

SODECO (I)

Quelle soutenabilité de la donnée au service de l'écoconception

Octobre 2015⁽¹⁾

N° de contrat : 2002C0027
Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par : *Non renseigné*⁽¹⁾

Coordination technique ADEME : *BORTOLI PUIG Hélène* – Direction\Service : *ANGERS DECD SPEM*



SYNTHESE D'ETUDE

En partenariat avec :



REMERCIEMENTS

Citer les membres du Comité de pilotage et/ou du comité de suivi ou de relecture et/ou du consortium de recherche.

Merci aux pilotes de ce projet de recherche collaboratif pour le réseau EcoSD :

Carole CHARBUILLET

Julien GARCIA

Merci aux contributeurs à ce projet de recherche collaboratif :

Laurent BARRE

Béatrice BELLINI

Valentin BUREAU

Anne-Laure CAPOMACCIO

François CLUZEL

Sara EL GHALBZOURI

Joachim JUSSELME

Etienne LEES-PERASSO

Samuli VAIJA

CITATION DE CETTE SYNTHÈSE

ADEME/EcoSD. Auteur(s). Année de publication. Titre – Synthèse. Nombre de pages.

Si le rapport est en ligne ajouter : Cet ouvrage est disponible en ligne www.ademe.fr, rubrique Médiathèque (URL)

Joachim JUSSELME ; Julien GARCIA ; Carole CHARBUILLET ; Béatrice BELLINI ; François CLUZEL ; Etienne LEES-PERASSO ; Samuli VAIJA – EcoSD. 2021. Quelle soutenabilité de la donnée au service de l'écoconception.

En français :

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

En anglais :

Any representation or reproduction of the contents herein, in whole or in part, without the consent of the author(s) or their assignees or successors, is illicit under the French Intellectual Property Code (article L 122-4) and constitutes an infringement of copyright subject to penal sanctions. Authorised copying (article 122-5) is restricted to copies or reproductions for private use by the copier alone, excluding collective or group use, and to short citations and analyses integrated into works of a critical, pedagogical or informational nature, subject to compliance with the stipulations of articles L 122-10 – L 122-12 incl. of the Intellectual Property Code as regards reproduction by reprographic means.

TABLE DES MATIERES

1. Contexte du projet	4
1.1. Véhicule connecté et soutenabilité de la donnée	4
1.2. Objectifs et démarche du projet.....	5
2. Principaux résultats obtenus	5
2.1. Identification du périmètre d'évaluation	5
2.1.1. Description du système de la fonction connectée.....	5
2.1.2. Périmètre physique	6
2.1.3. Périmètre temporel.....	7
2.1.4. Extension du périmètre aux aspects consécutifs	8
2.2. Gestion de la multifonctionnalité des équipements	8
2.2.1. Allocation pour les équipements du Tiers 1	9
2.2.2. Allocation pour les équipements et systèmes des tiers 2 et tiers 3.....	9
2.3. Méthodologie d'évaluation	9
2.3.1. Sélection des indicateurs	9
2.3.2. Indicateur social spécifique sur l'accidentologie	10
2.3.3. Indicateur social spécifique sur le respect de la vie privée	11
2.3.4. Synthèse des indicateurs	11
2.4. Méthodologie globale.....	11
3. Recommandations : leviers d'écoconception identifiés sur le cas d'étude.....	13
4. Conclusions	13
4.1. Limites de l'étude	13
4.2. Perspectives	14
Index des tableaux et figures.....	15
Sigles et acronymes	16

1. Contexte du projet

1.1. Véhicule connecté et soutenabilité de la donnée

Dans un contexte d'accélération du développement des objets connectés et des services numériques associés, le secteur automobile participe de ce mouvement en multipliant les fonctions qui s'appuient sur la connectivité du véhicule avec son environnement pour améliorer le confort, la conduite, ou encore la sécurité des usagers du véhicule.

Différents axes de communication sont ainsi exploités pour permettre au véhicule d'interagir avec son environnement direct. Les fonctions connectées du véhicule sont notamment développées autour des axes suivants :

- **Vehicle to Network (V2N)** : utilisation des systèmes de communication existants (4G, 5G) par le véhicule pour communiquer vers le réseau internet.
- **Vehicle to Vehicle (V2V)** : la communication entre véhicules permet de transmettre directement des informations, par exemple sur la détection d'un événement (ralentissement, accident...) aux véhicules à proximité du véhicule émetteur
- **Vehicle to Infrastructure (V2I)** : le véhicule communique avec des équipements installés sur l'infrastructure routière (feux tricolores, panneaux de signalisation...). Ceci permet notamment la fluidification du trafic urbain par une communication entre les infrastructures.
- **Vehicle to Device (V2D)** : la communication vers d'autres appareils numériques propres à l'utilisateur permet d'interagir avec ceux-ci
- **Vehicle to Pedestrian (V2P)** : la communication entre piétons et véhicules se fait par l'intermédiaire de capteurs et par les éventuels objets connectés portés par le piéton (téléphone, montre...) afin de prévenir de potentiels accidents
- **Vehicle to Grid (V2G)** : la communication V2G est une interaction spécifique aux véhicules électriques, et vise à optimiser l'utilisation de l'électricité au sein du véhicule ainsi que dans "la grille", définie en tant que réseau électrique urbain intelligent

L'exploitation des données par les fonctions connectées du véhicule peut ainsi être un levier de réduction des impacts environnementaux du véhicule, notamment en permettant une conduite optimisée du point de vue de la consommation de carburant tout en ayant un impact négatif au travers des équipements nécessaires à leur opérabilité, que ces équipements soient à l'intérieur du véhicule, ou à l'extérieur dans les systèmes avec lesquels ils communiquent.

Mais ces fonctions présentent aussi des bénéfices et des impacts négatifs dans le domaine social, par les services qu'elles rendent ou par les conditions de fabrication des équipements, ainsi que dans le domaine économique, à la fois par les nouvelles offres de services qu'elles permettent de créer mais aussi par le développement d'une nouvelle chaîne de valeur pour les équipements.

Les travaux existants sur l'impact environnemental global des fonctions et services numériques concernent principalement les objets connectés les plus répandus relevant du domaine de l'IoT (Internet of Things), mais cette analyse n'a pas été que partiellement appliquée au domaine de l'IoV (Internet of Vehicle) par lequel on peut définir l'écosystème du véhicule connecté. Par ailleurs, les aspects sociaux et économiques ne sont généralement pas traités dans une perspective d'évaluation de la soutenabilité d'une fonction connectée dans sa globalité.

Afin de pouvoir appréhender dans toutes ses dimensions la soutenabilité d'une fonction connectée dans le contexte du véhicule, il est donc nécessaire de clarifier comment une fonction connectée se traduit en termes d'impacts environnementaux, sociaux et économiques, et de définir l'approche méthodologique permettant d'évaluer chacun de ses aspects.

1.2. Objectifs et démarche du projet

Le projet de recherche collaboratif SODECO doit permettre de mieux comprendre le lien entre les données générées par les fonctions connectées du véhicule et leurs conséquences en terme de soutenabilité, en analysant comment se traduisent les effets de l'objet virtuel que constituent les données, notamment au travers de leur support physique.

Les problématiques suivantes relatives à chacun des trois aspects du développement soutenable, ont notamment été étudiées :

- Environnement : comment traduire les impacts environnementaux d'un objet virtuel comme la donnée, sur tout son cycle de vie ?
- Social : comment intégrer et évaluer les enjeux sociaux dans la recherche d'un compromis avec la réduction des impacts potentiellement générés par la donnée ?
- Economique : comment identifier les incidences économiques d'un service connecté, que ce soit en terme de nouvelle valeur ajoutée, ou de surcoût pour l'utilisateur, et comment les positionner en rapport à une qualité sociale et environnementale de produits/services ?

Afin de répondre à ces problématiques, les principales étapes de la démarche suivie pour ce projet sont présentées par la Figure 1.

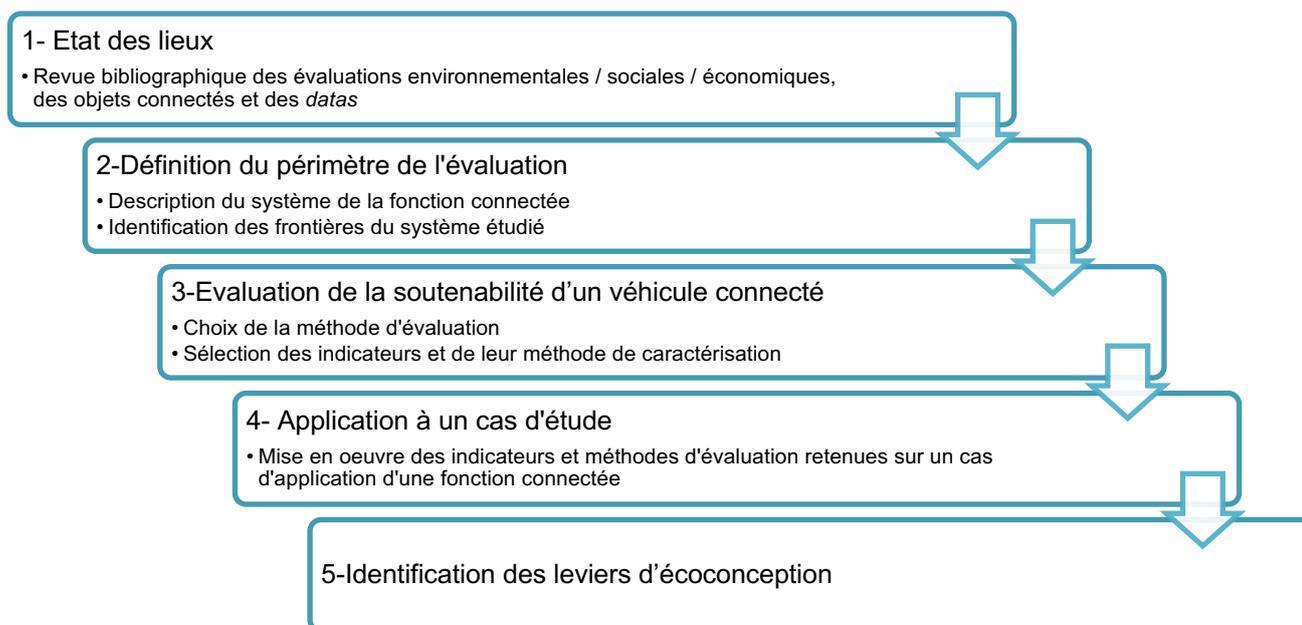


Figure 1 - démarche du projet SODECO

2. Principaux résultats obtenus

2.1. Identification du périmètre d'évaluation

2.1.1. Description du système de la fonction connectée

Afin d'évaluer l'impact sur la soutenabilité de la donnée, le système étudié doit recouvrir l'ensemble des composantes permettant d'assurer l'exécution d'une fonction connectée basée sur l'exploitation de données numériques.

La réalisation d'une fonction connectée s'appuie sur 3 composantes :

- Le hardware, qui constitue le périmètre physique ou matériel du système étudié
- Le software (ou logiciel), qui régit l'exécution des tâches, et constitue en soi une donnée numérique qui doit être stockée
- Les données, en tant qu'information générée, échangée ou traitée par les différents équipements numériques, ainsi que comme information stockée

Le software et les données constituent les composantes virtuelles de la fonction connectée. L'incidence de leur conception et de leur utilisation sur le dimensionnement de la composante physique doit donc être évaluée afin de pouvoir traduire la fonction connectée en terme d'impacts.

La structure de l'écosystème des objets connectés est généralement décrite au travers des différents niveaux de traitement des données. On peut ainsi regrouper les équipements physiques en fonction des couches virtuelles auxquelles ils correspondent dans l'écosystème.

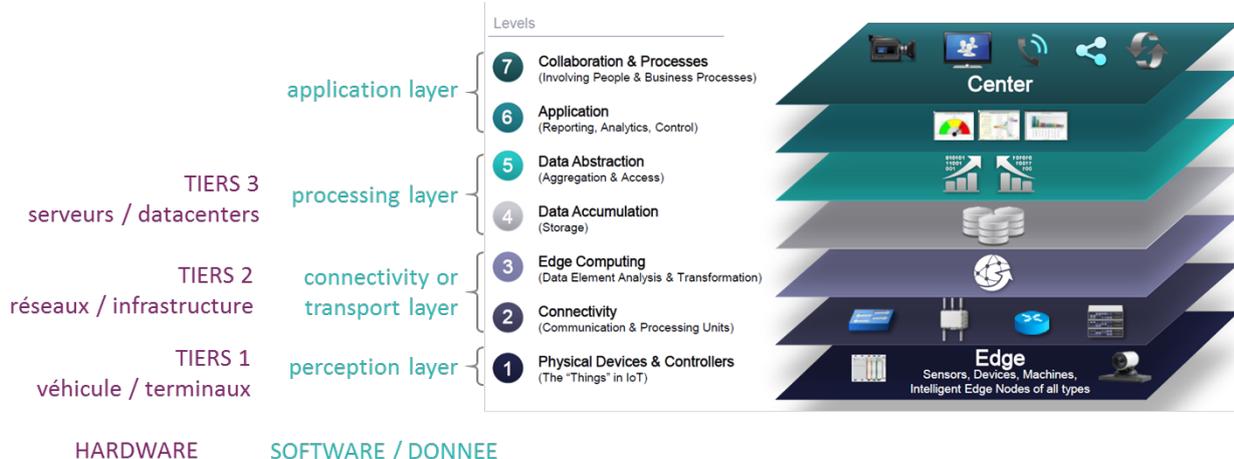


Figure 2 - structure de l'écosystème des objets connectés (CISCO , 2014)

Pour l'étude SODECO, le découpage en trois tiers des équipements a été retenu. La correspondance entre les niveaux virtuels et physiques est présentée dans la Figure 2.

2.1.2. Périmètre physique

Les équipements physiques nécessaires à l'exécution de la fonction connectée d'un véhicule se répartissent dans deux écosystèmes (Figure 3).

L'un est spécifique à l'Internet du Véhicule (IoV), et comprend les équipements ITS à bord du véhicule, et sur l'infrastructure ITS du réseau routier, ainsi que les datacenters opérés par les constructeurs automobiles et dédiés à leurs véhicules pour le tiers 3.

L'autre est générique, et commun à l'ensemble des objets connectés (IoT), et inclus les terminaux (ex. smartphone), le réseau de communication (4G/5G) ou les datacenters opérés par des prestataires externes à l'opérateur de la fonction connectée.

Les équipements du tiers 1 embarqués dans le véhicule sont ceux dont la spécification est directement maîtrisée par le concepteur / spécificateur de la fonction connectée. La description détaillée de ces équipements est donc celle qui sera la plus facilement accessible. Le périmètre d'évaluation doit ainsi inclure l'ensemble des équipements du véhicule qui seront spécifiquement ou partiellement dédiés à l'exécution de la fonction connectée.

Les équipements des tiers 2 et 3 ne sont pas directement maîtrisés par le concepteur de la fonction connectée, notamment sur le périmètre IoT. La fonction va donc utiliser un système (réseau 4G, réseau GPS, datacenter du cloud...) sans qu'il soit possible d'identifier individuellement chaque équipement sollicité par la fonction.

Par ailleurs, compte tenu de l'architecture de l'écosystème IoT, plusieurs niveaux d'infrastructure sont potentiellement utilisés (edge / fog / cloud) pour transmettre, traiter ou stocker les données. Le périmètre des tiers 2 et 3 va donc dépendre des besoins de la fonction (Puissance de calcul, latence, précision, fiabilité...).

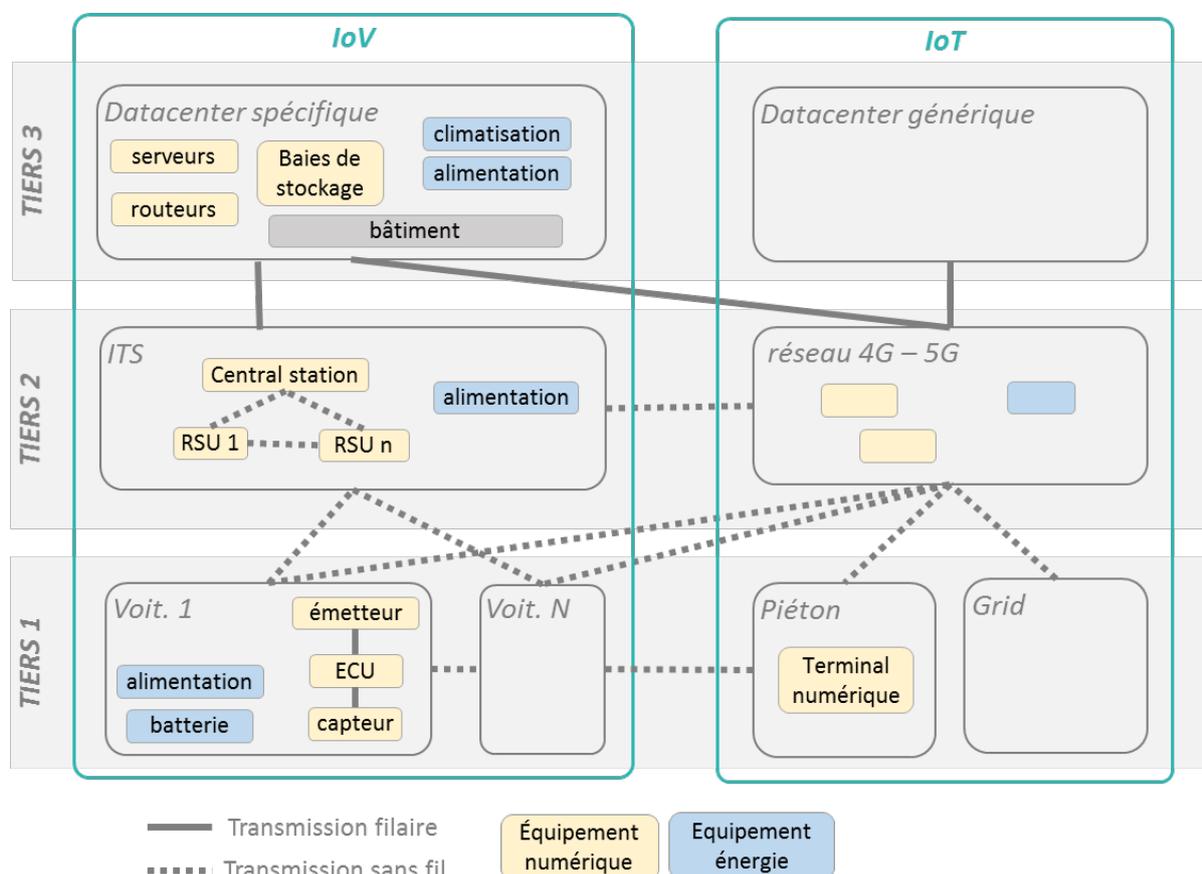


Figure 3 - périmètre physique de la fonction connectée

Une description détaillée du périmètre physique correspondant aux tiers 2 et 3 n'est donc pas envisageable, et seule une approche du système dans son ensemble pourra être exploitée.

2.1.3. Périmètre temporel

L'opérabilité de la fonction connectée s'appuie sur des équipements dont les durées de vie peuvent être très variables. Pour les équipements embarqués dans le véhicule, leur durée de vie sera tributaire de l'âge moyen des VHU (Stellantis se base sur une durée de vie moyenne de 18 ans pour des véhicules particuliers), alors que les réseaux et datacenters sont constitués d'un mixte d'équipements d'âges différents dont la durée de vie moyenne peut varier de 3 à 5 ans.

La soutenabilité, d'une fonction connectée, notamment en ce qui concerne ses impacts environnementaux, est donc susceptible d'évoluer entre le moment de l'évaluation et ses impacts réels en fin de vie du véhicule compte tenu de l'évolution rapide des écosystèmes IoT /IoV externes au véhicule.

La question de l'intérêt d'intégrer une dimension dynamique à l'évaluation pour tenir compte du périmètre temporel de la fonction connectée a donc été étudiée. Mais les limites d'une telle approche, d'ordre technologique (prédictibilité de l'évolution des performances, augmentation des données à service rendu égal...) et d'ordre méthodologique (niveau d'incertitude élevé, complexité accrue de l'évaluation) ont conduit à écarter cet aspect dynamique du périmètre d'évaluation dans le cadre du projet SODECO.

2.1.4. Extension du périmètre aux aspects consécutifs

Au-delà des impacts directs liés au cycle de vie des équipements permettant de réaliser la fonction connectée, il est aussi nécessaire de tenir compte des conséquences environnementales, sociales et économiques de cette fonction en intégrant les effets indirects dans le périmètre d'évaluation de la soutenabilité.

Ces effets peuvent se situer à plusieurs niveaux, selon qu'ils sont une conséquence plus ou moins directe de la fonction. Les effets du 2^{ème} ordre sont les conséquences propres au service rendu par la fonction connectée, et doivent donc à ce titre être intégrés dans l'évaluation.

Les effets du 3^{ème} ordre (systémiques ou structurels) paraissent plus complexes à modéliser et à prendre en compte. Leur évaluation présente notamment un niveau d'incertitude élevé. Ils ne sont par ailleurs pas nécessairement la conséquence d'une seule fonction considérée de façon indépendante compte tenu de la possibilité d'effets combinés, et ne peuvent donc pas toujours être attribués exclusivement à la fonction connectée évaluée.

Le Tableau 1 présente une liste non exhaustive des conséquences directes qu'il convient de prendre en compte, et des conséquences systémiques qui seront exclus du périmètre d'évaluation.

Tableau 1 - Identification des conséquences indirectes et structurelles dans le cas du véhicule connecté

ASPECT		EFFETS INDIRECTS (2 ^{ème} ORDRE)	EFFETS STRUCTURELS (3 ^{ème} ORDRE)
Environnemental	+	- Réduction de la consommation d'énergie par distance parcourue du véhicule par l'incidence sur le profil de vitesse (ex. régulation de trafic, pelotonnage...)	- Optimisation de l'usage des infrastructures - Intégration du véhicule dans l'infrastructure électrique (SmartGrid) - Réduction du nombre véhicules par habitant (autopartage...) - Changement modal - Gestion de la politique publique de transport - Réduction de masse véhicule induite par l'amélioration de la sécurité (suppression d'équipements)
	-	- Augmentation de la consommation d'énergie par distance parcourue du véhicule par la masse supplémentaire des équipements et par l'effet sur le coefficient de traînée	- Adaptation des infrastructures (routes, bâtiments...)
Social	+	- Baisse de l'accidentologie	- Réduction du stress / Amélioration du confort pour le conducteur et les passagers - Réduction du temps de trajet - Développement technologique
	-	- Utilisation de données personnelles	- Transformation sectorielle - Impact sur l'emploi (réduction, déplacement d'un secteur vers un autre)
Economique	+	- Nouvelle chaîne de valeur - Chiffre d'affaire lié aux nouvelles offres de service	
	-	- Augmentation du coût d'achat du véhicule - Coûts supplémentaires d'utilisation (abonnement...)	- Modification du modèle économique du secteur automobile (réduction de la propriété individuelle du véhicule)

2.2. Gestion de la multifonctionnalité des équipements

En limitant aux effets indirects (2^{ème} ordre) l'extension du périmètre d'évaluation, et en ne prenant pas en compte les effets systémiques, les impacts liés aux aspects consécutifs d'une fonction connectée seront attribuables à une seule et même fonction. On pourra donc allouer 100% de ces impacts à la fonction évaluée. Par exemple, si la fonction agit sur la régulation de la vitesse du véhicule, et permet des économies de carburant par une éco-conduite automatisée, la réduction des impacts liés aux gains d'énergie consommée seront entièrement attribués à cette fonction.

En revanche, la problématique de l'allocation des impacts directs, relatifs au cycle de vie des équipements, se pose différemment étant donné que ceux-ci peuvent servir à de multiples fonctions, connectées ou non.

L'attribution des impacts relatifs à ces équipements à une fonction donnée suppose donc la définition de règles d'allocation.

2.2.1. Allocation pour les équipements du Tiers 1

Pour les équipements du tiers 1 embarqués sur le véhicule, le nombre de fonctions utilisatrices est connue, ce qui peut permettre une répartition spécifique de l'impact des équipements par fonction.

Idéalement, le facteur d'allocation des impacts d'un équipement à une fonction connectée devrait être déterminé selon le paramètre qui conditionne le dimensionnement de l'équipement considéré. Il est cependant difficile de définir à priori, en l'absence d'une analyse de sensibilité, quel est le paramètre dimensionnant d'un équipement.

L'alternative est d'utiliser une caractéristique représentative de la performance de l'équipement comme facteur d'allocation. A défaut de pouvoir identifier une caractéristique pour l'équipement complet, on peut cibler les composants critiques qui influencent la performance et qui représentent un impact significatif.

Cependant, chaque équipement combine potentiellement plusieurs composants critiques pour assurer sa fonction. Il devient alors complexe de sélectionner une caractéristique représentative de la fonction comme facteur d'allocation. Par ailleurs, même si une caractéristique précise peut être identifiée afin de répartir les impacts de l'équipement (par exemple débit pour un équipement de transmission), il sera souvent difficile de déterminer de façon simple la part attribuable spécifiquement à la fonction évaluée.

Dans ce cas, il convient de réaliser une allocation des impacts d'un équipement en divisant ceux-ci par le nombre de fonctions utilisatrices de l'équipement. Cette solution a l'inconvénient de ne pas allouer les impacts de façon proportionnelle au niveau d'utilisation de l'équipement par la fonction, mais permet une approche simplifiée de l'allocation.

2.2.2. Allocation pour les équipements et systèmes des tiers 2 et tiers 3

Les équipements des tiers 2 et 3 sont utilisés non seulement par des fonctions connectées du véhicule, mais aussi potentiellement par d'autres objets et services connectés.

Compte tenu par ailleurs de l'évaluation par une approche globale des systèmes des tiers 2 et 3, l'allocation des impacts à la fonction ne peut se faire qu'en proportion d'un paramètre de sollicitation du système par la fonction évaluée.

Aussi, le volume de donnée (Bytes) transitant et/ou stocké sur les systèmes sollicités est le paramètre d'allocation attribuable à la fonction connectée qui est à la fois le plus facile à déterminer, et qui permet de caractériser de façon représentative le taux d'utilisation des tiers 2 et 3 par la fonction. C'est donc ce paramètre qui sera privilégié comme facteur d'allocation des impacts des réseaux, serveurs et datacenters à la fonction connectée considérée.

2.3. Méthodologie d'évaluation

2.3.1. Sélection des indicateurs

Pour l'ensemble des enjeux identifiés, les indicateurs et les méthodes de calcul associées ont été identifiés à partir de diverses sources

- Indicateurs environnementaux : Catégories d'impact et méthodes de caractérisation issues de l'ACV-E
- Indicateurs sociaux : Parties prenantes et indicateurs de catégories issues de l'ACV-S (guide UNEP), complété par le développement d'indicateurs spécifiques pour s'adapter au contexte de la fonction connectée
- Indicateurs économiques : inventaire des indicateurs par phase du cycle de vie et par partie prenante concernée par les aspects économiques de la fonction connectée. Ces indicateurs doivent être adaptés en fonction de la perspective de la partie prenante ainsi que du modèle économique de vente du véhicule (achat ou LOA)

Les listes des indicateurs et méthodes retenus pour chaque aspect de la soutenabilité sont présentées dans les tableaux suivants.

Tableau 2 - liste des indicateurs environnementaux sélectionnés

indicateurs	unité	méthode
Climate change (CC)	kg CO2 eq	IPCC 2013 GWP 100a
Ionising radiation (IR)	kBq U-235 eq	Human health effect model as developed by Dreicer et al. 1995 (Frischknecht et al, 2000)
Photochemical ozone formation (POC)	kg NMVOC eq	LOTOS-EUROS (Van Zelm et al, 2008) as applied in ReCiPe 2008
Particulate matter (PM)	disease inc.	PM method recommended by UNEP (UNEP 2016)
Resource use, fossils	MJ	CML Guinée et al. (2002) and van Oers et al. (2002)
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	CML Guinée et al. (2002) and van Oers et al. (2002)

Tableau 3 - parties prenantes, sous-catégories d'impact et indicateur sociaux sélectionnés

Parties prenantes	Sous-catégories	Indicateur	Unité	Méthode	Source
employé	Bénéfices sociaux / sécurité sociale	Dépense de sécurité sociale	% of GDP	Social expenditure per country	PSILCA
communautés locales	accès aux ressources matérielles	Extraction de ressources matérielles	t/cap	Extraction de minerais	PSILCA
utilisateur	vie privée	Conformité du système de management à la réglementation sur le respect de la vie privée	Niveau de conformité	Conformité liste de contrôle RGPD	Développement spécifique
utilisateur	Santé et sécurité	Bénéfice de sécurité	% réduction	Potentiel de réduction du nombre d'accidents	Développement spécifique

Tableau 4 - indicateurs économiques recommandés

partie prenante	indicateur	modèle économique de vente
fabricant	Marge nette	Achat
exploitant	CA service numérique	Achat / LOA
propriétaire	Coût d'acquisition	Achat
utilisateur	Coût d'opération	Achat / LOA

2.3.2. Indicateur social spécifique sur l'accidentologie

De nombreuses fonctions connectées appliquées au véhicule sont développées dans un objectif d'amélioration de la sécurité des passagers, en visant à prévenir les accidents par une assistance à la conduite, intégrant ainsi les systèmes de sécurité active du véhicule. Les indicateurs sociaux identifiés à partir du guide UNEP pour la sécurité du client / utilisateur sont établis pour un contexte générique, et ne sont par conséquent pas pertinents pour rendre compte de l'incidence de la fonction connectée sur la sécurité du véhicule.

Trois indicateurs *bénéfice de sécurité* (BS) ont ainsi été établis pour afin de calculer quantifier le taux d'usagers victimes d'accident évité par la fonction relativement au total d'usagers concernés.

Ils concernent les trois catégories de victimes suivantes :

- Taux de tués évités (BS_{tués})
- Taux de blessés hospitalisés évités (BS_{blessés hospitalisés})
- Taux d'usagers total victimes d'accident évités (BS_{usagers total})

2.3.3. Indicateur social spécifique sur le respect de la vie privée

Afin d'évaluer la capacité du système de management des données de l'opérateur de la fonction connectée à prévenir les atteintes à la vie privée, les indicateurs issus de la bibliographie n'ont pas paru adaptés au contexte du véhicule connecté. Le projet SODECO se positionnant dans un contexte européen, un indicateur a donc été créé afin d'évaluer la conformité du système de gestion des données aux principes établis par le Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD). L'indicateur proposé se présente sous la forme d'une évaluation qualitative de la satisfaction aux exigences de la RGPD pour chaque item de la liste de contrôle. La liste de contrôle utilisée pour cette évaluation est celle mise à disposition par l'Union Européenne sur son site dédié à la directive RGPD

Lors de la mise en application, il est cependant apparu que les grands constructeurs qui développent les véhicules connectés sont structurés pour veiller au respect de la réglementation, et que par conséquent l'ensemble des items de la liste seraient a priori satisfaits. Aussi, l'indicateur proposé ne permet pas véritablement de déterminer si la fonction connectée évaluée présente un risque spécifique d'atteinte à la vie privée, ni de mesurer le niveau de ce risque. La méthode retenue pour l'évaluation du respect de la vie privée relatif à la gestion des données n'a donc pas donné satisfaction.

Un travail spécifique sur cet indicateur est donc nécessaire pour établir une méthode qui serait plus pertinente, en impliquant des spécialistes de la gestion des données numériques et du cadre juridique associé.

2.3.4. Synthèse des indicateurs

La finalité de la démarche étant d'évaluer la soutenabilité de la fonction connectée, plusieurs approches ont été envisagées afin d'analyser si le compromis entre les trois domaines environnemental, social et économique, a été trouvé :

- **Score unique** : les indicateurs sont agrégés en un seul score par l'utilisation de méthodes de normalisation, de pondération et d'analyse multi-critères. Cette approche n'est pas parue pertinente pour SODECO, notamment du fait de la difficulté que représente l'agrégation de critères relevant de différents domaines sans introduire de biais d'interprétation des résultats
- **Approche centrée coût** : les impacts, notamment environnementaux, sont traduits dans le domaine économique par le principe de monétarisation des impacts. Cette démarche a été développée afin de transposer les externalités environnementales du produit dans une analyse de coût du cycle de vie. Cependant, si la monétarisation est applicable à certains indicateurs environnementaux, elle peut présenter des difficultés pour d'autres, particulièrement dans le domaine social. Il paraît en effet complexe de donner de manière objective une valeur économique à des critères sociaux.
- **Approche décomposée** : L'approche la plus complète et la plus neutre consiste à évaluer chacun des trois aspects de la soutenabilité de façon indépendante. Cette approche peut être complétée en évaluant la valeur sociale et environnementale vis-à-vis du coût économique. On peut ainsi estimer si le surcoût d'une solution offrant un bénéfice social et environnemental est valorisable auprès du client en analysant le consentement à payer et la valeur perçue par celui-ci d'une fonction connectée. L'approche décomposée semble la plus pertinente au regard des objectifs de SODECO.

2.4. Méthodologie globale

Afin de faciliter la mise en œuvre de l'approche de l'évaluation de la soutenabilité de la fonction connectée retenue, le synoptique de la Figure 4 reprend les différentes étapes à réaliser.

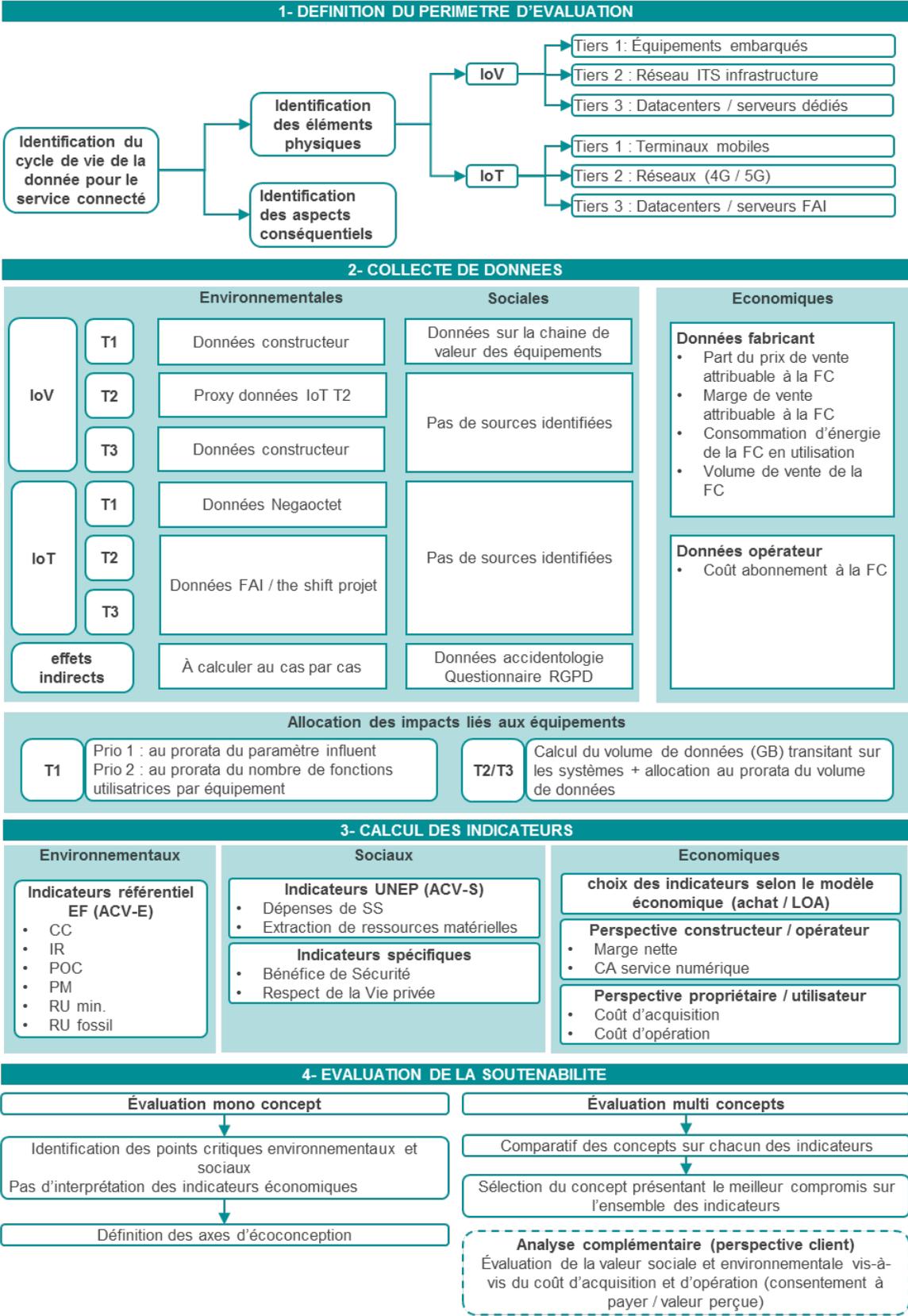


Figure 4 - synoptique général de la méthodologie d'évaluation de la soutenabilité du VC

3. Recommandations : leviers d'écoconception identifiés sur le cas d'étude

Bien que le cas d'étude utilisé n'ait permis qu'une modélisation macro du système étudié, et ne présentait pas les données nécessaires à établir tous les indicateurs, certaines observations sur les indicateurs environnementaux ont été relevées, permettant d'identifier de premiers axes d'écoconception pour les fonctions connectées du véhicule.

Pour les équipements du tiers 1, on relève les pistes d'amélioration suivantes

- Optimisation de l'architecture électronique, afin d'opter pour des composants dont l'impact sur l'extraction des ressources minérales sera réduit
- Optimisation de la consommation d'énergie des équipements embarqués sur le véhicule, dont les impacts peuvent se trouver décuplés par le rendement énergétique de la station à l'équipement, notamment dans le cas des motorisations thermiques
- Maitrise de la masse des équipements embarqués afin de limiter la consommation d'énergie induite pour le déplacement du véhicule

L'impact des tiers 2 et 3 sur la phase d'utilisation est apparu comme relativement limité sur le cas étudié. Selon la fonction connectée, ils pourraient cependant avoir une contribution beaucoup plus significative. Aussi, en adoptant le principe de comptabilisation des impacts proportionnellement au volume de données transitant sur les tiers 2 et 3, la contribution de ce périmètre aux impacts pourrait s'avérer prépondérante dans la perspective de la progression du véhicule connecté vers le véhicule autonome, et en fonction des équipements utilisés.

La réduction des impacts des réseaux et datacenters passe donc par une maîtrise du volume de données généré et transitant sur ces systèmes.

Plus généralement, il est impératif d'orienter autant que possible les choix de capteurs et d'architecture électronique vers des solutions limitant la génération de données, notamment en évitant une sur-qualité du système (niveau de résolution...) assurant la fonction.

4. Conclusions

4.1. Limites de l'étude

La réflexion menée dans le cadre du projet SODECO a permis de sélectionner les indicateurs et les méthodes de calcul associées cohérents et pertinents vis-à-vis des enjeux représentatifs de la soutenabilité d'un service numérique exploitant des données dans le contexte du véhicule connecté.

Les approches retenues se heurtent cependant à plusieurs limites dans la perspective de réaliser une évaluation complète de la soutenabilité.

La principale réside dans l'accès limité aux données nécessaires aux calculs des différents indicateurs. C'est notamment le cas pour les équipements des tiers 2 et 3 qui ne font pas partie du périmètre de maîtrise du constructeur.

Corollaire de ce constat, l'effort requis pour collecter les données dans un cas d'étude complet peut s'avérer très important, et peut de ce fait limiter l'exploitabilité de la méthode. En l'absence d'accès à des données issues de mesures pour la consommation d'énergie, on voit par ailleurs que l'allocation des impacts ne peut être réalisée que sur la base du nombre de fonctions utilisatrices, ce qui peut représenter un biais important dans le cas d'un équipement utilisé par plusieurs fonctions de façon non proportionnelle.

Le cas d'étude utilisé étant à un stade de pré-développement, ce qui en soit est intéressant du point de vue des choix encore opérables pour une solution plus soutenable, a mis en évidence les limites en terme d'accès aux données, notamment relatives aux aspects économiques et à la chaîne d'approvisionnement. Il est donc nécessaire d'appliquer la méthode dans un contexte de projet interne constructeur pour réaliser une collecte de données complète et pouvoir établir l'ensemble des indicateurs retenus.

Concernant les aspects sociaux, la démarche utilisée a permis de sélectionner des indicateurs parmi la littérature existante sur le sujet. Le choix et l'exploitation de ces indicateurs ne font cependant pas preuve de la même maturité que les indicateurs environnementaux utilisés en ACV environnementale. Par ailleurs, l'analyse du champ social par l'ACV

requiert une expérience spécifique qui ne fait pas partie de l'expertise du groupe réunit autour du projet SODECO. Il serait donc utile de consolider les choix proposés dans cette étude par le support de personnes disposant de cette expertise. D'autre part, sur l'indicateur plus spécifiquement étudié pour évaluer l'aspect « respect de la vie privée » de l'utilisateur, on a pu là aussi constater la difficulté à établir une méthodologie adaptée au contexte de l'étude en l'absence de connaissances et d'une maîtrise approfondies sur ce sujet.

4.2. Perspectives

L'approche d'évaluation de la soutenabilité développée dans le cadre du projet SODECO permet d'envisager différentes perspectives pour poursuivre les travaux réalisés.

Afin d'établir une vision complète de la soutenabilité, avec la possibilité d'évaluer l'ensemble des indicateurs, l'application de la démarche sur un cas d'étude avec une maturité plus avancée permettrait de fournir d'avantage d'informations, en passant par exemple par une analyse de sensibilité aux paramètres clés (taille des messages...). Ceci serait notamment rendu possible par une modélisation plus complète se basant sur un accès étendu aux données environnementales, sociales et économiques.

L'évaluation de l'impact des réseaux de l'écosystème IoV (infrastructure ITS) ne peut être prise en compte que via un proxy avec les réseaux de communication de l'écosystème IoT (réseau 4G...) pour lesquelles des données sont disponibles dans la littérature, ou le seront suite à la mise en application de la loi AGEC. Mais rien ne permet d'établir la représentativité de ce proxy. Il serait donc nécessaire de réaliser une évaluation de l'impact des équipements d'infrastructure du système IoV qui ne sera pas couverte par les publications des FAI dans le cadre de la loi AGEC. Concernant le périmètre temporel de l'évaluation des impacts environnementaux, une étude visant à mieux comprendre l'incidence de l'évolution technologique des tiers 2 et 3 relativement à la durée de vie typique du véhicule serait également intéressante pour établir si la prise en compte de cet aspect dynamique est de nature à orienter les choix d'écoconception de façon plus pertinente.

Sur les aspects sociaux, l'approche retenue demande à être consolidée en la confrontant à un cas d'étude pour lequel les données seront accessibles, et en impliquant des acteurs disposant d'une expertise avancée sur ce domaine. Développer une échelle pertinente pour l'indicateur « accidentologie ». Réflexion sur l'indicateur « respect vie privée » à mener avec des acteurs ayant une expertise sur la RGPD et les risques non couverts par celle-ci.

Afin de faciliter la comparaison de la soutenabilité de différentes solutions considérées, il pourrait aussi être utile de développer une approche permettant de mettre en perspective les indicateurs sociaux et environnementaux d'une part et les indicateurs économiques d'autre part. Celle-ci peut notamment se baser sur la valeur perçue ou le consentement à payer une fonction conçue suivant des critères sociaux et environnementaux par le client. A cette fin, le développement d'une méthode d'agrégation des indicateurs relatifs à chaque domaine pourrait constituer une étape préliminaire.

Il serait enfin intéressant d'étendre le périmètre de l'évaluation à la prise en compte des effets structurels dont les impacts environnementaux sont potentiellement plus élevés. Bien que l'amélioration de l'efficacité des équipements doit être prise en compte afin de minimiser les effets directs liés au périmètre physique, une part essentielle des impacts est la conséquence du comportement de l'utilisateur et des modes de déplacement. Aussi, il faut investir plus d'effort pour comprendre les effets des technologies de connectivité des véhicules sur ces effets indirects. Dans cette perspective, l'élaboration d'une approche méthodologique générale applicable à tout type de fonction connectée paraît difficilement réalisable. L'évaluation des effets structurels doit donc être envisagée par une approche spécifique relativement à la typologie de fonction ou de technologie ciblée.

Index des tableaux et figures

Tableaux ⁽ⁱ⁾

Tableau 1 - Identification des conséquences indirectes et structurelles dans le cas du véhicule connecté	8
Tableau 2 - liste des indicateurs environnementaux sélectionnés	10
Tableau 3 - parties prenantes, sous-catégories d'impact et indicateur sociaux sélectionnés	10
Tableau 4 - indicateurs économiques recommandés	10

Figures⁽ⁱ⁾

Figure 1 - démarche du projet SODECO.....	5
Figure 2 - structure de l'écosystème des objets connectés (CISCO , 2014).....	6
Figure 3 - périmètre physique de la fonction connectée.....	7
Figure 4 - synoptique général de la méthodologie d'évaluation de la soutenabilité du VC	12

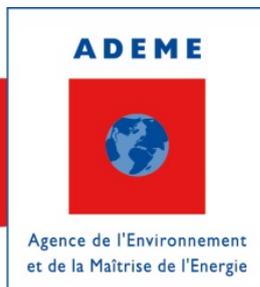
Sigles et acronymes

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AGEC	Anti-Gaspillage pour une Economie Circulaire
ACV	Analyse du Cycle de Vie
ACV-E	Analyse du Cycle de Vie Environnementale
ACV-S	Analyse du Cycle de Vie Sociale
BAAC	Bases de données annuelles des accidents corporels de la circulation routière
CAM	Cooperative Awareness Message
CAV	Connected and automated vehicles
CED	Cumulative Energy Demand
DEEE	Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques
DENM	Decentralized Environmental Notification Message
EoL	End of Life
FAI	Fournisseurs d'Accès à Internet
FC	Fonction Connectée
FdV	Fin de Vie
IoT	Internet of Things
IoV	Internet of Vehicle
ITS	Intelligent Transportation Systems
ITS-S	Intelligent Transportation Systems Station
ITU	International Telecommunication Union
LCA	Life Cycle Assessment
LCSA	Life Cycle Sustainability Assessment
MCDA	Multi Criteria Decision Analysis
PSILCA	Product Social Impact Life Cycle Assessment
SHDB	Social Hotspots Database
S-LCA	Social Life Cycle Assessment
TIC	Technologies d'Information et de Communication
UF	Unité Fonctionnelle
UNEP	United Nations Environment Program
VC	Véhicule Connecté
VHU	Véhicule Hors d'Usage

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale. L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, et du ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.



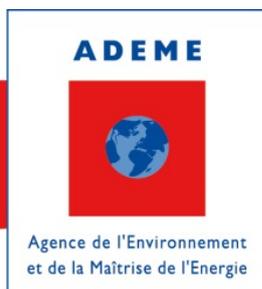
ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

www.ademe.fr

ABOUT ADEME

The French Environment and Energy Management Agency (ADEME) is active in the implementation of public policy in the areas of the environment, energy and sustainable development. The Agency provides expertise and advisory services to businesses, local authorities and communities, government bodies and the public at large, to enable them to establish and consolidate their environmental action. As part of this work ADEME helps finance projects, from research to implementation, in the areas of waste management, soil conservation, energy efficiency and renewable energy, air quality and noise abatement.

ADEME is a public agency under the joint authority of the Ministry for Ecology, Sustainable Development and Energy, and the Ministry for Education, Higher Education and Research.



ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

www.ademe.fr