

ANNEXE -ACTUALISATION DE L'ANALYSE DE CYCLE DE VIE (ACV) EN COMPARAISON AVEC LE MIX ENERGETIQUE FRANÇAIS ET EUROPEEN

1. Introduction

1.1. Analyse de Cycle de Vie : qu'est-ce que c'est ?

Une ACV est une estimation des impacts environnementaux d'un produit ou d'une installation du « **berceau à la tombe** ». La fabrication (matières premières et énergie), le transport, l'installation, l'exploitation et le démantèlement sont ainsi pris en compte.

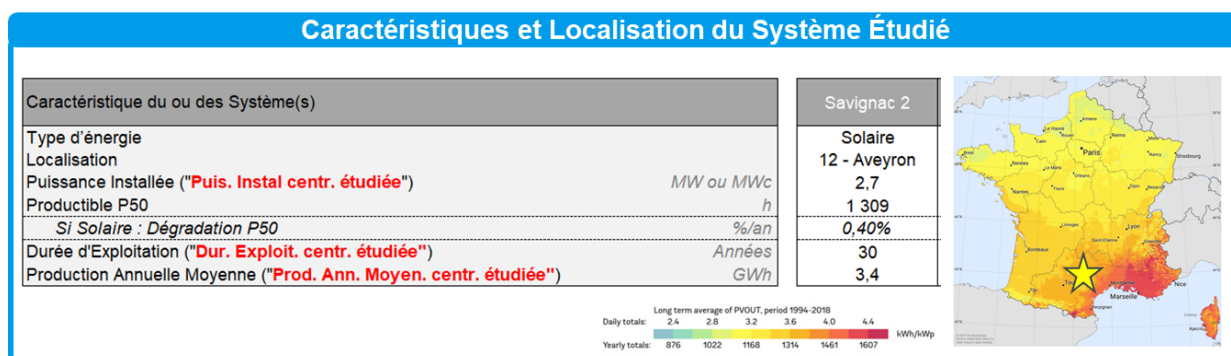
La réalisation des ACV doit être **spécifique et normalisée** au niveau international. D'après la norme ISO 14040, l'ACV est une « compilation et évaluation des intrants, des extrants et des impacts environnementaux potentiels d'un système de produits au cours de son cycle de vie ».

Il existe deux approches pour réaliser une ACV. La première approche est dite « **attributionnelle** », c'est-à-dire que le bilan carbone est calculé par rapport à la situation actuelle avec des hypothèses constantes dans le temps. À l'inverse, la seconde approche est dite « **conséquentielle** » car les hypothèses varient dans le temps en fonction des changements supposés, induits par la centrale (comportement des acteurs, surconsommation, etc.).

Pour le présent Bilan Carbone, l'approche « attributionnelle » a été retenue et est conforme avec les préconisations de l'ADEME.

1.2. Contexte

Les caractéristiques et la localisation du système étudié sont les suivants :



Les données sur le mix électrique sont décrites dans le tableau ci-après.

Données sur le mix électrique

Emissions carbone du Mix Electrique en g CO2 eq / kWh		Sources	
Emissions du mix électrique de consommation (France) (" FE moyen ")	64	Arrêté tertiaire du 3 mai 2020	
Emissions du mix électrique (Europe) (" FE moyen ")	317	Ember (2020)	
Emissions moyennes du mix électrique (Outre-Mer)	600	TotalEnergies (2022)	
Equivalents Consommation		Sources	
Consommation électrique moyenne, hors chauffage, par habitant en France	<i>MWh/hab/an</i> 1,51	Enedis (2020), Insee (2020)	
Emissions carbone d'un aller-retour pour un passager :			
- en avion Paris-New York (11700 km)	<i>t CO2</i> 1,8	Ademe (2020)	

Il est à noter que les items mis en visibilité **en rouge** correspondent aux champs utilisés dans les principaux calculs du Bilan Carbone. Ceux-ci sont détaillés dans le chapitre suivant Méthodologie.

2. Méthodologie

2.1. Facteur d'émission

Le **Facteur d'Emission de la centrale étudiée** a été déterminé sur la base de l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) Place au Soleil 3 (PAS 3).

Le bilan de matière ainsi que le bilan énergétique de l'**ACV PAS 3** ont été réalisés grâce au logiciel SIMAPRO (v9.0), la base de données ECOINVENT (v3.5) et des valeurs spécifiques extraites de l'ACV des modules DMEGC DM460M6-72HSW. L'inventaire sert à consolider l'ACV, vérifier les résultats trouvés ainsi qu'à corroborer sa reproductibilité. Cette procédure est régie par les normes ISO 14020 et 14021 pour la déclaration d'un label environnemental. Cela constitue un haut niveau d'exigences conformes avec les préconisations de l'ADEME.

Cette ACV de référence a été adaptée au(x) site(s) étudié(s) afin de déterminer un **facteur d'émission spécifique** qui prend en compte ses spécificités en matière de **productible P50***, **et de durée de vie**.

Le facteur d'émission de la centrale étudiée est ainsi effectué selon la formule suivante :

$$[\text{FE centrale étudiée}] = \frac{[\text{EC acv ref}] * [\text{Puis. Instal centr. étudiée}]}{[\text{Dur. Exploit. centr. étudiée}] / [\text{Prod Ann. Moyen. centr. étudiée}]}$$

FE centr. étudiée : Facteur d'émission de la centrale étudiée

EC acv ref : Emissions Carbone par Wc de l'ACV de référence

Dur. Exploit. centr. étudiée : Durée d'exploitation de la centrale étudiée

Prod Ann. Moyen. centr. étudiée : Production Annuelle Moyenne

2.2. CO₂ évité

Notre calcul du CO₂ évité se fait selon une approche dite « **attributionnelle** », c'est-à-dire que le bilan carbone est calculé par rapport à la situation actuelle avec **des hypothèses constantes dans le temps** (météorologie et facteurs d'émission constants). Le calcul du carbone évité annuellement est ainsi effectué selon la formule suivante :

$$[\text{Emis. CO}_2 \text{ évités annuel.}] = [\text{Prod Ann. Moyen. centr. étudiée}] * ([\text{FE moyen}] - [\text{FE centrale étudiée}])$$

Emis. CO₂ évités annuel : Emissions CO₂ évités annuellement

FE centr. étudiée : Facteur d'émission de la centrale étudiée

FE Moyen : Facteur d'émission du mix électrique

Prod Ann. Moyen. centr. étudiée : Production Annuelle Moyenne

Les résultats de ce calcul dépendent fortement du mix électrique choisi pour la substitution. La manière la plus conservatrice pour le calculer consiste à prendre le facteur d'émission du mix électrique français (64 g CO₂ eq/kWh). A l'inverse, si on considère le facteur d'émission du mix électrique européen (317 g CO₂ eq/kWh), on obtient de meilleurs résultats.

Les deux approches étant défendables au regard de l'interconnexions des réseaux électriques européens, nous présenterons les résultats en fonction des deux facteurs d'émissions.

2.3. ACV de référence utilisée pour les calculs

Les caractéristiques de l'ACV de référence sont détaillées dans les figures ci-après.

Caractéristiques du Système de l'ACV de référence		PAS 3
Caractéristique des centrales analysées dans les ACV de référence		
Type d'énergie		5 centrales solaires d'une puissance cumulée de 83 MW localisées en France
Localisation		
Puissance	MW ou MWc	
Productible P50	h	1 140
Si Solaire : Dégradation P50	%/an	0,40
Durée d'exploitation	Années	20
Production annuelle moyenne	GWh	96,0
Référence des modules ou des turbines		DMEGC DM460M6-72HSW

ACV PAS 3 : Synthèse des émissions Carbone

ACV PAS 3 : Synthèse des émissions carbone			Source
Fabrication des modules	<i>g CO2 eq / Wc</i>	510,00	ACV PAS 3 (2021) réalisée grâce au logiciel SIMAPRO (version 9.0), la base de données ECOINVENT (Version 3.5) et des valeurs spécifiques extraites de l'ACV des modules DM460M6-72HSW.
Transport des modules	<i>g CO2 eq / Wc</i>	14,00	
Fabrication des onduleurs	<i>g CO2 eq / Wc</i>	33,80	
Fabrication des transformateurs	<i>g CO2 eq / Wc</i>	13,30	
Fabrication et transport des supports	<i>g CO2 eq / Wc</i>	417,00	
Fabrication des composants électriques	<i>g CO2 eq / Wc</i>	6,90	
Installation	<i>g CO2 eq / Wc</i>	53,10	
Fin de vie des panneaux solaires	<i>g CO2 eq / Wc</i>	0,04	
Facteur d'Emission de l'ACV de référence (" FE acv ")	<i>g CO2 eq / kWh</i>	31,0	
Emissions Carbone par Wc de l'ACV de référence (" EC acv ref ")	<i>g CO2 eq / Wc</i>	1048	

*La valeur P50 correspond au niveau de production annuelle dont la probabilité de dépassement est de 50%.

3. Résultats du bilan carbone

Le facteur d'émission et le CO₂ évité par la centrale sont décrits ci-après.

Facteur d'émission et CO₂ évité par la centrale

		Savignac 2
Facteur d'émission de la centrale étudiée	<i>g CO2 eq / kWh</i>	28,3
CO2 destocké par des mesures de coupes	t de CO2	NC
CO2 séquestré lié à des mesures compensatoires	t de CO2	NC
CO2 émis par la centrale durant sa durée de vie	t de CO2	2 855
CO2 émis pour produire la même quantité d'électricité par rapport ...	t de CO2	
... au mix électrique européen		32 015
... au mix électrique français (ou de la ZNI* si non applicable)		6 464
CO2 évité sur la durée de vie de la centrale étudiée par rapport...	t de CO2	
... au mix électrique européen		29 160
... au mix électrique français (ou de la ZNI* si non applicable)		3 608
CO2 évité annuellement pour la centrale étudiée par rapport...	t de CO2	
... au mix électrique européen		972
... au mix électrique français (ou de la ZNI* si non applicable)		120
Temps de retour énergétique par rapport...	en années	
... au mix électrique européen		2,7
... au mix électrique français (ou de la ZNI* si non applicable)		13,3