



ANALYSE DU CYCLE DE VIE DES PRODUITS EN ALUMINIUM ALUCAM

1. SOMMAIRE

1. SOMMAIRE	2
2. DESCRIPTION DE LA PERSONNE MORALE CONCERNÉE	3
3. INTRODUCTION	3
4. DE LA BAUXITE A L'ALUMINE	3
5. PRODUCTION D'ALUMINE (RAFFINAGE)	5
6. PRODUCTION D'ALUMINIUM PAR ELECTROLYSE : CAS D'ALUCAM	6

6.1. Production des anodes Précuite	6
6.2. Production du métal liquide	7
6.3. Coulée des plaques et des lingots	8
6.4. Atelier de Laminage	9
6.5. Atelier de découpage	9
6.6. Atelier de Laquage	10

7. ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX 10

7.1. Émissions atmosphériques	10
7.2. Gaz à effet de serre	13
7.3. Le Projet APC+ et MPF METSOL	13
7.4. Déploiement de la stratégie de réduction des GES	14
7.5. Gestion de l'eau	14
7.6. Gestion des déchets	27
7.7. Synthèse des impacts environnementaux et mesures d'atténuation	34

8. CYCLE DE VIE DES PRODUITS EN ALUMINIUM ALUCAM 35

8.1. METHODOLOGIE DE L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE	35
8.2. Les principes de l'analyse du cycle de vie (ACV) et cadre normatif	36
8.3. Les limites de l'analyse du cycle de vie (ACV)	37
8.4. But de l'étude	37
8.5. Champs de l'étude	37
8.6. Unité fonctionnelle	37
8.7. Description du produit	37
8.8. Applications	37
8.9. Données techniques	38
8.10. Caractéristiques géométriques du produit	38
8.1. Les frontières du système (Cradle to gate)	40
8.2. Collecte des données	41
8.3. Contrôle qualité des données	42
8.4. Catégories d'impact : sélection, classification et caractérisation	42
8.5. Modélisation des données	43

9. RESULTATS 44

9.1. Production d'énergie au Cameroun par source	46
9.2. Mode de transport des matières premières principales pour ALUCAM	46
9.3. Les catégories d'impacts et les résultats des indicateurs	47
9.4. Les résultats des GES par sources d'énergie et par type de procédé	47
9.1. Simulation des impacts environnementaux pour 100% de technologie précuite vs ou 100 % de Soderberg	49

10. DISCUSSION 49

10.1. General	49
---------------	----

11. SYNTHESE DU CYCLE DE VIE DES PRODUITS ALUCAM 52

2. DESCRIPTION DE LA PERSONNE MORALE CONCERNÉE

Raison sociale : Compagnie Camerounaise d'Aluminium

Attestation d'immatriculation : M125400001024N

Adresse : BP 54 Edéa/1090 Douala-Cameroun

Nombre de salariés : 708

Description de l'activité : Production, première transformation et vente de l'aluminium.

Le présent rapport a été élaboré par M. IMOMA Serge David Christian, Surintendant HSEQ ALUCAM.

3. INTRODUCTION

L'aluminium est le deuxième métal le plus utilisé après l'acier dans les sociétés modernes, et au cours des dernières décennies, l'usage de l'aluminium a connu une augmentation significative dans les transports, la construction, l'emballage et l'électrotechnique en raison de ses propriétés polyvalentes. Cependant, la production d'aluminium à partir de la bauxite est responsable d'environ 2 % des émissions mondiales de GES. Le processus est extrêmement énergivore et génère entre 16 et 25 tonnes de CO₂eq par tonne d'aluminium produite selon le mix électrique utilisé (Comité français de l'UICN - Les chaînes de valeur amont des entreprises, Fiche aluminium).

En raison de la mondialisation et de la raréfaction des ressources, les tendances des demandes des consommateurs ont changé et le besoin en produits économes en ressources offrant une meilleure performance environnementale est devenu important.

Les économies en énergie et la réduction des émissions GES sont depuis longtemps devenues une préoccupation majeure pour la durabilité de l'industrie de l'aluminium.

Depuis son origine à la fin des années 1960, l'analyse du cycle de vie (ACV) a suscité un intérêt croissant de la part de l'industrie, des gouvernements et du public en tant que méthode globale d'analyse environnementale, et d'énormes progrès méthodologiques ont été réalisés.

Cependant, des incohérences typiques telles que les limites du système, les méthodes d'allocation et la caractérisation des impacts entravent encore une comparaison plus facile et une interprétation plus large des résultats de l'ACV.

Par exemple, les études ACV du même produit ou service donnent souvent des résultats très différents, ce qui peut affecter la perception de l'ACV comme outil de prise de décisions stratégiques dans le choix de matériaux et la conception des produits.

4. DE LA BAUXITE A L'ALUMINE

La bauxite est généralement extraite dans des mines à ciel ouvert en éliminant les terres-mortes. Il existe trois principaux types de minerai de bauxite. Ils comprennent le trihydrate, constitué principalement de gibbsite, Al₂O₃•3H₂O ; le monohydrate, constitué principalement de boehmite, Al₂O₃•H₂O ; et la bauxite mixte, composée de gibbsite et de boehmite. La proportion de minerais trihydratés et monohydratés dans ce type de bauxite diffère d'un gisement à l'autre, tout comme le type et la quantité d'impuretés. L'argile, l'hydroxyde de fer, la silice libre, et le limon sont également des constituants courants du minerai de bauxite. La teneur en alumine des minerais de bauxite varie de 31 à 52 %, soit une moyenne d'environ 41 % sur une base pondérée par la production (International Aluminum Institute, 2009b).

La grande majorité des minerais de bauxite dans le monde sont extraits par des méthodes à ciel ouvert. Avant que l'exploitation minière des minerais puisse commencer, il est généralement nécessaire d'enlever les terres-mortes et de préserver la couche arable pour la réhabilitation après l'exploitation minière. La plupart des mines nécessitent l'enlèvement de 1 à 2 mètres de terres-mortes. Les gisements de bauxite varient de 02 à 20 m d'épaisseur (International Aluminium Institute, 2009b).

Certains minerais de bauxite peuvent être expédiés directement vers une raffinerie d'alumine sans traitement car ils sont de qualité et de pureté suffisantes. D'autres minerais peuvent nécessiter des étapes supplémentaires, telles que la réduction de la taille et la réduction de la teneur en humidité avant l'expédition. Sur certains sites, la teneur du minerai peut être augmentée par élimination des argiles et autres impuretés par lavage, criblage humide, cyclonage et/ou tri. La flottation est parfois utilisée pour réduire la teneur en silice d'un minerai. Le mélange de minerais peut également être utilisé pour maintenir l'uniformité de la teneur afin de répondre aux spécifications.

Les déchets (principalement des argiles) produits lors de la transformation sont transportés et stockés dans des bassins de résidus. Le minerai qui doit être transporté sur des distances appréciables jusqu'aux raffineries est souvent séché pour réduire les coûts d'expédition.

Le diagramme (figure 1) ci-dessous présente les flux de matières généralement associés à l'exploitation de la bauxite.

Les flux en entrée et sortie sont mesurés en kilogramme, en tonne métrique et en mètre cube par tonne métrique de bauxite extraite. Le modèle présenté (figure 3) n'inclut pas les matériaux inclus dans les terres-mortes (European Aluminium Association, 2008).

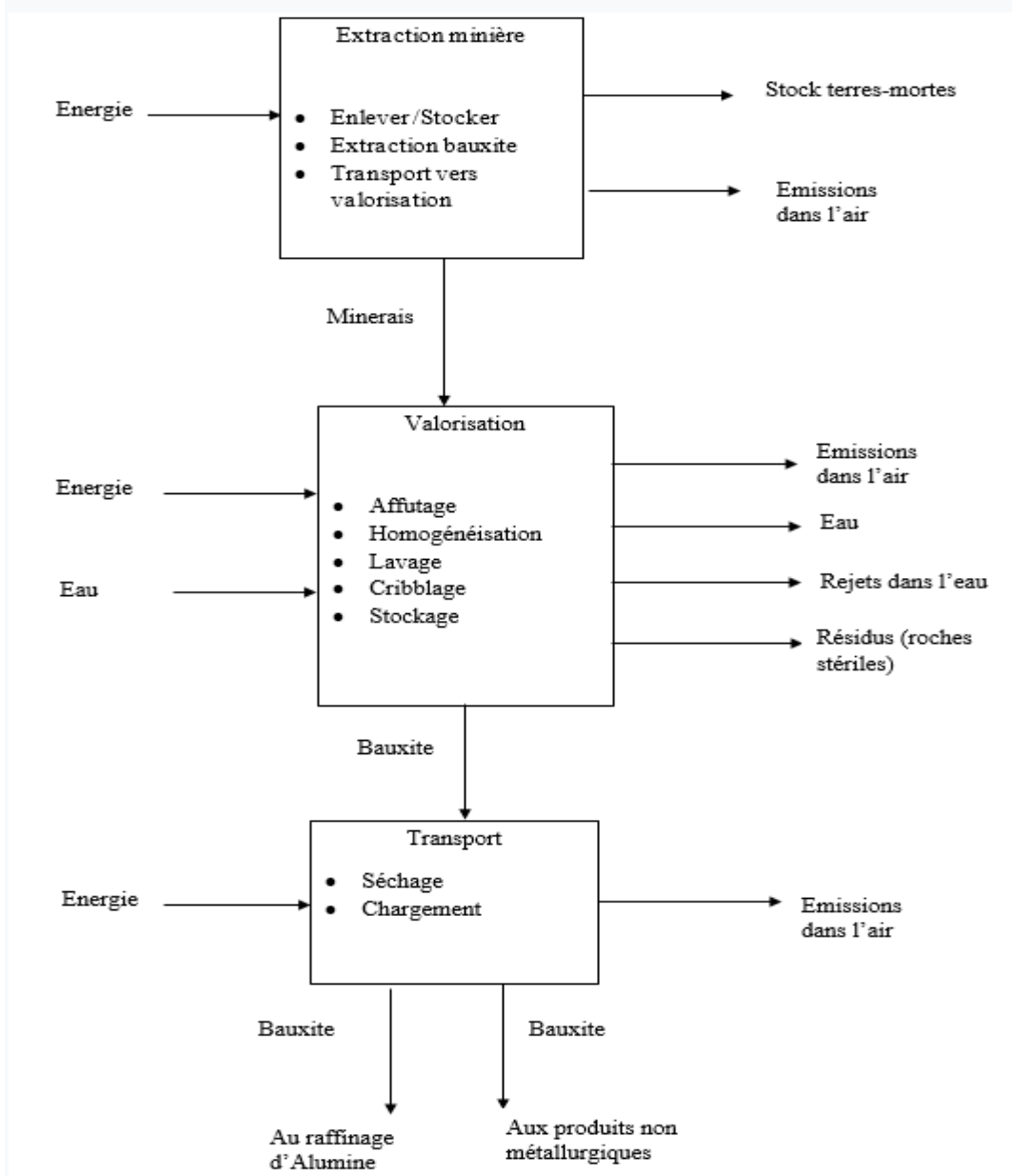


Figure 1 : Diagramme du flux de processus pour l'extraction de la bauxite (Alcoa Inc. 2009)

5. PRODUCTION D'ALUMINE (RAFFINAGE)

Pratiquement toute les alumines destinées au commerce sont produites à partir de la bauxite par le procédé Bayer. Le procédé Bayer comprend les étapes suivantes :

Digestion —La bauxite est broyée et réduite en suspension dans une soude caustique (NaOH), qui est ensuite pompée dans de grands réservoirs sous pression appelés digesteurs. L'hydroxyde de sodium réagit avec les minéraux d'alumine pour former de l'aluminate de sodium soluble (NaAlOH).

Clarification —La solution issue de l'étape de digestion est dépressurisée et traitée par des cyclones pour éliminer le sable grossier. Le fluide restant est traité dans des épaisseurs où des flocculants sont ajoutés aux solides agglomérés, qui sont éliminés par des filtres en tissu. Ces résidus (boue rouge) sont lavés, combinés et jetés, et la solution clarifiée (contenant le NaAlOH) passe à l'étape suivante.

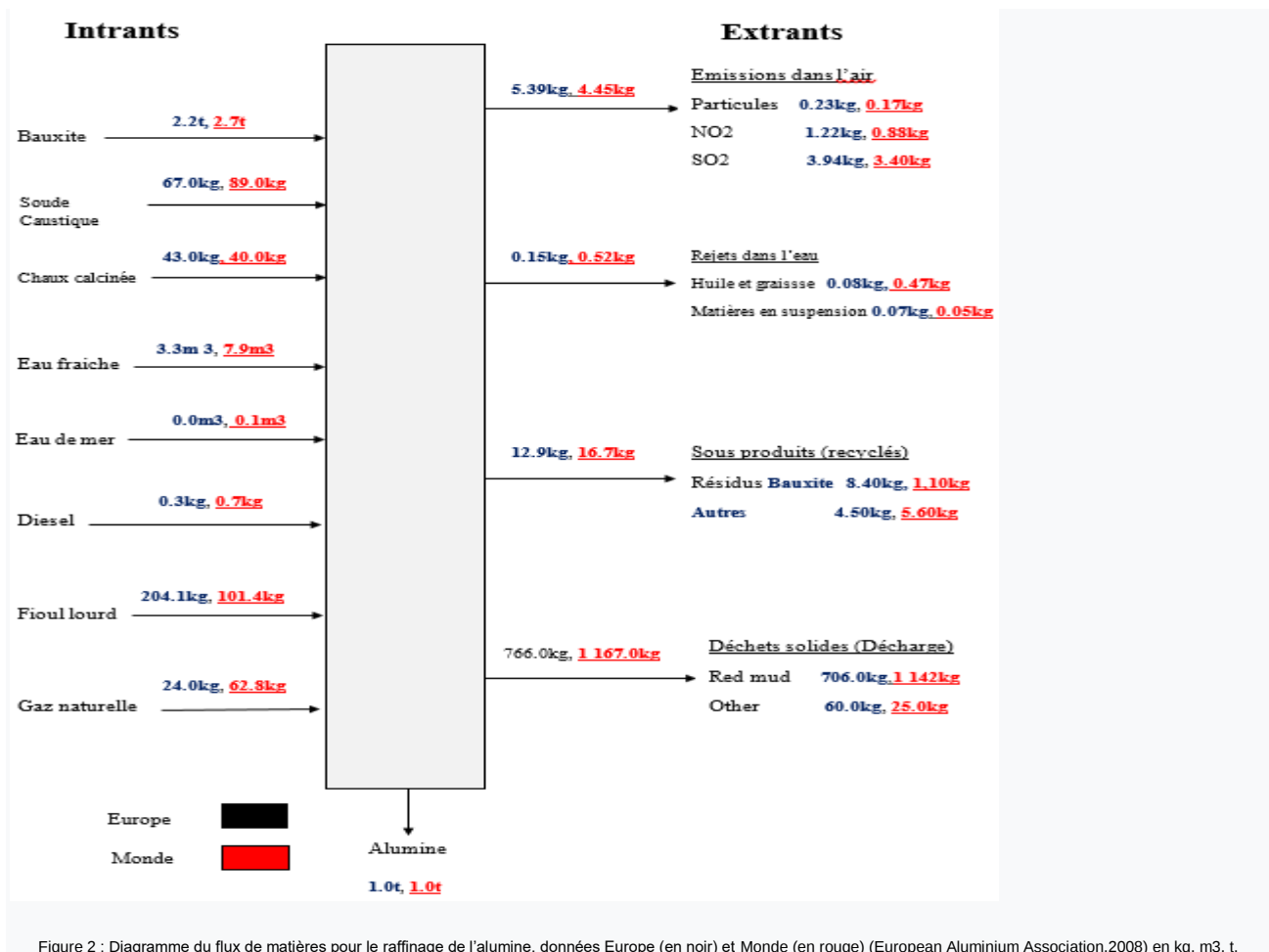
Précipitation —La solution issue de l'étape de clarification estensemencée avec des germes d'alumine (très petits) cristaux pour faciliter la précipitation de cristaux d'alumine agglomérés plus gros. Les cristaux de la taille du produit sont séparés des petits cristaux (recyclés comme graines) et lavés pour éliminer les résidus caustiques entraînés. Les agglomérats sont déplacés vers l'étape suivante.

Calcination —Les agglomérats de NaAlOH sont placés dans des fours rotatifs ou des calcinateurs fixes à lit fluidisé à des températures qui peuvent dépasser 960 °C (1 750 °F), ce qui chasse l'eau chimiquement combinée, laissant un résidu d'alumine de qualité commerciale (Plunkert, 2006 ; Pontikes, 2005a) .

Les flux de matières au sein du procédé Bayer dépendent de la qualité de la bauxite traitée ainsi que de la quantité et de la nature des minéraux non alumineux contenus dans la bauxite.

Le diagramme ci-dessous présente les flux de matières généralement associés à une raffinerie d'alumine par le procédé Bayer modèle « européenne » et « mondiale ». (European Aluminium Association, 2005).

Les flux en entrée et sortie sont mesurées en kilogramme, en tonne métrique et en mètre cube par tonne métrique de d'alumine produite.



6. PRODUCTION D'ALUMINIUM PAR ELECTROLYSE : CAS D'ALUCAM

L'aluminium est fabriqué par le procédé d'électrolyse dans des cuves. Ce procédé a été découvert en 1886 simultanément par Paul HEROULT en France et Charles HALL aux Etats-Unis.

Par ce procédé, l'alumine est dissoute dans un bain de cryolithe (produits fluorés minéraux) à une température voisine de 950°C. Le bain de cryolithe permet de minimiser la température de l'électrolyse de l'alumine en la maintenant à un seuil inférieur à 965 °C.

L'aluminium liquide soutiré des cuves d'électrolyse est ensuite élaboré dans des fours de fonderie par ajout de métaux d'addition et d'alliages mères, puis coulé sous forme de plaques ou de lingots suivant les alliages d'aluminium désirés.

Le site industriel ALUCAM est composé de quatre grands secteurs de production :

- Le secteur Electrolyse avec 274 cuves,
- Un secteur Electrodes
- Un secteur Fonderie
- Un secteur Laminage (y compris laquage)

6.1. Production des anodes Précuite

Les anodes sont constituées des blocs de carbone.

La production des anodes crues consiste en trois étapes successives :

- Préparation de la pâte par broyage et classification du coke et des anodes recyclées,
- Mélange avec le brai qui sert de liant (dosage) dans un mélangeur (malaxage) puis chauffage,
- Moulage en blocs par vibrotassage de la pâte pour obtenir une anode crue
- Refroidissement à l'air libre.

Pour obtenir les anodes cuites, les anodes crues sont portées à la température de 1100°C dans un four à cuire permettant de transformer le brai (liant) en coke. Le four à cuire est un four enterré constitué de 30 chambres disposées côte à côte sur deux rangées. Il est alimenté par du fuel lourd comme combustible.

Le principe de cuisson consiste à faire tourner le feu dans les chambres par progression.

Ainsi chaque chambre passera par les étapes de préchauffage, cuisson et refroidissement.

Les fumées du four de cuisson sont évacuées vers l'extérieur à travers une cheminée.

La dernière étape de fabrication des anodes consiste à sceller une tige en aluminium sur les anodes cuites à l'aide de la fonte.

Les mégots d'anodes en provenance des cuves d'électrolyse sont nettoyés à sec par des outils mécaniques afin d'éliminer le plus possible les résidus de bains riches en fluor. Les résidus de bain solidifié sont récupérés et broyés à l'atelier de traitement du bain puis recyclés dans les cuves.

Les mégots, quant à eux, sont séparés des tiges, broyés puis recyclés avec les rebuts de pâte crue, de cuisson et de scellement pour la fabrication de nouvelles anodes.

6.2. Production du métal liquide

L'aluminium liquide est produit par la série d'électrolyse. La série comporte 274 cuves parcourues par un courant continu de 140 000 Ampères, la série est répartie en 6 bâtiments appelés « halls » disposés parallèlement.

Les cuves sont montées en série. Le courant électrique de 140 000 Ampères alternatif mis à disposition par la centrale SOCADEL d'Edéa est délivré par la Sous-Station ALUCAM.

La Sous-Station utilise des groupes redresseurs pour transformer le courant alternatif en courant continu nécessaire pour la série d'électrolyse.

Une cuve d'électrolyse (figure 3) est assimilée à un caisson métallique garni de matériaux réfractaires (dalles, briques ...) qui assurent l'isolation thermique. Au fond de la cuve sur le garnissage réfractaire, sont déposés les blocs cathodiques en carbone dans lesquels sont scellées les barres en acier qui permettent la traversée du courant.

La cuve est surmontée d'un portique appelé superstructure qui supporte les anodes (24 anodes par cuve). Cette superstructure permet la montée et la descente des anodes en fonction de leur usure. La superstructure est reliée à une tuyauterie de captation qui aspire les gaz et les poussières résultant de la réaction d'électrolyse dans la cuve.

Les anodes sont changées à tour de rôle à l'aide des MSE (machine de service électrolyse) après 27 jours environ de service dans la cuve, soit 80 postes en moyenne. Les mégots d'anodes en fin de cycle sont retournés au service Electrodes pour la récupération des tiges et de la partie carbonée non consommée (mégots d'anodes).

Le remplacement des cathodes ou changement du garnissage réfractaire (débrasquage ou brasquage) des cuves est effectué de manière préventive tous les 6 ans environ.

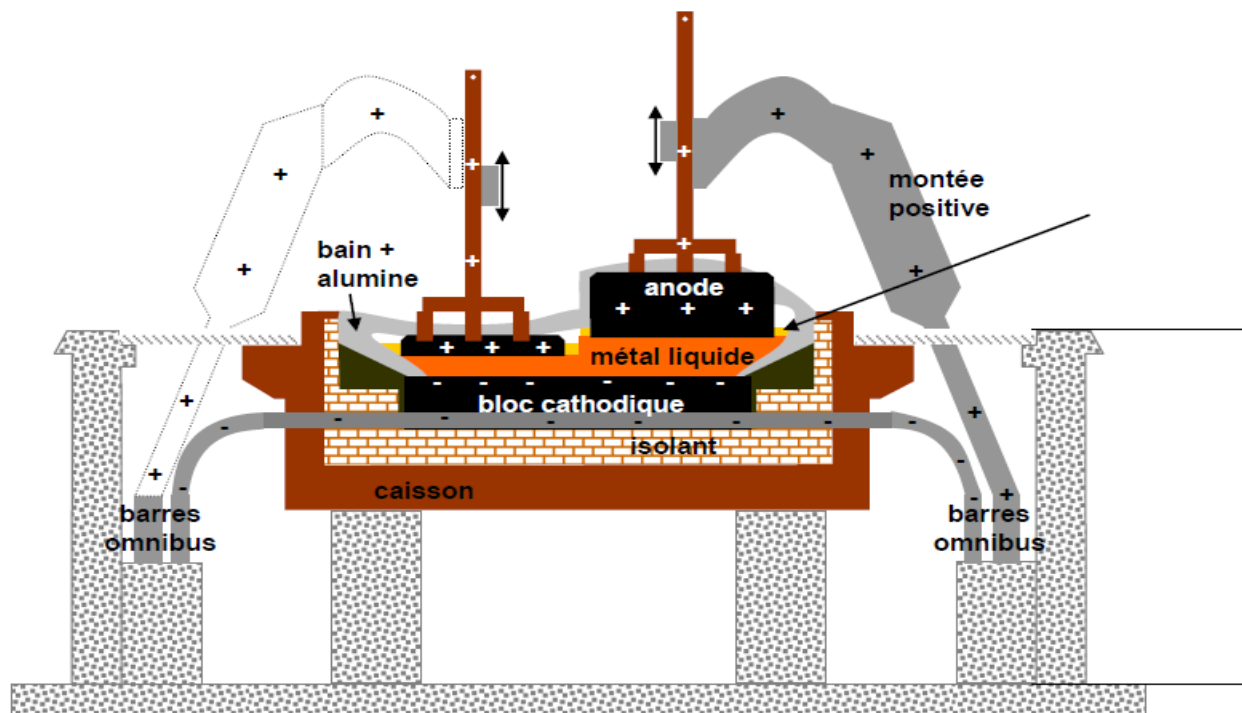
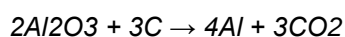


Figure 3 : Vue schématique d'une cuve d'électrolyse à anodes Précuite ALUCAM

6.2.1 Principe de fonctionnement de l'électrolyse

Les anodes trempent dans le bain liquide ; le courant électrique parcourt la cuve des anodes vers la cathode. La cuve est périodiquement alimentée en alumine.

La réaction qui se produit dans le bain est la suivante :



Le bain contenu dans les cuves sert de catalyseur à la réaction. C'est un mélange de produits fluorés appelé cryolithe qui a aussi la propriété de dissoudre l'alumine.

Pour fabriquer une tonne d'aluminium il faut environ 1,92 tonne d'alumine et 425 kg de carbone.

6.2.2 Captation et traitement des gaz

Deux centres de captation et traitement des gaz par injection d'alumine fraîche sont implantés entre les halls d'électrolyse, l'un pour les cuves des halls A, B et E, et l'autre pour les cuves des halls C, D et F. Les centres de captation et traitement des gaz sont équipés chacun d'un dépoussiéreur avec filtres à manches pour capter les poussières (Figure 4).

Le procédé utilise la capacité que possède l'alumine « sous-calcinée » de capter par adsorption l'acide fluorhydrique gazeux. Il consiste à favoriser le contact gaz-solide dans un réacteur venturi à la base duquel l'alumine fraîche est injectée dans les gaz, puis à séparer dans un filtre à poches, l'alumine fluorée ainsi produite et les poussières entraînées par les gaz. Le rendement de filtration est supérieur à 95%.

6.3. Coulée des plaques et des lingots

La Fonderie a pour rôle de solidifier l'aluminium métal provenant de l'électrolyse en y incorporant au préalable certains éléments d'alliages ou métaux d'ajout tels que : le magnésium, le silicium....

Le secteur Fonderie possède 02 fours de refusion et 04 fours de maintien pour la refonte des chutes d'aluminium et la mise en forme de l'aluminium liquide en lingots 16 kg, lingots T et plaques.

Le produit obtenu se présente soit sous forme de plaques destinées principalement au laminage, soit sous forme de lingots 16 kg pour le marché local et l'exportation, soit sous la forme de lingots T exclusivement dédiés à l'exportation.

Les différentes étapes sont les suivantes :

- Elaboration des alliages : des métaux d'addition sont ajoutés au métal liquide dans les fours.
- Affinage du grain des alliages liquides pendant la coulée à la sortie des fours,
- Coulée des plaques et des lingots T,
- Coulée des lingots 16 kg sur la chaîne à lingots et le conditionnement
- Sciage des plaques et des lingots T.

6.4. Atelier de Laminage

Le laminage est un processus continu qui consiste à réduire l'épaisseur d'une plaque de métal par passages successifs entre deux cylindres d'un laminoir (Duo), opérations au cours desquelles l'aluminium préalablement préchauffé dans le Four Poussant est à la fois écrasé et étiré. Partant de la plaque de Fonderie, d'une épaisseur d'environ 350 mm, on peut ainsi obtenir des bandes d'aluminium de 06 mm d'épaisseur. La production de laminés d'aluminium s'effectue selon deux phases principales, le laminage d'ébauche à chaud et le laminage de finition à froid

En fin de laminage à chaud, on obtient une ébauche de 6 mm d'épaisseur. Cette dernière est refroidie, puis laminée à nouveau dans un laminage à froid à quatre cylindres (quarto) en quelques passes et enroulée sous forme de bobine.

Les caractéristiques mécaniques demandées par le client sont obtenues par traitement thermique.

A partir de bobines, le service Laminage produit, par débitage puis formage, des tôles nervurées et des tôles ondulées sur :

- Une ligne avec des galets permettant la réalisation de profils ondulés,
- Une ligne avec des galets pour profils en nervures,
- Une onduleuse à barres pour fabriquer des tôles ondulées de faible épaisseur (inférieure à 0,4 mm).

Pour les produits servant à la décoration des façades et l'habillage des congélateurs, les bandes passent préalablement par une ligne de gravure

6.5. Atelier de découpage

Pour fabriquer des disques qui serviront de matière première pour les usines de fabrication d'articles ménagers, les bobines obtenues par laminage sont refendues en bobineaux dans des lignes de re-fendage. Les disques sont obtenus par poinçonnage des bobineaux dans des presses mécaniques.

Lorsque le diamètre du disque excède 530 mm, le bobineau est préalablement découpé en formats carrés et les formats passent ensuite dans une cisaille circulaire pour obtenir les disques.

6.6. Atelier de Laquage

Le laquage consiste à appliquer une fine couche de peinture sur une face de bande de laminage ; l'autre pouvant simultanément être vernis ou non. Les bandes déroulées et agrafées l'une à l'autre d'un bout de l'atelier, sont laquées en continu grâce à un système d'accumulation à l'entrée.

7. ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

ALUCAM ambitionne de fabriquer ses produits conformément aux lois et réglementations applicables au Cameroun, en répondant aux exigences de qualité des clients et en s'efforçant d'améliorer de façon continue ses performances environnementales.

Pour supporter cette démarche, ALUCAM a mis en œuvre un système management intégré HSEQ qui s'appuie sur la triple certification :

- ISO 14001 : 2015
- ISO 9001 : 2015
- ISO 45001 : 2018

Les objectifs environnementaux de l'entreprise comprennent :

La réduction des émissions atmosphériques,

La sensibilisation accrue des employés aux questions environnementales,

La réduction à la source des rebuts de production, des déchets et la maximisation du recyclage,

L'élimination responsable des déchets ultimes.

7.1. Émissions atmosphériques

Les émissions atmosphériques dues aux processus en amont des étapes d'électrolyse ALUCAM, c'est-à-dire les émissions provenant de l'extraction de la bauxite et du raffinage de l'alumine, proviennent en grande partie de la combustion de combustibles fossiles au cours de ces processus. Les principaux constituants sont les NOx, SO2, CO2 et HF et particules.

7.1.1 Fluorures

Les fluorures sont les émissions caractéristiques des usines de production d'aluminium, on distingue deux types de fluorures :

- Les fluorures gazeux, constitués de fluorure d'hydrogène ou acide fluorhydrique (HF) ;
- Les fluorures poussières ou particulaires (Fp), qui sont les fluorures contenus dans les solides (poussières ou aérosols).

On appelle fluorures totaux (Ft) la somme des fluorures gazeux et particulaires.

Les principales émissions de fluorures (>95%) proviennent des cuves d'électrolyse.

Les émissions qui ne sont pas captées et dirigées vers un centre de traitement des gaz (CTG) pour être traitées par injection d'alumine fraîche sont rejetées dans l'atmosphère par les lanterneaux (Figure 4). Les salles de cuves de la série actuelle d'ALUCAM sont ouvertes sur l'extérieur (absence de murs). Par conséquent, une certaine partie des émissions atmosphériques sont également rejetées dans l'atmosphère latéralement par vents forts

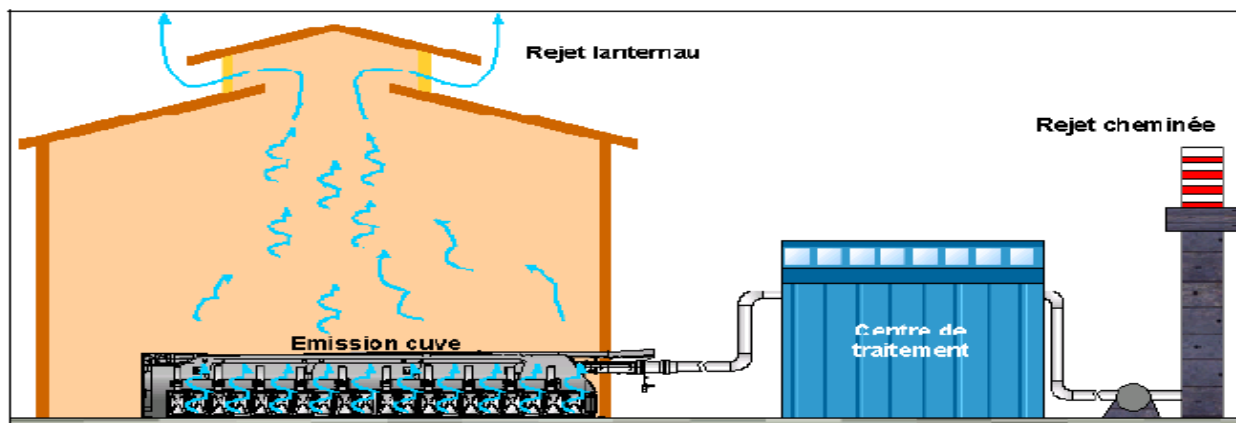


Figure 4 : Émissions atmosphériques à l'électrolyse

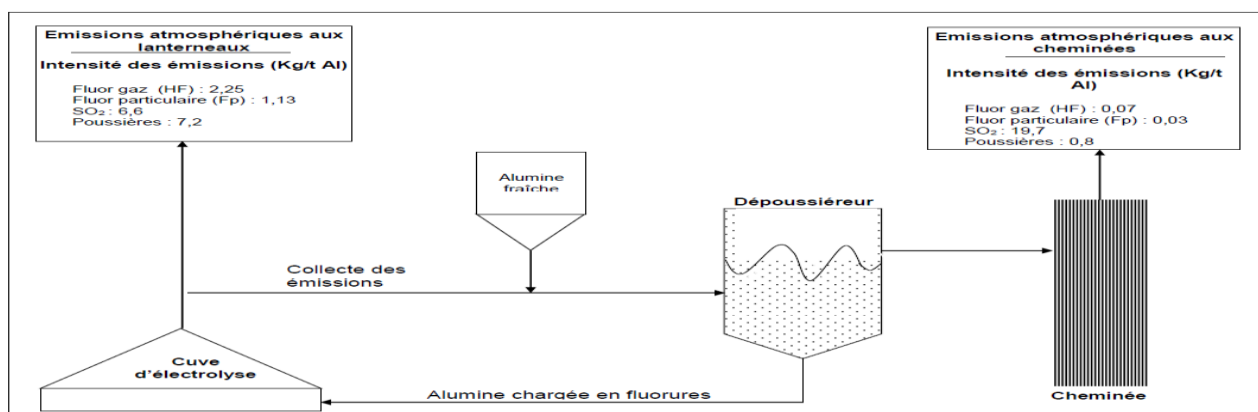


Figure 5 : Centre de traitement des gaz (CTG) – diagramme de procédé

Le four à cuisson des anodes est une autre source de fluorures gazeux. En effet, les mégots d'anodes recyclés à l'atelier à pâte contiennent des fluorures qui proviennent de leur séjour dans le bain d'électrolyse. Avant leur broyage, ils sont nettoyés à sec de manière à éliminer le plus possible de résidus de bain riches en fluor. Néanmoins, certains résidus fluorés demeurent dans les mégots et sont ainsi recyclés dans les anodes crues qui sont envoyées au four à cuire.

7.1.2 Goudrons

Les goudrons sont les émissions caractéristiques des fours à cuire. Les anodes crues contiennent environ 14% de brai, lui-même constitué de 55% de carbone fixe et de 45% de matières volatiles. Durant le cycle de cuisson, une partie de ces matières volatiles, appelées goudrons, distille et brûle plus ou moins complètement. Ces goudrons sont constitués de fractions légères qui sont libérées en premier et dont la combustion est quasi complète, ainsi que de fractions plus lourdes comprenant une famille d'hydrocarbures appelée hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

Le four ouvert utilisé actuellement chez ALUCAM permet d'obtenir des bas taux d'émissions de HAP

7.1.3 Dioxyde de soufre (SO₂)

Les émissions de soufre (S), sous forme de dioxyde de soufre (SO₂), proviennent des matières premières carbonées et des combustibles utilisés.

À l'atelier de fabrication des anodes, le SO₂ provient de l'oxydation du soufre contenu dans le brai des anodes crues lors de leur cuisson ainsi que de la combustion du fuel lourd. À l'électrolyse, le SO₂ provient de la combustion du soufre contenu dans le coke des anodes cuites.

Environ 2 % du soufre contenu dans les anodes de carbone Précuite réagit avec l'oxygène pendant l'électrolyse pour former du SO₂, c'est un autre constituant majeur des émissions des salles de cuves.

Le suivi des émissions atmosphériques est actuellement effectué de la façon suivante aux cheminées des deux centres de traitement des gaz (CTG) :

- • Fluor (Ft) : Mesures mensuelles aux CTG ;
- • Particules : Estimation mensuelle ;
- • SO2 : Estimation mensuelle par bilan de masse.

N° de station	Paramètre	Fréquence et type de suivi	Méthode d'échantillonnage
CITE FROMAGER	HAP	1x/10 jours Composé (24h)	Papier à la chaux Cabine de contrôle de la qualité de l'air
	SO2	En continu Relevé 1x/mois	
	HF	1x/10 jours Composé (24h)	
STATION DES EAUX	HF	En continu Relevé 1x/mois	Papier à la chaux
DIGUE	HF	En continu Relevé 1x/mois	Papier à la chaux
EX RIM	HAP	1x/10 jours Composé (24h)	Papier à la chaux Cabine de contrôle de la qualité de l'air
	SO2	En continu Relevé 1x/mois	
	HF	1x/10 jours Composé (24h)	
	HF	En continu Relevé 1x/mois	Papier à la chaux
DOM. EDING	HF	En continu Relevé 1x/mois	Papier à la chaux
BILALANG	HF	En continu Relevé 1x/mois	Papier à la chaux

Figure 6 : Programme échantillonnage des rejets dans l'air

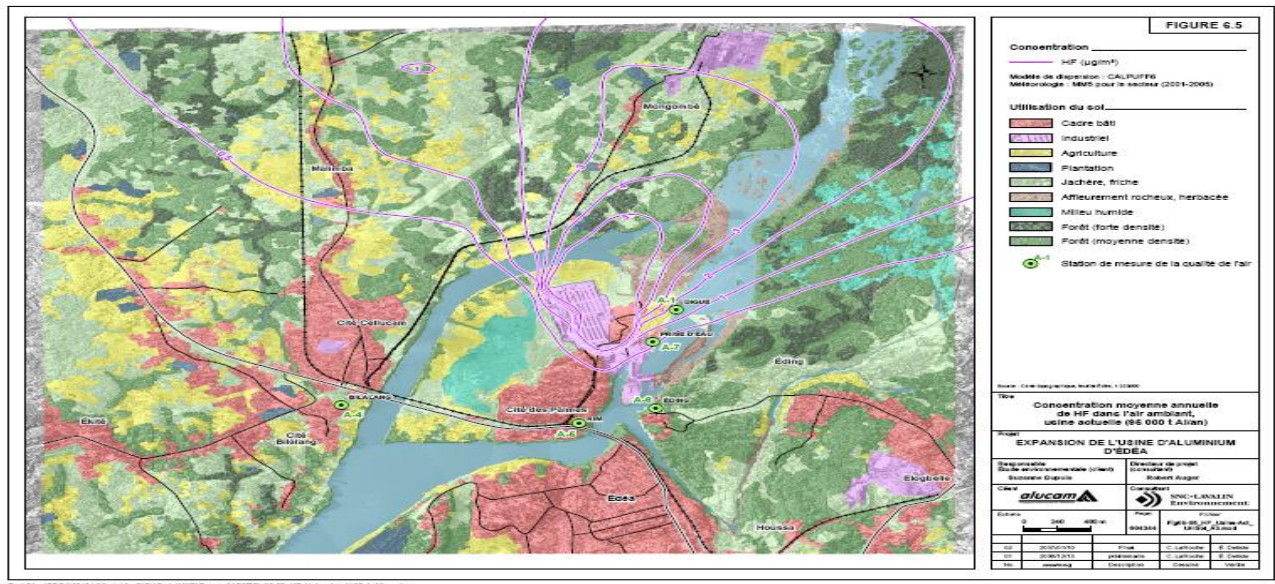


Figure 7 : Localisation des points d'échantillonnage papier à la chaux

7.1.4 Mesures et performances (cf. HSE PRO 42 001 Plan de gestion de la qualité de l'air)

Une liste de rapport au sujet de l'air est transmise en interne et aux Administrations concernées :

- Rapport mensuel HSEQ (y compris kpi sur AIR) est présenté au Comité de Direction « CODIR »
- Rapport trimestriel des rejets AIR est transmise aux administrations concernées
- Revue de performances HSEQ (y compris kpi sur AIR) est présentée en revue direction

7.2. Gaz à effet de serre

Les émissions de gaz à effet de serre liées à la production des lingots d'aluminium primaire ALUCAM sont dues dans une large mesure à l'étape d'électrolyse du processus de production. Les émissions sont principalement du CO2 en plus des fluorocarbures hexafluoroéthane (C2F6) et tétrafluorométhane (CF4).

Le total des émissions de GES ALUCAM est de 664 060 tonnes en 2025 (scope 1+ scope 2). Les émissions de GES issues des PFC (CF4 et C2F6) représentent 79% du total de ces émissions.

La réduction des GES dues aux PFC constituera la priorité dans le déploiement de la stratégie 2026 de réduction des émissions de CO2 (cf. stratégie de réduction du CO2e).

7.3. Le Projet APC+ et MPF METSOL

Interfaciator	Units	Actual	Model	APC+	MPF APC+	MPF APC+ 1540	MPF APC+ 1540 HPCA
Pot Voltage	(V)	4.47	4.474	4.390	4.270	4.245	4.018
Line current	(kA)	139.0	138.99	140.10	139.24	150.12	165.86
Current efficiency	(%)	88.249	88.3	91.6	92.9	92.5	93.7
Net Carbon	kgC/T	437	438.0	428.5	405.5	408.3	403.2
AE overvoltage	(mV)	43	43.0	5.0	2.0	2.0	1.0
GHG emissions	TCO2/Tal	4.68	4.68	0.52	0.21	0.21	0.10
Power efficiency	MWh/T	15.094	15.108	14.281	13.698	13.677	12.780
Bath Superheat	(°C)	3.4	6.5	6.6	6.5	6.5	4.6
Bath Temperature	(°C)	976.0	973.6	961.7	961.9	961.8	961.0
ACD	(mm)	49.0	42.3	38.0	37.8	34.0	34.0
Cathode freeze	(m³)		0.000	0.123	0.179	0.172	0.166
Ledge thickness	(m)		0.27	0.25	0.31	0.29	0.31
Metal Height	(m)	0.23	0.24	0.24	0.24	0.26	0.24
Bath Height	(m)	0.12	0.12	0.13	0.15	0.15	0.16
Excess AlF3	(%)	8.5	8.5	12.0	12.2	12.2	11.8
Financials							
Pot Production TPA	Tonnes		361	377	380	408	457
Additional TPA			0	0	20	48	96
Pot CAPEX	\$/Pot		\$59,101	\$72,601	\$96,101	\$96,101	\$109,549
Total Conversion CAPEX per pot	\$/Pot		\$0	\$13,500	\$37,000	\$37,000	\$50,448
Savings \$/pot/year	\$		\$0	\$106,194	\$122,012	\$129,305	\$163,493
Payback on additional Capex	(months)		0	0	4	3	4
Pot NPV @ 12%	12%		\$0	\$609,053	\$775,680	\$824,019	\$1,038,618

Guaranteed Performance	
Current efficiency	90 %
Power efficiency	14.80 MWh/T
Anode Effects Frequency	0.5 AE/Pot-Day
GHG Emissions	1.0 TCO2/Tal

7.4. Déploiement de la stratégie de réduction des GES

Période	N°	Libellé action	S1-2025	S2-2025	S1-2026	S2-2026	2030	2035	2040	2045	2050
Objectifs 2025	1	-5% scope 1 : Amélioration de la situation financière de l'entreprise pour éliminer les ruptures de MP et MC	Fluidisation des approvisionnements des MP/MC								
	2	-6% scope 1 : Stabilisation de la fourniture d'énergie	Capacité partielle de Natchigal pour stabilisation de la fourniture d'énergie et maîtriser les SEA								
	3	-8% scope 1 : Stabilisation de la fourniture d'anodes	Achat d'anodes pour garantir un stock permanent								
	4	-6% scope 1 : Réduction des SEA par l'augmentation de la disponibilité des MSE (Task-force MSE) et "Amélioration de la mobilité sur traitement des EA"	CDR et Fonctions dégradées MSE / Chasseurs de SEA (Vélos)								
	5	-38% scope 1 : 50% des cuves en système APC+ de Metsol	130 cuves en APC+								
	6	-0,4% scope 1 : Coulée à la Brochot sans fuel									
	7	- 5 cuves fonctionnant avec les MPF (piquage ponctuel et capotées)	5 cuves en essai MPF								
	8	-2% scope 1,2 et 3 : Récupération de l'aluminium dans les crasses sorties des fours du CDC									
Objectifs 2026	9	-6% scope 1 : Fourniture d'énergie stable	5 cuves en essai MPF								
	10	-6% scope 1 : Réduction des SEA par l'augmentation de la disponibilité des MSE (Task-force MSE) et "Amélioration de la mobilité sur traitement des EA"	Pleine capacité de production de Natchigal								
	11	-38% scope 1 : 50% des cuves restantes en système APC+ de Metsol	CDR et Fonctions dégradées MSE								
	12	-5% scope 1 : Engin de piquage et d'alimentation au sol									
	13	-20% scope1, 2 et 3 : Achat et recyclage des chutes d'aluminium intensif									
Objectifs 2030	14	-10% scope 1 : 50% cuves équipées de MPF (piquage ponctuel et capotées)	135 cuves en MPF								
	15	-8% scope 1 : Réduction des SEA par l'augmentation de la disponibilité des MSE (Task-force MSE) et "Amélioration de la mobilité sur traitement des EA"	CDR et Fonctions dégradées MSE								
	16	-20% scope1, 2 et 3 : Lancement des projets d'efficacité énergétique	Réduction de la consommation d'énergie kWh/t								
Objectifs 2035	17	-9% scope 1 : 50% cuves restantes équipées de MPF (piquage ponctuel et capotées) et Suite de la Modernisation du centre de captation et traitement des gaz à l'Electrolyse	134 cuves en MPF								
	18	-4% scope 1 (Combustibles) Passage de tous les fours au gaz (FAC, Chemisage, Fonderie, etc...)									
Objectifs 2040	19	-30% scope 1,2 et 3 : Anodes inertes et projets CCUS (Captage, stockage, transport et valorisation du CO2)									
Objectifs 2045	20	-50% scope 1,2 et 3 : Projet de rupture suite réévaluation des hypothèses environnementales à l'échelle mondiale et projets CCUS (Captage, stockage, transport et valorisation du CO2)									
Objectifs 2050	21	-50% scope 1,2 et 3 : Projet de rupture suite réévaluation des hypothèses environnementales à l'échelle mondiale et projets CCUS (Captage, stockage, transport et valorisation du CO2)									

Figure 9 : Plan d'actions GES 2024 pour les GES

7.5. Gestion de l'eau

7.5.1 Exigences en matière de gestion de l'eau,

7.1 Évaluation de l'Eau et sa Déclaration

L'Entité doit:

- Identifier, documenter et déclarer publiquement, annuellement, ses prélèvements et ses consommations en eau par source et par type.
- Entreprendre annuellement une évaluation des risques liés à l'eau dans les Bassins Hydrographiques situés dans la Zone d'Influence de l'Entité, et s'ils sont importants, les rendre publics.

7.5.2 Les différentes fonctions de l'Eau Industrielle (EI) et l'Eau Potable (EP) au sein de l'entreprise

Nous utilisons de l'EI au sein de l'entreprise pour:

- Le refroidissement des groupes hydrauliques et Arrosages Laminage
- Le refroidissement de la bande en ligne au Laminage
- Le refroidissement des groupes hydraulique au Laquage
- Le refroidissement chez SOCADEL Edéa
- Le refroidissement des anodes crues

- Le refroidissement des Fours Junker (Echangeurs de chaleur)
- Le refroidissement des compresseurs d'air
- Le refroidissement t Métiers coulée
- Le refroidissement des groupes redresseurs
- Pour le nettoyage à la Station des Eaux et à l'Unité de Traitement du lixiviat
- Pour le lavage des engins, des sols, arrosage des plantes, ...

Nous utilisons de l'EP au sein de l'entreprise pour:

- Les consommations diverses du personnel dans l'usine
- Le refroidissement de la pâte anodes crues
- Le refroidissement des bobines Four Junker
- Le refroidissement de certains Groupes hydrauliques
- Le refroidissement des jauges à rayons X
- Le refroidissement des réducteurs des Laminaires
- La consommation des résidents de la Cité des palmes, Cité Bilalang et Fromager,
- Les consommations diverses au CMES, Club des Palmes (Piscine), Hostellerie de la Sanaga (restaurant, hébergement)
- Les consommations diverses chez SOCADEL
- Les consommations diverses chez EVERWELL

7.5.3 Evaluation des risques de l'eau dans le bassin hydrographique de la Sanaga

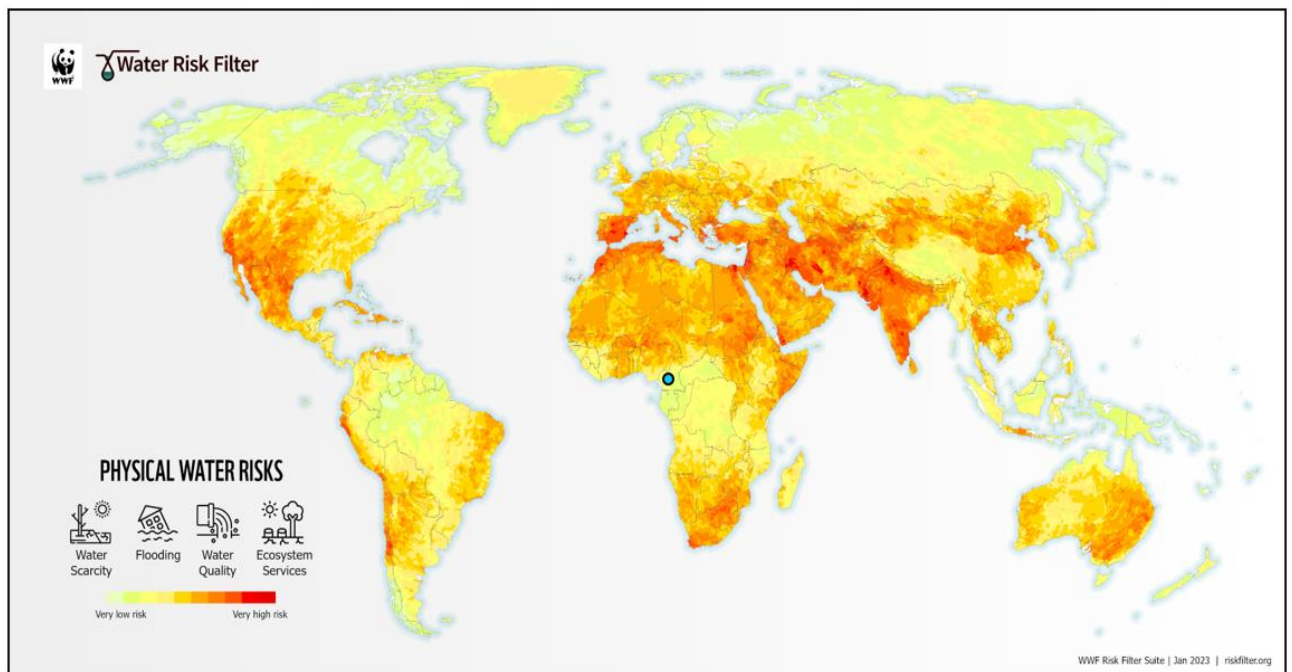


Figure 10 : Evaluation du risque physique de l'Eau par WWF

7.5.4 Evaluation des risques liés à l'eau dans le bassin

	2023		2024		2025		2026	
Niveau des eaux et consommations	Débit (m3/s)	Proportion conso/dispo (%)	Débit (m3/s)	Proportion conso/dispo (%)	Débit (m3/s)	Proportion conso/dispo (%)	Débit (m3/s)	Proportion conso/dispo (%)
Basses eaux débit naturel	200	0,136%	200	0,131%	200	0,126%	200	0,088%
Basses eaux en débit régulé	700	0,039%	720	0,036%	600	0,042%	750	0,023%
Hautes eaux débit naturel	8000	0,003%	5400	0,005%	3200	0,008%	3200	0,005%
Débit moyen interannuel	750	0,036%	1985	0,013%	2070	0,012%	1985	0,009%
Conso Totale site/année (m3/j)	0,27		0,26		0,25		0,18	

Source : *Audit Environnemental du Site industriel ALUCAM_ rapport final Janvier 2012 _ Paragraphe 4.3.2.2 Hydrologie et Hydrogéologie

Figure 11 : débits du Sanaga

L'hydrographie locale est dominée par le cours inférieur du fleuve Sanaga qui décrit une large boucle autour de l'usine et dont le débit est régulé par les installations hydroélectriques de SOCADEL tout proche. Les débits caractéristiques du fleuve sont localement les suivants :

- En basses eaux, le débit naturel est d'environ 200 m³/s
- En basses eaux, le débit régulé se situe entre 700 et 750 m³/s
- En hautes eaux, le débit régulé se situe 3200 et plus de 8000 m³/s
- Le débit moyen interannuel varie entre 750 et plus de 2000 m³/s

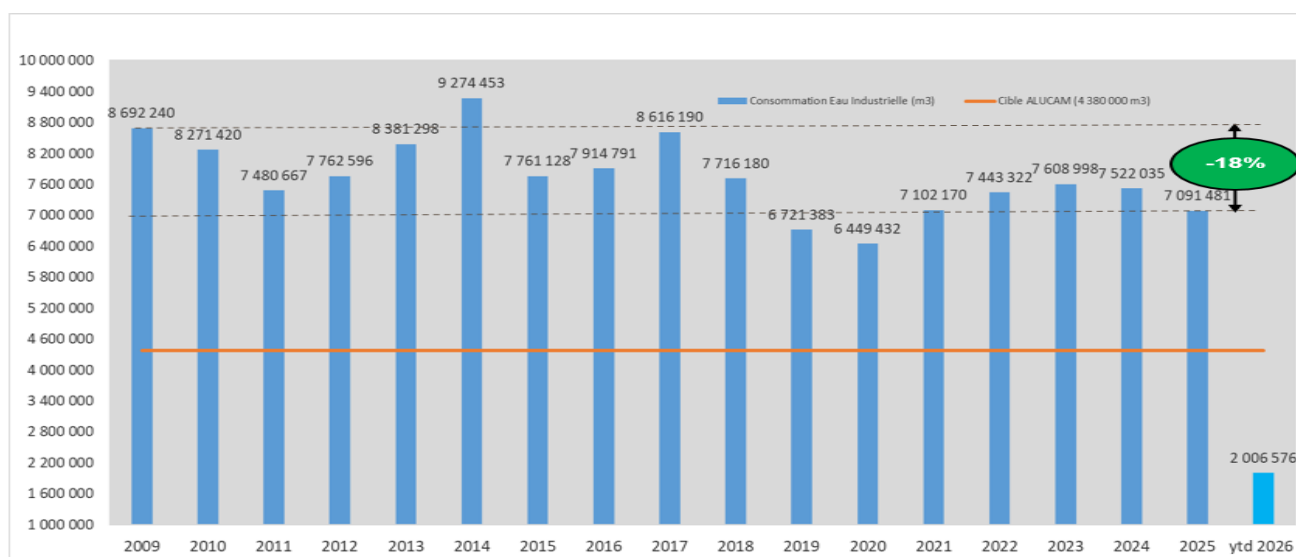
Ces valeurs de débits, même en situation de basses eaux, peuvent être considérées comme élevées.

Avec moins de 0,025% de prélèvement en débit régulé dans la configuration actuelle, ALUCAM ne représente pas de risque de stress hydrique dans le bassin hydrologique.

Le plan stratégique est défini pour baisser la consommation totale en eau et soutenir les efforts sur le réchauffement climatique.

Le plan de maîtrise des rejets d'eau est piloté par le biais du plan de surveillance (analyses des prélèvements et plan d'action associé au besoin).

7.5.5 Historique de consommation d'eau industrielle



La consommation d'Eau Industrielle (EI) a connu une réduction de 18% entre 2009 et 2025, une baisse principalement due à des modifications majeures dans les process de refroidissement telles que :

- 02 groupes redresseurs en boucle ouverte sur 07 au total.
- Des systèmes de refroidissement de groupes hydrauliques passés d'eau industrielle en eau potable au Laminage,
- Depuis 2024 une campagne de formation de tous les acteurs sur l'utilisation responsable de l'EI et l'effort de conservation,
- Depuis 2024, un processus de recherche et traitement rapide des fuites sur le réseau EI est en place avec quelques réalisations marquantes :
 - Fuite EI dans la Bouche incendie Chantier Caisson,
 - Fuite EI dans les égouts LAM.

7.5.6 Historique de consommation d'eau potable,

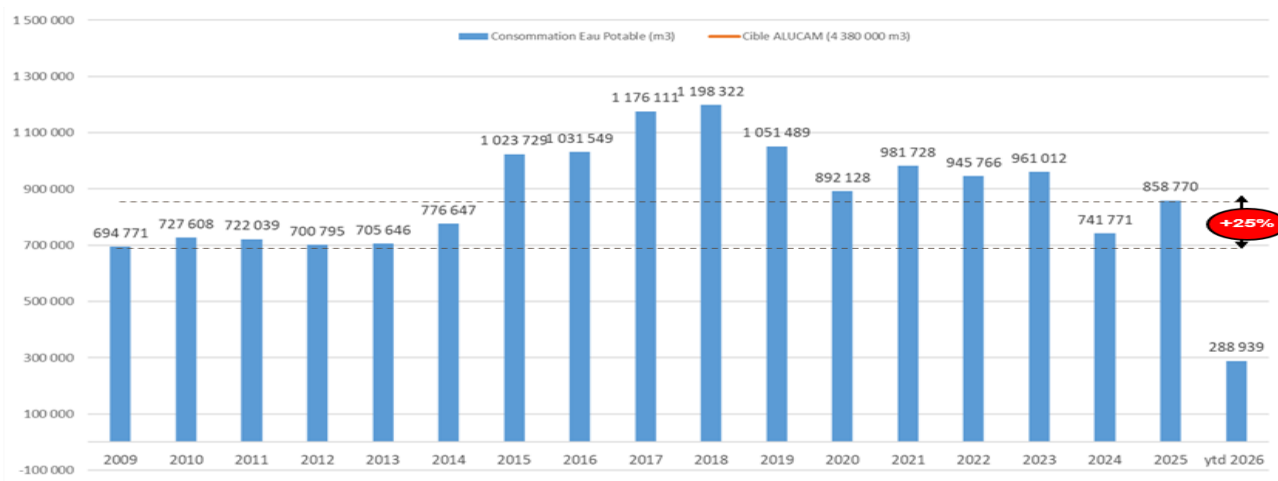


Figure 13 : historique consommation d'eau potable ALUCAM sur 15 ans

La consommation d'Eau Potable (EP) a connu une augmentation de 25% entre 2009 et 2025 lié au changement ci-dessous :

- Des systèmes de refroidissement de groupes hydrauliques passés d'eau industrielle en eau potable au Laminage,
- La ligne de Laquage installée en 2020 a induit une augmentation de la consommation d'E

Depuis 2023, nos efforts sont portés sur :

- Une campagne de formation de tous les acteurs sur l'utilisation responsable de l'EP et l'effort de conservation,
- Un processus de recherche et traitement rapide des fuites sur le réseau EP est en place avec quelques réalisations marquantes :
 - Grosse fuite d'EP non loin de l'Ecole des Palmes
 - Grosse fuite d'EP sous le 2ème pont de la conduite d'alimentation Bilalang,
 - Grosses fuites permanentes d'EP dans les vestiaires Bloc D'entrée usine.

7.5.7 Consommation d'eau et réglementation,

Année	Volume d'eau potable consommé (m³)	Volume d'eau potable consommé (m³/j)	Volume d'eau industrielle consommé (m³)	Volume d'eau industrielle consommé (m³/j)	Volume total d'eau consommé (m³)	Volume total d'eau consommé (m³/j)	*Arrêté ministériel (m³)	Volume à 100 FCA/m³ (<1000 m³/mois)	Volume à 50 FCA/m³ (>1000 m³/mois)	Redevance de l'eau sans abatement (XAF)	Redevance de l'eau (XAF)
2022	945 766	3 569	7 443 322	28 088	8 389 088	22 984	12 000	12 000	8 377 088	420 054 400	105 013 600
2023	961 012	3 626	7 608 998	28 713	8 570 010	23 479	12 000	12 000	8 558 010	429 100 500	107 275 125
2024	741 771	2 789	7 522 035	28 278	8 263 806	22 579	12 000	12 000	8 251 806	412 590 300	103 147 575
2025	858 770	3 241	7 091 481	26 760	7 950 251	21 782	12 000	12 000	7 938 251	396 912 550	99 228 138
2026 ytd (mai)	288 939	1 914	2 006 576	13 289	2 295 515	15 202	12 000	12 000	2 283 515	114 175 750	28 543 938

Figure 14 : Répartition des consommations EP et EI ALUCAM 2023

7.5.8 Evolutions des consommations d'EI et EP entre 2025 et 2026 ytd

Nous enregistrons une baisse significative de la consommation de l'EI et l'EP par des actions à fort impact :

Des campagnes de formation de tous les acteurs sur l'utilisation responsable de l'eau et l'effort de conservation,

La mise en place d'un processus de recherche et traitement rapide des fuites sur les réseaux d'EI et d'EP conduisant à :

- Une baisse de 53% de la consommation d'EI,
- Une baisse de 46% de la consommation d'EP.

7.5.9 Les secteurs à forte consommation d'Eau Industrielle entre 2023 à 2026

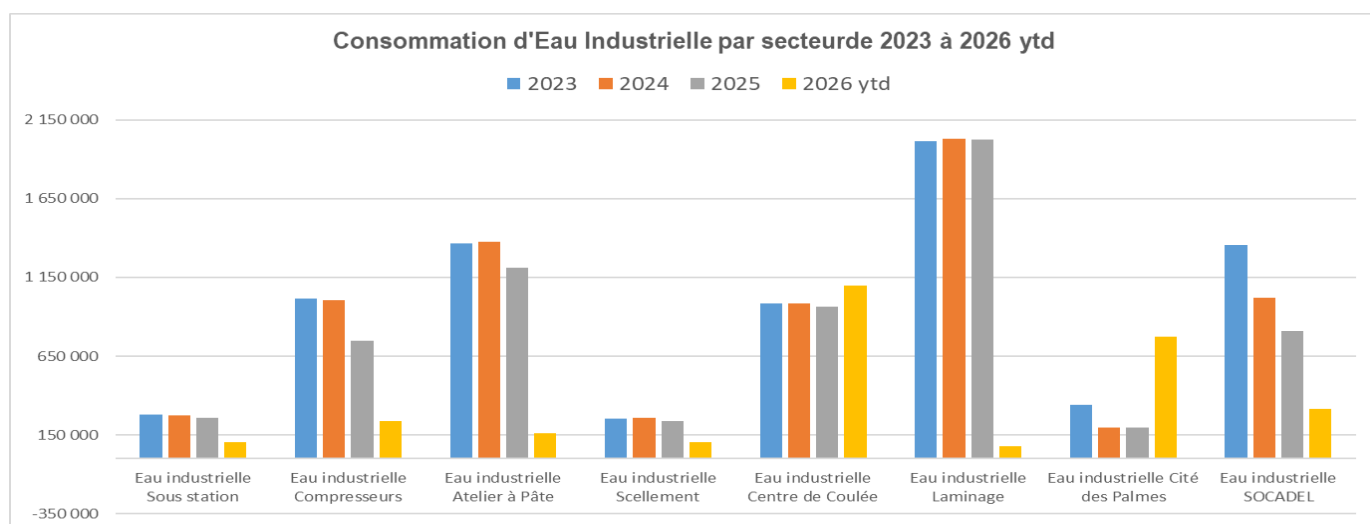


Figure 15 : Consommation d'eau industrielle par secteur

Le Laminage (LAM), l'Atelier à pâte(AAP), le Centre de Coulée(CDC) et les Compresseurs représentent le top 4 des plus gros consommateurs d'EI au sein du site Industriel ALUCAM.

SOCADEL, une tierce entité à la quelle ALUCAM fourni l'EI est donc hors scope.

Le plan stratégique à horizon 2030 adresse prioritairement les projets dans ces secteurs clés.

7.5.10 Les secteurs à forte consommation d'Eau Potable entre 2023 à 2026

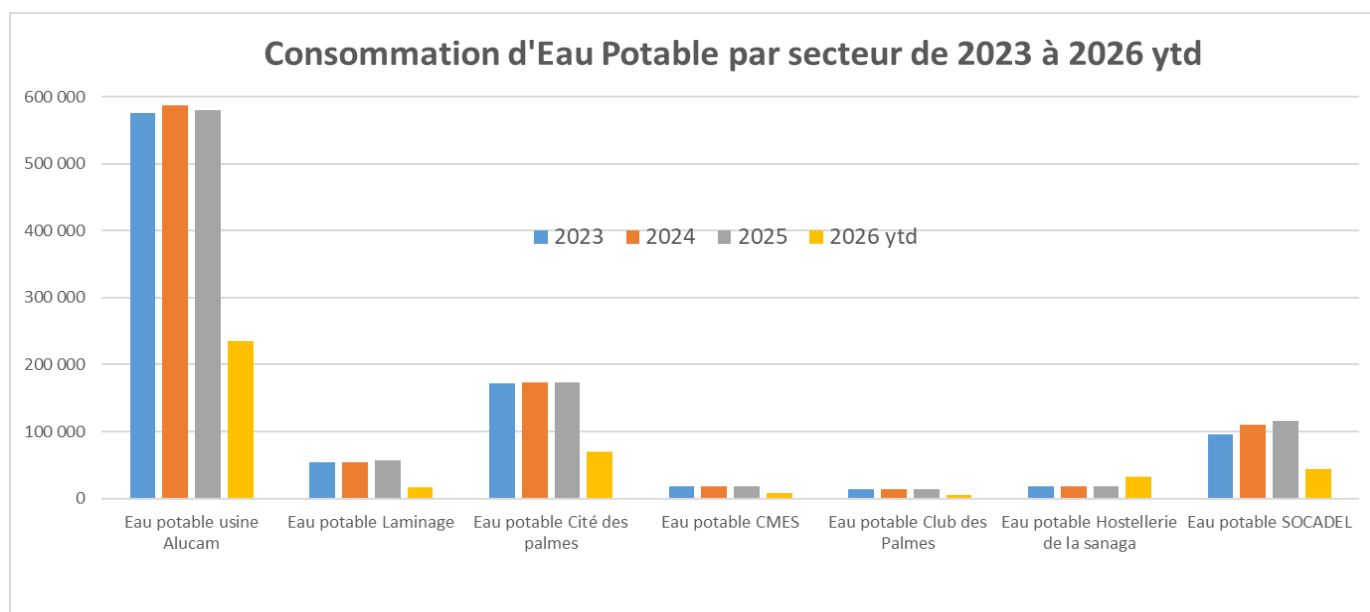


Figure 15 : Consommation d'eau potable par secteur

L'usine ALUCAM, la cité des Palmes et le Laminage représentent le top 3 des plus gros consommateurs d'EP au sein du site Industriel ALUCAM.

SOCADEL, une tierce entité à la quelle ALUCAM fourni l'EP est donc hors scope.

Le plan stratégique à horizon 2030 adresse prioritairement les projets dans ces secteurs clés.

7.5.11 Objectifs 2026, 2027 et horizon 2030

Réalisations 2025	Objectifs 2026	Objectifs 2027	Objectifs 2030
• Monter un programme de formation et émettre des directives sur l'utilisation de l'eau et l'effort de conservation, • Recycler tous les acteurs sur l'utilisation de l'Eau et l'effort de conservation, • Tout le réseau EP et EI : Mettre en place un processus de recherche et traitement rapide des fuites, • Inventorier tous les compteurs d'eau hors service et procéder à la réparation (50% EP, 70% EP) + 03 compteurs EP +02 compteurs EI, • ELD : Acheter 20% des anodes cuites • ELD : Asservir l'eau de refroidissement des anodes avec la marche de l'AAP • CDC : Asservir manuellement l'eau de refroidissement à la production des métiers CCV-C et CCV-D • CDC : Asservir l'eau de refroidissement des lingots avec la coulée à la BROCHOT	• Recycler tous les acteurs sur l'utilisation de l'Eau et l'effort de conservation, • Tout le réseau EP et EI : Mettre en place un processus de recherche et traitement rapide des fuites, • Inventorier les compteurs d'eau hors service et manquants, réparer et installer 50% • ELD : Acheter 10% des anodes cuites. • LAM : Asservir manuellement l'eau de refroidissement à la marche des laminoirs Q1 et Q2, • LAM : Asservir automatique l'eau de refroidissement à la marche des laminoirs Q1 et Q2, • LAM : Remettre en conformité le circuit de refroidissement au Laquage (Eau osmosée et circuit fermé), • Installer 03 compteurs EP + 03 compteurs EI • Mettre en place un processus d'étalonnage et affichage déporté des données.	• Monter un programme de formation et émettre des directives sur l'utilisation de l'eau et l'effort de conservation, • Recycler tous les acteurs sur l'utilisation de l'Eau et l'effort de conservation • Tout le réseau EP et EI : Mettre en place un processus de recherche et traitement rapide des fuites, • Inventorier les compteurs d'eau hors service et installer 50%, • COMPRESSEURS : Mettre en place un système de régulation sur le refroidissement de 30% du parc, • ELD : Acheter 35% des anodes cuites, • ELD : Asservir l'eau de refroidissement des anodes avec la marche de l'AAP, • CDC : Asservir automatiquement l'eau de refroidissement à la production des métiers CCV-C et CCV-D • LAM : Faire un essai de mise en régulation de 3 échangeurs de chaleur : arrosage, lubrification paliers, centrale hydraulique, • LAM : implémenter le projet de refroidissement d'eau en boucle fermée dans les laminoirs. • LAM : Mettre en régulation 40% des échangeurs de chaleur, • Usine : Pour toutes les utilisations domestiques, baisser de 10% le débit d'EP non couplées à l'exploitation, • Cité des Palmes : Baisser de 10% le débit de l'eau industrielle à destination de la cité des Palmes, • Usine : Remplacer 10% de sanitaires par des sanitaires à débit.	• Recycler tous les acteurs sur l'utilisation de l'Eau et l'effort de conservation, • Tout le réseau EP et EI : Mettre en place un processus de recherche et traitement rapide des fuites, • Inventorier tous les compteurs d'eau hors service et procéder à la réparation, • COMPRESSEURS : Mettre en place un système de régulation sur le refroidissement de 100% du parc, • ELD : Acheter 40% des anodes cuites, • ELD : Asservir l'eau de refroidissement des anodes avec la marche de la tranche H, • LAM : Mettre en régulation 100% des échangeurs de chaleur, • LAM : Installer une piscine pour le refroidissement des bandes en ligne, • Cité des Palmes : Baisser de 20% le débit de l'eau industrielle à destination de la cité des Palmes, • USINE : Remplacer 100% de sanitaires par des sanitaires à débit (20%), • Toutes utilisations domestiques : Baisser de 20% le débit d'EP non couplées à l'exploitation.

7.6. Gestion des déchets industriels d'aluminium

7.6.1 Exigences ASI en matière de gestion des déchets industriels d'aluminium

4.3 Aluminium Process Scrap

L'Entité doit:

- Réduire au minimum la production de Déchets Industriels d'Aluminium au sein de ses propres opérations. Et s'ils sont générés, l'Entité doit viser la Collecte, le recyclage et/ou la réutilisation de 100% de ces Déchets.
- Les trier selon les alliages et les classes d'Aluminium pour leur recyclage

7.6.2 Processus de génération des déchets industriel d'aluminium aux ELECTRODE

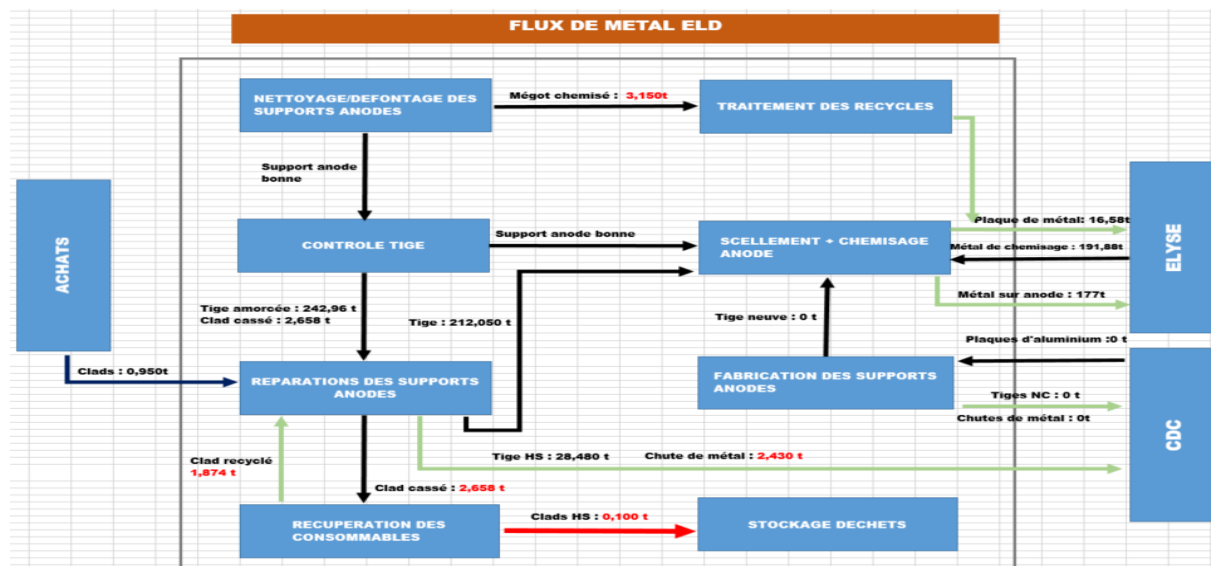


Figure 16 : Cartographie de génération des déchets ELD

7.6.3 Mesures de réduction de production des déchets d'aluminium aux ELECTRODES

- Récupération des chutes de métal chez les prestataires de l'activité de réparation des supports anodes
- Etendre le recyclage de la partie alu du clad (après identification de l'alliage) _Essai de séparation réalisé
- Mettre en place le suivi de la masse des chutes de métal dans les ateliers internes
- Récupérer les chutes de métal alu dans le mont Carbone _Projet Valorisation du mont en cours

7.6.4 Cartographie du processus de génération des déchets industriel d'aluminium à ELECTROLYSE

Bilan 2025 Electrolyse :

- Métal liquide (Produit) =44343t
- Métal solide (Produit) =1223t

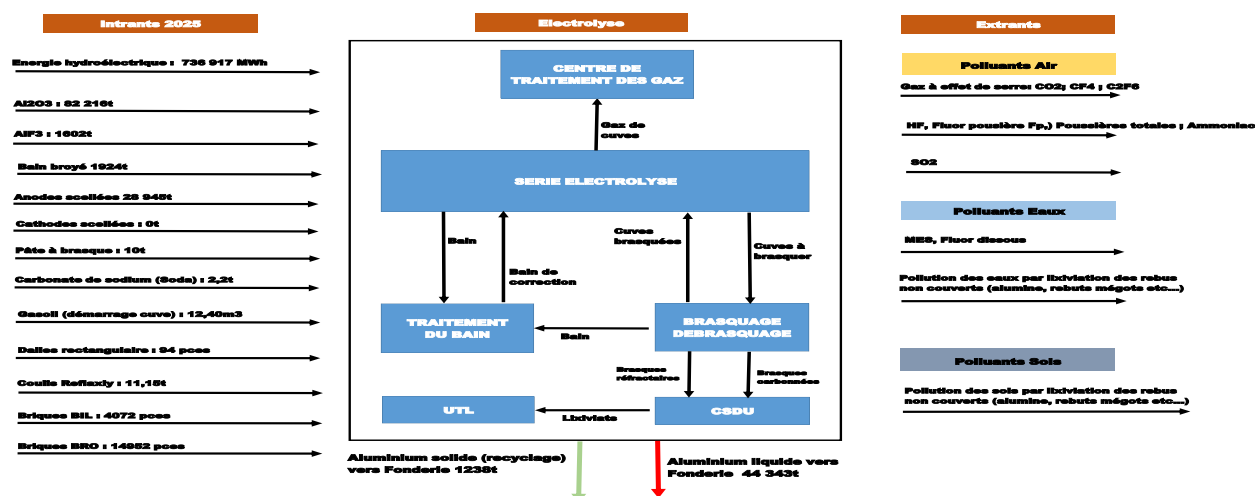


Figure 17 : Flux de processus génération des déchets ELY

7.6.5 Processus de génération des déchets industriel d'aluminium à ELECTROLYSE

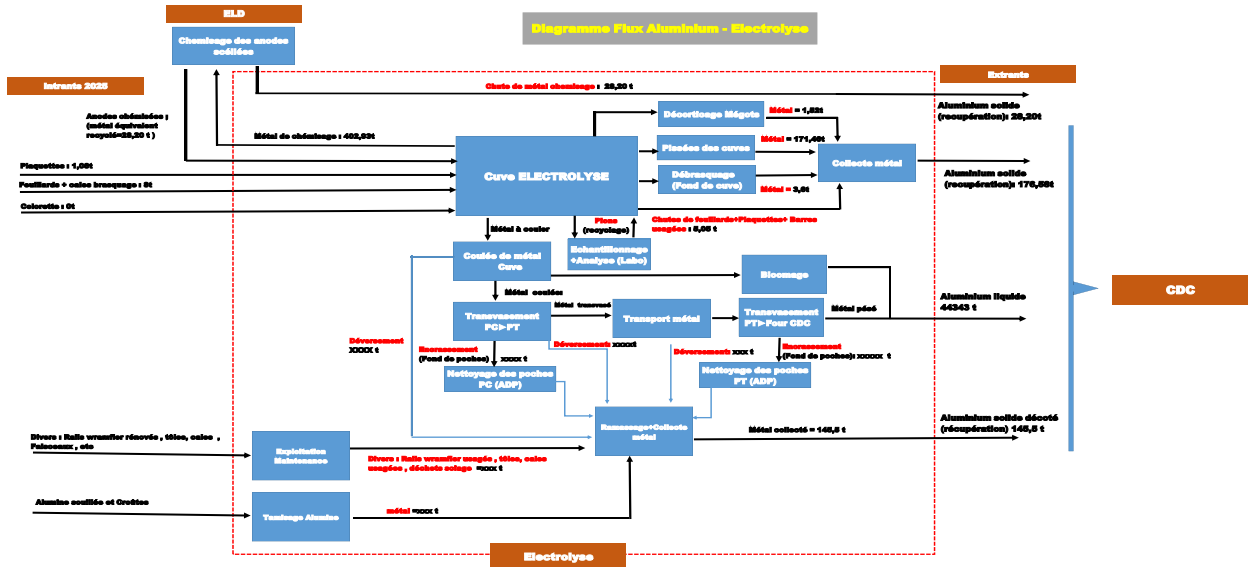


Figure 18 : Flux de processus génération des déchets ELY

7.6.6 Mesures de réduction de production des déchets d'aluminium à l'ELECTROLYSE

Processus	Sources de déchets	Gestions en place	Mesures spécifiques
Décorticage de mégots	Décapage du métal de contact	Collecte et récupération	Sensibilisation sur les bonnes pratiques opérationnelles lors de changement d'anodes ; Sensibilisation des décorcteurs sur la collecte de métal, et la mise en place d'un bac de récupération
Pissées des cuves (barres /caissons)	Déversement de métal au sol	Découpe et collecte	Renforcer le contrôle systématique des cuves sous-surveillances et prioriser les arrêts préventifs des cuves
Débrasquage des cuves	Métal fond des cuves	Brise et collecte du métal	Communication interne sur la récupération systématique du métal de fond des cuves
Echantillonnage du métal	Gestion des pions analysés	Récupération et recyclage dans la cuve	Renforcement sur le recyclage dans les cuves des pions issus du laboratoire
Coulée de métal cuve	Déversement de métal au sol	Ramassage + récupération	Sensibilisation sur le contrôle des tares de poches et le respect de délais d'exploitation des poches
Transvasement de métal PC►PT	Déversement de métal au sol	Ramassage + récupération	Sensibilisation sur le contrôle des tares de poches et le respect de délais d'exploitation des poches
Figéage et enrasement des poches	Refroidissement du métal dans les poches	Recyclage par refusions et piquage	Sensibilisation sur les temps d'attente des poches à la série et au CDC
Nettoyage des poches PC et PT	Chute de métal figée	Collecte et récupération	Renforcer les vidanges systématiques des bennes de métal récupérées et le suivi du métal
Chemisage des anodes	Chute de métal de chemisage	Vidange de la benne après collecte (ELD)	Renforcer les vidanges systématiques des bennes de métal récupéré et le suivi du transfert métal au CDC
Transport du métal liquide	Déversement de métal au sol	Ramassage + récupération	Sensibilisation sur le contrôle des tares de poches, le respect de délais d'exploitation des poches Sensibilisation sur la dextérité en conduite de tracteurs
Exploitation Maintenance	Rails Wampfler, tôles usagés	Collecte et récupération	Sensibilisation sur la valeur économique ajoutée sur la récupération des matériaux d'exploitation usagés aluminisés
Exploitation Brasquage	Cales d'arrêts, feuilards, barres omnibus usagés	Collecte et récupération	Sensibilisation sur la valeur économique ajoutée sur la récupération des matériaux d'exploitation aluminisés usagés

Figure 17 : Tableau des mesures de réduction des déchets ELY

7.6.7 Stratégie long terme de réutilisation des déchets industriel d'aluminium à ELECTROLYSE

Actions réalisées	Responsables
Mise en place d'un responsable de suivi et récupération du métal solide dans la série	Eugène MBOUDI
Mise en place d'une équipe de découpe métal (Brasquage)	Emile KANSE
Mise en place d'un agent Procédé de suivi flux métal (Production ELY→CDC)	Brice SANDONG
Mise en place d'un agent de suivi du métal de chemisage	Brice SANDONG
Instauration des arrêts préventifs des cuves critiques et siphonage du métal	Brice SANDONG
Actions en perspectives	Responsables
Caractérisation du métal solide récupéré pour valorisation optimale au CDC	Brice SANDONG
Explorer l'opportunité de recycler du métal solide dans les cuves	Brice SANDONG
Explorer possibilité d'introduction immédiate dans les cuve du métal issus des déversement de coulées	Brice SANDONG

Figure 18 : Tableau des mesures de réutilisation des déchets ELY

7.6.8 Processus de génération des déchets industriel d'aluminium en FONDERIE

Les gammes Fonderie

- Plaques série 5000
- Plaques série 1000
- Lingots 16 standard
- Lingots 16 haut titre
- Lingots T

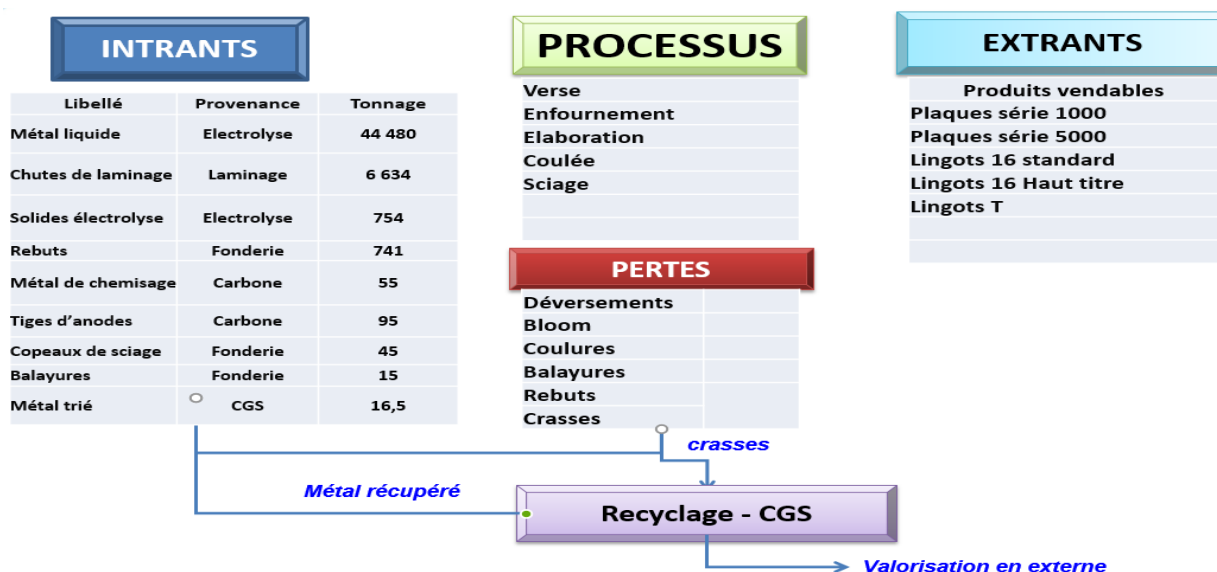


Figure 19 : Flux de processus fabrication FON

7.6.9 Etapes du processus de production en FONDERIE

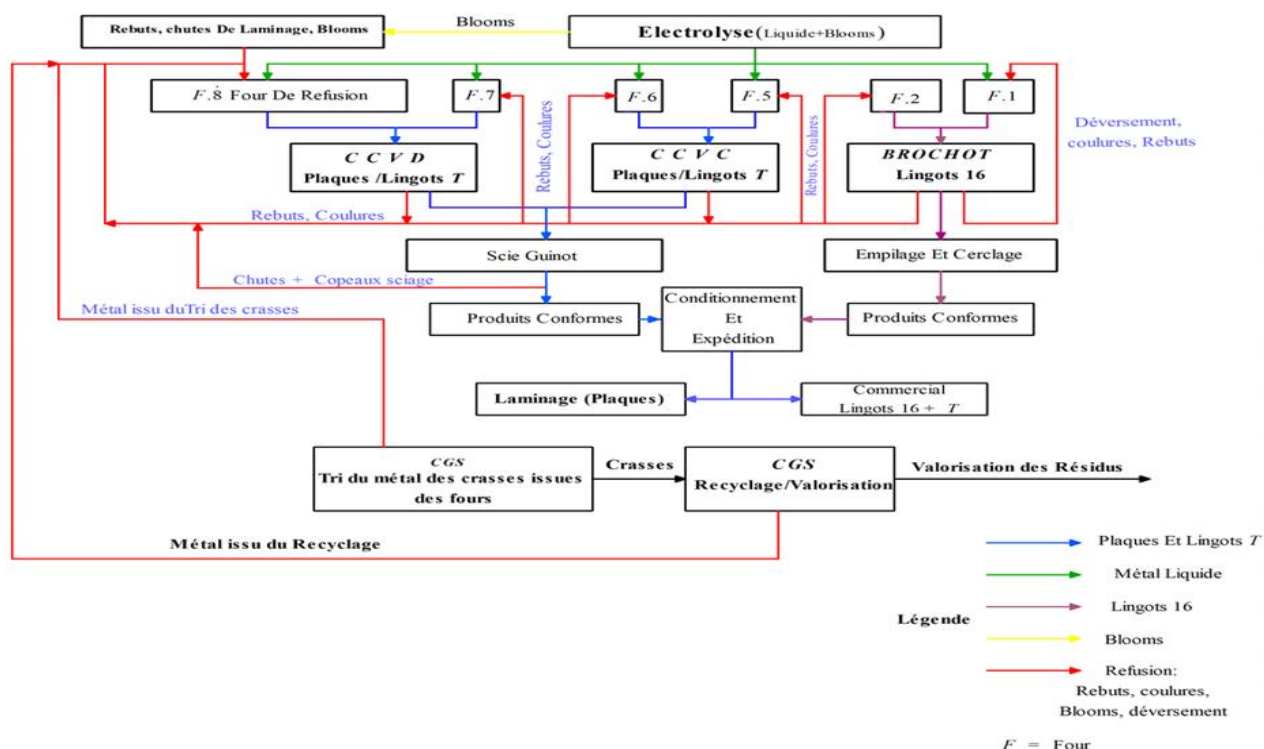


Figure 20 : Processus fabrication FON

7.6.10 Processus de génération des déchets industriel d'aluminium en FONDERIE

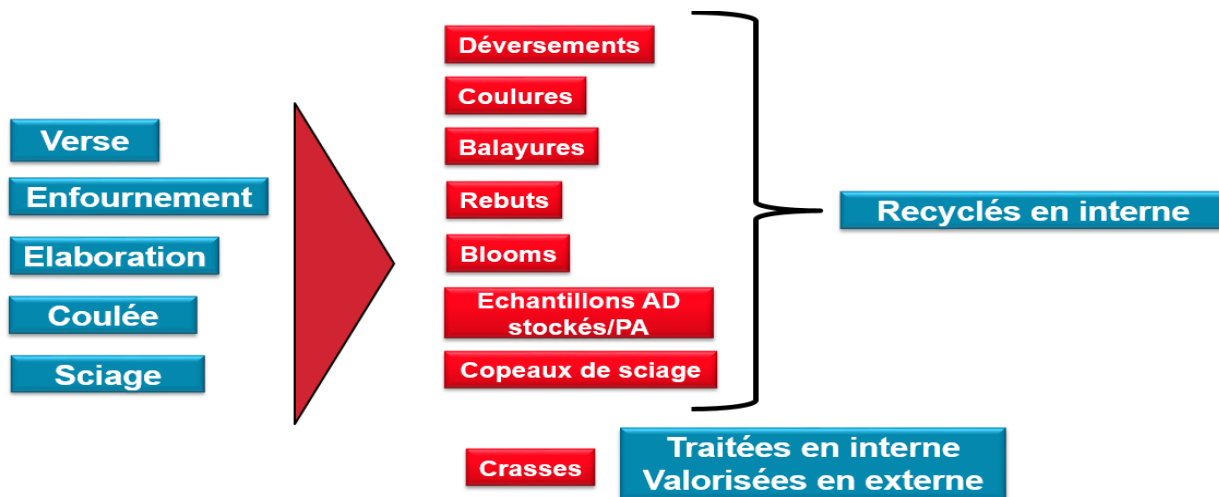


Figure 21 : Processus de génération des déchets FON

7.6.11 Mesures de réduction de production des déchets d'aluminium en FONDERIE

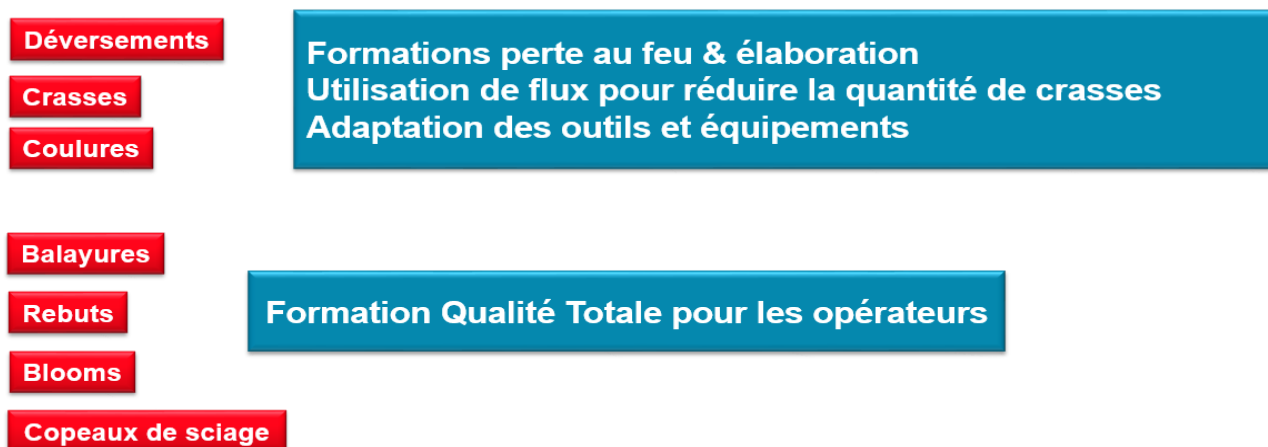


Figure 22 : Mesures de réduction de la génération des déchets FON

7.6.12 Stratégie de recyclage des déchets industriel d'aluminium en FONDERIE

Les déchets livrés en fonderie sont classés par natures et par formes dans des alvéoles distinctes. Cet entreposage permet de cadrer les enfournements pour minimiser les pertes.

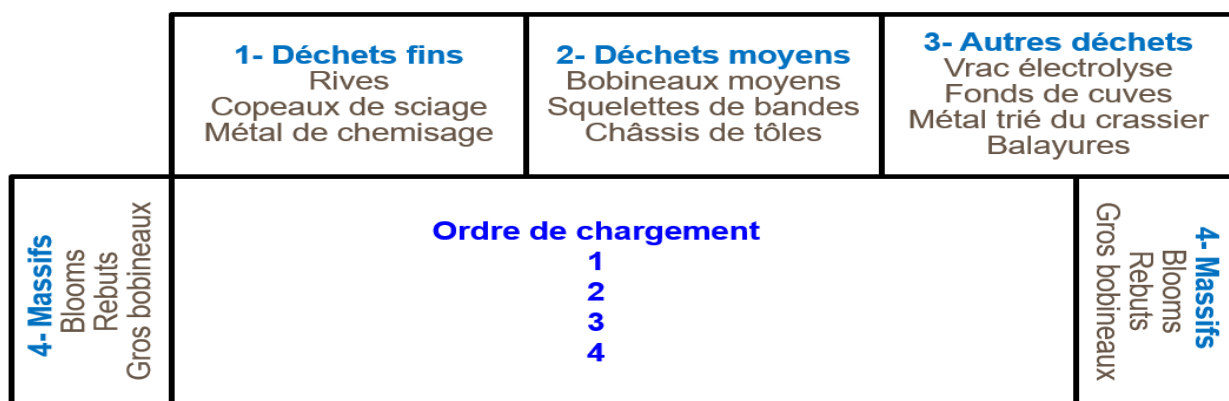


Figure 23 : Stratégies de recyclages des déchets FON

7.6.13 Stratégie long terme de collecte, recyclage et réutilisation des déchets industriel d'aluminium en FONDERIE

Projet: "Récupération de métal et valorisation des résidus"

- Contrat signé avec le prestataire
- Début construction usine en mai 2024
- Lancement essais en Septembre 2025
- Mise en production en Novembre 2025

Projet: "Green-belt sur la réduction de la perte au feu" –

- Fin prévue en Décembre 2024

Projet: Installation d'une compacteuse de déchets d'aluminium

- Fin prévue en Décembre 2026

7.6.14 Etapes du processus de production LAMINAGE

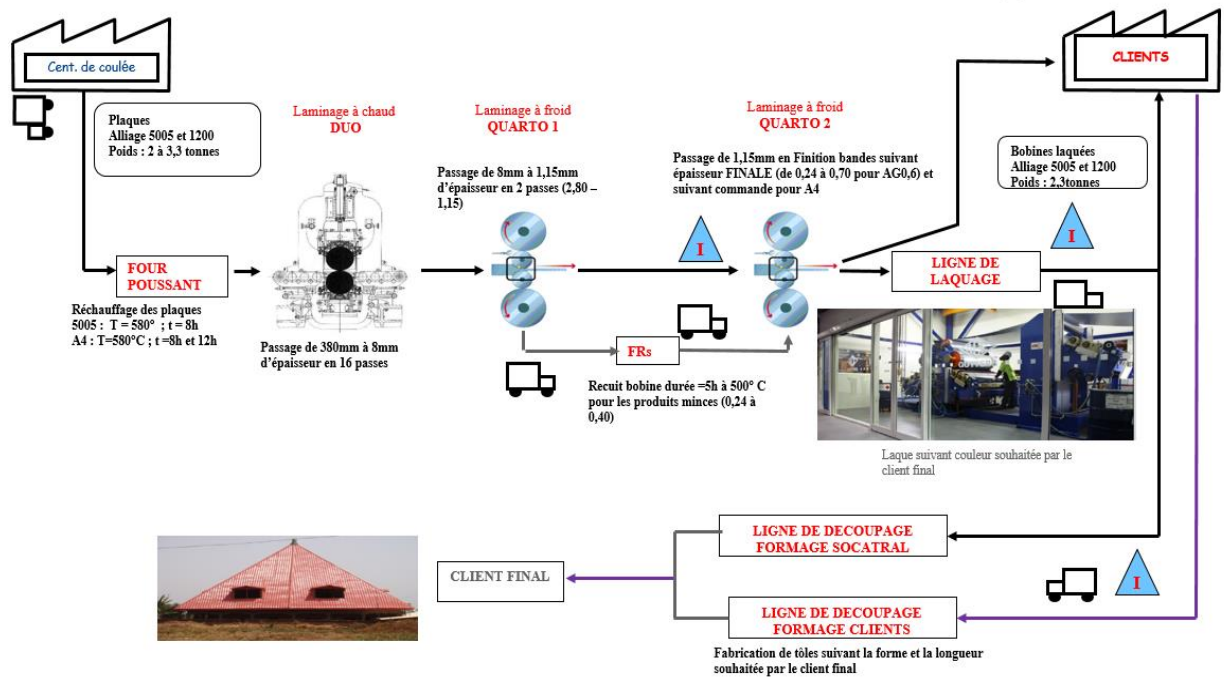


Figure 24 : Etapes du processus de fabrication LAM

7.6.15 Processus de génération des déchets industriel d'aluminium au LAMINAGE

Etape 1: Réchauffage (Four Poussant)

- Zéro déchets/chutes d'aluminium générés

Etape 2: Laminage à chaud (DUO)

- Déchets/chutes d'aluminium générés lors d'éboutage sous forme de queue collectées dans une benne
- Déchets/chutes d'aluminium générés sous forme de bandes loupées découpées en morceaux pour la fonderie

Etape 3: Laminage à froid (QUARTO 1)

- Déchets/chutes d'aluminium générés lors de mise en largeur sous forme de rives collectés dans une benne
- Déchets/chutes d'aluminium générés sous forme de bobineaux lors des nettoyages des fins de bandes collectés dans une benne

Etape 4: Laminage à froid (QUARTO 2)

- Déchets/chutes d'aluminium générés sous forme de bobineaux et tôle planes lors des nettoyages du début et fin de bandes collectés dans une benne et un châssis

Etape 5: Laquage (LIGNE DE LAQUAGE)

- Déchets/chutes d'aluminium générés sous forme de bobineaux et tôle planes lors des nettoyages du début et fin de bandes collectés dans une benne

Etape 6: Parachèvement (LIGNE DE FORMAGE, GRAVURE ET DEBITAGE)

- Déchets/chutes d'aluminium générés sous forme de bobineaux et tôle planes lors des nettoyages du début et fin de bandes collectés dans une benne et un châssis

7.6.16 Historique de génération des déchets industriel d'aluminium au LAMINAGE 2023 à 2026

	2 023	2 024	2 025	2 026
Janvier	651 518	383 110	563 337	223 005
Février	738 730	599 388	507 826	386 234
Mars	718 000	602 945	551 647	518 561
Avril	588 730	501 298	758 809	383 042
Mai	448 992	528 161	959 869	338 746
Juin	649 330	439 123	704 056	384 446
Juillet	619 510	588 544	594 876	
Août	651 518	572 514	483 173	
Septembre	177 400	107 386	121 663	
Octobre	805 690	346 144	398 687	
Novembre	599 152	499 883	459 107	
Décembre	797 308	483 259	531 546	
Total (kG)	7 445 878	5 651 755	6 634 596	2 234 034

Figure 25 : Historique de génération des déchets LAM

7.6.17 Mesures de réduction de production des déchets d'aluminium au LAMINAGE

Etape 1:

- Requalification des joints de soupape au niveau des pots qui a permis de diminuer le nombre de bandes loupées en ligne

Etape 2:

- Révision générale de la jauge par l'expert de HONEYWELL
- Réglage de l'enveloppeur du QUARTO 1

Etape 3:

- Révision générale de la jauge par l'expert de HONEYWELL
- Remplacement bras de chariot sortie QUARTO 2 qui jetaient les bobines dans la fosse en les endommageant

Etape 4:

- Remettre en état de bon fonctionnement les deux dérouleuses de la Ligne de Laquage
- Remplacer tous les rouleaux découpés sur la ligne
- Refixer les barrières physiques de sécurité au tour de la ligne de Ligne de Laquage

Etape 5 et 6:

- Achat de nouvelles lignes d'une de Gravure et une de Découpage

7.6.18 Stratégie long terme de réutilisation des déchets industriel d'aluminium au LAMINAGE

- Fiabiliser la solution de récupération des rives en big-bags
- Mettre en place des botteleuses pour améliorer le conditionnement de la partie de métal issue du cisailage des rives sur les Quartos
- Récupérer les chutes de fabrication en aluminium auprès des clients Onduleurs
- Projet Green Belt en cours sur la réduction de la mise en œuvre (réduction génération chutes)

7.6.19 Déploiement de la stratégie de gestion des déchets industriels d'aluminium

Processus	N°	Libellé de l'action	S1-2024	S2-2024	S1-2025	S2-2025	S1-2026	S2-2026	S1-2027	S2-2027
ELECTRODES	1	Sensibiliser les employés et les prestataires sur les déchets d'aluminium et leur valeur économique								
	3	Faire le bilan métal de la fabrication des nouvelles tiges et assurer le minimum de perte (métal reçu du CDC et chutes renvoyées au CDC après sciage et usinage)								
	4	Lancer le recyclage de la partitue ALU du clad								
ELECTROLYSE	5	Valoriser les résidus (crasses) de l'Atelier des Poches dans les cuves d'Electrolyse								
	7	Procéder au recyclage des pépites de métal solides issues des opérations dans les cuves								
CENTRE DE COULEE	8	Récupérer le métal par la valorisation des résidus								
	9	Mener le projet Green-Belt sur la réduction de la perte au feu								
	10	Installer une compacteuse de déchets d'aluminium								
LAMINAGE	11	Fiabiliser la solution de récupération des rives en big-bag								
	13	Récupérer les chutes de fabrication en aluminium auprès des clients onduleurs								

Figure 26 : Déploiement de la stratégie de gestion des déchets d'aluminium ALUCAM

7.7. Gestion des déchets

7.7.1 Exigences ASI en matière de stratégie des déchets

6.5 Gestion des Déchets et leurs Déclarations :

L'Entité doit:

- Quantifier et rendre publiques annuellement les quantités des Déchets Dangereux et Non Dangereux générés par l'Entité provenant de ses activités et, si possible, des activités situées dans sa Zone d'Influence, et également les méthodes d'élimination des Déchets y afférentes.
- Évaluer les impacts Importants des Déchets du point (a) sur le bien-être de l'homme et sur l'environnement.
- Mettre en œuvre une stratégie sur la gestion des Déchets élaborée selon la Hiérarchie des Mesures d'Atténuation des Déchets.

7.7.2 Historique de production des déchets

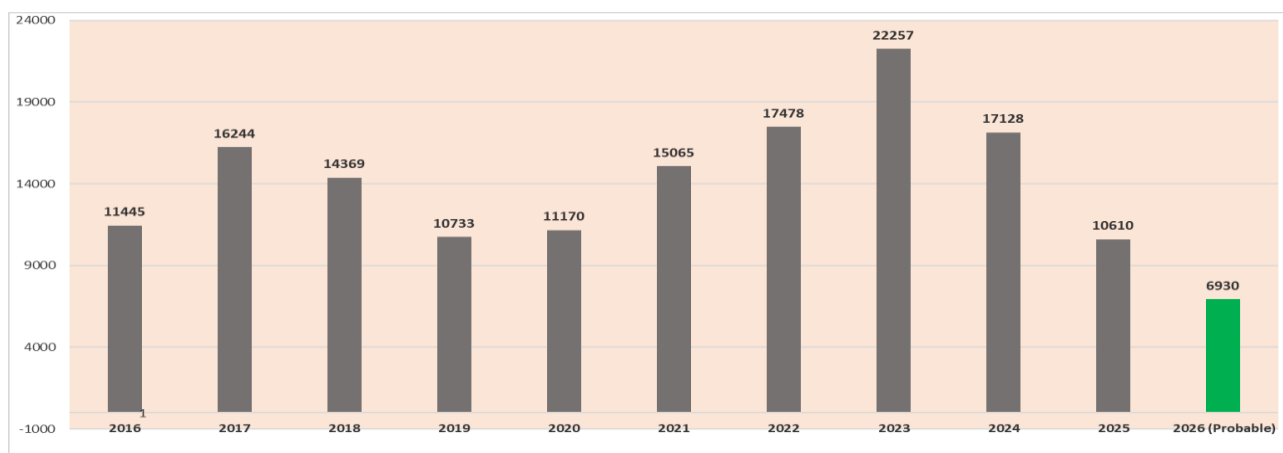


Figure36 : Historique de production des déchets sur 10 ans

Quelques évènements marquants permettent d'expliquer les variations observées entre 2016 et 2025:

- La saturation du Centre de Stockage des Déchets Ultimes (CSDU) entraînant l'arrêt des transferts des déchets jusqu'en 2022.
- Les pics observés entre 2022 et 2023 correspondent à relance des transferts liée à l'aménagement d'une nouvelle alvéole en 2022.
- Pendant cette période nous avons également connu une forte dégradation des bâches de couverture avec pour conséquence un accroissement significatif du lixiviat généré.
- Des initiatives majeures de valorisation des déchets sont lancées à l'exemple :
 - Des crasses issues de Centre de Coulée,
 - Les briques usagées du Four à Cuire.

7.7.3 Les déchets par type entre 2024-2026

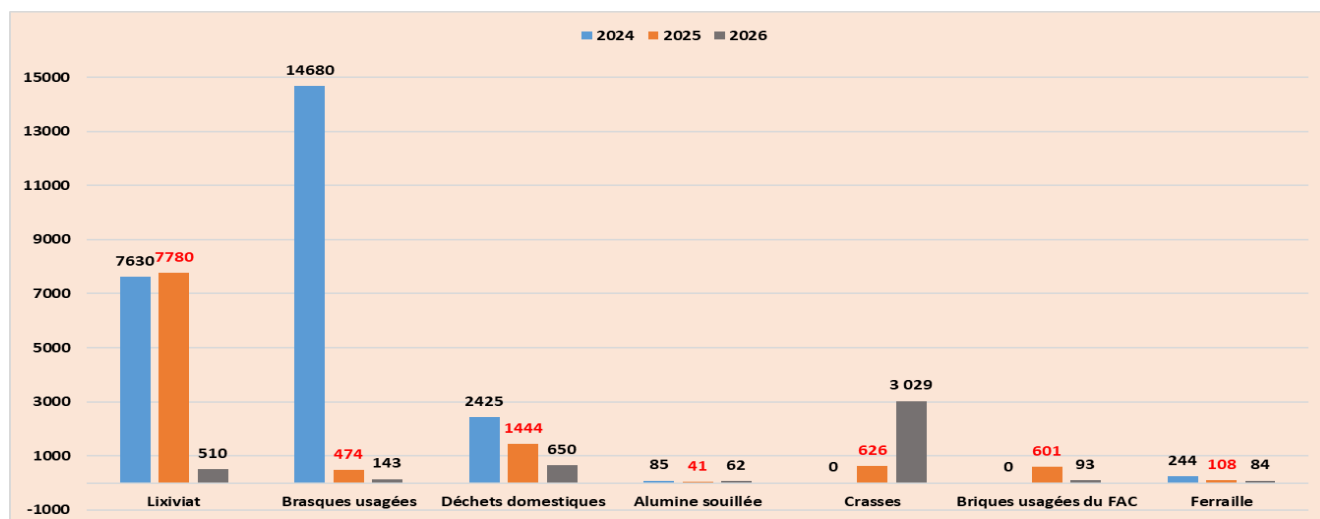


Figure 37: Evolution des types de déchets entre 2024 et 2026

Entre 2024 et 2026, les brasques et le lixiviat généré représentent près de 70% de la quantité totale des déchets générés dans le site, nos actions et projets majeurs ciblent principalement ces déchets :

- La réduction de la production du lixiviat,
- La valorisation de 100% des crasses en interne,
- La valorisation des briques réfractaires usagées du Four à Cuire (FAC),
- La valorisation par compostage des déchets verts et domestiques,
- L'optimisation de la gestion du périmètre arrière ELY pour éviter les mélanges de rebuts,
- Le renforcement du support service ELD permettant de supprimer les crises de charbonnaille et l'achat des anodes,
- La valorisation à 100% des déchets plastiques, papiers et cartons,
- Un projet de rupture sur la valorisation des brasques actuellement enfouies au CSDU.

7.7.4 Historique de recyclage des déchets

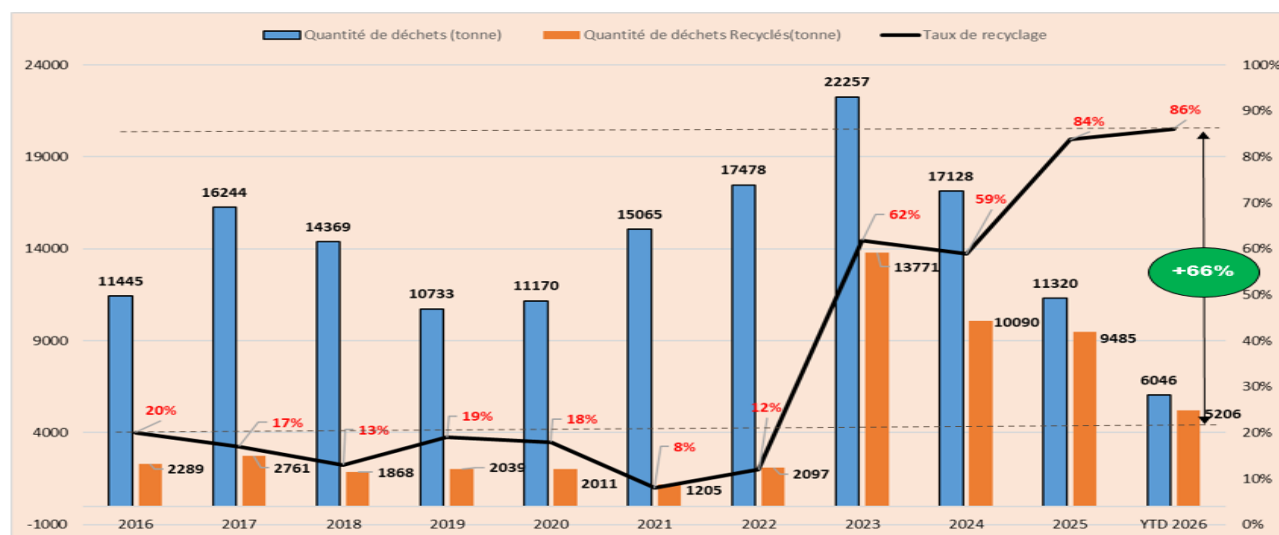


Figure 38: Historique de recyclage sur 10 ans

Entre 2016 à 2026, nous avons amélioré notre taux de recyclage des déchets de 66%, cette performance est due à l'activation des leviers ci-dessous de notre stratégie.

Les actions et projets réalisés :

- Un atelier Kaizen sur la réduction de la production du lixiviat,
- Un Atelier de valorisation interne des crasses par une entreprise extérieure (cible: 100% de crasses valorisées),
- Un cadrage associé à une campagne de sensibilisation sur la valorisation des briques réfractaires usagées du Four à Cuire (FAC),
- Un atelier Kaizen sur la gestion du périmètre arrière ELY pour éviter les mélanges de rebuts,
- Un atelier Kaizen sur la valorisation par compostage des déchets verts et domestiques,

- Le renforcement du support service ELD permettant de supprimer les crises de charbonnaille et l'achat des anodes.

7.7.5 Actions et projets en cours et à réaliser

En 2026 les actions et projets à réaliser sont listés ci-dessous :

- Acquisition et Installation de nouvelles bâches permettant d'améliorer la couverture au CSDU,
- Réhabilitation partielle du CSDU,
- Valorisation des plastiques, papiers et cartons,
- Valorisation des déchets verts et domestiques en engrais par conspostage,
- Valorisation des brasques générées grâce à un projet de rupture,
- Optimisation des emballages bois en privilégiant les traverses aux palettes (Ex. Achat des anodes).

7.7.6 Objectifs 2027, 2028 et horizon 2030

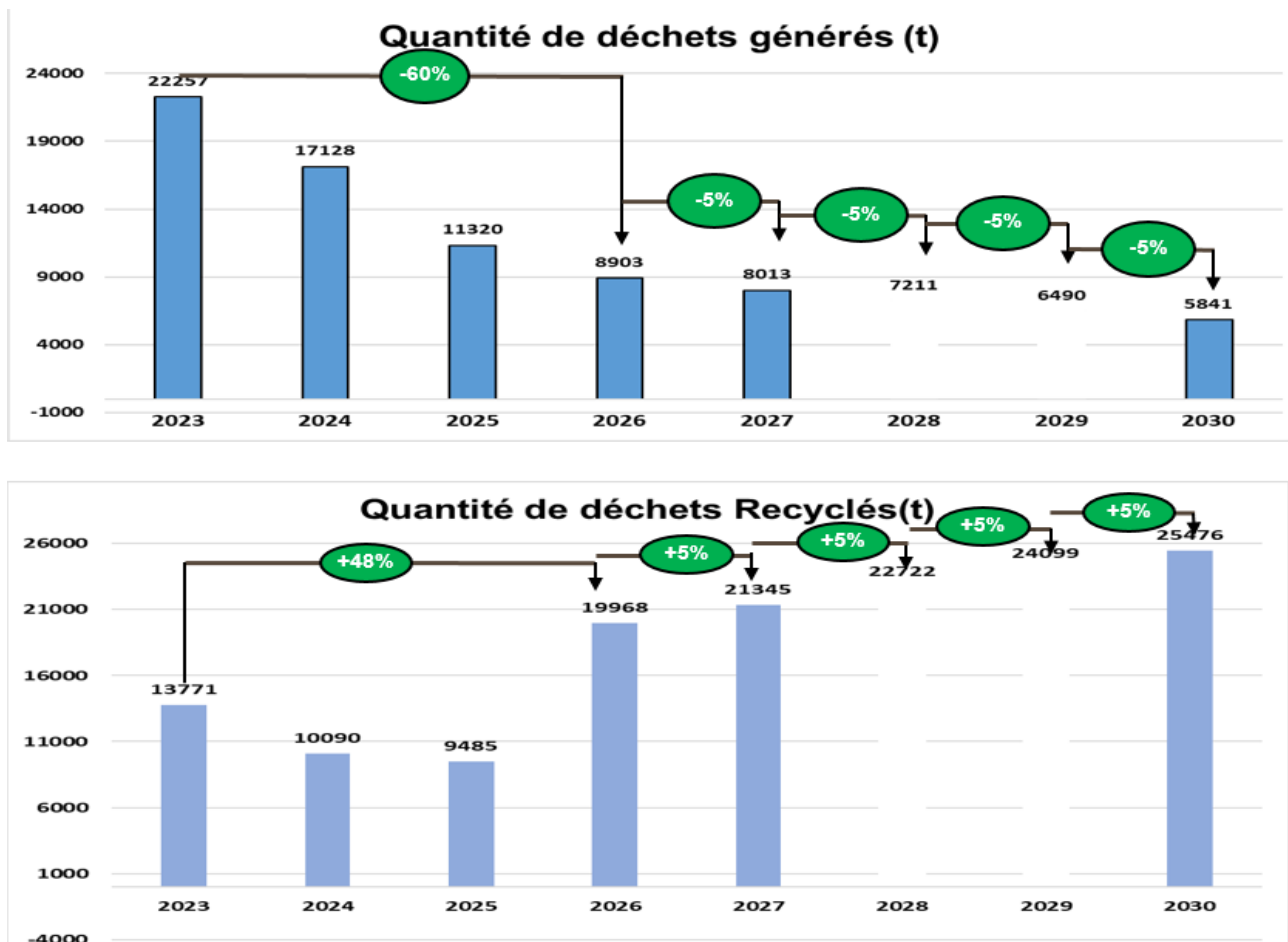


Figure 39: Objectifs 2027, 2028 et horizon 2030

Les actions et projets réalisés et à réaliser permettant de supporter cette stratégie :

- Un atelier Kaizen sur la réduction de la production du lixiviat,

- Un Atelier de valorisation interne des crasses par une entreprise extérieure (cible: 100% de crasses valorisées),
- Un cadrage associé à une campagne de sensibilisation sur la valorisation des briques réfractaires usagées du Four à Cuire (FAC),
- Un atelier Kaizen sur la gestion du périmètre arrière ELY pour éviter les mélanges de rebuts,
- Un atelier Kaizen sur la valorisation par compostage des déchets verts et domestiques,
- Le renforcement du support service ELD permettant de supprimer les crises de charbonnaille et l'achat des anodes,
- Acquisition et Installation de nouvelles bâches permettant d'améliorer la couverture au CSDU,
- Réhabilitation partielle du CSDU,
- Valorisation des plastiques, papiers et cartons,
- Compostage des déchets verts et domestiques,
- Valorisation des brasques générées grâce à un projet de rupture,
- Optimisation des emballages bois en privilégiant les traverses aux palettes (Ex. Achat des anodes).

7.7.7 Entreposage

Les règles sont clairement définies pour l'entreposage, la manutention, le traitement et l'élimination des déchets afin d'éviter toute pollution de l'environnement :

- Les déchets minéraux et non minéraux générés dans le site sont triés à la source et stockés dans les bennes dédiées,
- Toutes les bennes de déchets minéraux et non minéraux sont couvertes,
- La cartographie des bennes de déchets indique les lieux de stockage des différentes bennes sur l'ensemble du périmètre géré « HSE FRM 44 303 »
- Lorsque cela est nécessaire, exemple des travaux de démolition, des bennes de proximité sont mis en place pour assurer une gestion appropriée des déchets générés.
- Le transport des déchets vers le CSDU se fait à l'aide de bennes bâchées.
- Le transport du lixiviat du CSDU vers l'unité de traitement du lixiviat (UTL) se fait avec des réservoirs spécifiquement conçus pour éviter tout déversement en cours de transport.
- Le Centre de tri localisé au CSDU sert au stockage transitoire des brasques avant l'entreposage dans les alvéoles du CSDU.
- Le Centre de tri est inspecté (état de la toiture, murs, sol, ...)
- En cas d'anomalie constatée lors de l'inspection, l'équipe en charge de la gestion des déchets rédige un avis de maintenance afin d'effectuer les réparations nécessaires.

7.7.8 Transport, traitement et élimination

Les exigences minimales ALUCAM en matière de transport, traitement et élimination des déchets minéraux et non minéraux sont listées ci-dessous :

- Toutes les bennes transportant les déchets minéraux et non minéraux sont étanches et couvertes,
- Les incidents impactant l'environnement sont rapportés immédiatement au service HSEQ et traités conformément à la procédure y relative,

- La procédure « HSE PRO 46 301 Gestion des déchets banals, ultimes et spéciaux » précise les dispositions garantissant la traçabilité de l'enlèvement, le transport et traitement des déchets minéraux et non minéraux,
- Après l'élimination des déchets par un prestataire agréé, un bordereau attestant la destruction des déchets est envoyé à ALUCAM avant tout paiement de la prestation,
- Les contrats mis en place pour traitements des déchets précisent toutes les dispositions prises pour minimiser les impacts environnementaux liés à la gestion des déchets.

7.7.9 CSDU



Figure 40: phase de construction d'un casier au CSDU

En pleine capacité, ALUCAM génère environ 3600t de déchets ultimes par an.

Ainsi, soucieuse du respect de l'environnement, ALUCAM a investi dans la construction d'un centre de stockage (CSDU) conçu et exploité selon des critères inspirés de la réglementation nationale et internationale dans ce domaine.

Le site est situé à 11 km du site industriel ALUCAM sur le côté est de la route Édéa-Douala. Mis en service en 2004, le CSDU est considéré comme un modèle de meilleure pratique en Afrique sub-saharienne.

7.7.10 Réhabilitation de l'ancienne décharge en 2010



Figure 41: Une vue de l'ancienne décharge réhabilitée

A l'issue des phases administratives et techniques ci-après :

- En 2004; Etudes de conception réalisées par INGEOS validées par ALUCAM,
- Mai 2005 ; Définition des objectifs– Etude de faisabilité de la réhabilitation,
- Juillet 2007 ; Validation de l'Avant-Projet Sommaire par ALUCAM,
- Novembre 2008 ; Attestation de conformité de l'audit environnemental définissant le projet de réhabilitation par le Ministère de l'Environnement du Cameroun.

Entre 2008 et 2010, l'entreprise BENEDETTI finalise les travaux de réhabilitation de l'ancienne décharge.

7.8. Synthèse des impacts environnementaux et mesures d'atténuation

Source(s) d'impact	Activité en concernée	Composante environnementale affectée	Description de l'impact	Mesure d'atténuation
<i>Rejet atmosphérique de SO₂ et de HF</i>	Brasquage des cuves	Faune et santé	Le dioxyde de soufre est susceptible d'altérer la croissance des végétaux et perturber les écosystèmes. Le dioxyde de soufre participe au phénomène des pluies acides, particulièrement nocives pour la biodiversité	Rechercher des Matières premières à bas soufre, à l'exemple du coke
<i>Rejet atmosphérique de SO₂ et de HF</i>	Démarrage des cuves	Faune et santé	Le dioxyde de soufre est susceptible d'altérer la croissance des végétaux et perturber les écosystèmes. Le dioxyde de soufre participe au phénomène des pluies acides, particulièrement nocives pour la biodiversité	Rechercher des Matières premières à bas soufre, à l'exemple du coke
<i>Rejet atmosphérique de SO₂ et de HF</i>	production du métal liquide	Faune et santé	Le dioxyde de soufre est susceptible d'altérer la croissance des végétaux et perturber les écosystèmes. Le dioxyde de soufre participe au phénomène des pluies acides, particulièrement nocives pour la biodiversité	Rechercher des Matières premières à bas soufre, à l'exemple du coke. Excellence opérationnelle: améliorer la qualité de couverture, en augmentant la fréquence des audits couverture cuves (visé: 98% de conformité)
<i>Rejet atmosphérique de SO₂ et de HF</i>	Captation des gaz	Santé et Végétation	Le dioxyde de soufre est susceptible d'altérer la croissance des végétaux et perturber les écosystèmes. Le dioxyde de soufre participe au phénomène des pluies acides, particulièrement nocives pour la biodiversité	Rechercher des Matières premières à bas soufre, à l'exemple du coke. Excellence opérationnelle: améliorer la qualité de couverture, en augmentant la fréquence des audits couverture cuves (visé: 98% de conformité)
<i>Rejet atmosphérique de SO₂ et de HF</i>	Broyage du bain	Végétation	Le dioxyde de soufre est susceptible d'altérer la croissance des végétaux et perturber les écosystèmes. Le dioxyde de soufre participe au phénomène des pluies acides, particulièrement nocives pour la biodiversité	Rechercher des Matières premières à bas soufre, à l'exemple du coke. Excellence opérationnelle: améliorer la qualité de couverture, en augmentant la fréquence des audits couverture cuves (visé: 98% de conformité)
<i>Rejet atmosphérique de SO₂ et de HF</i>	Nettoyage et réparation des poches de coulée	Santé	Le dioxyde de soufre est susceptible d'altérer la croissance des végétaux et perturber les écosystèmes. Le dioxyde de soufre participe au phénomène des pluies acides, particulièrement nocives pour la biodiversité	Rechercher des Matières premières à bas soufre, à l'exemple du coke. Excellence opérationnelle: améliorer la qualité de couverture, en augmentant la fréquence des audits couverture cuves (visé: 98% de conformité)
<i>Émission de gaz à effet de serre : CF₄, C₂F₆, CO et CO₂</i>	production du métal liquide	Climat	Appauvrissement de la couche d'ozone et potentiel de réchauffement climatique	Implémentation du projet Metsol. Suite mise en œuvre du plan d'actions post-laïzen sur les SEA
<i>Émission de gaz à effet de serre : CF₄, C₂F₆, CO et CO₂</i>	Brasquage des cuves	Climat	Appauvrissement de la couche d'ozone et potentiel de réchauffement climatique	Implémentation du projet Metsol. Suite mise en œuvre du plan d'actions post-laïzen sur les SEA
<i>Émission de gaz à effet de serre : CF₄, C₂F₆, CO et CO₂</i>	Captation des gaz	Climat	Appauvrissement de la couche d'ozone et potentiel de réchauffement climatique	Implémentation du projet Metsol. Suite mise en œuvre du plan d'actions post-laïzen sur les SEA
<i>Émission de gaz à effet de serre : CF₄, C₂F₆, CO et CO₂</i>	Broyage du bain	Climat	Appauvrissement de la couche d'ozone et potentiel de réchauffement climatique	Implémentation du projet Metsol. Suite mise en œuvre du plan d'actions post-laïzen sur les SEA
Source(s) d'impact	Activité en concernée	Composante environnementale affectée	Description de l'impact	Mesure d'atténuation
<i>Émission de HAP, de goudrons et de composés organiques volatils (COV)</i>	Brasquage des cuves	Santé	Les HAP sont classés comme cancérigènes chez l'humain, leur association avec le cancer du poulmon et le cancer de la vessie ayant été démontrée. Les composés organiques volatils (COV) ont des effets très néfastes sur la santé (irritations des yeux, des muqueuses des voies respiratoires, troubles cardiaques et du système nerveux, céphalées, nausées...) et certains COV sont cancérigènes (benzène...) d'autres toxiques pour la reproduction ou mutagènes, les personnes les plus vulnérables et les sensibles (enfants, personnes âgées, asthmatiques, bronchites)	Renforcement de la surveillance des émissions atmosphériques liées à l'exploitation de l'usine : suivi de la fréquence des maladies respiratoires et des maladies de la peau Application rigoureuse du standard HAP au service Electrodes (standard lavage et utilisation des EPI et utilisation de la crème delta P
<i>Émission de HAP, de goudrons et de composés organiques volatils (COV)</i>	Fabrication des anodes crues	Santé	Les HAP sont classés comme cancérigènes chez l'humain, leur association avec le cancer du poulmon et le cancer de la vessie ayant été démontrée. Les composés organiques volatils (COV) ont des effets très néfastes sur la santé (irritations des yeux, des muqueuses des voies respiratoires, troubles cardiaques et du système nerveux, céphalées, nausées...) et certains COV sont cancérigènes (benzène...) d'autres toxiques pour la reproduction ou mutagènes, les personnes les plus vulnérables et les sensibles (enfants, personnes âgées, asthmatiques, bronchites)	Renforcement de la surveillance des émissions atmosphériques liées à l'exploitation de l'usine : suivi de la fréquence des maladies respiratoires et des maladies de la peau Application rigoureuse du standard HAP au service Electrodes (standard lavage et utilisation des EPI et utilisation de la crème delta P
<i>Émission de HAP, de goudrons et de composés organiques volatils (COV)</i>	Fusion des anodes	Santé	Les HAP sont classés comme cancérigènes chez l'humain, leur association avec le cancer du poulmon et le cancer de la vessie ayant été démontrée. Les composés organiques volatils (COV) ont des effets très néfastes sur la santé (irritations des yeux, des muqueuses des voies respiratoires, troubles cardiaques et du système nerveux, céphalées, nausées...) et certains COV sont cancérigènes (benzène...) d'autres toxiques pour la reproduction ou mutagènes, les personnes les plus vulnérables et les sensibles (enfants, personnes âgées, asthmatiques, bronchites)	Renforcement de la surveillance des émissions atmosphériques liées à l'exploitation de l'usine : suivi de la fréquence des maladies respiratoires et des maladies de la peau Application rigoureuse du standard HAP au service Electrodes (standard lavage et utilisation des EPI et utilisation de la crème delta P
<i>Emission de poussières</i>	Exploitation des installations portuaires de Douala	Eau de surface et Sols	Voir les impacts sur la végétation, la faune et la santé humaine Nuisance des populations en face des installations portuaires de Douala et le long de l'axe routier entre l'usine et la décharge Contamination des sols et de l'eau de surface pouvant avoir une incidence sur les milieux biologique et humain	Poursuite des efforts pour accroître la propreté et le rangement dans les ateliers du site industriel ALUCAM Optimiser l'étanchéité des bâtiments de stockage des matières premières à Douala Optimiser le bûchage des camions transportant les matières premières volatiles et les déchets Installation d'une station de suivi de la qualité de l'air ambiant mesurant les concentrations de particules en suspension totale et de particules respirables (PM10)
<i>Emission de poussières</i>	Maintenance, stockage et transport des matières premières à Eda	Eau de surface et Sols	Voir les impacts sur la végétation, la faune et la santé humaine Nuisance des populations le long de l'axe routier entre l'usine et la décharge Contamination des sols et de l'eau de surface pouvant avoir une incidence sur les milieux biologique et humain	Optimiser l'étanchéité des bâtiments de stockage des matières premières à Douala Optimiser le bûchage des camions transportant les matières premières volatiles et les déchets Installation d'une station de suivi de la qualité de l'air ambiant mesurant les concentrations de particules en suspension totale et de particules respirables (PM10)
<i>Emission de poussières</i>	Maintenance et transport des déchets	Eau de surface et Sols	Voir les impacts sur la végétation, la faune et la santé humaine Nuisance des populations le long de l'axe routier entre l'usine et la décharge Contamination des sols et de l'eau de surface pouvant avoir une incidence sur les milieux biologique et humain	Optimiser l'étanchéité des bâtiments de stockage des matières premières à Douala Optimiser le bûchage des camions transportant les matières premières volatiles et les déchets Installation d'une station de suivi de la qualité de l'air ambiant mesurant les concentrations de particules en suspension totale et de particules respirables (PM10)
<i>Emission de poussières</i>	Exploitation des installations de l'usine	Eau de surface et Sols	Voir les impacts sur la végétation, la faune et la santé humaine Nuisance des employés du site industriel Contamination des sols et de l'eau de surface pouvant avoir une incidence sur les milieux biologique et humain	Optimiser l'étanchéité des bâtiments de stockage des matières premières dans le site industriel ALUCAM Optimiser le bûchage des camions transportant les matières premières volatiles et les déchets Optimisation l'étanchéité des système de captation des gaz et poussières Port des EPI adaptés à chaque secteur et type de poussières Installation d'une station de suivi de la qualité de l'air ambiant mesurant les concentrations de particules en suspension totale et de particules respirables (PM10)

Source(s) d'impact	Activité en concernée	Composante environnementale affectée	Description de l'impact	Mesure d'atténuation
<i>Déversements accidentels des hydrocarbures</i>	Stockage et manutention des hydrocarbures	Eau de surface et Sol	Contamination des sols et des eaux de surface pouvant altérer durablement la faune et la flore aquatique ou menacer l'usage du milieu naturel en tant que ressource employée à la production d'eau potable.	Renforcer la sensibilisation sur la prévention des fuites et déversements des hydrocarbures avec les "thèmes sécurité semaine" Fonctionnement optimal des O2 séparateurs huile/eau (zone de lavage plaques CDC, zone de lavage engins)
<i>Déversements accidentels des hydrocarbures</i>	Ravitaillement des engins	Eau de surface et Sol	Contamination des sols et des eaux de surface pouvant altérer durablement la faune et la flore aquatique ou menacer l'usage du milieu naturel en tant que ressource employée à la production d'eau potable.	Renforcer la sensibilisation sur la prévention des fuites et déversements des hydrocarbures avec les "thèmes sécurité semaine" Fonctionnement optimal des O2 séparateurs huile/eau (zone de lavage plaques CDC, zone de lavage engins)
<i>Déversements accidentels des hydrocarbures</i>	Exploitation de l'usine	Eau de surface et Sol	Contamination des sols et des eaux de surface pouvant altérer durablement la faune et la flore aquatique ou menacer l'usage du milieu naturel en tant que ressource employée à la production d'eau potable.	Renforcer la sensibilisation sur la prévention des fuites et déversements des hydrocarbures avec les "thèmes sécurité semaine" Fonctionnement optimal des O2 séparateurs huile/eau (zone de lavage plaques CDC, zone de lavage engins)
<i>Déversements accidentels des hydrocarbures</i>	Maintenance des équipements	Eau de surface et Sol	Contamination des sols et des eaux de surface pouvant altérer durablement la faune et la flore aquatique ou menacer l'usage du milieu naturel en tant que ressource employée à la production d'eau potable.	Renforcer la sensibilisation sur la prévention des fuites et déversements des hydrocarbures avec les "thèmes sécurité semaine" Fonctionnement optimal des O2 séparateurs huile/eau (zone de lavage plaques CDC, zone de lavage engins)
<i>Rejet des boues et autres déchets liquides et pâteux</i>	Traitement de l'eau industrielle et potable	Eau de surface et Sol	Contamination des sols et des eaux de surface pouvant altérer durablement la faune et la flore aquatique ou menacer l'usage du milieu naturel en tant que ressource employée à la production d'eau potable.	Les boues issues du traitement des eaux potables, eaux industrielles et lixiviat du CSOU sont renvoyées au CSOU. Les boues issues du curage des caniveaux du site industriel sont envoyées au CSOU. Les déchets gras sont valorisés
<i>Rejet des boues et autres déchets liquides et pâteux</i>	Traitement des lixiviats	Eau de surface et Sol	Contamination des sols et des eaux de surface pouvant altérer durablement la faune et la flore aquatique ou menacer l'usage du milieu naturel en tant que ressource employée à la production d'eau potable.	Les boues issues du traitement des eaux potables, eaux industrielles et lixiviat du CSOU sont renvoyées au CSOU. Les boues issues du curage des caniveaux du site industriel sont envoyées au CSOU. Les déchets gras sont valorisés
<i>Rejet des boues et autres déchets liquides et pâteux</i>	Installation de filtration au laminage	Eau de surface et Sol	Contamination des sols et des eaux de surface pouvant altérer durablement la faune et la flore aquatique ou menacer l'usage du milieu naturel en tant que ressource employée à la production d'eau potable.	Les boues issues du traitement des eaux potables, eaux industrielles et lixiviat du CSOU sont renvoyées au CSOU. Les boues issues du curage des caniveaux du site industriel sont envoyées au CSOU. Les déchets gras sont valorisés
<i>Manipulation des produits chimiques</i>	Stockage et manutention des produits chimiques	Santé	Nuisance des populations le long de l'axe routier entre l'usine d'Edéa et le port du Douala Nuisance des populations le long de l'axe ferroviaire entre l'usine d'Edéa et le port de Douala Nuisance des populations autour d'usine d'Edéa	Identifier et étiqueter les produits chimiques concernés. Obtenir les fiches de données de sécurité des produits Former et informer les agents en charge de la manutention sur les risques et le bon usage des produits chimiques Former et informer les agents en charge de la manutention sur la conduite à tenir en cas d'incident ou accident impliquant les produits chimiques (cf. FDS produits chimiques) S'assurer que le prestataire en charge du transport a les agréments par les autorités compétentes pour la gestion des produits chimiques
<i>Manipulation des produits chimiques</i>	Traitement de l'eau industrielle et potable	Santé	Risques divers sur la santé, la sécurité et l'environnement	Identifier et étiqueter les produits chimiques concernés. Obtenir les fiches de données de sécurité des produits Former et informer les agents en charge de la manutention sur les risques et le bon usage des produits chimiques Former et informer les agents en charge de la manutention sur la conduite à tenir en cas d'incident ou accident impliquant les produits chimiques (cf. FDS produits chimiques) S'assurer que le prestataire en charge du transport a les agréments par les autorités compétentes pour la gestion des produits chimiques

Source(s) d'impact	Activité en concernée	Composante environnementale affectée	Description de l'impact	Mesure d'atténuation
<i>Manipulation des produits chimiques</i>	Traitement des lixiviats	Santé	Risques divers sur la santé, la sécurité et l'environnement	Identifier et étiqueter les produits chimiques concernés. Obtenir les fiches de données de sécurité des produits Former et informer les agents en charge de la manutention sur les risques et le bon usage des produits chimiques Former et informer les agents en charge de la manutention sur la conduite à tenir en cas d'incident ou accident impliquant les produits chimiques (cf. FDS produits chimiques) S'assurer que le prestataire en charge du transport a les agréments par les autorités compétentes pour la gestion des produits chimiques
<i>Manipulation des produits chimiques</i>	Analyses laboratoire	Santé	Risques divers sur la santé, la sécurité et l'environnement	Identifier et étiqueter les produits chimiques concernés. Obtenir les fiches de données de sécurité des produits Former et informer les agents en charge de la manutention sur les risques et le bon usage des produits chimiques Former et informer les agents en charge de la manutention sur la conduite à tenir en cas d'incident ou accident impliquant les produits chimiques (cf. FDS produits chimiques) S'assurer que le prestataire en charge du transport a les agréments par les autorités compétentes pour la gestion des produits chimiques
<i>Consommation de l'eau</i>	Prélèvement, traitement et distribution de l'eau industrielle et potable	Eau de surface	Épuisement des ressources naturelles	Mise en œuvre du programme de réduction des consommations dont refroidissement en circuit fermé Suivi des consommations et mesures correctives associées Vérification du bon état du réseau de distribution pour éviter les fuites

Figure 42 : Synthèse des principaux impacts environnementaux et mesures d'atténuation

8. CYCLE DE VIE DES PRODUITS EN ALUMINIUM ALUCAM

8.1. METHODOLOGIE DE L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE

La norme ISO 14040 : 2006 précise que l'ACV comporte quatre phases : l'objectif et la définition du périmètre, analyse de l'inventaire, évaluation et interprétation des impacts.

Projet	Étapes	Détails par étape
Analyse Cycle de Vie Aluminium	Définition objectifs et champ de l'étude	- Pour quel application - La cible de l'étude - Le Périmètre de l'étude
	Analyse de Inventaire de cycle de vie (AICV)	Quantification des flux élémentaires pertinents qui traversent les frontières du système de produits, les données recueillies sont de type (mesurées, calculées ou estimées): - Liste exhaustive des flux entrants pour chaque étape (matières premières et énergie) - Liste exhaustive des flux sortants pour chaque étape (déchets et rejets)
	Evaluation des impacts	Interprétation des résultats de l'AICV) du système de produits étudié afin d'en comprendre la signification environnementale, par catégorie d'impacts: - Dommages écologiques (Changement climatique et effet de serre, Acidification ou pluies acides, Ecotoxicité aquatique) - Dommage sur la santé (Destruction de la couche d'ozone, Oxydation photochimique ou Smog photochimique, Radiation ionisantes) - Diminution des ressources (Consommation d'énergie, Epuisement des ressources eau, Epuisement des ressources naturelles)
	Interprétation des résultats	- Analyser les résultats de l'AICV - Etablir des conclusions - Fournir des recommandations en se basant sur les résultats des phases précédentes de l'étude

Figure 43 : quatre phases (adapté de ISO 14040 : 2006)

8.2. Les principes de l'analyse du cycle de vie (ACV) et cadre normatif

Lorsqu'une entreprise est engagée dans une démarche de Développement Durable, la diminution de l'impact environnemental de son activité est un enjeu central. Guidée par le cadre réglementaire, elle se focalise prioritairement sur la maîtrise des impacts associés à son site de fabrication. Néanmoins, les maillons de la chaîne logistique associés à la fabrication d'un produit fini sont parfois nombreux, et sont autant de sources potentielles d'impact sur l'environnement. Pour avoir une vision exhaustive des impacts environnementaux sur l'ensemble de la chaîne logistique, la méthodologie de l'ACV est l'outil indispensable.

L'Organisation internationale de normalisation (ISO) a élaboré deux normes internationales pour la description du cadre général méthodologique et terminologique pour l'ACV :

- ISO 14040 : Management environnemental – Analyse du cycle de vie – Principes et cadre (ISO, 2006a)
- ISO 14044 : Management Environnemental – Analyse du Cycle de Vie – Exigences et lignes directrices (ISO, 2006b)

Les normes ISO définissent l'ACV comme une « compilation et évaluation des entrées, des sorties et des impacts environnementaux potentiels d'un système de produits tout au long de son cycle de vie (ISO, 2006a, p.2).

L'ACV ne prédit pas les effets absolus sur l'environnement mais aborde plutôt les impacts environnementaux potentiels. Il aide l'industrie, les gouvernements et les organisations non gouvernementales dans leurs efforts de planification stratégique, de conception de produits ou de processus et de gestion environnementale pour identifier les opportunités d'amélioration de la performance environnementale des produits et services (ISO, 2006a).

L'ACV couvre les étapes d'un produit ou d'un système de processus, depuis l'acquisition des matériaux en passant par la production, l'utilisation, le recyclage et l'élimination des déchets. Le cycle de vie complet du

produit peut être divisé en étapes suivantes qui aident à définir la portée et les limites du système de l'étude :

- « Cradle to gate » de l'extraction des matières premières à la fabrication du produit,
- « Gate to gate » de la porte d'entrée à la porte de sortie (fabrication du produit)
- « Cradle to grave » de l'extraction des matières premières à élimination

8.3. Les limites de l'analyse du cycle de vie (ACV)

L'ACV offre une vision globale des effets écologiques et cela a été considéré comme le principal point fort de l'approche, ainsi que comme une limite.

En effet, en tant que technique agrégée, elle ne prend pas pleinement en compte les impacts localisés des systèmes et ne prend pas en compte les variations temporelles.

Par conséquent, puisque les impacts environnementaux ne sont pas spécifiés dans le temps ou dans l'espace, les résultats des études ACV sont décrits comme des impacts potentiels. De plus, la précision de l'étude dépend grandement de la qualité et de la disponibilité des données. L'examen par Liu et Müller (2012) des études ACV dans l'industrie de l'aluminium a démontré une large plage temporelle, les données d'inventaire génériques à l'échelle de l'industrie étant couramment utilisées, malgré leur mise à jour peu fréquente, limitant ainsi leur représentation précise du développement technologique dynamique.

8.4. But de l'étude

L'objectif de cette étude ACV est de quantifier les impacts environnementaux potentiels des différents produits ALUCAM et permettre à l'entreprise d'identifier des sources potentielles d'amélioration en termes de performance environnementale au cours de toutes les étapes de production en amont de son système de produits défini, dont le produit final est une tonne métrique de produits en aluminium de produits semi-finis et finis ALUCAM.

8.5. Champs de l'étude

Le modèle ACV pour ALUCAM est basé sur l'approche un système « cradle to gate » (cf. Figure 1), commençant par l'extraction de la bauxite et se terminant par les produits semi-finis et finis en aluminium ALUCAM.

8.6. Unité fonctionnelle

L'unité fonctionnelle, qui sert de référence pour les entrées et sorties dans tout le système, est une tonne métrique aluminium de produits semi-finis et finis ALUCAM. Les résultats peuvent être convertis en un kilogramme en divisant par 1000.

8.7. Description du produit

Lingots de métal non allié en aluminium, Pxxxx series

P0202A, P0303A, P0404A, P0405A, P0406A, P0506A, P0610A, P1015A,

P1020A, P1520A, P1535A, P2055A, P2070A, P2585A, SERIES Pxxxx.

8.8. Applications

Les lingots d'aluminium primaire ALUCAM sont utilisés pour fabriquer des produits semi-finis et finis en aluminium à travers le procédé du Laminage, ils sont également adaptés à l'extrusion ou au moulage en forme pour une fabrication ultérieure de produits en aluminium semi-finis ou finis.

8.9. Données techniques

Libellé	Valeur	Unité
Densité	2,66 - 2,84	(kg/m ³)*1000
Température de fusion	475 - 655	°C
Conductivité électrique (à 20°C / à 68°F)	même volume: 16-36	MS/m (0,58*%IACS)
Conductivité thermique (à 25°C / à 77°F)	109 -234	W/(m.K)
Coefficient moyen d'expansion thermique (de 20° à 100 °C / à 212°F)	19,4 - 24,1	/°C
Module d'élasticité	69 -74	Mpa*1000
Composition chimique	Varie par type d'alliage, en général Al>90	% de poids

Figure 44 : données techniques lingots d'aluminium primaire ALUCAM

8.10. Caractéristiques géométriques du produit

8.10.1 Lingots 16 kg

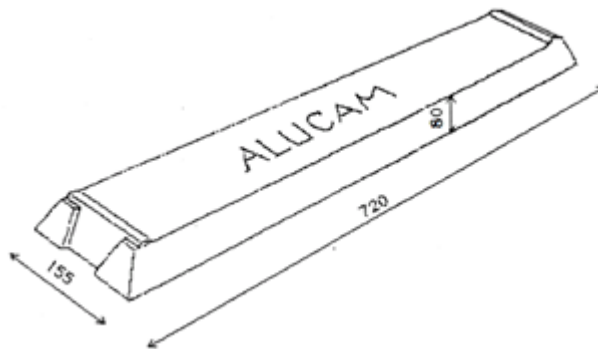


Figure 45 : caractéristiques géométriques d'un lingot d'aluminium primaire ALUCAM

a) Conditionnement en pile et tolérances dimensionnelles

Les piles comportent à leur base deux lingots de pied provenant de la même coulée. La constitution des piles complètes est la suivante :

- 15 nappes entrecroisées de 4 lingots + 2 lingots de pied
- Nombre total de lingots = 62

Les tolérances dimensionnelles concernent essentiellement la hauteur.

Le point important vis-à-vis du gerbage des piles est qu'une pile ne présente pas de différence importante de hauteur rendant le gerbage dangereux ou impossible.

La différence H maxi - H mini est inférieure ou égale à 30 mm.

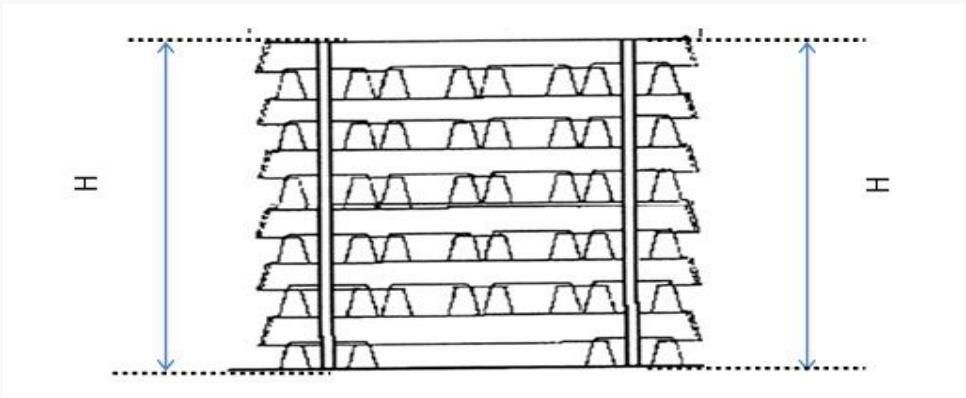


Figure 46 : schéma d'une pile de lingots d'aluminium primaire ALUCAM

b) Feuillardage

Chaque pile est cerclée avec 2 feuillards bien tendus pour bien maintenir celle-ci pendant le transport et éviter toute déformation. Le cerclage est fait à l'aide d'un feuillard plastique.

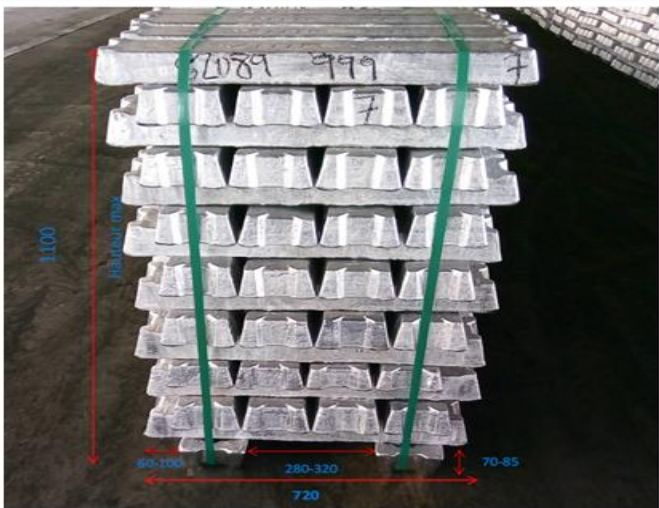


Figure 47 : caractéristiques géométriques d'une pile de lingots d'aluminium primaire ALUCAM

8.10.2 Lingots T (TES)

a) Tolérances dimensionnelles

Libellé	Tolérance mini-maxi
Longueur	800 - 950 mm
Poids plaques sciées	600 - 850 kg

Figure 48 : tolérances dimensionnelles des lingots T d'aluminium primaire ALUCAM

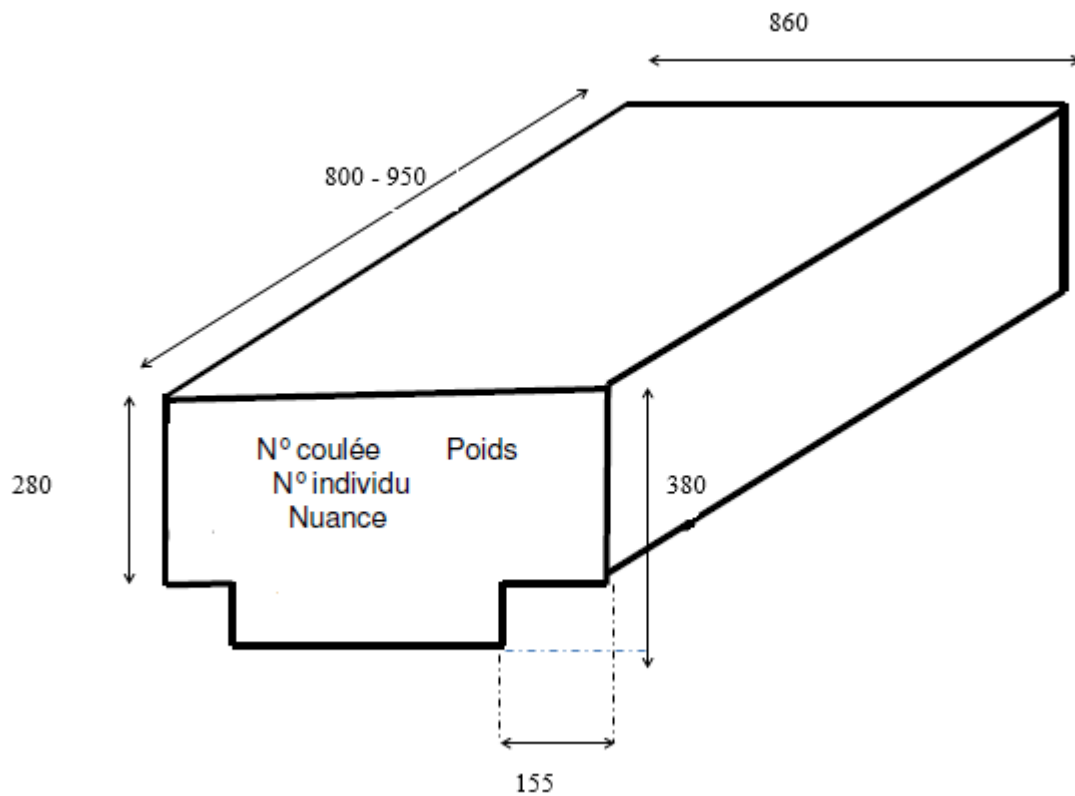


Figure 49 : caractéristiques géométriques d'un lingot T d'aluminium primaire ALUCAM

8.1. Les frontières du système (Cradle to gate)

Les étapes du cycle de vie de la production d'aluminium sont décrites dans la section suivante.

Analyse cycle de vie des produits ALUCAM cradle to gate

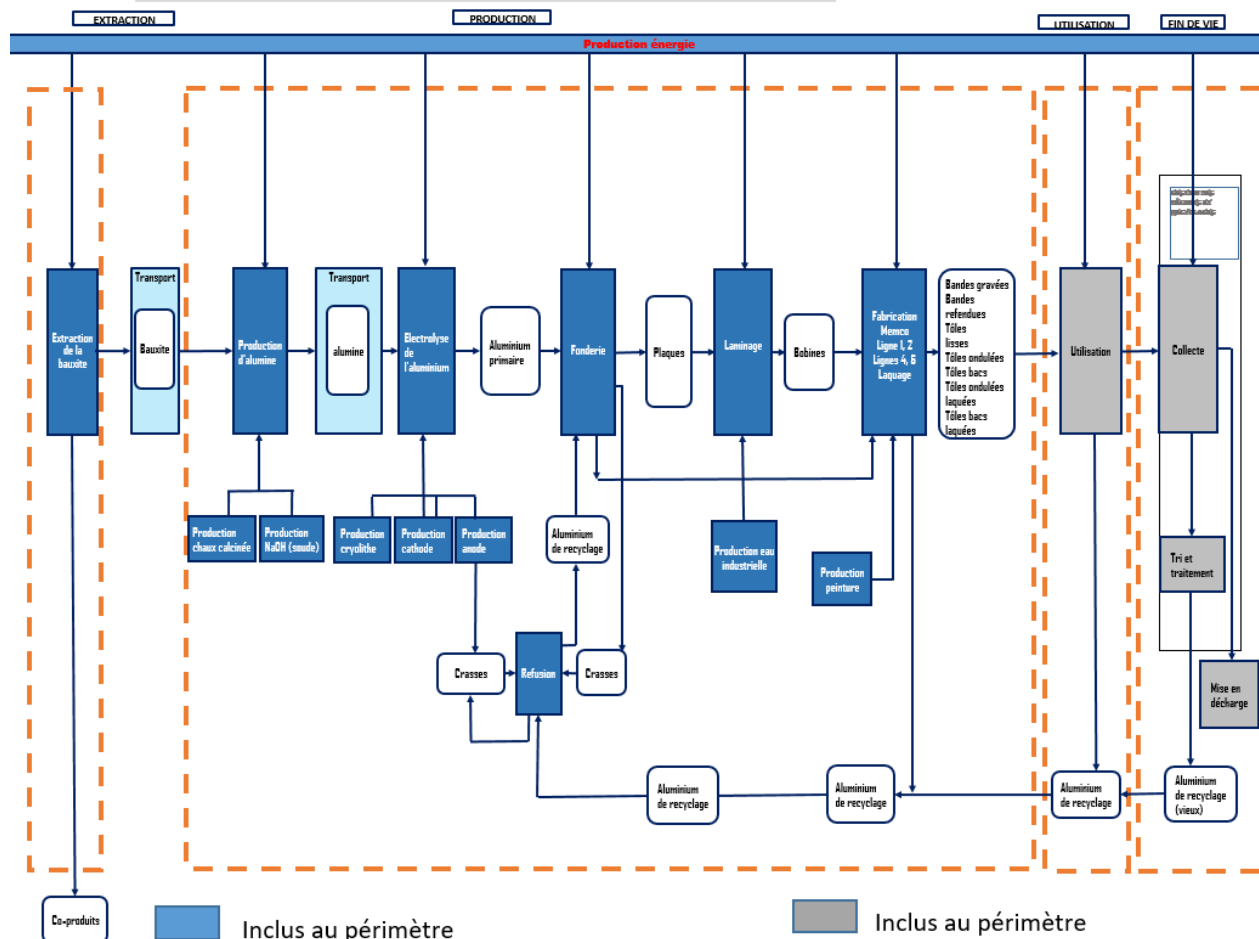


Figure 50 : Diagramme de flux pour la fabrication des produits semi-finis et finis en aluminium ALUCAM « cradle to gate »

8.2. Collecte des données

Enquêtes annuelles réalisées par l'IAI et données disponibles (www.worldaluminium.org/statistiques/) sur :

- La consommation d'énergie industrielle et émissions de perfluorocarbures depuis 1980
- Les émissions de fluorures et les volumes de résidus de bauxite depuis 1990.
- Données spécifiques liées à l'élaboration des inventaires du cycle de vie de la production d'aluminium primaire pour les années 2000, 2005 et 2010.
- Les données collectées représentent les entrées et sorties directes attribuables aux processus de chaque installation.
- Les ensembles de données d'inventaire de base inclus dans GaBi ont été utilisés pour les processus indirects : production de calcaire, production de soude caustique, production de fluorure d'aluminium, production de coke de pétrole, production de brai, production et fourniture d'électricité, production et fourniture de carburant et transport.
- Dans l'inventaire du cycle de vie, les moyennes ont été calculées comme valeurs moyennes pondérées en fonction de la production par tonne de production pertinente pour les installations qui ont déclaré.
- Les données utilisées dans la base de données GaBi pour la classification des résultats de l'ICV selon les catégories d'impact sont publiées par les organisations suivantes : ISO, Society of

Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), Organisation météorologique mondiale (OMM) et Intergouvernemental Groupe d'experts sur le changement climatique (GIEC).

- Les mix énergétiques de base utilisés dans GaBi 6 prennent en compte les mix spécifiques de l'industrie d'aluminium au niveau régional en lieu et place des mix régionaux ou nationaux.
- Ces données collectées constituent une base crédible pour les évaluations ultérieures du cycle de vie des produits en aluminium.
- Les données de base dans GaBi proviennent principalement de l'industrie et sont donc considérées comme technologiquement représentatives.

8.3. Contrôle qualité des données

Le contrôle qualité a été réalisé par un comité de l'environnement et de l'énergie de l'IAI et par un expert indépendant.

8.4. Catégories d'impact : sélection, classification et caractérisation

Six catégories d'impacts sur l'environnement (CML) ont été sélectionnées pour cette étude conformément aux recommandations de l'étude d'harmonisation des méthodologies d'ACV dans l'industrie métallurgique (PE International 2014). En outre, le nouvel indicateur « Empreinte de pénurie d'eau » (Buxmann et al. ; ISO14046 2014) a également été prise en compte.

Indicateur de catégorie	Unité	Méthodologie d'évaluation
Potentiel d'acidification	kg SO ₂ /kg Al	CML 2001–Nov 2010
Epuisement des ressources énergétiques fossiles	MJ/kg Al	Valeur net Calculée
Potentiel d'eutrophisation	kgPO ₄ e/kg Al	CML 2001–Nov 2010
Potentiel de réchauffement climatique (PRC 100 ans)	kgCO ₂ e/kg Al	CML 2001–Nov 2011
Potentiel Appauvrissement Ozone (PAO, état d'équilibre)	kgCCL ₃ Fe/kg Al	CML 2001–Nov 2012
Potentiel de création de photo-oxydants (PCPO)	kgC ₂ H ₄ e/kg Al	CML 2001–Nov 2013
Empreinte de pénurie d'eau (EPE)	m ³ H ₂ Oe/kg Al	ISO 14046 2014

Figure 51 : Ensemble prédéfini de catégories d'impact

NB : La méthode CML s'appuie sur des normes européennes. Pour les études ACV réalisées hors de l'Amérique du Nord, la méthode CML constitue l'ensemble d'indicateurs environnementaux le plus courant pour l'analyse du cycle de vie (ACV). Cette méthode a été développée par l'agence américaine de protection de l'environnement.

Cette méthodologie s'inscrit dans les recommandations des méthodologies d'analyse de l'inventaire du cycle de vie (AICV) dans l'industrie métallurgique (PE International 2014).

8.5. Modélisation des données

GaBi 6 (PE International 2013b) est le logiciel de modélisation utilisé pour cette étude du début à la fin.

Afin d'évaluer la contribution des différents processus à chaque catégorie d'impact, les données Inventaire Cycle de Vie (IAI 2013a) sont affectées à des typologies spécifiques à l'aide du logiciel GaBi. Les quatre typologies permettant de classer les processus et les entrées et sorties de matériaux dans les limites du système comprennent :

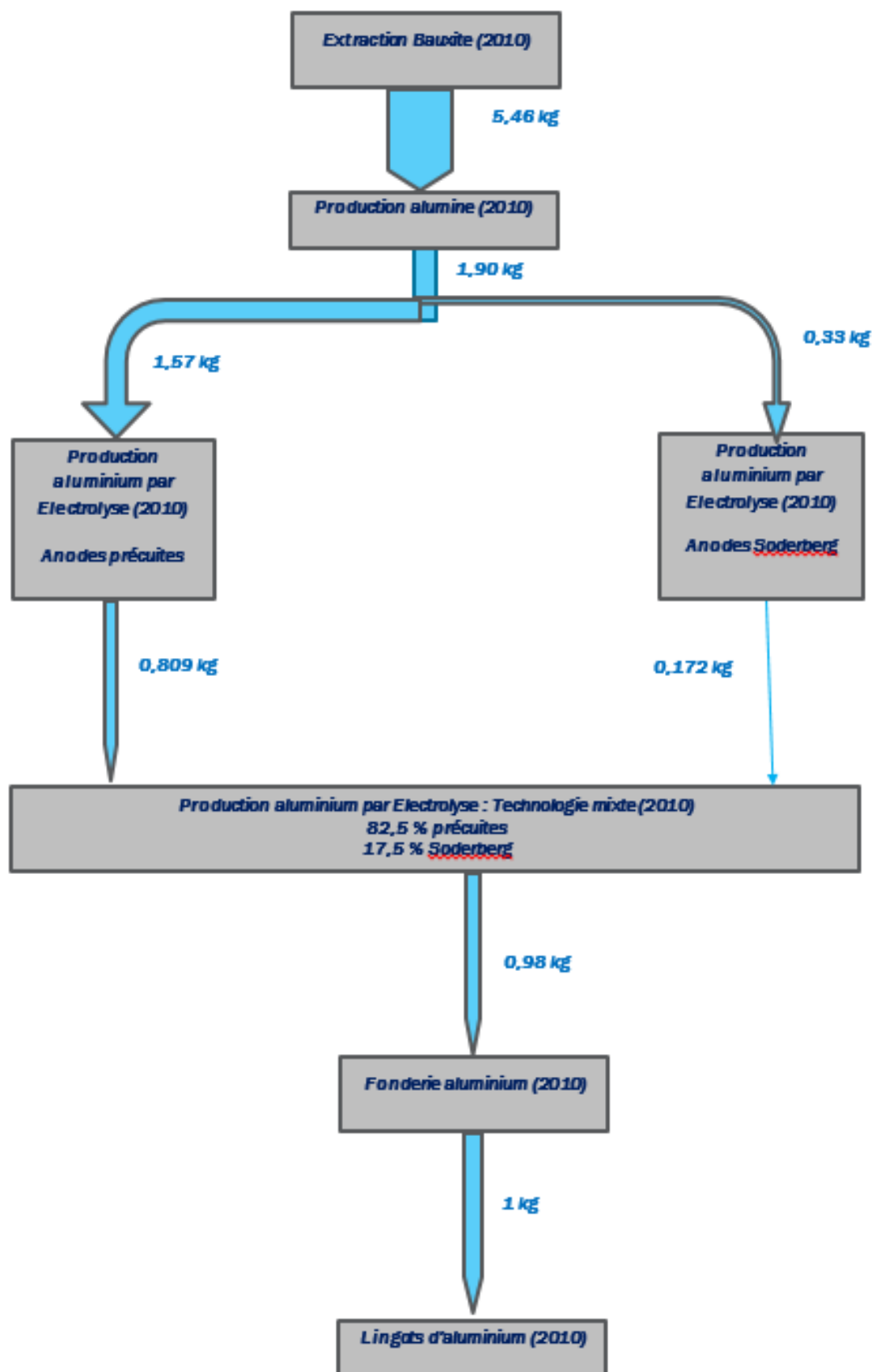
- Procédés directs et auxiliaires, englobant les matériaux utilisés ou les émissions directes associées à la production d'aluminium primaire ainsi que les procédés et matériaux auxiliaires tels que la soude caustique, la chaux et le fluorure d'aluminium.
- Transport qui comprend le mouvement des matières premières par route, train ou bateau.
- Electricité qui comprend les processus et les matériaux nécessaires pour produire l'électricité utilisée directement dans la production d'aluminium.
- Energie thermique qui comprend les procédés et les matériaux nécessaires pour produire l'énergie thermique utilisée directement dans la production d'aluminium, mais à l'exclusion du brai et du coke pour la production d'anodes.

Cette méthodologie a permis de prendre en compte la contribution des processus pertinents, dans les résultats d'analyse de l'inventaire du cycle de vie (AICV).

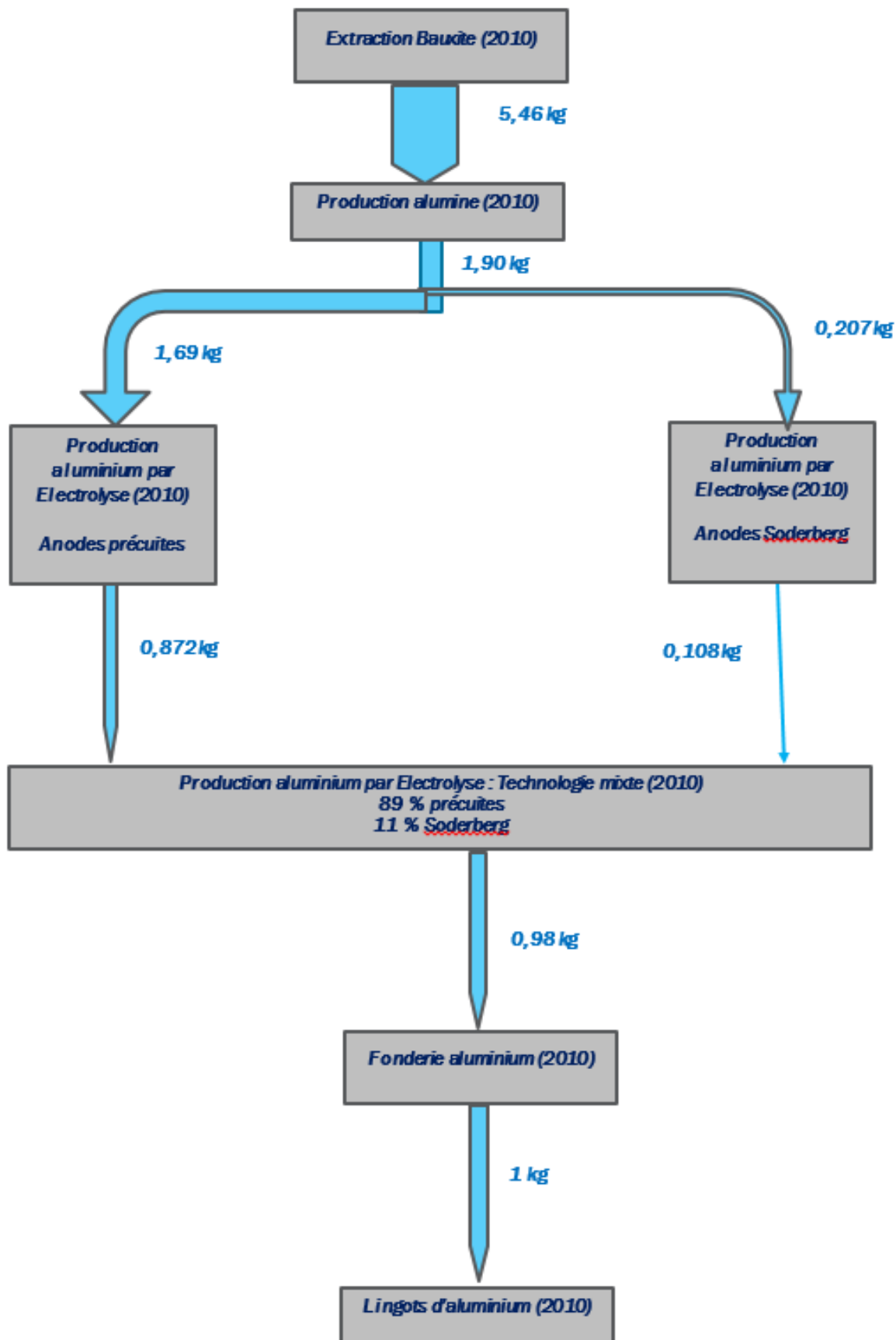
L'empreinte de pénurie d'eau (EPE) pour la production d'aluminium primaire a été calculée à l'aide d'une approche conforme à la norme ISO 14046 (2014). Essentiellement, la méthodologie d'analyse EPE sur un seul site intègre la consommation directe d'eau des sites de production tout au long de la chaîne de valeur de l'aluminium.

Une empreinte générique de pénurie d'eau EPE par tonne d'aluminium primaire a ensuite été déterminée en additionnant les EPE directs et indirects des usines et en la normalisant au flux de référence de 1 kg d'aluminium primaire.

9. RESULTATS



La figure 52 : GaBi 6 montre le plan du modèle IAI pour l'ensemble de données Monde y compris Chine.



La figure 53 : GaBi 6 montre le plan du modèle IAI pour l'ensemble de données Monde (hors Chine)

	Monde (y compris la Chine) en GWh	Monde (y compris la Chine) en %	Reste monde (hors Chine) en GWh	Reste monde (hors Chine) en %
Hydroélectrique	218 618	41%	195 980	65%
Charbon	271 643	51%	67 898	23%
Hydrocarbures	389	0%	389	0%
Gaz naturelle	26 432	5%	26 432	9%
Nucléaire	10 997	2%	10 997	4%
Total	528 079	100%	301 696	100%

Figure 54 : Sources d'électricité pour les ensembles de données sur l'électrolyse dans le Monde (y compris la Chine) et dans le reste du Monde (hors Chine)

9.1. Production d'énergie au Cameroun par source

Source	1990	%	2000	%	2010	%	2015	2019	% 2019	var. 2019/1990
Pétrole	41	1,5	38	1,1	1 163	19,7	2 095	1 018	12,0 %	x25
Gaz naturel	0		0		417	7,1	1 486	2 168	25,6 %	ns
Total fossiles	41	1,5	38	1,1	1 580	26,8	3 581	3 186	37,6 %	x78
Hydraulique	2 656	98,5	3 442	98,9	4 260	72,2	4 359	5 229	61,7 %	+97 %
Biomasse	0		0		59	1,0	35	41	0,5 %	ns
Solaire	0		0		1		10	19	0,2 %	ns
Total EnR	2 656	98,5	3 442	98,9	4 319	73,2	4 404	5 289	62,4 %	+99 %
Total	2 697	100	3 480	100	5 900	100	7 985	8 475	100 %	+214 %

Source des données : Agence internationale de l'énergie

Figure 55 : Mix production énergie 2019 Cameroun

Le secteur de l'énergie au Cameroun est caractérisé par une offre du mix énergétique a composé de :

- Hydroélectricité ; 61,7 %
- Combustibles fossiles (pétrole 12,0 % et gaz naturel 25,6 %) ; 37,6%
- Biomasse ; 0,5 %
- Solaire ; 0,2 %

9.2. Mode de transport des matières premières principales pour ALUCAM

Pour le site industriel ALUCAM situé à Edéa à environ 60 km du port de Douala, le principal mode de transport pour les matières premières principales tel que l'alumine et le coke est le transport par camion, le train étant utilisé à faible proportion.

Matière	Mode de transfert	% Usage	Qté matière (t)	Nb rotation	Conso moyenne carburant/rotation	Qté gasoil totale consommée (L)
Alumine	Camion	97%	72 650	2 362	51	120 462
	Train	3%	2 023	5	784	3 920
Coke	Camion	100%	17 856	611	62	37 882

Figure 56 : Modes de transport des matières premières entre Douala et Edéa

Le transport des matières premières majoritairement par chemin de fer représente une opportunité de réduire les émissions indirectes de GES (scope 3).

9.3. Les catégories d'impacts et les résultats des indicateurs

La catégorie d'impact et les résultats des indicateurs supplémentaires (y compris Répartition du PRC et énergie primaire) calculés à l'aide de GaBi sont présentés dans la figure 37, de plus les résultats de l'empreinte de pénurie d'eau, calculés séparément conformément à la norme ISO 14046 (2014) sont présentés à côté.

Indicateurs de catégorie d'impact de l'IAI (par kilogramme de lingot primaire)	Unité	Monde (y compris Chine) 2010	Monde (hors Chine) 2010
Potentiel d'acidification	kg SO ₂ /kg Al	0,13	0,09
Epuisement des ressources énergétiques fossiles	MJ/kg Al	163	109
Potentiel d'eutrophisation	kgPO ₄ e/kg Al	0,011	0,0053
Potentiel de réchauffement climatique (PRC 100 ans)	kgCO ₂ e/kg Al	16,5	10,8
Potentiel Appauvrissement Ozone (PAO, état d'équilibre)	kgCCL ₃ Fe/kg Al	2,90E-10	2,80E-10
Potentiel de création de photo-oxydants (PCPO)	kgC ₂ H ₄ e/kg Al	0,0085	0,0047
Empreinte de pénurie d'eau (EPE)	m ³ H ₂ Oe/kg Al	0,018	0,01

Tableau 57: Résultats des indicateurs des catégories d'impact au niveau mondial (y compris la chine) et dans le reste du Monde (hors Chine) par kilogramme d'Al

2010	Afrique	Amérique du Nord	Amérique du Sud	Asie (hors Chine)	Europe	Océanie	Chine	Monde (y compris la Chine) en GWh	Reste monde (hors Chine) en GWh
Production en Aluminium (*1000 tonnes)	1 441	4 440	2 210	1 855	7 981	1 542	16 194	35 664	19 469
Hydroélectrique	9 181	50 355	29 141	4 817	97 271	5 211	22 638	218 618	195 980
Charbon	11844	16095	0	8117	13856	17932	203745	271643	67898
Hydrocarbures	0	7	0	138	238	6	0	389	389
Gaz naturelle	0	316	5591	15510	5015	0	0	26432	26432
Nucléaire	0	320	0	0	10677	0	0	10997	10997
Total	21 025	67 093	34 736	28 636	127 057	23 149	226 383	528 079	301 696

Table 58 Sources d'électricité par grande région et pour les ensembles de données sur l'électrolyse mondiale et du reste du Monde

9.4. Les résultats des GES par sources d'énergie et par type de procédé

- Comme le montrent les résultats des Figures 59 et 60 la plus grande contribution aux gaz à effet de serre (GES) est imputable aux processus des unités de raffinage de l'alumine et d'électrolyse dans les deux ensembles de données.

- Les ensembles de données Monde (y compris Chine) et Monde (hors Chine) ont des contributions similaires pour l'exploitation de la bauxite, la production d'anodes et la coulée de lingots en Fonderie.
- La différence constatée pour l'énergie primaire (MJ) résulte de la prise en compte de la production de la Chine à base de charbon dans l'ensemble de données Monde (yc Chine).
- Les différences significatives entre le raffinage de l'alumine et les processus d'électrolyse sont liées aux valeurs d'électricité et d'énergie thermique. Par exemple, les valeurs de GES pour l'électricité utilisée dans l'électrolyse sont de 9,2 kg d'équivalent CO₂/kg Al pour l'ensemble de données Monde y compris Chine et 4,6 kg d'équivalent CO₂/kg d'Al pour les données Monde hors Chine.
- Ces différences proviennent de la production d'énergie à base de charbon adoptée par la Chine, pays qui représente 45 % de la production mondiale d'aluminium.
- Les centrales électriques au charbon représentent 90 % de la production chinoise d'aluminium primaire, contre 70 % pour le mix réseau chinois. Encore une fois, de telles disparités entre les mix énergétiques régionaux et les mix énergétiques de la production d'aluminium existe en raison de la relation intime qui existe souvent entre l'approvisionnement en énergie et la production électrolyse.

Monde (y compris Chine)	Extraction Bauxite	Raffinage Alumine	Production Anode	Production Aluminium par électrolyse	Production lingot par Fonderie	Total	Energie primaire (MJ)	
							R	NR
Electricité	<0,1	0,4	<0,1	9,2	<0,1	9,7	27	104
Processus et Auxiliaires	<0,1	0,7	0,4	2,3	<0,1	3,5	0	18
Energie thermique	<0,1	2,2	0,1	<0,1	0,1	2,4	0	31
Transport	<0,1	0,5	<0,1	0,4	0	0,8	0	10
Total	<0,1	3,8	0,6	11,9	0,2	16,5	27	163

Figure 59 : Gaz à effet de serre à l'échelle mondiale émissions réparties par procédé unitaire, type de procédé et apport d'énergie primaire (énergies renouvelables (R) et énergies non renouvelables (NR)) réparties par type de procédé

Monde (hors Chine)	Extraction Bauxite	Raffinage Alumine	Production Anode	Production Aluminium par électrolyse	Production lingot par Fonderie	Total	Energie primaire (MJ)	
							R	NR
Electricité	<0,1	0,1	<0,1	4,6	<0,1	4,8	42	55
Processus et Auxiliaires	<0,1	0,7	0,4	2,2	<0,1	3,4	1	18
Energie thermique	<0,1	1,6	0,1	<0,1	0,1	1,8	0	26
Transport	0	0,5	<0,1	0,3	0	0,8	0	10
Total	<0,1	2,8	0,6	7,2	0,2	10,8	44	109

Figure 60 : Emissions de gaz à effet de serre de l'emprise réparties par procédé unitaire, type de procédé et apport d'énergie primaire (énergie renouvelable (R) et non renouvelable (NR)) réparties par type de procédé

9.1. Simulation des impacts environnementaux pour 100% de technologie précuite vs ou 100 % de Soderberg

Indicateurs de catégorie d'impact de l'IAI (par kilogramme de lingot primaire)	Unité	Soderberg		Précuite	
		Monde (y compris Chine)	Monde (hors Chine)	Monde (y compris Chine)	Monde (hors Chine)
Potentiel d'acidification	kg SO ₂ /kg Al	0,14	0,09	0,13	0,09
Epuisement des ressources énergétiques fossiles	MJ/kg Al	179	116	161	108
Potentiel d'eutrophisation	kgPO ₄ e/kg Al	0,011	0,005	0,011	0,005
Potentiel de réchauffement climatique (PRC 100 ans)	kgCO ₂ e/kg Al	18,3	11,8	16,3	10,6
Potentiel Appauvrissement Ozone (PAO, état d'équilibre)	kgCCL ₃ Fe/kg Al	3,00E-10	2,90E-10	2,80E-10	2,80E-10
Potentiel de création de photo-oxydants (PCPO)	kgC ₂ H ₄ e/kg Al	0,0088	0,0045	0,0085	0,0048

Figure 61 : Résultats des indicateurs des catégories d'impact mondial et du reste du Monde pour 2010 avec (a) 100 % de Soderberg et (b) 100 % de Technologie Précuite (par kilogramme d'Al)

- L'ensemble de données Soderberg montre que seules trois des catégories d'impact, le potentiel de réchauffement climatique, le potentiel d'eutrophisation et l'épuisement des ressources énergétiques fossiles, sont supérieurs au scénario de référence (Précuite)
- Pour les trois autres catégories d'impact, le potentiel d'acidification, le potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone et l'impact photochimique potentiel de création d'ozone, les impacts sont légèrement inférieurs.

10. DISCUSSION

10.1. General

- Comme le montrent clairement les résultats de cette étude, la nature énergivore de la production d'aluminium signifie que la source en énergie joue un rôle important dans l'impact environnemental global, avec des processus en arrière-plan expliquant dans certains cas la majeure partie de l'impact.
- Les Figures 60 et 61 montrent que la production d'électricité contribue entre 25 % et 80 % à tous les résultats des catégories d'impact, avec des valeurs plus élevées observées dans l'ensemble de données Monde (y compris Chine), résultant de la prise en compte de la Chine et de l'augmentation de la production d'électricité à base de charbon qu'elle représente.
- Nous constatons que dans le cas du Cameroun, aucune source d'énergie électrique n'est à base de charbon (mix avec 61,7% hydroélectrique ; 25,6 % de gaz naturel et 12,0 % de pétrole). On peut dire que l'impact sur les GES de la production en aluminium à base du mix énergie du Cameroun est moindre que la moyenne Mondiale (y compris la Chine).
- Pour le site industriel ALUCAM situé à Edéa à environ 60 km du port de Douala, le principal mode de transport pour les matières premières principales tel que l'alumine et le coke est le transport par camion, le train étant utilisé à faible proportion. Le transport des matières premières majoritairement par chemin de fer représente une opportunité de réduire les émissions indirectes de GES (scope 3).

- En comparant les deux ensembles de données, Monde (y compris Chine) et Monde (hors Chine) on peut déduire que le charbon comme source d'énergie électrique pour la production d'aluminium contribue de manière significative aux impacts sur les GES à l'échelle mondiale.
- Comme indiqué dans l'examen du rapport sur les mesures environnementales de l'IAI (IAI 2014b), la Technologie joue un certain rôle dans la réduction de l'impact environnemental du processus de production en Chine. Généralement des électrodes Précuite, moins polluantes que les électrodes Soderberg.
- Cependant, la forte dépendance du pays à l'égard de l'électricité produite au charbon pour la production d'aluminium primaire continuera à avoir un impact sur la performance environnementale de la production du pays.
- Comme le montre la répartition des émissions de GES dans les Figures 39 et 40, la production d'électricité pour l'électrolyse est le plus grand contributeur au Potentiel de Réchauffement Climatique (PRC), avec 56 % du total pour les données Monde y compris la Chine et 43 % du total pour les données Monde hors Chine.
- Dans le cas du mix énergie Cameroun, aucune source d'énergie électrique n'est à base de charbon (61,7% hydroélectrique ; 25,6 % de gaz naturel et 12,0 % de pétrole). Ce mix énergie pourrait être plus favorable (réduction de l'impact sur les GES) si la proportion des centrales à gaz et pétrole était revue à la baisse, exemple effacement de quelques dizaines de MWh en période de pointe.
- La production d'énergie thermique destinée à une utilisation directe dans le raffinage de l'alumine contribue à hauteur de 13 % pour les données Monde (y compris Chine) et de 15 % pour les données Monde (hors Chine).
- Les émissions directes du processus d'électrolyse ont une influence significative sur le Potentiel de Réchauffement Climatique (PRC) avec 14 % pour les données Monde y compris la Chine et 20 % pour les données Monde hors Chine. Le phénomène d'effet d'anode est responsable de ces émissions de gaz perfluorocarbonés tétrafluorométhane (CF₄) et hexafluoroéthane (C₂F₆) lors des conditions particulières des opérations d'électrolyse, l'impact significatif résulte de la longue durée de vie associée à ces puissants gaz à effet de serre atmosphère.
- En 2025, Les émissions de GES calculées pour ALUCAM pour les (PFC) représentent 79% du total des émissions de CO₂ équivalent. Ce qui constituera la priorité dans le déploiement de la stratégie 2026 de réduction des émissions de GES ALUCAM.

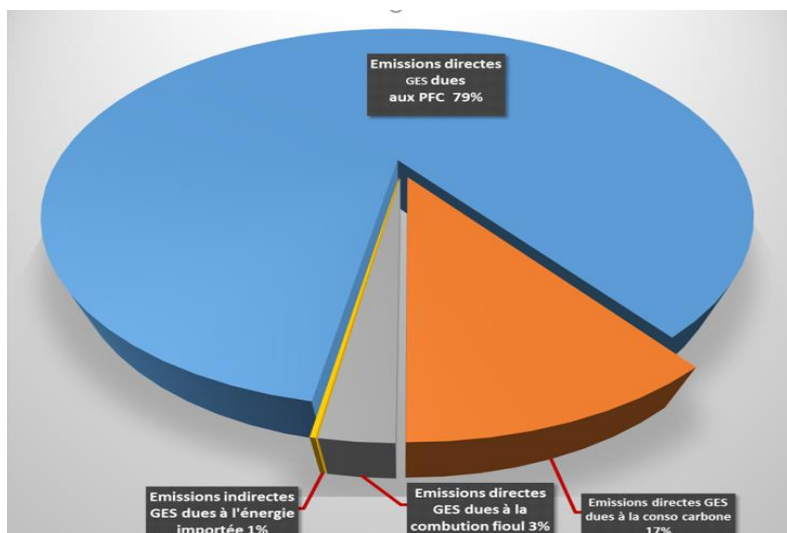


Figure 62 : Décomposition scope 1 et 2 par poste d'émission 2025

Les données de l'industrie sur les effets d'anode ont été recueillies au cours des 30 dernières années et montrent une baisse significative des GES, tant sur la base des émissions totales que sur la base de l'intensité.

Le rapport de l'IAI (IAI 2013a) indique que le CF₄ et le C₂F₆ ont été réduits en intensité de 34 % et 47 %, respectivement, par rapport aux niveaux de 2005. Ceci est conforme à la tendance générale de l'industrie visant à réduire les émissions mondiales de perfluorocarbones de l'industrie de l'aluminium entre 1990 et 2010 (<http://www.world-aluminium.org/statistics/perfluorocarbonpfc-emissions/>) grâce à une meilleure gestion des cuves et à un changement de mix technologique.

On estime qu'entre 1990 et 2010, une réduction des émissions totales de plus de 70 % ou de plus de 90 % sur la base de l'intensité (en équivalent CO₂) a été obtenue.

En examinant l'effet de la Technologie sur les valeurs des indicateurs d'impact environnemental, on peut constater que la Technologie Soderberg a un impact plus important dans les six catégories d'impact que la Technologie Précuite. En général, la Technologie Soderberg est plus ancienne et moins économe en énergie (IAI 2013b), ce qui explique les valeurs légèrement plus élevées de l'indicateur d'impact environnemental. À mesure que cette Technologie est progressivement abandonnée au profit de nouvelles technologies de procédé précurts des anodes de carbone, on peut s'attendre à ce que certaines améliorations technologiques se traduisent par la réduction des impacts sur l'environnement. Il convient toutefois de noter que la différence dans les valeurs des indicateurs de catégorie d'impact entre les deux types de technologies n'est pas substantielle et que toute amélioration liée à la Technologie sera probablement marginale.

C'est en effet la source d'énergie utilisée pour la production d'électricité qui a la plus grande influence sur l'impact environnemental du processus de production d'aluminium primaire.

11. SYNTHÈSE DU CYCLE DE VIE DES PRODUITS ALUCAM

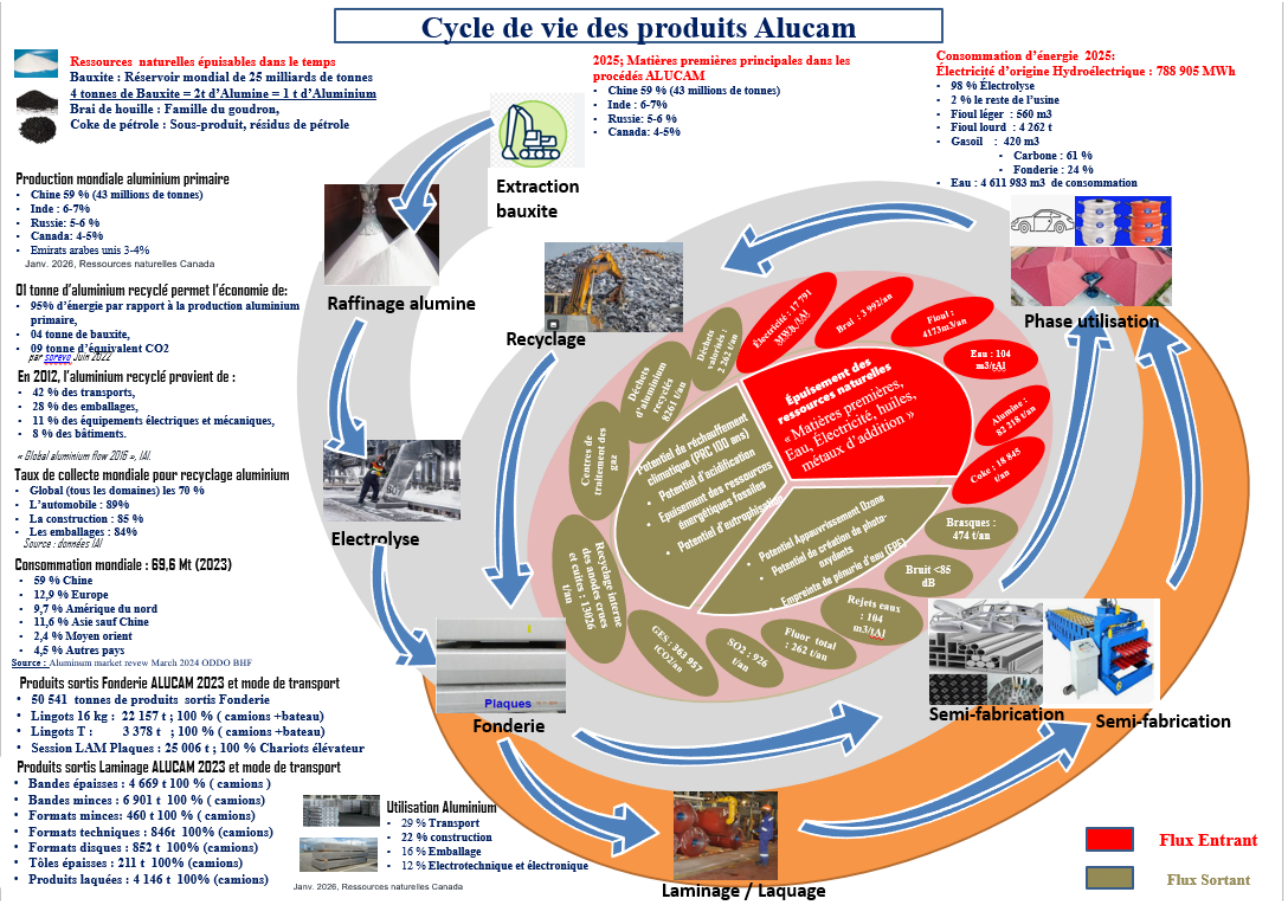


Figure 63 : Cycle de vie produits ALUCAM 2025

12. ANNEXES

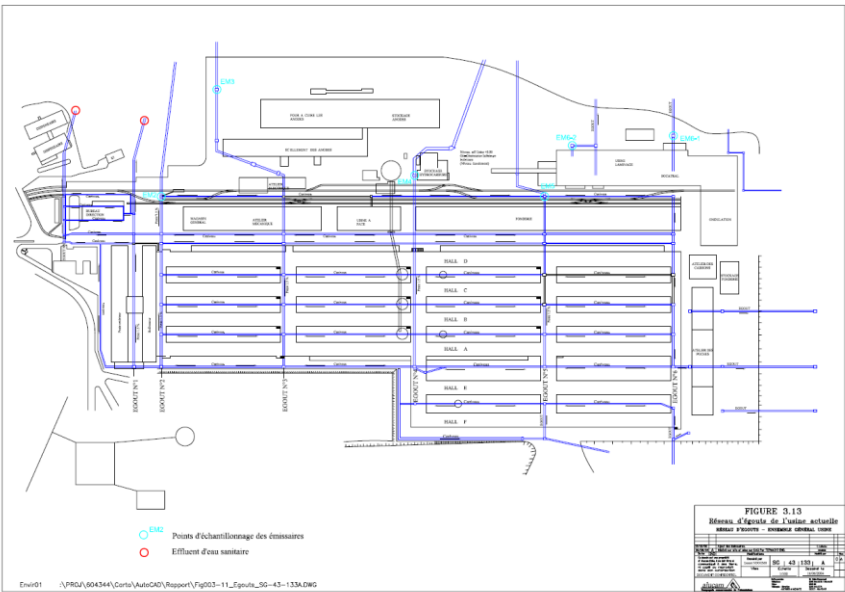


Figure 64 : Réseau égouts site industriel ALUCAM