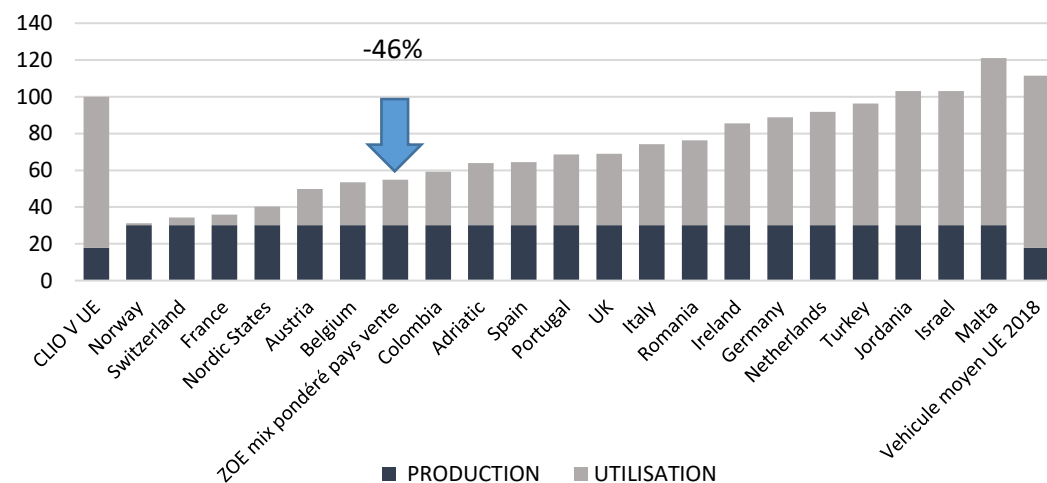


Figure 23 : Empreinte carbone comparée sur les 20 premiers pays de vente de ZOE et comparaison avec un véhicule moyen européen (émissions lors de l'utilisation)

03 RESULTATS DE L'ACV

Production du véhicule et Fin de Vie

Les opérations mises en place en fin de vie du véhicule (recyclage, réutilisation et valorisation) permettent de réduire les impacts de ZOE sur la phase production, de :

- 14% les impacts réchauffement climatique et épuisement des ressources fossiles,
- 29% l'impact acidification,
- 39% l'impact épuisement des ressources naturelles,
- 22% l'impact création d'ozone photochimique.

La durée de vie des batteries et leur utilisation prolongée (en stationnaire, pour stocker de l'énergie renouvelable par exemple) permet de réduire les impacts de la batterie affectés au véhicule électrique.

L'étude de sensibilité résumée par le graphique ci-dessous permet d'évaluer les gains permis par cette seconde vie sur les différents impacts.

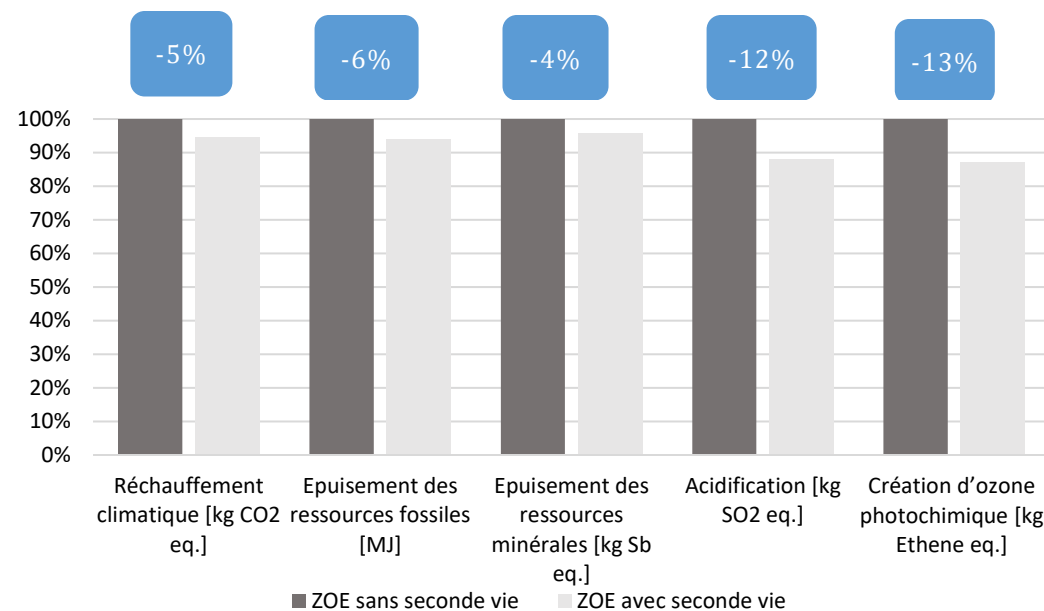


Figure 24 : Analyse de sensibilité sur l'influence de la seconde vie de la batterie sur les résultats

La seconde vie de la batterie du véhicule électrique permet de réduire entre 4 et 13% les impacts environnementaux du véhicule électrique (roulage UE 28) (figure 24).

04

LIMITES

La limite principale de cette étude est la comparabilité des services rendus par les deux véhicules. En effet le véhicule électrique a une autonomie de 372 km lorsque que le véhicule essence avec un réservoir de 42 litres peut rouler 770 km (cycle WLTP) sans arrêt.

Néanmoins, les études après-vente montrent que l'utilisation d'une Clio essence et d'une ZOE électriques sont similaires en kilométrages annuels et en kilomètres parcourus par trajet.



05

CONCLUSION

L'objectif de cette analyse est de comparer l'empreinte environnementale d'un véhicule électrique (nouvelle ZOE) à son équivalent thermique (CLIO V) sur l'ensemble de son cycle de vie.

Le véhicule électrique a des impacts environnementaux moindres (de -28% à -52%) par rapport à son équivalent thermique pour 3 des 5 indicateurs d'impacts environnementaux analysés (Réchauffement climatique, Epuisement des Ressources Fossiles et Création d'Ozone Photochimique) dans un contexte d'utilisation européenne.

Pour le véhicule thermique, la phase d'usage est la principale contributrice aux impacts environnementaux. L'amélioration de la performance du moteur (consommation de carburant et émissions de la phase d'usage) est le principal levier d'amélioration pour ce véhicule.

Pour le véhicule électrique avec une utilisation en Europe, la phase d'utilisation est la principale contributrice aux impacts environnementaux, dû au mix électrique européen. Avec la décarbonation de l'électricité, son impact sera réduit de 19,4% en 2025 en UE sur son cycle de vie par rapport à 2019. Dès à présent en France grâce au mix électrique faiblement carboné, son impact est très inférieur à celui d'un véhicule thermique sur 4 des 5 impacts étudiés.



RAPPORT DE REVUE CRITIQUE

GINGKO 21 – 20 FEVRIER 2020

Analyse de cycle de vie comparative ZOE et CLIO V

1. INTRODUCTION

Renault réalise systématiquement depuis plusieurs années des analyses de cycle de vie de tous les véhicules de la marque, et s'appuie pour cela sur un référentiel méthodologique interne, le rapport méthodologique « Analyse de Cycle de Vie des véhicules du Groupe Renault ».

Dans ce cadre, et pour répondre aux attentes du public, Renault a établi en 2019 l'ACV du véhicule électrique ZOE, comparé à un véhicule thermique équivalent, la Clio V.

L'étude étant comparative et destinée à être publiée, Renault a souhaité la soumettre à une revue critique afin d'en fiabiliser les résultats et d'en assurer la conformité avec les normes ISO 14040 et ISO 14044 relatives à l'ACV.

Gingko 21 a revu le rapport des résultats comparés et rédigé le présent Rapport de revue critique, qui a vocation à être intégré, en intégralité mais sans ses annexes, au rapport final.

2. COMITE DE REVUE CRITIQUE

La revue critique a été réalisée par

- Hélène Teulon, ingénieur, fondatrice de Gingko 21, experte ACV, ayant notamment des compétences ACV spécifiques dans le secteur automobile et dans celui de la mobilité électrique
- Quentin, Bézier, ingénieur ACV et éco-conception chez Gingko 21, expert du logiciel GaBi, ayant notamment des compétences en ACV des batteries et du recyclage des batteries.

3. OBJECTIF ET PERIMETRE DE LA REVUE CRITIQUE

L'objectif de cette revue critique est

- de vérifier la conformité de la méthodologie de l'étude avec les normes ISO 14040 et ISO 14044 ;
- de vérifier la pertinence des données par rapport aux objectifs de l'étude,
- de vérifier la cohérence entre les résultats des calculs et les conclusions de l'étude, en regard des objectifs,
- de vérifier la transparence des rendus.
- in fine, de conforter les résultats de l'étude, menée sur une technologie émergente.

Cette revue critique comprend :

- une validation de la méthodologie de l'analyse de cycle de vie et une vérification de la conformité de l'étude avec les normes ISO14040 et ISO 14044,
- une vérification de la cohérence interne du rapport, notamment de la cohérence entre les résultats des calculs et les conclusions de l'étude, en regard des objectifs.
- la revue des données utilisées – par sondage
- la revue du modèle et des ordres de grandeur de certains calculs – par sondage.

La revue critique ne couvre pas la revue systématique des calculs. Leur exactitude reste sous la seule responsabilité des auteurs de l'étude.

4. PROCESSUS DE REVUE CRITIQUE

La revue critique a été initiée après la réalisation de l'étude, et s'est déroulée d'août 2019 à décembre 2019.

Une première version du rapport a été soumise au comité de revue critique. Des commentaires et questions ont été émis par le panel. Des réponses ont été proposées par Renault. Une réunion de clarification des commentaires, et de revue du modèle a été organisée le 11 septembre 2019. Des échanges par email et téléphone ont prolongé cette réunion, et Renault a édité une nouvelle version du rapport en novembre 2019, qui a donné suite à de nouveaux commentaires, et à une ultime version en janvier 2020.

Le processus de revue critique, coopératif et fructueux, a permis d'améliorer sensiblement la qualité du rapport final, et de renforcer la crédibilité des résultats de l'étude.

En particulier, les points suivants ont fait l'objet de discussions et ont conduit à l'amélioration du rapport :

- Respect du formalisme des rapports d'ACV selon les normes ISO 14040 et suivantes
- Définition de l'unité fonctionnelle et équivalence des systèmes comparés,
- Clarification des hypothèses et des données utilisées,
- Amélioration de la précision du modèle ACV,
- Evolution de certaines valeurs et hypothèses,
- La rédaction du rapport en général.

5. CONCLUSIONS DE LA REVUE CRITIQUE

Le présent rapport est livré par Ginkgo 21 à Renault. Ginkgo 21 ne peut pas être tenu pour responsable de l'usage de son travail par des tiers. Les conclusions du panel couvrent l'ensemble des éléments présentés par Renault, tels que mentionné plus haut, et aucun autre rapport, extrait, publication ou généralisation de tout type qui pourrait être fait. Les conclusions du panel ont été données dans le cadre de l'état de l'art courant, et de l'information qu'il a reçue au cours de son travail. Ces conclusions auraient pu être différentes dans un contexte différent.

Hormis la réserve citée plus haut sur le panel de revue critique, l'étude répond dans l'ensemble aux exigences et recommandations des normes ISO 14040 et 14044.

- Le rapport est relativement clair, complet et transparent ;
- Le champ et les objectifs de l'étude sont clairement exposés dans le rapport ;
- Les hypothèses de calcul et les choix méthodologiques sont transparents et argumentés ;
- Des analyses de sensibilité permettent d'évaluer l'évolution des résultats avec le changement de certains paramètres ou méthodes de calcul ;
- Les conclusions exposées sont cohérentes avec les résultats des calculs, elles sont modérées et tiennent compte des limites de l'étude.

Un travail a été réalisé par Renault pour l'amélioration de l'étude au cours du processus de revue critique, à la fois sur les aspects méthodologiques, par exemple la présentation de l'unité fonctionnelle, et sur la présentation des résultats : l'indicateur de consommation des ressources minérales, qui s'avère pertinent pour les véhicules électriques, a été ajouté à la liste des indicateurs d'impact affichés en priorité.

Les membres du panel considèrent que le niveau de qualité de cette étude est correct.

Les analyses de sensibilité réalisées ainsi que le travail conduit pendant la revue critique conduisent à confirmer la crédibilité des résultats.

Le panel souhaite souligner que les conclusions de l'étude sont fortement conditionnées par les hypothèses

- Les véhicules sont fonctionnellement équivalents – les études d'usage mobilisées par Renault en soutien de l'étude montrent que les parcours en CLIO de plus de 150 km représentent moins de 1% de l'utilisation du véhicule ;
- La batterie est réutilisée en seconde et troisième vie, puis finalement recyclée en fin de vie. Des efforts sont actuellement déployés par Renault pour assurer ce prolongement effectif de la vie de la batterie, et l'hypothèse ne pourra être vérifiée que dans la durée, lorsque les véhicules atteindront leur fin de vie.

Les principales limites et recommandations du panel demeurant à l'issue du processus de revue critique concernent :

- Clarté du rapport et transparence
 - Il serait utile d'évaluer l'incertitude sur les résultats, et d'en déduire quels écarts peuvent être considérés comme significatifs.
 - Le terme de « changement climatique » devrait être préféré au terme « réchauffement climatique », car il rend mieux compte des conséquences potentielles des émissions de gaz à effet de serre.
 - La section « limites » spécifique à la comparaison ZOE/CLIO V pourrait être plus détaillée et enrichie.

06 RAPPORT DE REVUE CRITIQUE

- Modèle
 - Il sera utile à l'avenir d'assurer une homogénéité totale dans le modèle entre les procédés modélisant les matières en entrée des processus production et les impacts évités en sortie des processus de recyclage – c'est le cas pour la plupart des matériaux mais il en reste encore un ou deux pour lesquels un décalage est observé. Un tel décalage peut conduire à des écarts significatifs dans les résultats.
- Méthodologie
 - L'essentiel des réserves relatives à ce sujet sont présentées dans le rapport de revue critique du rapport méthodologique.

Malgré ces limites et points d'amélioration, le panel considère que les résultats sont dignes de confiance et que les conclusions de l'étude sont pertinentes et justifiées.

ANALYSE DE SENSIBILITE - NORMATION HABITANT MONDE - METHODE JRC

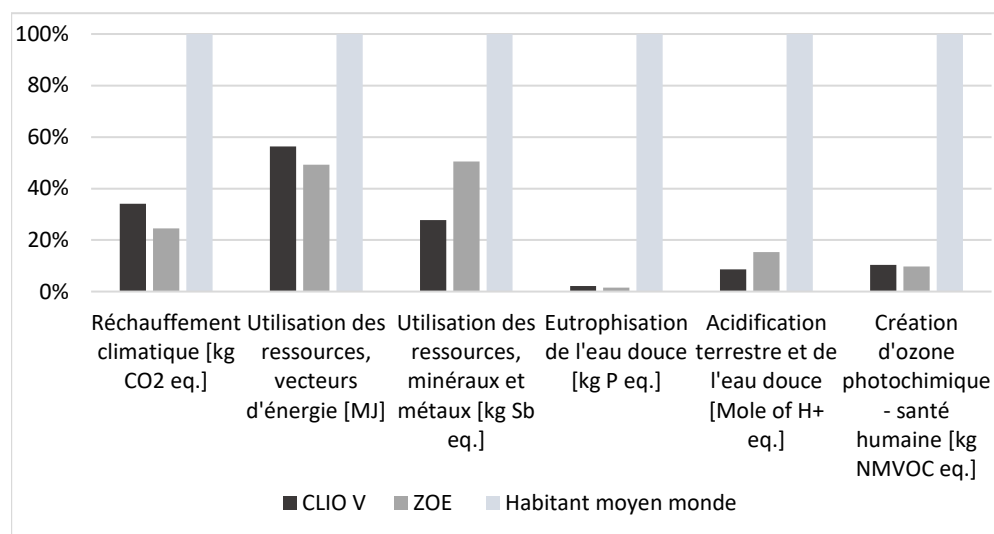


Figure 25 : Analyse de sensibilité sur la normation des indicateurs – habitant monde - méthode JRC 2017

INDICATEURS CYCLE DE VIE COMPLET NOUVELLE ZOE ET CLIO V

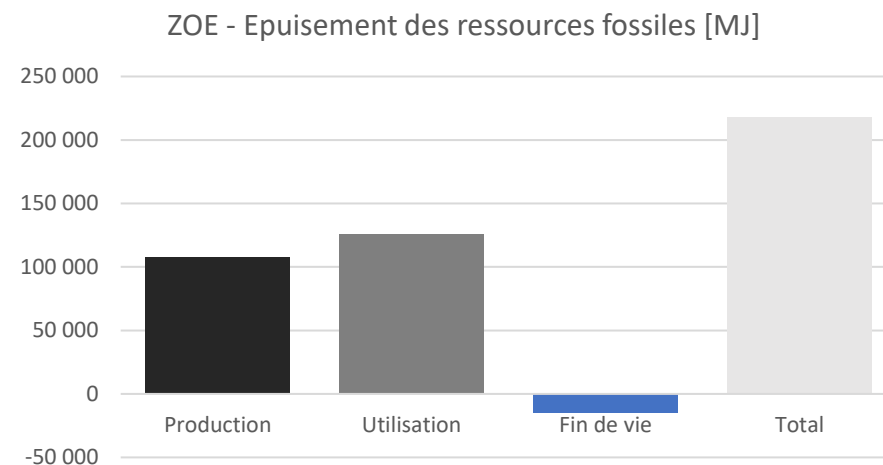


Figure 26 : Impact épuisement des ressources fossiles pour le cycle de vie complet de ZOE

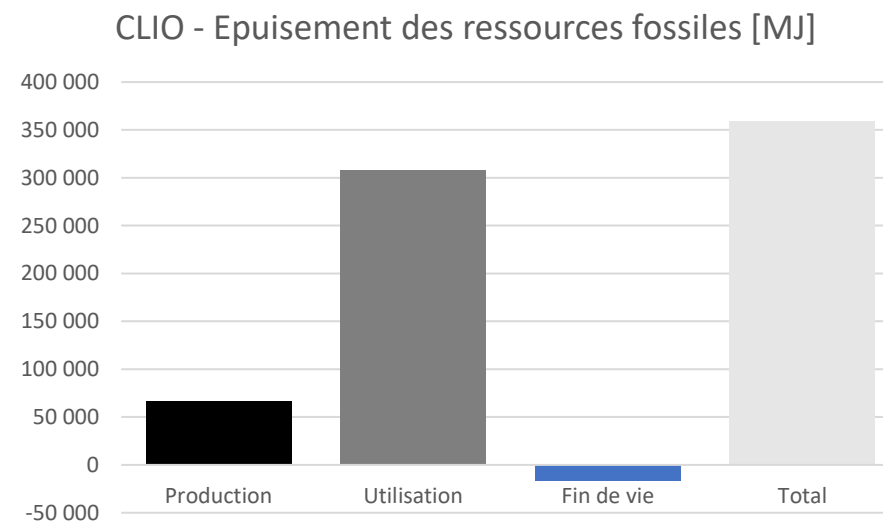


Figure 27 : Impact épuisement des ressources fossiles pour le cycle de vie complet de CLIO

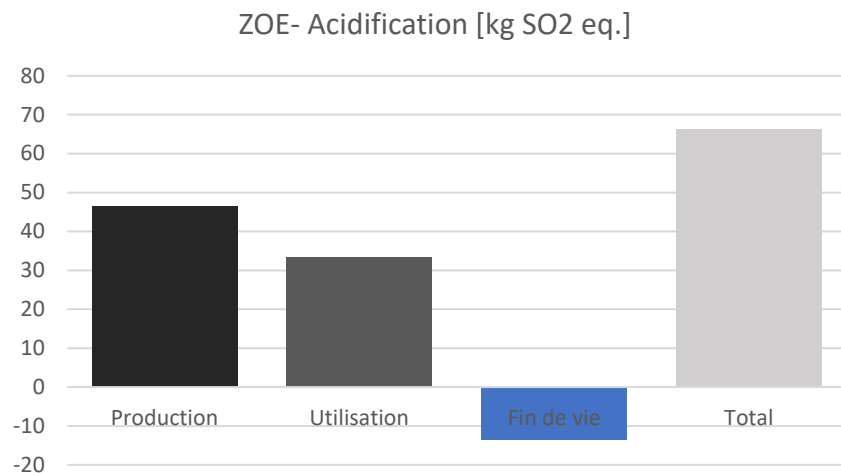


Figure 28 : Impact acidification pour le cycle de vie complet de ZOE

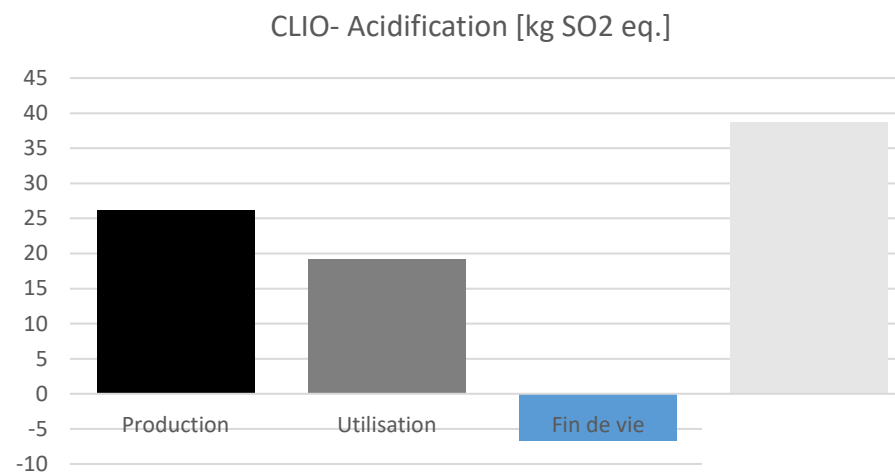


Figure 29 : Impact acidification pour le cycle de vie complet de CLIO

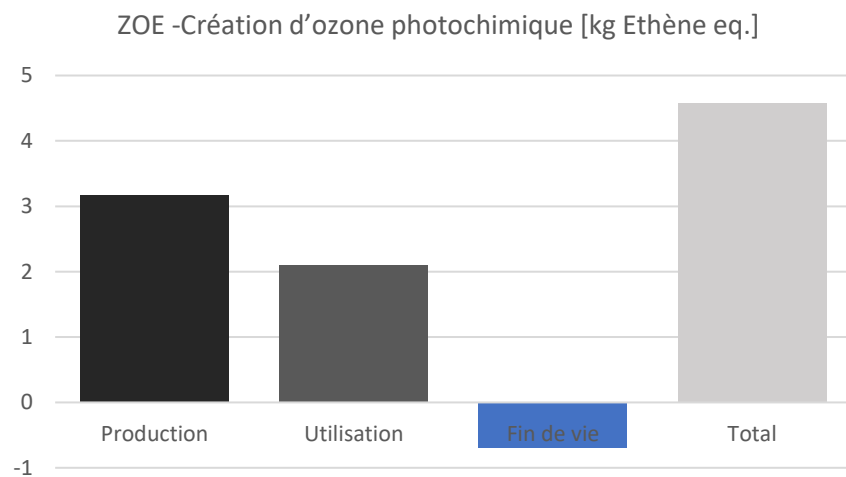


Figure 30 : Impact création d'ozone photochimique pour le cycle de vie complet de ZOE

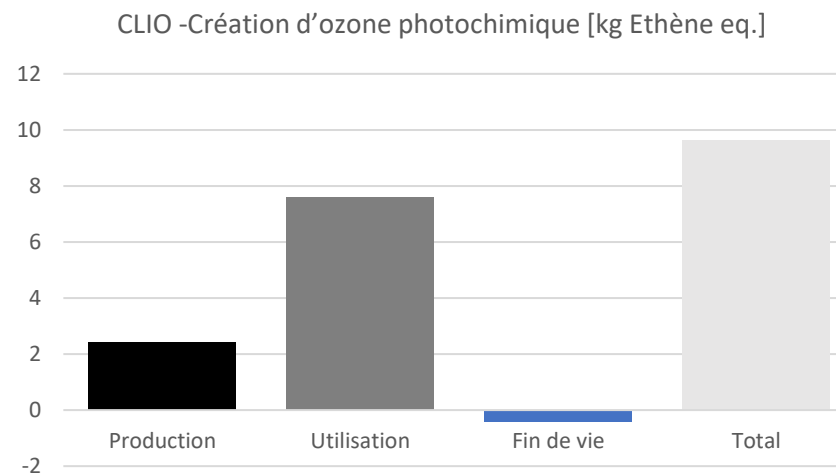


Figure 31 : Impact création d'ozone photochimique pour le cycle de vie complet de CLIO

GLOSSAIRE

ACV : ANALYSE DU CYCLE DE VIE
ADEME : AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE
BOM: BILL OF MATERIALS
CFF: CIRCULAR FOOTPRINT FORMULA
COV : COMPOSE ORGANIQUE VOLATIL
DIB : DECHETS INDUSTRIELS BANALS
DID : DECHETS INDUSTRIELS DANGEREUX
HC : HYDROCARBONE
ISO: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION
JRC: JOINT RESEARCH CENTER
MJ: MEGAJOULES
NEDC: NEW EUROPEAN DRIVING CYCLE
PM : PARTICULATE MATTER
R2E : REPORTING ENERGIE ET ENVIRONNEMENT
UCM : USINE DE CARROSSERIE-MONTAGE
UF : UNITE FONCTIONNELLE
VHU : VEHICULE HORS D'USAGE
VIN : VEHICLE IDENTIFICATION NUMBER
WLTC: WORLDWIDE HARMONIZED LIGHT VEHICLES TEST CYCLE
WLTP: WORLDWIDE HARMONIZED LIGHT VEHICLES TEST PROCEDURE

