

Piscine enterrée de taille moyenne (8×4m, 48 m³)

Profil Carbone Produit

Date d'analyse : 06/08/2026

Émissions : 8557,772 kgCO₂e



1 piscine enterrée de taille moyenne (8×4m, profondeur moyenne 1,5m, 48 m³ de capacité) installée et exploitée en France pendant 15 ans, incluant la structure en béton armé, l'étanchéité (liner PVC), le système de filtration (pompe + filtre à sable), les margelles, la couverture à bulles, le traitement de l'eau et la maintenance.

Cette Analyse de Cycle de Vie Carbone a été réalisée par Carbo Produit à l'aide d'une plateforme d'intelligence artificielle générative spécialisée. Le périmètre est strictement limité à l'indicateur carbone (méthode LCIA cutoff by allocation – IPCC 2021 – GWP 100). Nous utilisons notre propre base de données qui agrège plusieurs dizaines de bases de données dont Ademe Base Empreinte et Ecoinvent. Ce rapport inclut des données actualisées à la date de l'analyse.

1. Informations Générales

Organisation (Client) : emmanuelle-hellocarbo-com

Contact : emmanuelle@hellocarbo.com

Adresse :

Description : Piscine de taille moyenne, construite en France

2. Cadre d'analyse

Définition

1 piscine enterrée de taille moyenne (8×4m, profondeur moyenne 1,5m, 48 m³ de capacité) installée et exploitée en France pendant 15 ans, incluant la structure en béton armé, l'étanchéité (liner PVC), le système de filtration (pompe + filtre à sable), les margelles, la couverture à bulles, le traitement de l'eau et la maintenance.

Justification : L'unité fonctionnelle couvre l'ensemble du service rendu : disposer d'une piscine fonctionnelle de 48 m³ pendant 15 ans en France, depuis l'extraction des matières premières jusqu'à la démolition en fin de vie. Les 15 ans correspondent à la durée d'analyse ; la structure en béton a une durée de vie physique supérieure (30+ ans) mais l'analyse se limite à 15 ans pour intégrer un cycle complet de remplacement des composants (liner, pompe, sable, couverture).

Périmètres d'analyse inclus

Extraction et fabrication des matériaux de construction (béton, acier, gravier, liner PVC, margelles, filtration, plomberie, couverture)

Énergie de construction sur site (terrassement, pompage béton, outils électriques)

Transport des matériaux jusqu'au chantier

Utilisation : filtration, chauffage PAC (50% du marché), éclairage, robot, traitement chimique de l'eau, appoint en eau

Remplacements périodiques : liner (an 10), pompe (an 8), sable (an 4, 8, 12), couverture (an 5, 10)

Transport des pièces de remplacement et des produits de traitement

Périmètres d'analyse exclus

Fabrication des machines et engins de construction (biens d'équipement)

Déplacements domicile-travail des ouvriers sur le chantier

Infrastructure routière et réseaux

Emballages des produits de traitement chimique (négligeable)

Périmètres d'analyse inclus

Fin de vie : démolition, recyclage, enfouissement, rejet eau au réseau

Périmètres d'analyse exclus

Périmètre géographique : France

Justification : La piscine est construite et exploitée en France. Les matériaux sont approvisionnés localement et nationalement. L'électricité d'utilisation utilise le mix électrique français. Les taux de recyclage et de fin de vie correspondent aux pratiques françaises.

3. Matériaux

Description : Décomposition par composant et matériau pur. Tous les poids sont exprimés en kg, conformément au schéma de données. Le béton prêt à l'emploi est acheté comme produit semi-fini (son FE inclut ciment, granulats et malaxage) – aucune énergie intermédiaire en fabrication. L'acier pour béton armé est acheté en barres (semi-fini, FE inclut le laminage). Le liner PVC est acheté en film calandré (semi-fini, FE inclut l'extrusion/calandrage). Les tuyaux PVC sont achetés en tubes extrudés (semi-finis). La pierre reconstituée des margelles est pré-fabriquée. L'eau de remplissage initial ($48\text{ m}^3 = 48\,000\text{ kg}$) est incluse comme matériau. Les emballages des équipements (carton + plastique, $\sim 35\text{ kg}$) sont estimés. Calcul du béton : dalle $8 \times 4 \times 0,15 = 4,8\text{ m}^3$ + murs (périmètre $24\text{ m} \times$ hauteur $1,8\text{ m} \times$ épaisseur $0,15\text{ m}$) = $6,5\text{ m}^3 \rightarrow$ total $11,3\text{ m}^3 \times 2400\text{ kg/m}^3 = 27\,100\text{ kg}$. Acier : $80\text{ kg/m}^3 \times 11,3\text{ m}^3 = 900\text{ kg}$. Liner : surface 78 m^2 (fond 32 + murs 36 + chevauchements 10) $\times 1,5\text{ mm} \times$ densité PVC $1380\text{ kg/m}^3 = 162\text{ kg}$. Gravier : $8 \times 4 \times 0,10\text{ m} \times 1600\text{ kg/m}^3 = 5\,120\text{ kg}$. Margelles : $24\text{ m} \times 0,25\text{ m} \times 0,04\text{ m} \times 2200\text{ kg/m}^3 = 528\text{ kg}$. Total hors eau : $33\,974\text{ kg}$. Total avec eau : $81\,974\text{ kg}$.

Composant	Matériau	Poids (kg)	Source / Incertitude
Structure - Dalle et murs	Béton prêt à l'emploi C25/30	27100.000	Utilisateur + Carbo / $\pm 10\%$
Structure - Armature	Acier pour béton armé (barres)	900.000	Utilisateur + Carbo / $\pm 15\%$
Fondations - Lit de pose	Gravier concassé	5120.000	Utilisateur + Carbo / $\pm 15\%$
Étanchéité - Liner	Film PVC 1500/1000 mm	162.000	Utilisateur + Carbo / $\pm 10\%$
Margelles - Couronnement	Pierre reconstituée	528.000	Utilisateur + Carbo / $\pm 15\%$

Composant	Matériau	Poids (kg)	Source / Incertitude
Filtration - Corps de filtre	Polypropylène	10.000	Utilisateur + Carbo / $\pm 20\%$
Filtration - Média filtrant	Sable de silice	50.000	Utilisateur + Carbo / $\pm 20\%$
Filtration - Collier et vanne	Acier inoxydable	5.000	Utilisateur + Carbo / $\pm 30\%$
Filtration - Pompe (corps)	Fonte	8.000	Utilisateur + Carbo / $\pm 20\%$
Filtration - Pompe (moteur)	Cuivre (enroulements)	2.000	Utilisateur + Carbo / $\pm 30\%$
Filtration - Pompe (moteur)	Aluminium (carcasse)	3.000	Utilisateur + Carbo / $\pm 30\%$
Filtration - Pompe (divers)	Plastique (PP/ABS)	2.000	Utilisateur + Carbo / $\pm 40\%$
Plomberie - Réseau hydraulique	Tubes PVC	25.000	Utilisateur + Carbo / $\pm 25\%$
Plomberie - Pièces à sceller	ABS/PVC (skimmers, refoulements, bonde)	8.000	Utilisateur + Carbo / $\pm 30\%$
Couverture - Bâche solaire	Film LDPE (couverture à bulles)	16.000	Utilisateur + Carbo / $\pm 15\%$
Remplissage initial	Eau de ville	48000.000	Utilisateur + Carbo / $\pm 5\%$

Composant	Matériau	Poids (kg)	Source / Incertitude
Emballages	Carton + film plastique	35.000	Utilisateur + Carbo / $\pm 40\%$

Poids total : 81974.000 kg

Détails des hypothèses

Structure – Dalle et murs

Volume $11,3 \text{ m}^3$ (dalle $4,8 \text{ m}^3$ + murs $6,5 \text{ m}^3$) $\times$ densité $2400 \text{ kg/m}^3 = 27\,120 \text{ kg} \rightarrow 27\,100 \text{ kg}$. Murs : périmètre 24m $\times$ hauteur $1,8\text{m}$ (profondeur $1,5\text{m}$ + fondation $0,3\text{m}$) $\times$ épaisseur $0,15\text{m}$. Béton semi-fini : aucune énergie de fabrication intermédiaire.

Structure – Armature

Ratio standard 80 kg d'acier par m^3 de béton armé pour piscine. $80 \times 11,3 = 904 \text{ kg} \rightarrow 900 \text{ kg}$. Acier en barres (semi-fini) : FE inclut le laminage, aucune énergie intermédiaire.

Fondations – Lit de pose

Surface $32 \text{ m}^2 \times$ épaisseur $0,10\text{m} = 3,2 \text{ m}^3 \times$ densité $1600 \text{ kg/m}^3 = 5\,120 \text{ kg}$. Gravier semi-fini : FE inclut le concassage.

Étanchéité – Liner

Surface 78 m^2 (fond 32 + murs 36 + chevauchements 10) $\times$ épaisseur $1,5\text{mm}$ $\times$ densité PVC $1380 \text{ kg/m}^3 = 161,5 \text{ kg} \rightarrow 162 \text{ kg}$. Film calandré semi-fini : FE inclut l'extrusion/calandrage.

Margelles – Couronnement

Périmètre $24\text{m} \times$ largeur $0,25\text{m} \times$ épaisseur $0,04\text{m} = 0,24 \text{ m}^3 \times$ densité $2200 \text{ kg/m}^3 = 528 \text{ kg}$. Pierre reconstituée pré-fabriquée (semi-fini).

Filtration – Corps de filtre

Filtre à sable pour piscine 48 m³, diamètre 600mm. Corps en PP soufflé, poids estimé 10 kg.

Filtration – Média filtrant

Charge de sable pour filtre Ø600mm, ~50-75 kg. Valeur retenue : 50 kg.

Filtration – Collier et vanne

Collier de serrage et vanne multivoie en acier inoxydable, ~5 kg.

Filtration – Pompe (corps)

Corps de pompe en fonte pour débit 48 m³/h, poids estimé 8 kg.

Filtration – Pompe (moteur)

Enroulements du moteur électrique de la pompe, ~2 kg de cuivre.

Filtration – Pompe (moteur)

Carcasse du moteur électrique, ~3 kg d'aluminium.

Filtration – Pompe (divers)

Panier pré-filtre, couvercle et composants plastiques divers, ~2 kg.

Plomberie – Réseau hydraulique

~30m de tuyauterie PVC Ø50mm, épaisseur 3mm. Poids linéaire ~0,8 kg/m → 25 kg.
Tubes extrudés semi-finis.

Plomberie – Pièces à sceller

2 skimmers, 3 refoulements, 1 bonde de fond, 1 prise balai. ~1 kg/pièce → 8 kg. Pièces moulées semi-finies.

Couverture – Bâche solaire

Surface 32 m² × 500 g/m² = 16 kg. Couverture à bulles en polyéthylène basse densité. Film semi-fini.

Remplissage initial

Volume $48 \text{ m}^3 \times \text{densité } 1000 \text{ kg/m}^3 = 48\,000 \text{ kg}$. Eau du réseau public français.

Emballages

Emballages des équipements (liner, filtration, pompe, margelles, couverture).

Estimation : ~35 kg de carton et plastique confondus.

4. Fabrication

Description : La fabrication couvre l'énergie consommée sur le chantier pour construire la piscine. Tous les matériaux sont achetés semi-finis (béton prêt à l'emploi, acier en barres, liner en film, tuyaux en tubes, margelles pré-fabriquées) : leur énergie de transformation amont est incluse dans leurs facteurs d'émission respectifs. L'énergie de fabrication comprend donc uniquement : (1) le terrassement (pelle mécanique au gazole), (2) le pompage du béton (pompe au gazole), (3) le compactage (compacteur au gazole), et (4) les outils électriques (vibrateur, soudeuses, découpe, éclairage). Cas 1 de l'arbre de décision pour les deux vecteurs : énergie finale, frontière site, reportée telle quelle, aucun rendement appliqué.

Processus	Énergie	Consommation (kWh)	Source / Incertitude
Terrassement + pompage béton + compactage	Gazole (PCI) — France	594.000	Carbo / ±40%
Outils électriques et éclairage chantier	Électricité — France	22.000	Carbo / ±50%

Consommation totale : 616.000 kWh

Incertitude totale : ±40%

Détails des hypothèses

Terrassement + pompage béton + compactage

Pelle mécanique 15t : $\sim 12 \text{ L/h} \times 4\text{h} = 48 \text{ L}$. Pompe à béton : $\sim 0,5 \text{ L/m}^3 \times 11,3 \text{ m}^3 = 5,65 \text{ L} \rightarrow 5,5 \text{ L}$. Compacteur : $\sim 1 \text{ L/h} \times 2\text{h} = 2 \text{ L}$. Total gazole : $48 + 5,5 + 2 = 55,5 \text{ L}$. Énergie PCI : $55,5 \text{ L} \times 10,7 \text{ kWh/L} = 594 \text{ kWh}$. Cas 1 : énergie finale, frontière site (carburant acheté), base PCI, reportée telle quelle, aucun rendement.

Outils électriques et éclairage chantier

Vibrateur béton $1,5\text{kW} \times 4\text{h} = 6\text{ kWh}$ + Coupe/barre $1\text{kW} \times 2\text{h} = 2\text{ kWh}$ + Soudeuse liner $1,5\text{kW} \times 3\text{h} = 4,5\text{ kWh}$ + Soudure PVC $0,8\text{kW} \times 2\text{h} = 1,6\text{ kWh}$ + Découpe margelles $1\text{kW} \times 3\text{h} = 3\text{ kWh}$ + Éclairage $0,5\text{kW} \times 10\text{h} = 5\text{ kWh} = 22,1\text{ kWh} \rightarrow 22\text{ kWh}$. Cas 1 : énergie finale compteur, frontière site, reportée telle quelle.

5. Transport

 **Lieu de fabrication :** France (sur site, chez le particulier)

Description : La piscine est construite directement sur le terrain du propriétaire en France. Le chantier est le lieu de fabrication. Les matériaux sont approvisionnés depuis des fournisseurs locaux et régionaux français.

Type de transport	Distance (km)	Incertitude	Explication
Camion (>32t, EURO 4)	15	±20%	Centrale à béton locale → chantier. Distance estimée ~15 km (livraison frais en toupie). Béton prêt à l'emploi : livraison obligatoire dans un délai <1h après malaxage, centrale obligatoirement locale.
Camion (>32t, EURO 4)	20	±20%	Carrière locale → chantier. Distance estimée ~20 km (granulat extrait et concassé localement).
Camion (>32t, EURO 4)	50	±30%	Fournisseur margelles → chantier. Distance estimée ~50 km (fournisseur régional de pierre reconstituée).
Camion (>32t, EURO 4)	130	±40%	Scénario PEF par défaut (EU 2021/2279) – fournisseur européen vers site de fabrication. Tronçon camion : 130 km. Poids cumulé des matériaux non locaux : acier 900 + liner 162 + filtration 80 + plomberie 33 + couverture 16 + emballages 35 = 1 226 kg.
Train (fret moyen)	240	±40%	Scénario PEF par défaut (EU 2021/2279) – fournisseur européen vers site de fabrication. Tronçon train : 240 km. Poids cumulé des matériaux non locaux : 1 226 kg.

Type de transport	Distance (km)	Incertitude	Explication
Péniche	270	±40%	Scénario PEF par défaut (EU 2021/2279) – fournisseur européen vers site de fabrication. Tronçon péniche : 270 km. Poids cumulé des matériaux non locaux : 1 226 kg.

6. Utilisation

Description : La phase d'utilisation couvre 15 ans d'exploitation de la piscine en France. Elle comprend : (1) l'énergie électrique (filtration, chauffage PAC, éclairage, robot), (2) les consommables de traitement de l'eau (chlore, pH-, pH+, antialgue, floculant), (3) l'appoint en eau (évaporation + lavages de filtre), (4) les pièces de remplacement (liner à l'an 10, pompe à l'an 8, sable aux ans 4/8/12, couverture aux ans 5/10), et (5) le transport des pièces de remplacement et des consommables. Deux scénarios de chauffage coexistent : 50% des piscines françaises équipées d'une PAC (600 kWh/an), 50% non chauffées. L'énergie est reportée en énergie finale (kWh compteur) – cas 1 de l'arbre de décision, aucun rendement appliqué.

Activité	Consommation (kWh)	Incertitude
Filtration de l'eau (pompe 0,75 kW, ~1000 h/an pendant 15 ans)	15000.000	±25%
Chauffage par PAC (50% du marché, ~600 kWh/an pondéré à 300 kWh/an)	4500.000	±35%
Éclairage piscine et abords (LED, ~20 kWh/an pendant 15 ans)	300.000	±40%
Robot de nettoyage électrique (~30 kWh/an pendant 15 ans)	450.000	±40%

Détails des hypothèses

Calcul détaillé – Filtration de l'eau (pompe 0,75 kW, ~1000 h/an pendant 15 ans)

Pompe 0,75 kW (1 HP). Heures de fonctionnement : haute saison (jun-août, 92j) × 8h/j = 736h + moyenne saison (avr-mai, sept-oct, 122j) × 4h/j = 488h + basse saison (oct, mar, 61j) × 2h/j = 122h = 1346 h/an. Énergie : 0,75 × 1346 = 1010 kWh/an → arrondi à

1000 kWh/an. Sur 15 ans : $1000 \times 15 = 15\,000$ kWh. Cas 1 : énergie finale compteur, reportée telle quelle.

Calcul détaillé - Chauffage par PAC (50% du marché, ~600 kWh/an pondéré à 300 kWh/an)

PAC piscine : 1,3 kW entrée électrique, COP 4,5. Utilisation juin-août (90j), 5h/j effectif $\rightarrow 1,3 \times 5 \times 90 = 585$ kWh/an $\rightarrow \sim 600$ kWh/an. Part de marché 50% $\rightarrow 300$ kWh/an en moyenne. Sur 15 ans : $300 \times 15 = 4\,500$ kWh. Cas 1 : énergie finale compteur, reportée telle quelle. La COP est déjà intégrée dans la puissance entrée.

Calcul détaillé - Éclairage piscine et abords (LED, ~20 kWh/an pendant 15 ans)

Projecteur LED immergé $50W \times 3h/j \times 60j = 9$ kWh + éclairage abords $20W \times 4h/j \times 90j = 7,2$ kWh = $16,2$ kWh/an $\rightarrow \sim 20$ kWh/an. Sur 15 ans : $20 \times 15 = 300$ kWh.

Calcul détaillé - Robot de nettoyage électrique (~30 kWh/an pendant 15 ans)

Robot électrique $30W \times 2h/j \times 90j = 5,4$ kWh/an + pertes charge ~25% $\rightarrow \sim 30$ kWh/an. Sur 15 ans : $30 \times 15 = 450$ kWh.

Pièces de Rechange

Composant	Matériau	Poids (kg)	Fréquence
Étanchéité - Liner PVC	Film PVC 1500/1000 mm	162.000	1 remplacement à l'année 10
Filtration - Pompe (corps)	Fonte	8.000	1 remplacement à l'année 8
Filtration - Pompe (moteur)	Cuivre (enroulements)	2.000	1 remplacement à l'année 8

Composant	Matériau	Poids (kg)	Fréquence
Filtration - Pompe (moteur)	Aluminium (carcasse)	3.000	1 remplacement à l'année 8
Filtration - Pompe (divers)	Plastique (PP/ABS)	2.000	1 remplacement à l'année 8
Filtration - Média filtrant	Sable de silice	150.000	3 remplacements aux années 4, 8 et 12 (50 kg chacun)
Couverture à bulles	Film LDPE	32.000	2 remplacements aux années 5 et 10 (16 kg chacun)

Justification – Étanchéité – Liner PVC

Le liner PVC a une durée de vie de 10-15 ans. Remplacement à l'année 10 pour assurer l'étanchéité. Même poids que le liner initial : 162 kg.

Justification – Filtration – Pompe (corps)

La pompe a une durée de vie de 8-10 ans. Remplacement à l'année 8. Poids fonte : 8 kg.

Justification – Filtration – Pompe (moteur)

Enroulements moteur remplacés avec la pompe à l'année 8. Poids cuivre : 2 kg.

Justification – Filtration – Pompe (moteur)

Carcasse moteur remplacée avec la pompe à l'année 8. Poids aluminium : 3 kg.

Justification – Filtration – Pompe (divers)

Composants plastiques remplacés avec la pompe à l'année 8. Poids plastique : 2 kg.

Justification – Filtration – Média filtrant

Le sable filtrant se colmate et perd son efficacité après 4-5 ans. 3 remplacements de 50 kg aux années 4, 8 et 12. Poids total : 150 kg.

Justification – Couverture à bulles

La couverture à bulles se dégrade avec les UV et l'usage (durée ~5 ans). 2 remplacements de 16 kg aux années 5 et 10. Poids total : 32 kg.

7. Fin de vie

Description : Scénario basé sur les pratiques courantes de démolition de piscines en France. Le béton est généralement concassé sur place et réutilisé comme remblai. Les métaux sont systématiquement récupérés pour leur valeur de revente. Les plastiques sont difficiles à recycler après usage prolongé (contamination chimique, dégradation UV). Aucun transport de déchets n'est modélisé : les FE de traitement incluent déjà la collecte et le transport jusqu'au centre.

Matériau	Taux de recyclage	Source / Incertitude
Béton prêt à l'emploi C25/30	30% recyclé (concassage pour agrégats), 70% réutilisé sur site comme remblai	Carbo / ±20%
Acier pour béton armé	90% recyclé, 10% enfoui	Carbo / ±10%
Gravier concassé	100% laissé sur site (remblai)	Carbo / ±10%
Film PVC (liner) – original + remplacement	20% recyclé, 80% enfoui	Carbo / ±20%
Pierre reconstituée (margelles)	60% recyclé (concassage), 40% enfoui	Carbo / ±20%
Polypropylène (corps de filtre)	30% recyclé, 70% enfoui	Carbo / ±25%
Sable de silice – total (original + 3 remplacements)	0% recyclé, 100% enfoui ou réutilisé comme remblai	Carbo / ±30%
Acier inoxydable (collier/vanne)	90% recyclé, 10% enfoui	Carbo / ±15%

Matériau	Taux de recyclage	Source / Incertitude
Fonte (corps de pompe) - original + remplacement	90% recyclé, 10% enfoui	Carbo / ±15%
Cuivre (enroulements) - original + remplacement	95% recyclé, 5% enfoui	Carbo / ±10%
Aluminium (carcasse) - original + remplacement	90% recyclé, 10% enfoui	Carbo / ±15%
Plastique (divers pompe) - original + remplacement	20% recyclé, 80% enfoui	Carbo / ±25%
Tubes PVC	30% recyclé, 70% enfoui	Carbo / ±20%
ABS/PVC (skimmers, refoulements, bonde)	20% recyclé, 80% enfoui	Carbo / ±25%
Film LDPE (couverture) - original + 2 remplacements	20% recyclé, 80% enfoui	Carbo / ±25%
Emballages (carton + plastique)	80% recyclé (carton), 20% enfoui	Carbo / ±15%
Eau de remplissage initial	100% rejeté au réseau d'assainissement	Carbo / ±10%

Détails des hypothèses

Béton prêt à l'emploi C25/30

Pratique courante en France : le béton démolé est concassé sur site et réutilisé comme remblai (70%). La part excédentaire (30%) est envoyée en centre de recyclage de gravats.

Acier pour béton armé

L'acier est récupéré par les ferrailleurs lors de la démolition. Taux de récupération élevé en France pour les métaux ferreux.

Gravier concassé

Le gravier est laissé en place lors du remblaiement de la piscine. Il ne constitue pas un déchet à proprement parler.

Film PVC (liner) – original + remplacement

Le PVC usagé du liner est contaminé par les produits de traitement et dégradé par les UV après 10-15 ans. Recyclage difficile, majoritairement enfoui.

Pierre reconstituée (margelles)

Les margelles en pierre reconstituée peuvent être concassées comme agrégats de remblai.

Polypropylène (corps de filtre)

Le PP peut être recyclé s'il est correctement trié, mais les petits volumes sont souvent enfouis.

Sable de silice – total (original + 3 remplacements)

Le sable filtrant usagé est généralement enfoui ou réutilisé comme remblai. Aucune filière de recyclage spécifique.

Acier inoxydable (collier/vanne)

Petites pièces métalliques récupérées par les ferrailleurs.

Fonte (corps de pompe) – original + remplacement

La fonte est recyclable et récupérée par les ferrailleurs. Taux de récupération élevé.

Cuivre (enroulements) – original + remplacement

Le cuivre a une haute valeur de récupération. Taux de recyclage très élevé en France.

Aluminium (carcasse) – original + remplacement

L'aluminium est recyclable et récupéré pour sa valeur. Taux de recyclage élevé.

Plastique (divers pompe) – original + remplacement

Plastiques mixtes (PP/ABS) difficiles à trier en petites quantités. Majoritairement enfouis.

Tubes PVC

Le PVC peut être recyclé s'il est correctement trié, mais les tubes noyés dans le béton sont difficiles à récupérer.

ABS/PVC (skimmers, refoulements, bonde)

Petites pièces en plastique mixte, difficiles à trier et recycler.

Film LDPE (couverture) – original + 2 remplacements

Le LDPE des couvertures à bulles est contaminé (chlore, UV) et dégradé. Recyclage difficile.

Emballages (carton + plastique)

Le carton est bien collecté en France (~80% recyclé). Le plastique d'emballage est moins bien recyclé.

Eau de remplissage initial

L'eau de la piscine est rejetée au réseau d'assainissement ou infiltrée sur site. Le FE de l'eau inclut le traitement en station d'épuration.

8. Équations de Calcul et Incertitudes

Équation Générale

Formule Principale

$$CF_total = CF_mat + CF_fab + CF_dist + CF_use + CF_EOL$$

Explication : L'empreinte carbone totale de la piscine sur 15 ans est la somme des émissions de cinq phases : (1) la production des matériaux de construction, (2) l'énergie de construction sur site, (3) le transport des matériaux jusqu'au chantier, (4) l'utilisation (filtration, chauffage, traitement de l'eau, remplacements) pendant 15 ans, et (5) la fin de vie (démolition, recyclage, enfouissement).

Équation Détaillée

$$\begin{aligned} CF_total = & [m_béton \times EF_béton + m_acier \times EF_acier + m_gravier \times EF_gravier + \\ & m_liner \times EF_PVC + m_margelles \times EF_pierre + m_PP \times EF_PP + \\ & m_sable \times EF_silice + m_acier_f \times EF_acier + m_fonte \times EF_fonte + \\ & m_cuivre \times EF_cuivre + m_alux \times EF_alu + m_plastique \times EF_plastique + \\ & m_PVC_t \times EF_PVC + m_ABS \times EF_ABS + m_LDPE \times EF_LDPE + m_eau \times EF_eau + \\ & m_emballage \times EF_emballage] + [E_gazole \times EF_gazole + E_élec_fab \times EF_élec] \\ & + [m_béton \times d_béton \times EF_camion + m_gravier \times d_gravier \times EF_camion + \\ & m_margelles \times d_margelles \times EF_camion + m_PEF \times d_camion_PEF \times EF_camion \\ & + m_PEF \times d_train_PEF \times EF_train + m_PEF \times d_péniche_PEF \times EF_péniche] + \\ & [(E_filtration + E_PAC + E_éclairage + E_robot) \times EF_élec + m_chlore \times EF_chlore \\ & + m_pH_moins \times EF_HCl + m_pH_plus \times EF_Na2CO3 + \\ & m_antialgue \times EF_antialgue + m_floculant \times EF_floculant + \\ & m_eau_appoint \times EF_eau + m_liner_repl \times EF_PVC + \\ & m_pompe_repl \times EF_pompe + m_sable_repl \times EF_silice + \\ & m_couverture_repl \times EF_LDPE + \Sigma(m_tr \times d_tr \times EF_transport)] + \\ & [\Sigma(w_j \times r_j \times EF_recyclage_j) + \Sigma(w_j \times (1-r_j) \times EF_enfouissement_j)] \end{aligned}$$

Variables

- **m_i** : Masse du matériau i (kg) — béton (27 100), acier (900), gravier (5 120), liner PVC (162), margelles (528), filtration (80), plomberie (33), couverture (16), eau (48 000), emballages (35)
- **EF_{mat_i}** : Facteur d'émission du matériau i (kg CO₂e/kg) — inclut extraction, transformation et transport amont
- **E_{gazole}** : Énergie gazole de construction (kWh PCI) — terrassement, pompage béton, compactage = 594 kWh
- **EF_{gazole}** : Facteur d'émission du gazole (kg CO₂e/kWh PCI) — inclut extraction, raffinage et transport du carburant
- **E_{élec}** : Énergie électrique (kWh) — fabrication (22 kWh) et utilisation (20 250 kWh sur 15 ans)
- **EF_{élec}** : Facteur d'émission de l'électricité française (kg CO₂e/kWh) — mix réseau français
- **d_k** : Distance de transport du tronçon k (km) — distances locales ou scénarios PEF par défaut
- **EF_{transport_k}** : Facteur d'émission du mode de transport k (kg CO₂e/t.km) — camion, train, péniche, camionnette
- **m_{cons}** : Masse de consommable (kg) — chlore, pH-, pH+, antialgue, floculant, eau d'appoint
- **m_{repl}** : Masse de pièce de remplacement (kg) — liner (162), pompe (15), sable (150), couverture (32)
- **w_j** : Masse du déchet j en fin de vie (kg) — béton, acier, PVC, métaux, sable, eau, etc.
- **r_j** : Taux de recyclage du déchet j (%) — varie de 0% (sable) à 95% (cuivre)
- **EF_{recyclage_j}** : Facteur d'émission du recyclage du déchet j (kg CO₂e/kg) — inclut collecte, tri et traitement
- **EF_{enfouissement_j}** : Facteur d'émission de l'enfouissement/incinération du déchet j (kg CO₂e/kg)

Incertitudes

Niveau d'incertitude global

±25%

Explication : L'incertitude globale est dominée par les estimations de volume de béton (±10%), les consommations énergétiques d'utilisation (±25%), et les scénarios de transport PEF par défaut (±40%). Les phases de fabrication et de distribution, bien qu'incertaines (±40%), contribuent faiblement au total carbone. L'incertitude sur la part de marché de la PAC (±35%) affecte significativement la phase d'utilisation.

Calcul par propagation quadratique : $\sqrt{(10^2 + 40^2 \times (616/21000)^2 + 40^2 \times (\text{transport}/\text{total})^2 + 25^2 + 25^2)} \approx \pm 25\%$.

Incertitudes par phase

Phase	Incertitude
Matériaux	±10%
Fabrication	±40%
Distribution	±40%
Utilisation	±25%
Fin de vie	±25%

Facteurs d'incertitude principaux

Estimation du volume de béton (±10%, impact dominant), consommation de la pompe de filtration (±25%, impact dominant en utilisation), part de marché PAC à 50% (±35%), scénarios de transport PEF par défaut non spécifiques (±40%), taux de recyclage en fin de vie (±20%), volume d'eau d'appoint lié à l'évaporation (±30%)

Comment améliorer la précision

Obtenir les plans d'exécution pour le volume de béton exact, mesurer la consommation réelle de la pompe avec un compteur dédié, déterminer la présence et la consommation réelle d'une PAC, obtenir les distances réelles des fournisseurs

pour remplacer les scénarios PEF, vérifier les taux de recyclage locaux pour le béton et les plastiques, mesurer le volume d'eau d'appoint au compteur

9. Évaluation d'impact

Répartition par étapes

Étape	Changement climatique (kgCO2e)	Répartition
Matériaux	5411.057	63%
Fabrication	191.356	2%
Transports	83.277	1%
Utilisation	1408.895	17%
Fin de vie	1463.186	17%

Émissions totales : 8557.772 kgCO2e

Incertitude totale : ±10%

Liste des facteurs d'émission

Facteur d'émission	Origine	Source(s)
Gazole non routier	France	ADEME Base Carbone v23.4
Gazole non routier	France	ADEME Base Carbone v23.7
France	France	Ademe Base Empreinte Ademe Base Carbone v23.4

Facteur d'émission	Origine	Source(s)
Train de marchandise (moyenne)	France	Carbo Ademe Base Carbone v21.1
Camion (moyenne)	France	Carbo Ademe Base Carbone v21.1
Aluminium	France	Carbo Ademe Base Carbone v23.0
Carton	France	Ademe Base Carbone v23.0
Béton, briques, tuiles et céramiques	France	Ademe Base Carbone v23.0
Cuivre	France	Ademe Base Carbone v23.0
Déchets inertes en mélange (Gravats)	France	Ademe Base Carbone v23.0
Déchets non dangereux en mélange (DIB)	France	Ademe Base Carbone v23.0
Déchets organiques	France	Carbo Ademe Base Carbone v23.0
Plastique souple PE	France	Carbo Ademe Base Carbone v23.0
Plastique	France	Ademe Base Carbone v23.0
Plastique biosourcé PP	France	Carbo Ademe Base Carbone v23.0
Plastique rigide PP	France	Carbo Ademe Base Carbone v23.0

Facteur d'émission	Origine	Source(s)
Plastique rigide PVC	France	Ademe Base Carbone v23.0
Acier	France	Carbo Ademe Base Carbone v23.0
Silice activée	International	Ecoinvent v3.9.1
Polychlorure d'aluminium	International	Ecoinvent v3.9.1
Aluminium, tôle	International	Ademe Base Impact v2.01
Fonte	International	Ecoinvent v3.9.1
Béton – (C25/30CEM II)	International	Ecoinvent v3.9
Cuivre	International	Ademe Base Carbone v21.0
Carton ondulé	International	Doconomy 2030 Calculator
Acide chlorhydrique, sans eau, à l'état de solution à 30% – Europe	Europe	Ecoinvent v3.9.1
Gravier de calcaire	International	Embodied Carbon, 2011 – The Inventory of Carbon and Energy (ICE)
Pierre de calcaire	International	Embodied Carbon, 2011 – The Inventory of Carbon and Energy (ICE)
Plastique Polyéthylène Basse Densité (PELD), Granulés – Europe	Europe	Ademe Base Carbone v23.4

Facteur d'émission	Origine	Source(s)
Film d'emballage, polyéthylène basse densité	International	Ecoinvent v3.9.1
Plastique PC - ABS (Polycarbonate - Acrylonitrile Butadiène Styrène) - International	International	Carbo Ademe Base Carbone v23.4
Trichlorure de phosphore	International	Ecoinvent v3.9.1
Plastique Polypropylène (PP) - France	France	Ademe Base Carbone v23.4
Plastique Polychlorure de Vinyle (PVC), Film calandré - Europe	Europe	Ademe Base Carbone v23.4
Plastique Polychlorure de Vinyle (PVC) - France	France	Ademe Base Carbone v23.4
Bicarbonate de sodium	International	Ecoinvent v3.9.1
Acier inoxydable	International	Carbo Ademe Base Impact v2.01
Acier, laminé à chaud	France	Ademe Base Empreinte
Lino synthétique (PVC)	International	Carbo Ademe Base Carbone v21.0
Eau	France	Ademe Agribalyse v3.2

10. Références

N° référence du document : CARBO-PCP-63195143-f216-4bcb-a5c5-0461ca3b5a3e-0002-FR

Date d'édition : 06/08/2026

Durée de validité : 3 ans

Vérification : Externe

Règles de rédaction : PCP-PCR-ed3-EN-2015 04 02

Conformité : ISO 14067:2018 « Gaz à effet de serre – Empreinte carbone des produits (ECP) »

Source : hellocarbo.com

Carbo[®] est la solution française leader d'Analyse de Cycle de Vie Carbone automatisée. Nous permettons aux fabricants de mesurer, prouver et améliorer la performance carbone de leurs produits en quelques clics, avec une méthodologie reconnue et une transparence totale. Découvrez nos solutions sur hellocarbo.com ou contactez-nous directement.

Note : Toutes les indications mentionnées sur le présent document sont susceptibles de modifications, et ne peuvent donc constituer un engagement de la part de Carbo.