



ACV carbone comparative de deux solutions d'éclairage public

2024

ACT'EE |



Action des Collectivités
Territoriales pour
l'Efficacité Énergétique

- 01. Contexte général**
- 02. Approche globale**
- 03. Résultats**
- 04. Principaux enseignements**
- 05. Annexe : détails méthodologiques**

01.

CONTEXTE GÉNÉRAL



Crédit Photo : ISS

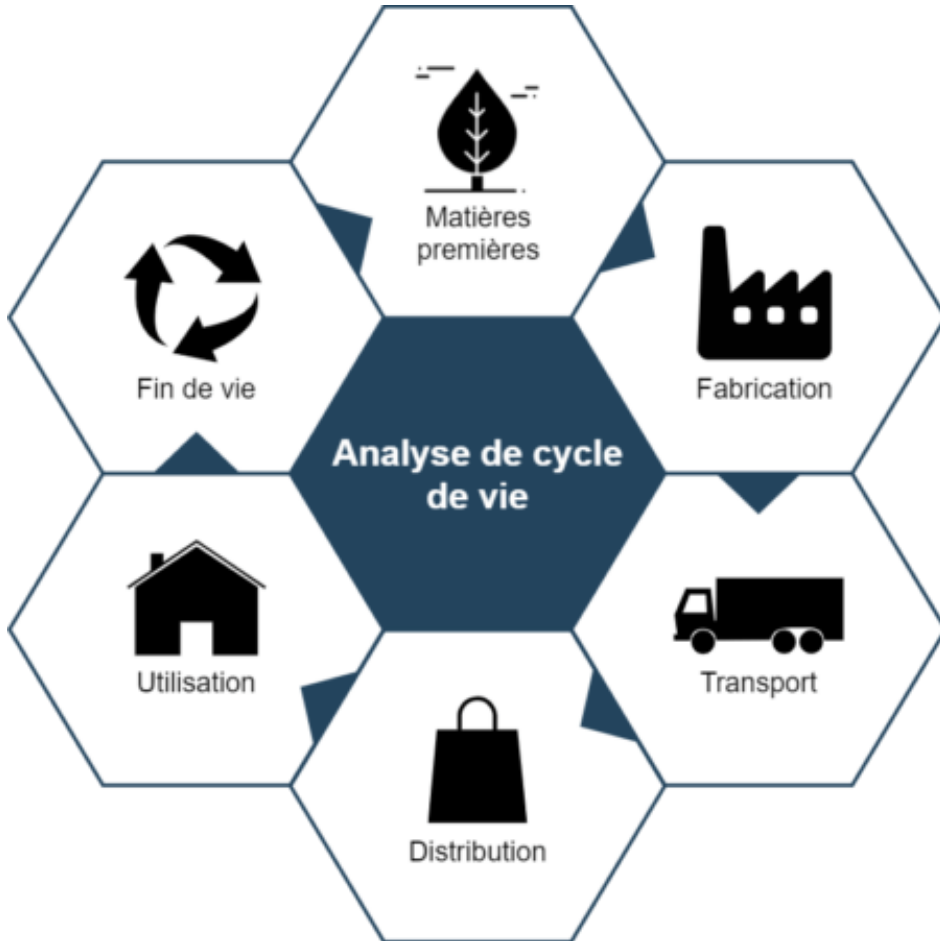
Lum'ACTEE+ est un programme porté par la FNCCR permettant d'apporter un soutien opérationnel et financier aux collectivités soucieuses de maîtriser leurs consommations d'énergie liées à l'éclairage public, de moderniser leurs installations, et d'agir pour le confort des habitants et l'environnement.

L'objectif du programme Lum'ACTEE+ est d'accélérer le renouvellement du parc d'éclairage public en passant d'un taux de renouvellement de 3% à 10% par an.

Ce parc est aujourd'hui composé de 11 millions de points lumineux, ce qui correspond à la production d'énergie d'un réacteur nucléaire. Il s'agit du second poste de consommation des collectivités, derrière les bâtiments communaux.

- Aujourd'hui la solution photovoltaïque peut permettre de remplacer plusieurs lampadaires et s'affranchir d'une armoire de commande et du réseau. La solution économique est à vérifier au cas par cas. Mais quid de l'impact carbone de type d'installation qui multiplie les panneaux et les batteries?
- Cette solution est à comparer avec la solution dite "raccordée" à savoir plusieurs lampadaires alimentés électriquement par une armoire de commande à un câble.
- Jusqu'à maintenant la solution photovoltaïque se cantonnait à éclairage des zones pour lesquelles la réalisation d'un réseau d'éclairage (armoire + câbles) était trop coûteuse.

L'objectif de la présente étude est ainsi de réaliser une Analyse Cycle de Vie (ACV) pour vérifier laquelle des deux solutions (raccordée vs photovoltaïque) est la plus avantageuse sous l'angle carbone.



L'Analyse de Cycle de Vie (ACV) est un outil d'aide à la décision qui présente une vision globale des impacts générés par les produits. Une ACV dresse le bilan environnemental d'un produit sur toute sa durée de vie, de sa conception jusqu'à son élimination.

Les grandes étapes d'une ACV sont :

- La production des matières premières : extraction, transformation, etc.
- La fabrication des produits finis : assemblage, emballage, etc.
- La distribution : acheminement vers le lieu d'utilisation.
- L'utilisation : consommation d'énergie, maintenance, etc.
- La fin de vie : collecte, transport, recyclage, traitement des déchets

Les ACV distinguent classiquement les catégories d'impact suivants:

- **Changement climatique*** (dommage écologique)
- Acidification (dommage écologique)
- Ecotoxicité aquatique (dommage écologique)
- Destruction de la couche d'ozone (dommage sur la santé)
- Oxydation photochimique (dommage sur la santé)
- Radiation ionisante (dommage sur la santé)
- Consommation d'énergie (diminution des ressources)
- Épuisement des ressources naturelles (diminution des ressources)
- Épuisement des ressources eau (diminution des ressources)

*La présente étude se concentre sur la catégorie d'impact « changement climatique ».

- **Gaz à Effet de Serre (GES)** : Les gaz à effet de serre sont des composants gazeux qui absorbent le rayonnement infrarouge (chaleur) émis par la surface terrestre et contribuent ainsi à l'effet de serre. L'augmentation de leur concentration dans l'atmosphère terrestre est l'un des facteurs à l'origine du changement climatique. Les gaz à effet de serre considérés dans le cadre d'un Bilan Carbone® sont ceux énumérés par l'arrêté du 25 janvier 2016 relatif aux gaz à effet de serre couverts par les bilans d'émission de gaz à effet de serre.
- **Dioxyde de carbone (CO₂)** : GES incolore, inerte et non toxique, composé de deux atomes d'oxygène et d'un atome de carbone. Il est présent dans l'atmosphère à l'état naturel en faible quantité, issu de la respiration des animaux et des végétaux, des éruptions volcaniques, de la décomposition organique, etc... Il est en permanence transféré d'un milieu à un autre, appelés des puits de carbone, que sont les océans, la biomasse et l'atmosphère. Bien qu'il soit naturellement présent dans l'atmosphère, les activités humaines dites anthropiques émettent du CO₂ supplémentaire (via la combustion d'énergies fossiles), augmentant sa concentration dans l'atmosphère.
- **L'équivalent CO₂ (CO_{2e})** : unité de mesure créée par le GIEC permettant de ramener les différents gaz à effet de serre à une même unité commune afin de les rendre facilement comparables et cumulables. Il est calculé par le biais de deux facteurs : l'activité photochimique du gaz et la durée de vie du gaz dans l'atmosphère qui permettent de définir le potentiel de réchauffement global (PRG). Cette unité de mesure permet notamment de simplifier la quantification des différents gaz à effet de serre dans l'atmosphère et l'impact des actions de réduction attendues.
- **Facteurs d'émissions (FE)** : donnée permettant de convertir une donnée d'activité physique ou monétaire en CO_{2e}. Il inclut l'ensemble des émissions directes ou indirectes associée au flux, sur tout ou partie du cycle de vie de celui-ci. Les facteurs d'émissions proviennent de différentes sources, plus ou moins précises selon la méthode de construction employée. La principale base de données employée est la Base Empreinte®, mise à disposition par l'ADEME, elle regroupe un grand nombre de facteurs d'émissions qui peuvent être parfois affinés par d'autres sources (sectorielles, géographiques ...)

02.

APPROCHE GLOBALE

METHODE GLOBALE

Bien que ne traitant que de la catégorie d'impact « changement climatique », cette étude a été réalisée en s'inspirant des règles éditées par la norme ISO 14040 relative aux ACV et s'appuie également sur le guide « Programme PEP ecopassport® : règles spécifiques aux luminaires ».

L'inventaire du cycle de vie et la définition des hypothèses associées ont été définis dans le cadre d'un processus itératif :



- validation de l'unité fonctionnelle
- définition des étapes du cycle de vie
- description de la composition des points lumineux
- sourcing d'hypothèses à chaque étape du cycle de vie
- critique et validation des hypothèses par le groupe de travail créé *ad hoc*.

Le groupe de travail réuni à 6 reprises de septembre 2023 à mars 2024 pour réaliser cette étude était composé de :

- Wilfried Kopec, Chef du département autres infrastructures en réseau, FNCCR
- Vincent Espinasse, Chargé de mission Lum'ACTE, FNCCR
- Guillaume Lebris, Conseiller technique éclairage public, FNCCR
- Alex Navucet & Aurélien Ricard, consultants climat, ekodev

La 5^{ème} réunion du groupe de travail a aussi permis de bénéficier de l'expertise 2 acteurs du secteur :

- Eric COLOMBERT, Adjoint technique service Eclairage Publique, SDEC Energie
- Ronan ROBERT, Responsable d'affaires service et réseaux, entreprise TEIM.



UNITE FONCTIONNELLE

L'unité fonctionnelle (UF) correspond à un système de produits & services; Elle est destinée à être utilisée comme unité de référence dans une ACV.

L'unité fonctionnelle de cette étude a été définie comme suit :

« Renouveler un point lumineux fonctionnel de 60 Watts, initialement relié au réseau par un câble en pleine terre, pour assurer un éclairage durant 30 ans en France métropolitaine »

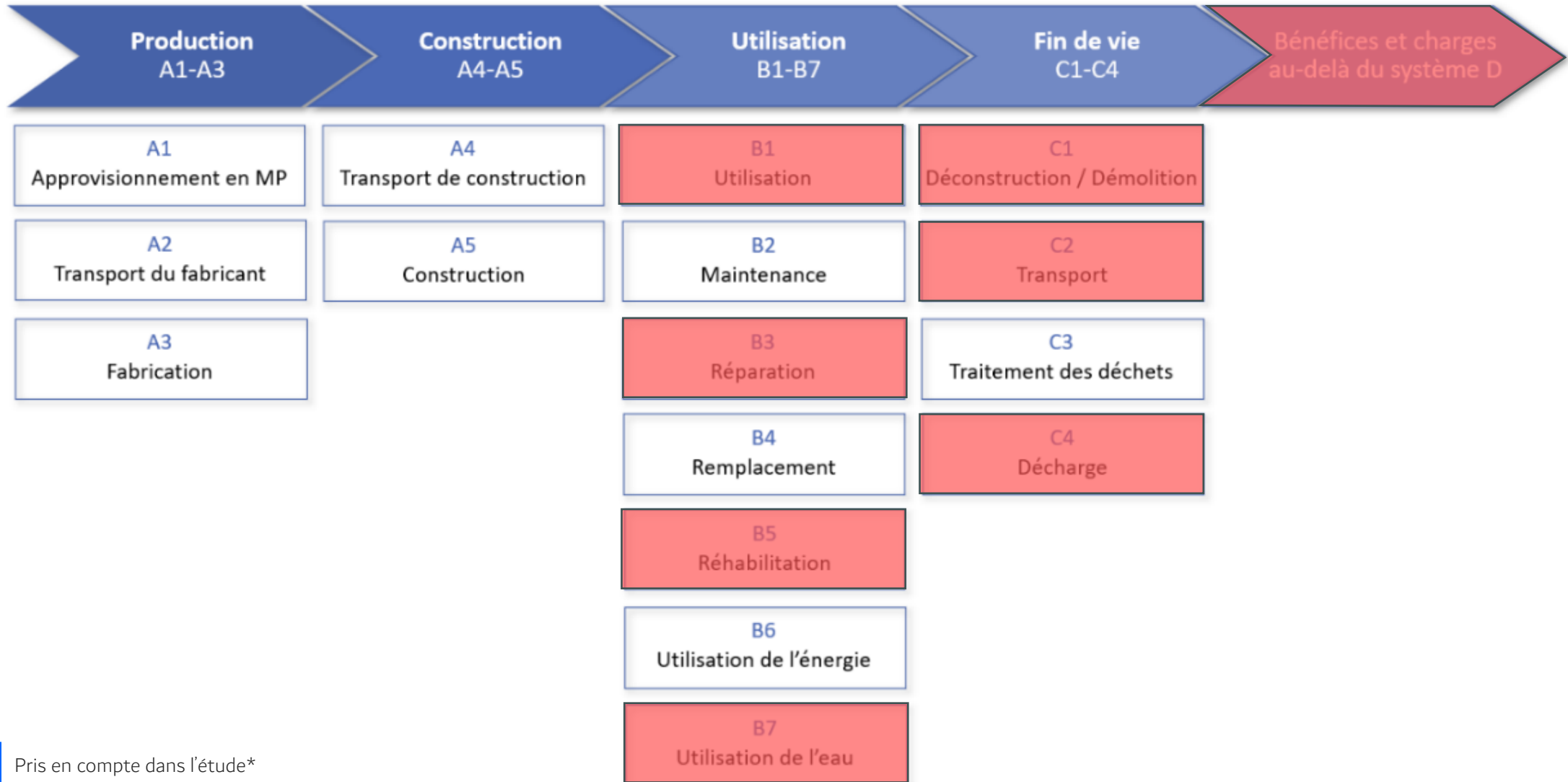
Un luminaire fonctionnel est défini comme placé en bordure de voie afin de sécuriser les déplacements de automobilistes et des piétons. Il se situe en bordure de route départementale.

Cette UF permet de comparer deux solutions techniques distinctes :

- luminaire raccordé (raccordé au réseau via un câble posé sous fourreau et piloté via une armoire de commande)
- luminaire photovoltaïque (autonome)



PÉRIMÈTRE DE L'ANALYSE DE CYCLE DE VIE*



XX

Pris en compte dans l'étude*

XX

Non-pris en compte dans l'étude*

DURÉE DE VIE DES ÉQUIPEMENTS

Une durée de vie hypothétique a été associée à chaque matériau et équipement entrant dans la composition de l'unité fonctionnelle. Ainsi, sauf spécification contraire, tous les équipements sont réputés avoir une durée de vie de 30 ans.

Les équipements considérés ayant une durée de vie différente sont les suivants :

- La batterie – 10 ans
- Le driver – 10 ans
- Le contrôleur de charge – 10 ans
- Le contrôleur de puissance – 10 ans
- Le panneau photovoltaïque – 20 ans
- Le fourreau des câbles électriques enterrés – 60 ans
- Le massif en béton nécessaire à la pose du luminaire – 90 ans

L'impact de la fabrication, du transport et de la fin de vie de ces équipements a donc été considéré au prorata de leur durée de vie par rapport au cycle de l'unité fonctionnelle : 30 ans.

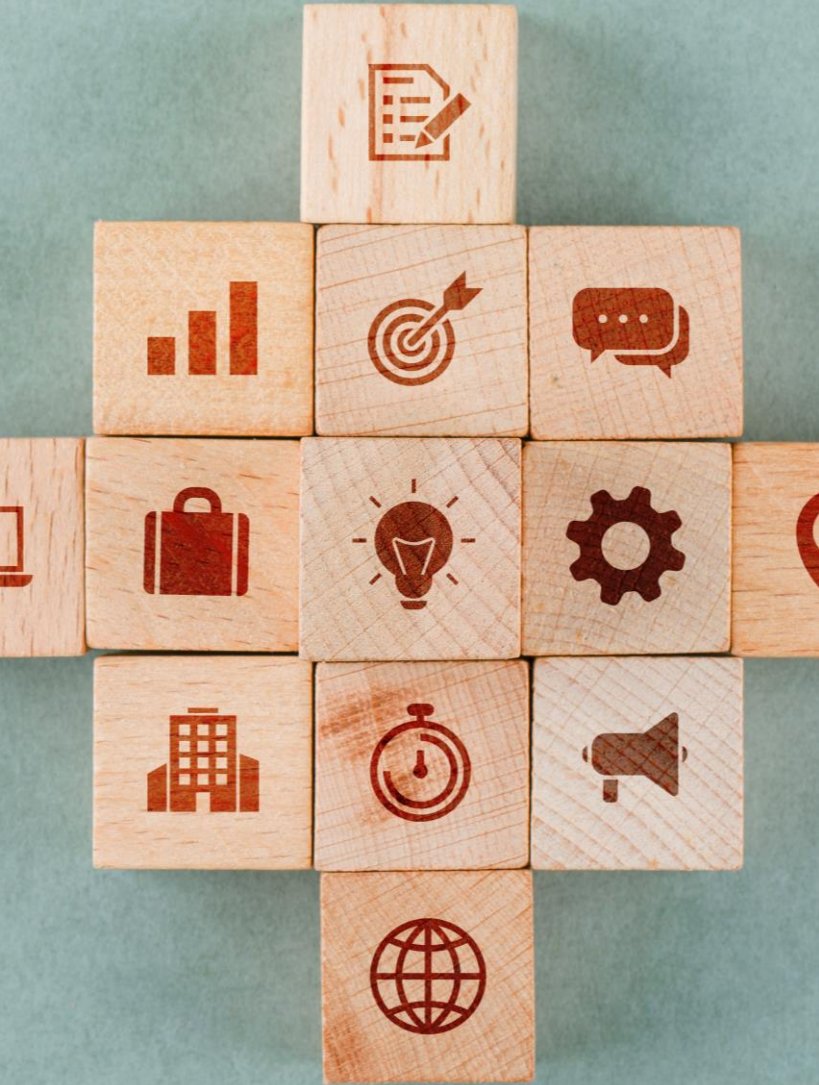
Par ailleurs, il a été considéré que le renouvellement du fourreau des câbles électriques enterrés entraîne par défaut la réalisation de travaux : réalisation d'une tranchée, excavation des terres, remplacement par de nouveaux matériaux (sable, granulats, bitume). Ces matériaux ont donc par extension une durée de vie de 60 ans.



LES BASES DE FACTEURS D'EMISSIONS EMPLOYÉES

L'évaluation de l'impact du cycle de vie a été réalisée en mobilisant 3 bases de facteurs d'émissions :

- Base Empreinte, base publique de l'ADEME, consultable [ici](#).
- Base Inies, la base de données environnementales et sanitaires de référence pour le bâtiment et la RE2020, consultable [ici](#).
- Base Ecoinvent, la base de données mondiale d'Analyses Cycle de Vie, consultable [ici](#).



LIMITES DE L'ETUDE

Bien que s'inspirant des standards méthodologiques liés à la réalisation des ACV, cette étude présente plusieurs limites nécessitant d'être exposées. Parmi les limites concernant les moyens, il est notamment précisé que :

- La présente étude n'a pas fait l'objet de revue critique par un tiers ;
- Le modèle créé n'a pas fait l'objet d'un calcul de l'incertitude associée ;
- Le modèle ne se concentre que sur les émissions induites et ne considère pas les émissions évitées (par exemple liées à la valorisation des déchets dont les batteries et panneaux photovoltaïques).

Par ailleurs, il est important de préciser que :

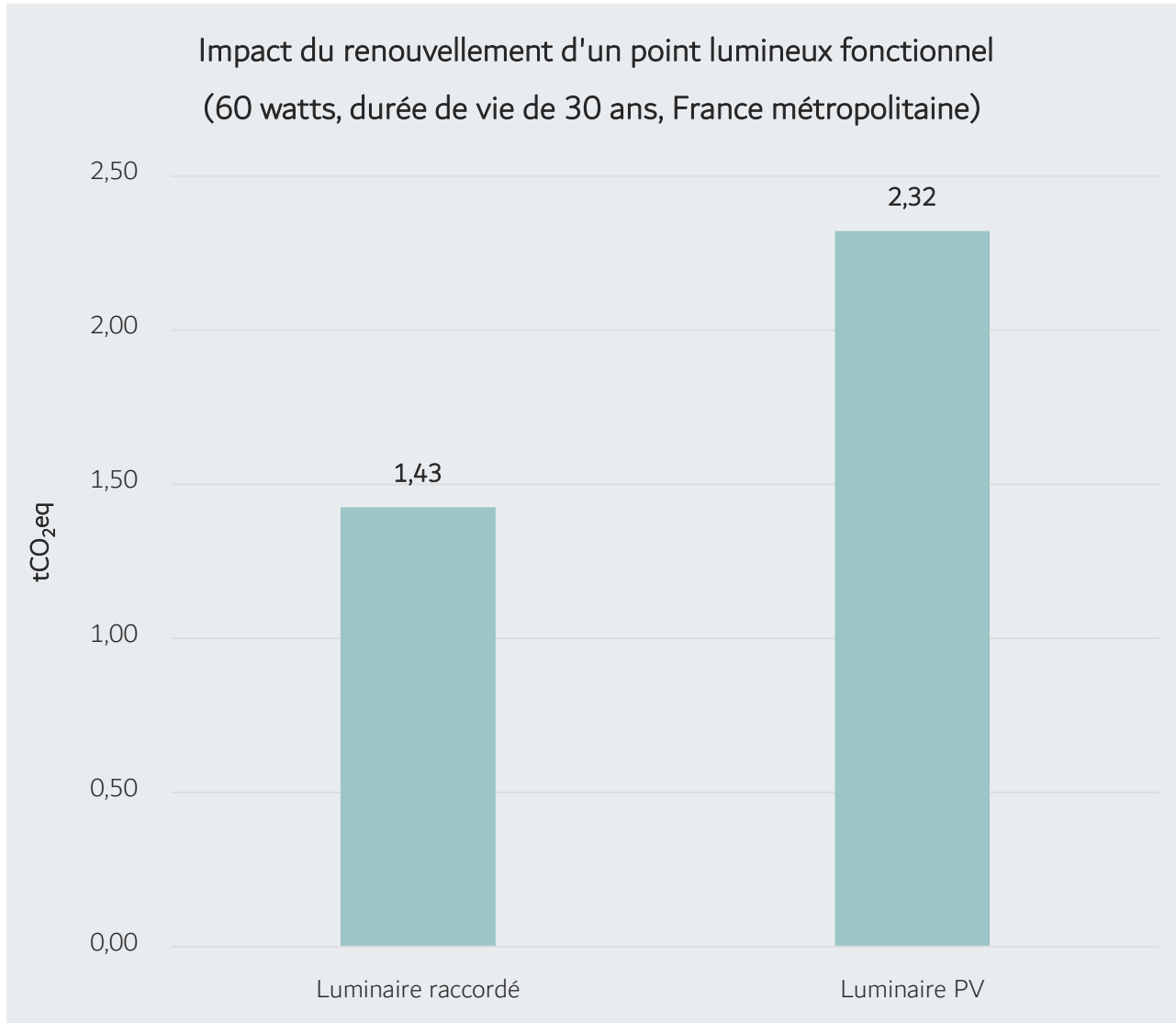
- L'unité fonctionnelle décrite ici correspond à une approche « marché ». Elle ne correspond pas à un projet spécifique, mais à la moyenne de ce qui peut être observée pour les opérations de renouvellement de points lumineux fonctionnels, en France métropolitaine.
- Le système décrit dans cette étude recoupe plusieurs produits et services (lampadaires, équipements de production photovoltaïque, travaux Voirie et Réseaux Divers, etc.). Aussi, il n'a pas été possible durant cette étude de mobiliser des fabricants d'équipements.

Les résultats de cette étude sont donc à considérer au regard de ces limites et des hypothèses retenues qui peuvent induire une certaine incertitude.

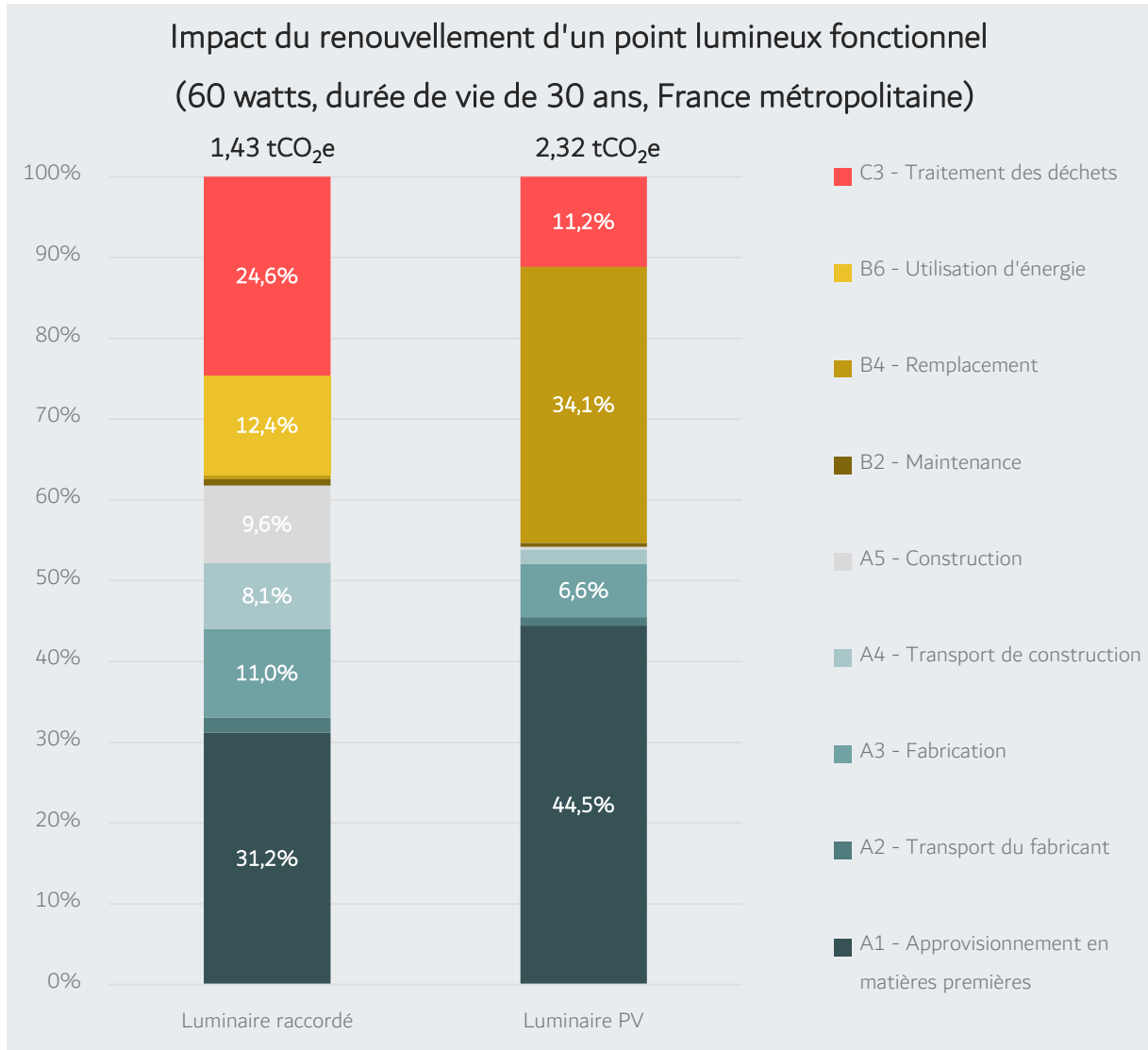
➔ Un calculateur permettant de mesurer plus finement l'impact carbone d'un projet spécifique à partir des données fournisseurs sera mis à disposition des collectivités adhérentes de la FNCCR. Et des lauréats du programme ACTEE (Lum'ACTEE et Chêne)

03.

RESULTATS



Il ressort de l'étude que sur l'ensemble de son cycle de vie, le luminaire photovoltaïque est **63%** plus émissif que le raccordé. Il convient néanmoins de rappeler que pour le raccordé, on considère une première pose de câble sous fourreau.



Phase A :

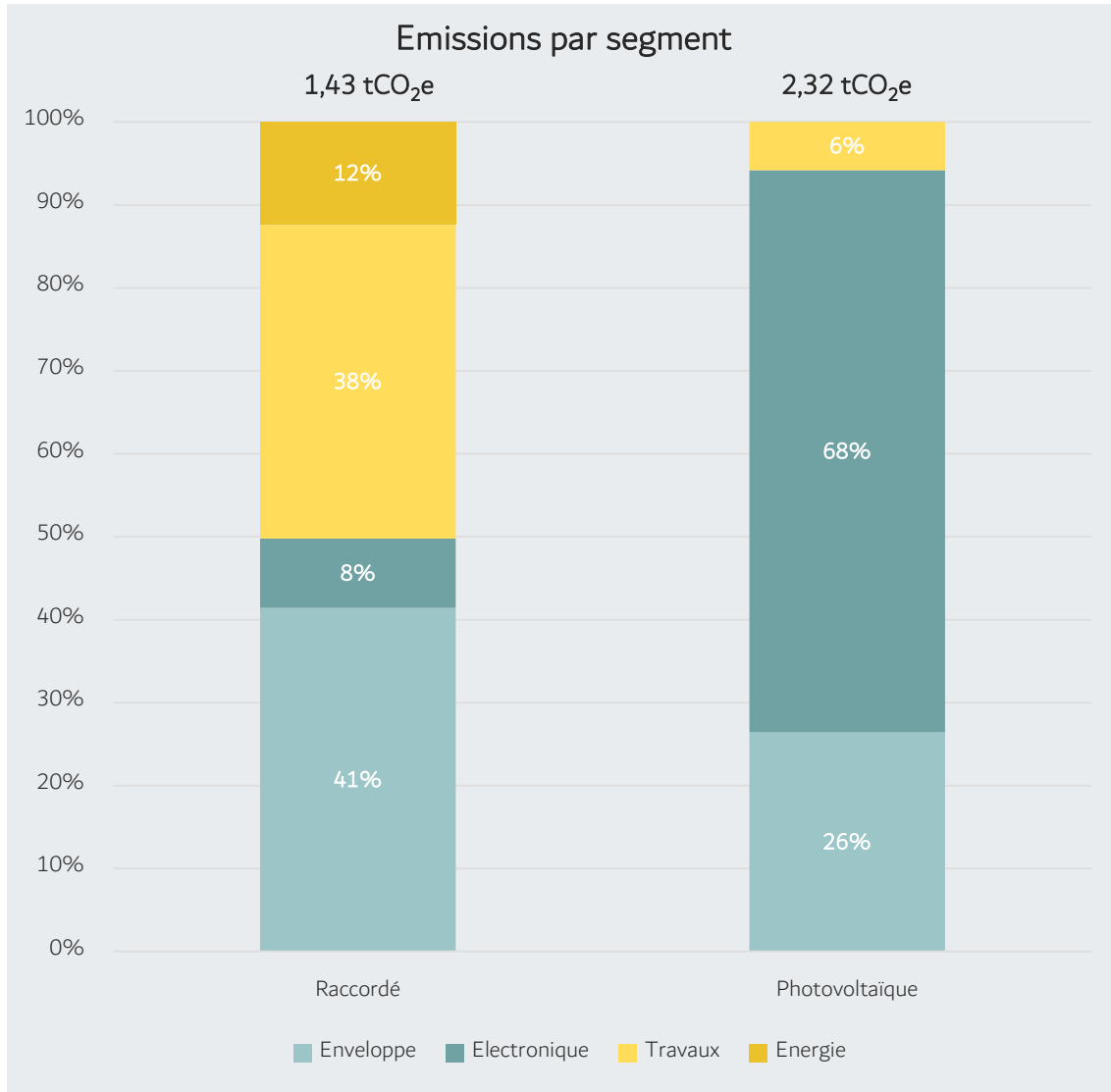
- L'approvisionnement en matières premières est plus important pour le photovoltaïque car bien que le comblement de la tranchée implique plusieurs tonnes de matériaux de remblais, la fabrication des composants spécifiques tels que le panneau et la batterie est très émissive.
- De même que pour le transport, ces matériaux ont dû être acheminés jusqu'au lieu d'installation, ce qui rajoute de l'impact pour le raccordé.
- La phase de construction est plus importante pour le luminaire raccordé du fait de la consommation des engins de chantier pour creuser la tranchée.

Phase B :

- La part importante du remplacement pour le luminaire photovoltaïque intègre le changement de batteries, panneaux, drivers, contrôleur de charge, éléments non présents dans le raccordé.
- L'énergie du luminaire raccordé tient compte de la décarbonation du mix électrique français.

Phase C :

- La part plus importante de déchets pour le luminaire raccordé provient du transport et du traitement des terres excavées lors du creusement de la tranchée.



L'enveloppe

La fabrication de l'enveloppe (mât et carcasse) a un impact très proche (**en absolu**), la seule différence notable étant un poids de mat supérieur de 10% pour le photovoltaïque. Ce mat plus épais permet de supporter le poids et la prise au vent de la batterie et du panneau photovoltaïque.

L'électronique

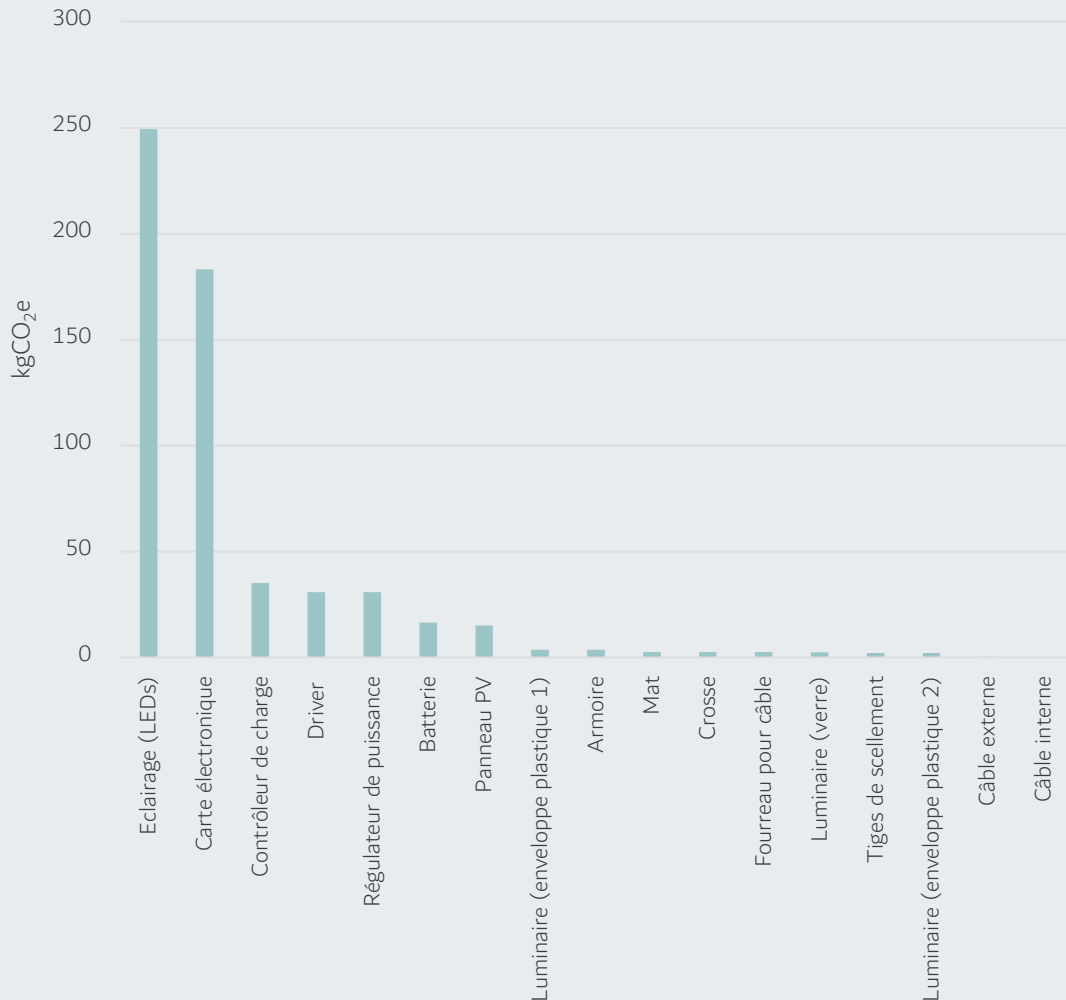
La partie électronique représente une bien plus grande part des émissions du luminaire photovoltaïque, car ses composants spécifiques tels que la batterie et le panneau solaire, sont non seulement assez émissif à fabriquer, mais nécessitent aussi d'être remplacés au cours de la période de 30 ans.

Les travaux

Les travaux sont plus importants pour le luminaire raccordé, car la pose d'un nouveau câble sous fourreau nécessite de creuser une tranchée de 30 mètres. Ce sont ces travaux, ainsi que le retraitement des terres excavées, qui marquent la différence avec la phase travaux du photovoltaïque.

- Chacun de ces segments comprend la fabrication, le transport, l'utilisation et la fin de vie des éléments le composant
- Le remplacement des composants électroniques du luminaire photovoltaïque représente la majorité de ses émissions.

Impact carbone par kg de composant neuf du luminaire



Les composants électroniques

Les LEDs, cartes électroniques et drivers présentent une empreinte carbone importante par kilogramme de produit. Cela s'explique car les procédés de fabrication de ces équipements sont énergivores (plus un équipement doit être gravé petit et plus l'énergie nécessaire est importante), et sont pour la plupart produits en Asie du Sud-Est où le mix électrique, et énergétique est en général très carboné. Par exemple Taiwan, l'un des principaux producteurs de semiconducteurs au monde, possède un mix électrique dix fois plus carboné que celui de la France.

Cependant, cet impact est à relativiser dans le cas présent car la quantité (en poids) de ce type de produits électroniques présente dans les luminaires est relativement faible.

La batterie et le panneau photovoltaïque

En plus d'avoir un impact carbone important par kilogramme produit, c'est surtout la durée de vie de la batterie (10 ans) et du panneau solaire (20 ans) qui engendrent l'importante empreinte carbone de ces éléments.

- Les circuits imprimés sont très impactant à produire, mais sont finalement peu concentrés dans le luminaire
- Les LEDs sont aussi très impactantes au kilo, mais ne représentent qu'un poids infime sur le luminaire (environ 12 grammes diodes uniquement)

04.

PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS

1

1,42 tCO₂e pour le luminaire raccordé, pour 2,32 tCO₂e (soit 63% de plus) pour le luminaire photovoltaïque.

2

La pose initiale sous fourreau permet de **limiter** la réalisation de travaux pendant une durée approximative de 60 ans. Cela permet **d'éviter l'extraction** de nouvelles matières premières ainsi que le **retraitement** des terres excavées.

3






L'évolution des méthodes et technologies de **production des panneaux photovoltaïques et batteries**, ainsi que leurs durées de vie, représentent un enjeu majeur pour les fabricants, car elles concentrent une grande partie de l'impact carbone du luminaire.

4

La consommation d'énergie par le luminaire raccordé ne représente qu'un **enjeu mineur**, en particulier dans un pays avec un **mix électrique bas carbone** et qui continue de se **décarboner**.








05.





ANNEXES : DÉTAILS MÉTHODOLOGIQUES

ETAPE	ELEMENTS CONSTITUTIFS	EXEMPLE
<p>A1 Approvisionnement en matières premières</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Matériaux pour travaux • Matières premières lumineuse • Composants électroniques complets 	<ul style="list-style-type: none"> • Granulats • Mât en acier • Batterie
<p>A2 Transport du fabricant</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Fret matières premières 	<ul style="list-style-type: none"> • Transport routier de l'acier
<p>A3 Fabrication</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Pertes de production • Energie • Emballages 	<ul style="list-style-type: none"> • Pertes d'acier • Electricité utilisée pour la mise en forme • Production de bois, carton et plastique
<p>A4 Transport de construction</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Fret travaux • Fret enveloppe • Fret électronique 	<ul style="list-style-type: none"> • Transport routier des granulats • Transport routier des mâts
<p>A5 Construction</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Energie 	<ul style="list-style-type: none"> • Carburant des engins de chantier

PÉRIMÈTRE DE L'ANALYSE DE CYCLE DE VIE

UTILISATION

ETAPE	ELEMENTS CONSTITUTIFS	EXEMPLE
B1 Utilisation 	<ul style="list-style-type: none"> N/A : Exclu du périmètre 	<ul style="list-style-type: none"> N/A : Exclu du périmètre
B2 Maintenance 	<ul style="list-style-type: none"> Energie 	<ul style="list-style-type: none"> Consommation de carburant des véhicules effectuant la maintenance préventive annuelle
B3 Réparation 	<ul style="list-style-type: none"> N/A : Exclu du périmètre car absente de maintenance curative (incidence de moins de 5%) 	<ul style="list-style-type: none"> N/A : Exclu du périmètre
B4 Remplacement 	<ul style="list-style-type: none"> Composants électroniques complets 	<ul style="list-style-type: none"> Batterie Panneau Photovoltaïque
B5 Réhabilitation 	<ul style="list-style-type: none"> N/A : Exclu du périmètre 	<ul style="list-style-type: none"> N/A : Exclu du périmètre
B6 Utilisation de l'énergie 	<ul style="list-style-type: none"> Energie 	<ul style="list-style-type: none"> Consommation d'électricité du luminaire raccordé
B7 Utilisation de l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> N/A : Exclu du périmètre 	<ul style="list-style-type: none"> N/A : Exclu du périmètre

ETAPE		ELEMENTS CONSTITUTIFS	EXEMPLE
C1 Déconstruction / Démolition		<ul style="list-style-type: none">N/A : Exclu du périmètre : Considéré comme marginal	<ul style="list-style-type: none">N/A : Exclu du périmètre : carburant nécessaire à la déconstruction de l'ouvrage
C2 Transport		<ul style="list-style-type: none">N/A : Exclu du périmètre : déjà inclus dans le FE des déchets	<ul style="list-style-type: none">N/A : Exclu du périmètre
C3 Traitement des déchets		<ul style="list-style-type: none">Fin de vie par type	<ul style="list-style-type: none">Transport et traitement (confondus) de chaque élément constitutif du luminaire et des travaux
C4 Décharge		<ul style="list-style-type: none">N/A : Exclu du périmètre	<ul style="list-style-type: none">N/A : Exclu du périmètre
D Bénéfices / charges hors périmètre		<ul style="list-style-type: none">N/A : Exclu du périmètre	<ul style="list-style-type: none">N/A : Exclu du périmètre

DETAILS DES HYPOTHESES – A1 : DESCRIPTION DES LUMINAIRES

		Raccordé					PV					Commentaires / sources	Lien
		Valeur dimensionnante 1	Valeur dimensionnante 2	Poids	Matériaux (cf. libellé FE)	Durée de vie (en années)	Valeur dimensionnante 1	Valeur dimensionnante 2	Poids	Matériaux (cf. libellé FE)	Durée de vie (en années)		
Composants de l'enveloppe	Mat	1 unité	8 mètres	80,000 kg	Acier galvanisé neuf	30	1 unités	8 mètres	88,000 kg	Acier galvanisé neuf	30	Hypothèse GT : 10 kg d'acier par mât, +10% pour les candélabres PV pour soutenir la batterie et le panneau	/
Composants de l'enveloppe	Tiges de scellement	4 unités	NA	8,000 kg	Acier neuf	30	4 unités	NA	8,000 kg	Acier neuf	30	Hypothèse GT : les mâts sont fixés dans les massifs par 4 tiges en acier de 2 kg chacune	/
Composants de l'enveloppe	Crosse	1 unité	NA	6,285 kg	Acier galvanisé neuf	30	1 unités	NA	6,285 kg	Acier galvanisé neuf	30	Base Inies : Luminaires pour éclairage fonctionnel (mât inclus) - Données environnementales par défaut	Lien
Composants de l'enveloppe	Luminaire	1 unité	NA	0,168 kg	PC Polycarbonate Neuf	30	1 unités	NA	0,168 kg	PC Polycarbonate Neuf	30	Base Inies : Luminaires pour éclairage fonctionnel (mât inclus) - Données environnementales par défaut	Lien
Composants de l'enveloppe	Luminaire	1 unité	NA	0,168 kg	Polyéthylène basse densité neuf	30	1 unités	NA	0,168 kg	Polyéthylène basse densité neuf	30	Base Inies : Luminaires pour éclairage fonctionnel (mât inclus) - Données environnementales par défaut	Lien
Composants de l'enveloppe	Luminaire	1 unité	NA	1,025 kg	Verre plat neuf	30	1 unités	NA	1,025 kg	Verre plat neuf	30	Base Inies : Luminaires pour éclairage fonctionnel (mât inclus) - Données environnementales par défaut	Lien
Composants électrique & électroniques	Eclairage	60 watts	24 diodes	0,012 kg	LED	30	60 watts	24 diodes	0,012 kg	LED	30	Hypothèse GT : 1 diode = 2,5 watts = 0,5 gramme	/
Composants électrique & électroniques	Carte électronique	1 unité	0,012 m2	0,022 kg	Circuit imprimé	30	1 unités	0,012 m2	0,022 kg	Circuit imprimé	30	Hypothèses GT : - 0,5 cm2 de carte par diode - 1 cm2 de carte = 1,850 gramme	Lien
Composants électrique & électroniques	Driver	1 unité	NA	0,100 kg	Driver	10	1 unités	NA	0,100 kg	Driver	10	Hypothèse GT : 1 driver = 100 grammes	/
Composants électrique & électroniques	Câble interne	1 unité	9 mètres	2,790 kg	Cuivre neuf	30	1 unités	1 mètres	0,310 kg	Cuivre neuf	30	Hypothèses GT : - Les mats intègrent autant de mètre de câble que leur hauteur + 1 mètre - Le poids du câble est de 310 g par m linéaire pour un diamètre de 35 mm	Lien
Composants électrique & électroniques	Câble externe	1 unité	34 mètres	34,000 kg	Cuivre neuf	30	NA	NA	NA	NA	NA	Hypothèses GT : - les luminaires sont séparés par 30 mètres de câble + 2 mètres de chaque côté pour arriver en bas du mat - Le poids du câble est de & kg par m linéaire pour un diamètre de 35 mm	/
Composants de l'enveloppe	Fourreau pour câble	1 unité	34 mètres	22,100 kg	PVC neuf	60	NA	NA	NA	NA	NA	Hypothèse GT : 1 mètre de fourreau pour câble = 650 grammes	Lien
Composants électrique & électroniques	Régulateur de puissance	0,04 unité	NA	0,800 kg	Composants Electroniques	30	1 unités	NA	0,500 kg	Composants Electroniques	10	Hypothèse GT : - Raccordé : une armoire de 20kg de matériel électronique permet de contrôler 25 luminaires - PV : chaque point lumineux est équipé d'un contrôleur individuel de 500g	/
Composants de l'enveloppe	Armoire	0,04 unité	NA	0,800 kg	PC Polycarbonate Neuf	30	NA	NA	NA	NA	NA	Hypothèse GT : une armoire dont l'enveloppe plastique pèse 20 kg	/
Composants électrique & électroniques	Contrôleur de charge	NA	NA	NA	NA	NA	1 unités	NA	2,700 kg	Contrôleur de charge	10	Base Inies : Contrôleur de charge 30A	Lien
Composants électrique & électroniques	Panneau PV	NA	NA	NA	NA	NA	300 watts crêtes	1,5 m2	22,500 kg	Single-si Wafer	20	- Hypothèse : 5 Wc de capacité par W de puissance d'éclairage. - 15 kg par m² de panneau - Hypothèse : 200 Wc par m2 de panneaux photovoltaïques.	/
Composants électrique & électroniques	Batterie	NA	NA	NA	NA	NA	1 200 watts heure	NA	12,000 kg	Lithium Fer Phosphate	10	- Hypothèse : 20 Wh de capacité par W de puissance d'éclairage. - Hypothèse : 10 g par Wh.	/.

DETAILS DES HYPOTHESES – A1 : MATERIAUX POUR TRAVAUX

		Raccordé					PV					Commentaires / sources	Lien
		Valeur dimension ante 1	Valeur dimension ante 2	Poids	Matériaux (cf. libellé FE)	Durée de vie (en années)	Valeur dimension ante 1	Valeur dimension ante 2	Poids	Matériaux (cf. libellé FE)	Durée de vie (en années)		
Travaux	Massif en béton	1 unité	0,4 m3	828,000 kg	Béton	90	1 unité	1,0 m3	2 300,000 kg	Béton	90	Hypothèse GT : les luminaires photovoltaïques de 8 mètres sont fixés dans un massif en béton d'environ 1 m3. Le poids de 1 m ³ de béton à base d'agrégat ordinaire est d'environ 2 300 kg. 0,36m3 pour un massif raccordé, 1m3 pour un massif PV	Lien
Travaux	Remblai - Granulats	0,24 m3	30 mètres	14 100,000 kg	Granulats	60	0,24 m3	1 mètres	470,000 kg	Granulats	60	Hypothèse GT : les luminaires fonctionnels sont espacés de 30m en moyenne. La largeur de la tranchée est de 50 cm, la hauteur de sable est de 30cm, de grave de calcaire de 47 cm, et d'enrobé bitumineux de 3 cm. 1 m3 de granulat = 2 tonnes	/
Travaux	Remblai - Sable	0,15 m3	30 mètres	7 200,000 kg	Sable	60	0,15 m3	1 mètres	240,000 kg	Sable	60	Hypothèse GT : les luminaires fonctionnels sont espacés de 30m en moyenne. La largeur de la tranchée est de 50 cm, la hauteur de sable est de 30cm, de grave de calcaire de 47 cm, et d'enrobé bitumineux de 3 cm. 1 m3 de sable = 1,6 tonne	/
Travaux	Couvert - Bitume	0,02 m3	30 mètres	472,500 kg	Enrobé bitumineux route	60	0,02 m3	1 mètres	15,750 kg	Enrobé bitumineux route	60	Hypothèse GT : les luminaires fonctionnels sont espacés de 30m en moyenne. La largeur de la tranchée est de 50 cm, la hauteur de sable est de 30cm, de grave de calcaire de 47 cm, et d'enrobé bitumineux de 3 cm. 1m3 d'enrobé bitumineux =1,05 tonnes	/

DETAILS DES HYPOTHESES – A1 : MATERIAUX POUR TRAVAUX

Sous étapes	Produit	Précisions produit	Hypothèses / commentaires / source	Lien
Intrants travaux	Massif enfoui	Béton	Hypothèse GT : les luminaires photovoltaïques de 8 mètres sont fixés dans un massif en béton d'environ 1 m³. Le poids de 1 m³ de béton à base d'agrégat ordinaire est d'environ 2 300 kg. Pour les luminaires raccordés, le massif raccordé pèse 828 kg pour un volume de 0,36m ³ .	Lien
Intrants travaux	Matériaux de remblai	Granulats	Hypothèse GT : les luminaires fonctionnels sont espacés de 30m en moyenne. La largeur de la tranchée est de 50 cm, la hauteur de sable est de 30cm, de grave de calcaire de 47 cm, et d'enrobé bitumineux de 3 cm. 1 m3 de granulats = 2 tonnes	/
Intrants travaux	Matériaux de remblai	Sable	Hypothèse GT : les luminaires fonctionnels sont espacés de 30m en moyenne. La largeur de la tranchée est de 50 cm, la hauteur de sable est de 30cm, de grave de calcaire de 47 cm, et d'enrobé bitumineux de 3 cm. 1 m3 de sable = 1,6 tonne	/
Intrants travaux	Bitume	Enrobé bitumineux route	Hypothèse GT : les luminaires fonctionnels sont espacés de 30m en moyenne. La largeur de la tranchée est de 50 cm, la hauteur de sable est de 30cm, de grave de calcaire de 47 cm, et d'enrobé bitumineux de 3 cm. 1m3 d'enrobé bitumineux =1,05 tonnes	/

Les massifs en béton sont réputés avoir une durée de vie minimale de 70 ans. L'hypothèse retenue est qu'ils ont une durée de vie de 90 ans, soit **trois cycles complets**. L'analyse ne portant ici que sur un seul cycle, seulement un tiers de la masse total du massif a été prise en compte dans l'étude (principe de l'immobilisation en conformité avec la méthodologie Bilan Carbone®).

La même approche a été employée pour tous les travaux relatifs à la pose sous fourreau : un fourreau est réputé avoir une durée de vie en pleine terre de 60 ans, soit **2 cycles complets**. Les émissions relatives à cette pose ont donc été comptabilisées pour moitié seulement.

DETAILS DES HYPOTHESES – A2 : TRANSPORT DEPUIS L'ETAPE DE PRODUCTION

Sous étapes	Produit	Précisions produit	Hypothèses / commentaires / source	Lien
Fret	Transport aller + retour à vide	Camion transport matières premières	Base Inies : Luminaires pour éclairage fonctionnel (mât inclus) - Données environnementales par défaut. 1000 km à 100% de chargement + taux retour à vide de 30%	Lien

DETAILS DES HYPOTHESES – A3 : MISE EN FORME DES MATIÈRES PREMIÈRES

Sous étapes	Produit	Précisions produit	Hypothèses / commentaires / source	Lien
-------------	---------	--------------------	------------------------------------	------

Perte de production

Pertes enveloppe	Mat	Acier galvanisé neuf	Programme PEP ecopassport® - Règles spécifiques aux luminaires. 50% de pertes	/
Pertes enveloppe	Tiges de scellement	Acier neuf	Programme PEP ecopassport® - Règles spécifiques aux luminaires. 50% de pertes	/
Pertes enveloppe	crosse	Acier galvanisé neuf	Programme PEP ecopassport® - Règles spécifiques aux luminaires. 50% de pertes	/
Pertes enveloppe	Luminaire	PC Polycarbonate Neuf	Programme PEP ecopassport® - Règles spécifiques aux luminaires. 50% de pertes	/
Pertes enveloppe	Luminaire	Polyéthylène basse densité neuf	Programme PEP ecopassport® - Règles spécifiques aux luminaires. 50% de pertes	/
Pertes enveloppe	Luminaire	Verre plat neuf	Programme PEP ecopassport® - Règles spécifiques aux luminaires. 50% de pertes	/
Pertes enveloppe	Fourreau	PVC neuf	Programme PEP ecopassport® - Règles spécifiques aux luminaires. 50% de pertes	/
Pertes enveloppe	Armoire	PC Polycarbonate Neuf	Programme PEP ecopassport® - Règles spécifiques aux luminaires. 50% de pertes	/

Energie

Usinage	Mise en forme Métaux	Electricité 2022 europe	Base Impact Documentation. 0,67 MJ pour mettre en forme 1 kg de métal soit 0,2 kWh	Lien
Usinage	Mise en forme résine (plastiques et verre)	Electricité 2022 europe	Base Impact Documentation, 7,53 MJ pour thermo-compresser 1 kg de plastique soit 2,09 kWh	Lien

Emballages

Intrants	Emballages	Carton	Programme PEP ecopassport® - Règles spécifiques aux luminaires. Les emballages en carton équivalent à 2 % du poids du luminaire	/
Intrants	Emballages	Plastique	Programme PEP ecopassport® - Règles spécifiques aux luminaires. Les emballages en plastique équivalent à 0,5% du poids du luminaire	/
Intrants	Emballages	Bois	Programme PEP ecopassport® - Règles spécifiques aux luminaires. Les emballages bois équivalent à 2,5% du poids du luminaire	/

DETAILS DES HYPOTHESES – A4 : TRANSPORT DE L'ETAPE DU PROCESSUS DE CONSTRUCTION

Sous étapes	Produit	Précisions produit	Hypothèses / commentaires / source	Lien
Fret matériaux	Massif enfoui	Béton (transport)	Hypothèse GT : les matériaux de travaux sont sourcés dans un périmètre 50 km	/
Fret matériaux	Matériaux de remblai	Granulats (transport)	Hypothèse GT : les matériaux de travaux sont sourcés dans un périmètre 50 km	/
Fret matériaux	Matériaux de remblai	Sable (transport)	Hypothèse GT : les matériaux de travaux sont sourcés dans un périmètre 50 km	/
Fret matériaux	Bitume	Enrobé bitumineux route (transport)	Hypothèse GT : les matériaux de travaux sont sourcés dans un périmètre 50 km	/
Fret enveloppe	Mat	Acier galvanisé neuf (transport)	Hypothèse GT : les matériaux de travaux sont sourcés dans un périmètre 1500 km	/
Fret enveloppe	Tiges de scellement	Acier neuf (transport)	Hypothèse GT : les matériaux de travaux sont sourcés dans un périmètre 1500 km	/
Fret enveloppe	crosse	Acier galvanisé neuf (transport)	Hypothèse GT : les matériaux de travaux sont sourcés dans un périmètre 1500 km	/
Fret enveloppe	Luminaire	PC Polycarbonate Neuf (transport)	Hypothèse GT : les matériaux de travaux sont sourcés dans un périmètre 1500 km	/
Fret enveloppe	Luminaire	Polyéthylène basse densité neuf (transport)	Hypothèse GT : les matériaux de travaux sont sourcés dans un périmètre 1500 km	/
Fret enveloppe	Luminaire	Verre plat neuf (transport)	Hypothèse GT : les matériaux de travaux sont sourcés dans un périmètre 1500 km	/
Fret électrique & électronique	Eclairage	LED (transport)	Hypothèse GT : les matériaux de travaux sont sourcés dans un périmètre 1500 km	/
Fret électrique & électronique	Carte électronique	Circuit imprimé (transport)	Hypothèse GT : les matériaux de travaux sont sourcés dans un périmètre 1500 km	/
Fret électrique & électronique	Driver	Driver (transport)	Hypothèse GT : les matériaux de travaux sont sourcés dans un périmètre 1500 km	/
Fret électrique & électronique	Cable interne	Cuivre neuf (transport)	Hypothèse GT : les matériaux de travaux sont sourcés dans un périmètre 500 km	/
Fret électrique & électronique	Cable externe	Cuivre neuf (transport)	Hypothèse GT : les matériaux de travaux sont sourcés dans un périmètre 500 km	/
Fret travaux	Fourreau	PVC neuf (transport)	Hypothèse GT : les matériaux de travaux sont sourcés dans un périmètre 1500 km	/
Fret électrique & électronique	Régulateur de puissance	Composants Electroniques (transport)	Hypothèse GT : les matériaux de travaux sont sourcés dans un périmètre 1500 km	/
Fret enveloppe	Armoire	PC Polycarbonate Neuf (transport)	Hypothèse GT : les matériaux de travaux sont sourcés dans un périmètre 1500 km	/
Fret électrique & électronique	Contrôleur de charge	Contrôleur de charge (transport)	Hypothèse GT : les matériaux de travaux sont sourcés dans un périmètre 1500 km	/
Fret électrique & électronique	Panneau PV	Single-si Wafer (transport)	Hypothèse GT : les matériaux de travaux sont sourcés dans un périmètre 1500 km	/
Fret électrique & électronique	Batterie	Lithium Fer Phosphate (transport)	Hypothèse GT : les matériaux de travaux sont sourcés dans un périmètre 1500 km	/

DETAILS DES HYPOTHESES – A5 : INSTALLATION

Sous étapes	Produit	Précisions produit	Hypothèses / commentaires / source	Lien
Energie	Carburant	Carburant excavatrice	Hypothèse GT : une aspiratrice-excavatrice consomme 200 litres de GNR/jour pour 45 mètres linéaires excavés quotidiennement	/
Energie	Carburant	Carburant engin de manutention (minipelle)	Hypothèse GT : une minipelle consomme 6 litres par jour avec 0,33 heure de fonctionnement par point lumineux et 3 heures de fonctionnement pour la tranchée	Lien
Energie	Carburant	Carburant camion grue	Hypothèse GT : un camion grue consomme 2 litres par heure avec 0,33 heure de fonctionnement par point lumineux	Lien

DETAILS DES HYPOTHESES – B2 : MAINTENANCE

Sous étapes	Produit	Précisions produit	Hypothèses / commentaires / source	Lien
Energie	Essence/diesel/electrique	Déplacement des véhicules de services pour entretien	Hypothèse GT : réalisation d'1 maintenance préventive annuelle. 100 km par tournée, contrôle de 50 points lumineux. Pas de maintenance curative car moins de 5% d'incidence	/

DETAILS DES HYPOTHESES – B4 : REMPLACEMENT

Sous étapes	Produit	Précisions produit	Hypothèses / commentaires / source	Lien
Intrants	Eclairage	LED	Hypothèse GT : remplacé tous les 30 ans	/
Intrants	Carte électronique	Circuit imprimé	Hypothèse GT : remplacé tous les 30 ans	/
Intrants	Driver	Driver	Hypothèse GT : remplacé tous les 10 ans	/
Intrants	Régulateur de puissance	Composants Electroniques	Hypothèse GT : remplacé tous les 30 ans pour l'armoire et tous les 10 ans pour le régulateur indépendant)	/
Intrants	Contrôleur de charge	Contrôleur de charge	Hypothèse GT : remplacé tous les 10 ans	/
Intrants	Panneau solaire	Single-si Wafer	Hypothèse GT : remplacé tous les 20 ans	/
Intrants	Batterie	Lithium Fer Phosphate	Hypothèse GT : remplacé tous les 10 ans	/

DETAILS DES HYPOTHESES – B6 : ENERGIE

Sous étapes	Produit	Précisions produit	Hypothèses / commentaires / source	Lien
Energie	Consommation d'électricité des candélabres	Nombre d'heures annuel en pleine puissance	Hypothèse GT : fonctionnement d'un candélabre moyen : 2000 heures par an	/
Energie	Consommation d'électricité des candélabres	Nombre d'heure annuel en puissance réduite	Hypothèse GT : fonctionnement d'un candélabre moyen : 2000 heures par an	/
Energie	Consommation d'électricité des candélabres	Coefficient de réduction de puissance	Hypothèse GT : fonctionnement d'un candélabre moyen : 50% de puissance en moins pour les heures réduites	/
Energie	Consommation d'électricité des candélabres	Electricité moyenne jusqu'en 2055 (30 ans d'utilisation)	/	/

Les facteurs d'émission annuels de l'électricité française jusqu'en 2050 ont été construits en se basant sur les projections de RTE avec son scénario PACTE Industrie. La moyenne tous ces facteurs d'émission a ensuite été utilisée pour le calcul de l'impact de la consommation électrique du luminaire raccordé. Les projections s'arrêtant en 2050, pour les 5 années restantes du cycle de vie du luminaire, nous avons considéré que le Facteur d'émission de l'électricité ne variait plus.

DETAILS DES HYPOTHESES – C3 : TRAITEMENT DES DECHETS

Sous étapes	Produit	Précisions produit	Hypothèses / commentaires / source	Lien
Déchets	Massif enfoui	Massif Enfoui (béton) (déchets)	Hypothèse de fin de vie moyenne	/
Déchets	Matériaux de remblai	Granulats (déchets)	Hypothèse de fin de vie moyenne	/
Déchets	Matériaux de remblai	Sable (déchets)	Hypothèse de fin de vie moyenne	/
Déchets	Bitume	Enrobé bitumineux route (déchets)	Hypothèse de fin de vie moyenne	/
Déchets	Mat	Acier galvanisé neuf (déchets)	Hypothèse de fin de vie moyenne	/
Déchets	Tiges de scellement	Acier neuf (déchets)	Hypothèse de fin de vie moyenne	/
Déchets	Crosse	Acier galvanisé neuf (déchets)	Hypothèse de fin de vie moyenne	/
Déchets	Luminaire	PC Polycarbonate Neuf (déchets)	Hypothèse de fin de vie moyenne	/
Déchets	Luminaire	Polyéthylène basse densité neuf (déchets)	Hypothèse de fin de vie moyenne	/
Déchets	Luminaire	Verre plat neuf (déchets)	Hypothèse de fin de vie moyenne	/
Déchets	Eclairage	LED (déchets)	Hypothèse de fin de vie moyenne,	/
Déchets	Carte électronique	Circuit imprimé (déchets)	Hypothèse de fin de vie moyenne	/
Déchets	Driver	Driver (déchets)	Hypothèse de fin de vie moyenne	/
Déchets	Cable interne	Cuivre (déchets)	Hypothèse de fin de vie moyenne	/
Déchets	Cable externe	Cuivre (déchets)	Hypothèse de fin de vie moyenne	/
Déchets	Fourreau	PVC neuf (déchets)	Hypothèse de fin de vie moyenne	/
Déchets	Régulateur de puissance	Electronique (déchets)	Hypothèse de fin de vie moyenne	/
Déchets	Armoire	PC Polycarbonate Neuf (déchets)	Hypothèse de fin de vie moyenne	/
Déchets	Contrôleur de charge	Contrôleur de charge (déchets)	Hypothèse de fin de vie moyenne	/
Déchets	Panneau PV	Single-si Wafer (déchets)	Hypothèse de fin de vie moyenne	/
Déchets	Batterie	Lithium Fer Phosphate (déchets)	Hypothèse de fin de vie moyenne	/

PRG



CO_2

Le dioxyde de carbone, issu de la combustion des énergies fossiles, principal responsable des émissions anthropiques.

1 (Valeur de référence)



CH_4

Le méthane, issu de la décomposition organique, phénomène qui intervient dans les installations de stockage des déchets, ruminant des bovins, rizières, ...

30



N_2O

Le protoxyde d'azote issu de l'épandage d'engrais dans l'agriculture et de certains reflux de l'industrie chimique.

265



HFC
PFC
 SF_6

L'ensemble des gaz sont inclus dans le calcul, principalement les gaz réfrigérants contenus dans les dispositifs de climatisation ou de froid.

Jusqu'à 23 500