

Projet Haute Qualité Alimentaire du Conseil Général de l'Hérault (CG34)



Evaluation des impacts environnementaux de différents types de barquettes d'emballage des plats cuisinés

Rapport de stage effectué du 18/04/2011 au 29/02/2012

M'Hamed BELHANAFI

Encadrement : Martine PADILLA (CIHEAM-IAMM)

Jean-Pierre QUENTIN (CG 34)

Mai 2012

Remerciements

Avant tout développement sur cette expérience professionnelle, il paraît opportun de commencer ce rapport de stage par des remerciements, à ceux qui m'ont beaucoup appris au cours de ce stage, et même à ceux qui ont eu la gentillesse de faire de ce stage un moment très profitable.

Je citerai, Martin JEAN-BATISTE, Jean Pierre QUENTIN, Marie Josée ANDRÉ.

Aussi, je remercie Mme PADILLA Martine, ma maîtresse de stage qui m'a formé et accompagné tout au long de cette expérience professionnelle avec beaucoup d'agréabilité et de pédagogie.

Enfin je remercie toute personne ayant contribué de près et de loin au bon déroulement du stage.

INTRODUCTION.....	09
I / Présentation détaillée du projet	
1.1 Contexte.....	10
1.2 objectifs de l'étude.....	18
1.3 déroulement de l'étude.....	18
II / Définition des systèmes et principe méthodologique	
2.1 Définition de l'unité fonctionnelle.....	20
2.2 Méthodologie générale de l'Analyse de cycle de vie.....	21
2.3 Définition des systèmes étudiés.....	23
2.4 Inventaire des flux.....	27
2.5 Indicateurs d'impacts environnementaux.....	41
III / les différentes filières de traitement de déchets	
IV/ Résultats de l'analyse de cycle de vie (ACV)	
3.1 ACV comparaison des quatre types de barquettes (avec incinération).....	57
3.2 ACV comparaison des quatre types de Barquettes (avec Recyclage).....	77
3.3 comparaison des scénarios de fin de vie.....	82
IV/ partie économique.....	86
CONCLUSION.....	92
Annexes.....	94

Liste des sigles et d'abréviations

- A** **ACV** : Analyse de Cycle de Vie
- ADEME : Agence De l'Environnement et de Maîtrise d'Energie
- AET** : Actions Educatives Territoriales
- Alu** : Aluminium
- APET** : Polyéthylène téréphtalate amorphe
- ARS** : Agence Régionale de Santé
- C** CG34 : Conseil général de l'Hérault
- CRNS** : Commission régionale nutrition santé
- CO: Monoxyde de carbone
- CO2: Dioxide de carbone
- E** EVP : Equivalent vingt pieds
- G** g : gramme
- GES : Gaz à Effet de Serre
- GN1/1 : Gastro Norme
- GRSP** : Groupement régional de santé publique
- H** HACCP: **Hazard Analysis Critical Control Point**
- HCl: **Acide chlorhydrique**
- HQA** : Haute Qualité Alimentaire
- K** kg: kilogramme
- kg 1,4-DB eq**: kg 1,4 dichlorobenzene equivalent
- kg C2H4 eq**: kg ethene equivalent
- Kg CO2 eq**: kg dioxide de carbone equivalent
- kg PO4--- eq**: kg phosphate equivalent
- Kg Sb eq** : kg équivalent Antimoine
- kg SO2 eq**: kg sulfur dioxide equivalent
- M** MDD : marques de distributeurs

N NO_x: oxydes d'azote

P PFC : carbones polyfluorés

PNNS : Plan National Nutrition santé

PP : polypropylène

PPI : Plan Pluriannuel d'Investissement

PRST : Plan régional d'action publique

PS : polystyrène

PSE : polystyrène expansé

PVC : polychlorure de vinyle

S SESSI : Service des Enquêtes Statistiques Sur les Industries

SO₂: dioxyde de soufre

T t : tonne

TOS : Techniciens Ouvriers et de Service

U UF : Unité Fonctionnelle

UIOM : usine d'incinération d'ordures ménagères

UPC : Unité de Production Culinaire

Liste des tableaux

Tableau 1 : inventaire des flux relatif à la Barquette pp.....	28
Tableau 2 : Inventaire des flux de la Barquette en Aluminium.....	31
Tableau 3 : Inventaire des flux pour le Bac Inox.....	34
Tableau 4 : Inventaire des flux de la barquette en Bagasse.....	38
Tableau 5 : indicateurs d'impacts environnementaux considérés.....	42
Tableau 6 : comparaison des résultats des cycles de vies des 4 Barquettes.....	58
Tableau 7 : ACV Barquette pp par étape de vie.....	62
Tableau 8 : ACV Barquette Alu par étape de vie.....	63
Tableau 9 : ACV Bac Inox par étape de vie.....	64
Tableau 10 : ACV Barquette en Bagasse par étape de vie.....	65
Tableau 11 : ACV comparative par étape de vie avec recyclage.....	79
Tableau 12 : ACV Barquette pp par étape de vie avec recyclage.....	80
Tableau 13 : ACV Barquette Alu par étape de vie avec recyclage.....	81
Tableau 14 : ACV Bac Inox par étape de vie avec recyclage.....	82
Tableau 15 : ACV Barquette en Bagasse par étape de vie avec compostage.....	83
Tableau 16 : comparaison fin de vie barquette pp.....	84
Tableau 17 : comparaison fin de vie barquette Alu.....	85
Tableau 18 : comparaison fin de vie Bac Inox.....	86
Tableau 19 : comparaison fin de vie barquette en Bagasse.....	87
Tableau 20 : comparaison entre le coût des quatre types de barquettes.....	88
Tableau 21 : bilan économique théorique pour l'UPC de Lansargues.....	91

Liste des figures

Figure 1 : Répartition des domaines d'utilisation de l'emballage (en % du CA).....	10
Figure 2 : Matériaux utilisés dans l'emballage en 2007 (en % des facturations).....	10
Figure 3 : Tendances du marché des barquettes alimentaires en plastiques en France 2006-2015.....	11
Figure 4 : schéma du développement durable.....	12
Figure 6 : Principe de l'Analyse de Cycle de Vie.....	19
Figure 7 : Etapes de cycle de vie incluses dans la définition du système.....	22
Figure 8 : Etapes de cycle de vie incluses dans la définition du système.....	23
Figure 9 : Etapes de cycle de vie incluses dans la définition du système.....	24
Figure 10 : Etapes de cycle de vie incluses dans la définition du système.....	25
Figure 11 : Fonctionnement de la filière recyclage.....	45
Figure 12 : Contribution de l'épuisement des ressources non renouvelable abiotique aux différents stades de vie de la Barquette Alu.....	66
Figure 13 : Contribution de l'épuisement des ressources non renouvelable abiotique aux différents stades de vie de la Barquette pp.....	69
Figure 14 : Contribution de l'épuisement des ressources non renouvelable abiotique aux différents stades de vie de la Barquette en Bagasse.....	70
Figure 15 : Contribution de l'épuisement des ressources non renouvelable abiotique aux différents stades de vie du Bac Inox.....	70
Figure 16 : Contribution de l'acidification aux différents stades de vie de la Barquette Alu.....	71
Figure 17 : Contribution de l'acidification aux différents stades de vie de la Barquette en Bagasse.....	72
Figure 18 : Contribution de l'Eutrophisation aux différents stades de vie de la Barquette Alu.....	73
Figure 19 : Contribution de l'Eutrophisation aux différents stades de vie de la Barquette en Bagasse.....	74

Figure 20 : Contribution du potentiel du réchauffement climatique aux différents stades de vie de la Barquette Alu.....	75
Figure 21 : Contribution du potentiel du réchauffement climatique aux différents stades de vie de la Barquette pp.....	76
Figure 22 : Contribution de la toxicité humaine aux différents stades de vie de la Barquette Alu.....	76
Figure 23 : Contribution de la toxicité marine aux différents stades de vie de la Barquette Alu.....	78

INTRODUCTION

Les emballages sont au cœur d'une société de consommation où ils remplissent des fonctions multiples- contenir, protéger, transporter, etc....

Logiquement, ils constituent un maillon important de la politique nationale en matière d'environnement. Un des emballages utilisés pour le transport et la distribution des plats cuisinés préparés en cuisines centrales vers les cuisines satellites est la barquette.

En France coexistent les barquettes fabriquées à partir de polypropylène, d'aluminium et d'inox, ainsi que celles fabriquées à partir de cellulose de canne à sucre, qui ne sont pas utilisées mais envisagées à titre expérimental. Outre leur composition, ces barquettes diffèrent par leur masse, leurs dimensions, leur filière amont, leur logistique (notamment leur réutilisation) et leur fin de vie.

Le Conseil Général de l'Hérault CG34 et l'Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier ont souhaité lancer cette étude qui consistait à quantifier l'impact environnemental au moyen d'une Analyse de Cycle de Vie des quatre modèles de barquettes fabriquées à partir de polypropylène, de cellulose de canne à sucre, d'aluminium et d'inox. A travers cette étude les deux organismes souhaitent identifier pour chaque emballage les principaux leviers d'amélioration en termes d'impacts sur l'environnement.

Cette étude commence par un inventaire des flux des différents types de barquettes sujets de notre étude, accompagnée d'une évaluation de leurs avantages et désavantages respectifs, ainsi que de leur impact sur l'environnement.

Ensuite, on mettra l'accent sur les chiffres obtenus, les analysants et les comparants du point de vue de leur impact environnemental et leur coût d'achat.

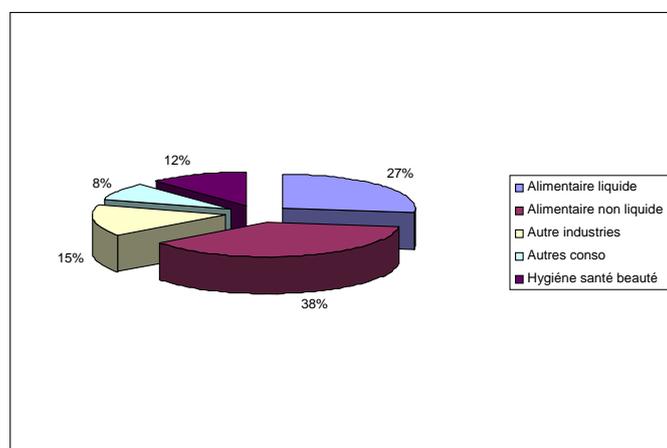
Ce parcours nous permet d'aboutir à une série de conclusions, et sur la base de celles-ci, d'adresser des recommandations.

I : PRESENTATION DU PROJET

I.1 Contexte

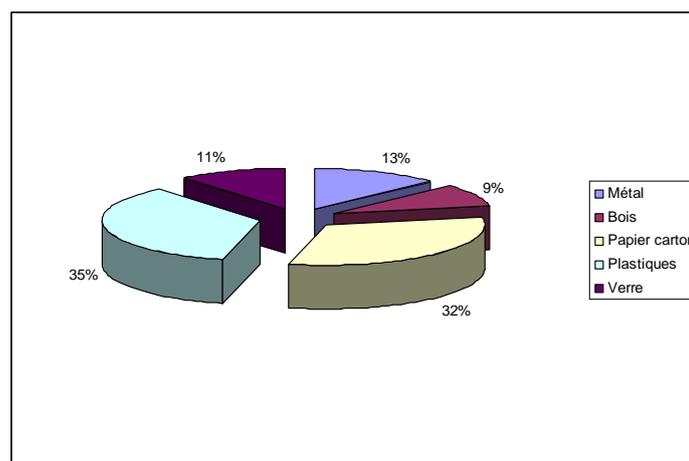
I-1-1 - Un secteur en croissance sur le marché de l'emballage

L'enquête statistique publiée en 2008 par le Ministère de l'économie, de l'industrie et de l'emploi situe l'industrie française de l'emballage au deuxième rang européen en termes de chiffre d'affaires et au quatrième rang des exportateurs mondiaux. Avec un chiffre d'affaires d'environ 20 milliards d'euros, elle représente 3% du total des ventes de l'industrie manufacturière. Le marché de l'emballage plastique génère un chiffre d'affaires d'environ 7 milliards d'euros et le secteur agroalimentaire en est le principal client : 40% du chiffre d'affaires en France et 65% en Europe. Les plastiques et le papier carton sont les matériaux les plus utilisés avec chacun environ 1/3 du marché.



Source : SESSI : www.industrie.gouv.fr/sessi

Figure 1 : Répartition des domaines d'utilisation de l'emballage (en % du CA)



Source : SESSI : www.industrie.gouv.fr/sessi

Figure 2 : Matériaux utilisés dans l'emballage en 2007 (en % des facturations)

En 2009, les barquettes en plastique et en aluminium ont généré 6,54 millions d'euros de chiffre d'affaires soit 3% du marché de l'emballage.

Encore au stade de la recherche, les barquettes en biocomposites, avec une matrice plastique à 80%, contribueront à ce marché, une fois parvenues à maturité.

Le secteur des barquettes alimentaires est en pleine croissance et comporte des enjeux économiques intéressants pour de nouveaux acteurs sur ce marché. En 2007, 6 milliards de barquettes ont été livrées et facturées pour 300 millions d'euros, selon les résultats de l'enquête annuelle de branche du gouvernement. Aujourd'hui, le nombre de barquettes est estimé à 10 milliards d'unités fabriquées par an, en France. Entre 2008 et 2009, le chiffre d'affaires de ce secteur a fait un bond de 15,6%.

Début 2011, le cabinet d'études MSI estime que le marché des barquettes alimentaires en plastique connaîtra une croissance de 14,4% d'ici 2015.

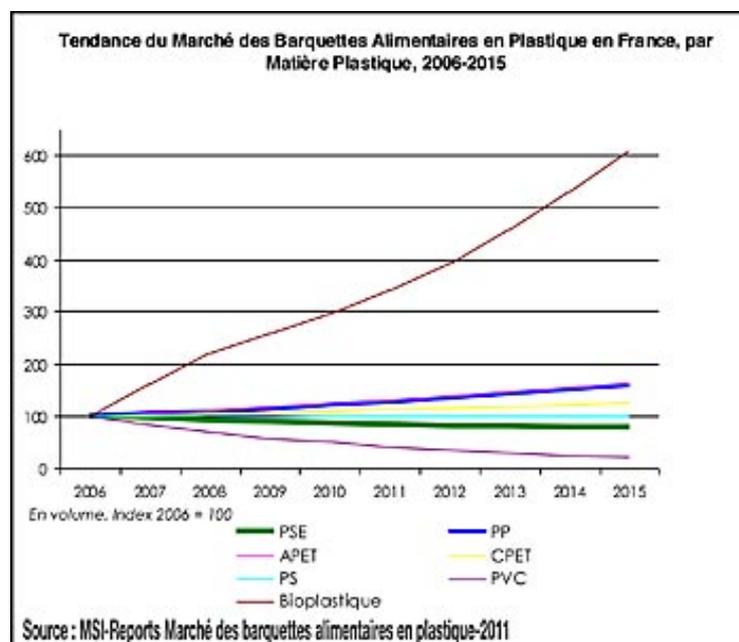


Figure 3 : Tendance du marché des barquettes alimentaires en plastiques en France 2006-2015

Bien que ce secteur soit en pleine expansion, l'évolution sera différente selon le matériau utilisé. Ainsi, l'étude prévoit une diminution des ventes de 8,3% pour les barquettes en polystyrène expansé (PSE) et de 1% pour les barquettes en polystyrène (PS). Les ventes de barquettes en polychlorure de vinyle (PVC), quant à elles, chuteront de 50,8%. En revanche, les barquettes en polypropylène (PP) et en polyéthylène téréphtalate amorphe (APET) connaîtront une hausse des ventes de 24% environ. La croissance la plus spectaculaire revient aux barquettes en bioplastiques avec 80% d'augmentation. Cette expansion peut être freinée en raison des coûts des bioplastiques qui se répercutent sur le prix des barquettes. En revanche, cette croissance peut être tout à fait favorable à l'introduction réelle sur le marché des barquettes en biocomposites.

L'évolution du marché des barquettes est fortement liée aux tendances de la consommation alimentaire : à domicile ou hors domicile, restauration individuelle ou collective. Dans la restauration collective, le développement des barquettes (emballages jetables) a été favorisé par les normes d'hygiène et par leur

adaptation aux techniques de liaison chaude et de liaison froide utilisées dans ce secteur. De même, ce type de conditionnement a su s'adapter aux attentes des consommateurs grâce aux améliorations apportées à sa praticité et à ses formes mais également à ses caractéristiques techniques, notamment ses propriétés barrière. Enfin, l'arrivée des marques de distributeurs (MDD) dans les grandes surfaces favorise le développement des barquettes alimentaires dans le marché de l'emballage.

I-1-2 - Un environnement favorable au développement durable

Le développement durable est le modèle de développement fondé sur la prise en compte des aspects environnementaux généraux globaux et vise à les concilier avec les aspects économiques et sociaux.

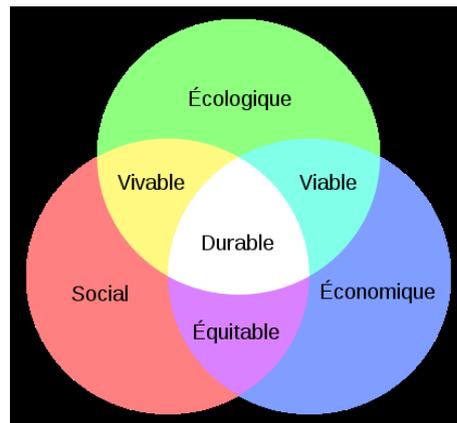


Figure 4 : schéma du développement durable

Selon la définition proposée en **1987** par la **Commission mondiale sur l'environnement et le développement** dans le rapport Brundtland (nom du premier ministre de Norvège), le développement durable est :

« Un développement qui répond aux besoins des générations du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ».

Il inspire différentes initiatives en France, telle le « Grenelle de l'Environnement », lancé à l'initiative du président à l'été 2007 (en référence aux accords de Grenelle signés le 27 mai 1968), afin de définir de nouvelles actions pour assurer le développement durable.

Le développement durable est une préoccupation des collectivités territoriales : Etats, Régions et Communes, il entre aussi dans les stratégies des sociétés industrielles et des acteurs du secteur tertiaire ». (Gérard Granier et al, 2006.)

Le département de l'Hérault contribue au développement durable. En effet, le Conseil général de ce département (**CG34**), tente à travers sa politique **HQA** (Haute Qualité Alimentaire) en faveur de la restauration collective de répondre au :

- Respect de la qualité nutritionnelle, dans le cadre de la politique du **GEMRCN (le Groupement d'étude des marchés en restauration collective et nutrition)**.

- Respect de la méthode HACCP, pour répondre à la qualité sanitaire. c'est justement le développement des normes d'hygiène qui a grandement aidé au développement du conditionnement dans des barquettes à usage unique sur le marché de la restauration collective.

Le CG34 soucieux d'assurer une durabilité dans la gestion des activités culinaires dans ses 4 UPC (bientôt 5), tente de remédier au volume de déchets causés par l'utilisation des barquettes jetables, après une seule utilisation.

De fait, sur le plan environnemental, ces barquettes pas encore recyclées, sont supposées avoir un fort impact, en plus de l'aspect psychologique qu'elles inspirent. En effet, les convives les trouvent trop industrielles (Alarcon B., 2010).

L'objectif du Conseil Général est d'arriver à trouver un type de barquettes apprécié pour la présentation au moment du service dans les cuisines satellites, avec pour autant le respect de l'environnement.

Le principe est donc de comparer les barquettes en polypropylène à usage unique, utilisées dans les quatre UPC avec d'autres types de barquettes à usage unique, à multi usages, et biodégradables. Il apparaît intéressant de comparer ces barquettes avec des barquettes à usage unique mais fabriquées à partir d'un autre matériau, d'où le choix des barquettes en Aluminium, notamment, utilisées dans des UPC d'autres départements Français.

Les bacs en Inox (Acier Inoxydable), traditionnellement utilisés dans quasiment toutes les cuisines centrales, sont de moins en moins utilisés depuis l'émergence d'autres types. Ils posent des questions environnementales, si la consommation d'eau et de produits lessiviels à chaque utilisation n'est pas plus impactante que si on jetait les barquettes ou encore mieux, si on les recyclait.

Des barquettes respectables sur le plan environnemental supposent des barquettes biodégradables. Or, cette filière du biodégradable est peu développée en France. C'est en Chine qu'on fabrique des barquettes biodégradables en valorisant les déchets de la canne à sucre, déchets connus sous le nom de bagasse. Transporter ces barquettes depuis la Chine est-il forcément un désavantage par rapport aux avantages des bacs Inox et Barquettes en polypropylène ?

C'est dans cette optique que s'inscrit notre travail, en évaluant l'impact environnemental de chaque type de barquette par l'outil d'aide à la décision «Analyse de Cycle de Vie ». Quatre types de barquettes sont soumis à cette évaluation : le polypropylène, l'aluminium, l'inox et la canne à sucre.

I.2 Cadre du stage

La commande du Conseil Général

Face aux enjeux écologiques et sociaux et aux défis croissants auxquels est actuellement confrontée notre société, le Conseil Général a choisi d'intégrer concrètement les principes du développement durable dans la politique qu'il conduit dans les collèges sous son autorité. Très impliqué dans cette mise en œuvre, il souhaite l'appliquer dans le domaine de la restauration scolaire, en conservant la maîtrise publique sur cette compétence, compétence nouvelle depuis 2005.

Au travers du pôle éducation et patrimoine, il confie à l'**IAMM** la mission de réaliser une étude sur **l'évaluation de l'impact environnemental des barquettes d'emballage des plats cuisinés.**

I.3 Le programme HQA (Haute Qualité Alimentaire) dans le département de l'Hérault pour les collégiens :

Le programme HQA initié en 2008(Haute Qualité Alimentaire) est une politique adoptée par les conseils généraux pour proposer aux collégiens, une alimentation saine, durable et équilibrée, dont la mise en œuvre tient compte des aspects environnementaux, économiques et sociaux actuels, afin d'éduquer les jeunes au bon goût et faire des collégiens de futur consommateur avisés.

Moyens

Le département de l'Hérault entend affirmer un haut niveau d'exigence en matière de restauration scolaire dans la qualité des repas, notamment en privilégiant une organisation en unité de production culinaire (UPC).

Ce fonctionnement qui doit mieux être connu permet en réalité :

- Une meilleure professionnalisation des équipes ;
- Une maîtrise facilitée des risques d'hygiènes ;
- Un choix et une diversité de la composition des repas plus importants ;
- Une meilleure politique d'achat y compris en termes de développement durable.

Il a été proposé, lors de la réunion du 20 octobre 2008 du Pole Education et Patrimoine du département de l'Hérault, à propos du programme HQA dans la restauration scolaire des collèges, de s'engager à 3 niveaux différents :

- Tout d'abord, d'intervenir dans le cadre des compétences obligatoires, sur la conformité des bâtiments, l'hygiène et la sécurité, le prix des repas, le personnel TOS (Techniciens Ouvriers et de Service).
- Ensuite à partir des actions déjà lancées, le département doit renforcer son engagement dans les domaines de l'accompagnement aux actions éducatives.
- Enfin, de devoir coordonner leur action globale pour être un partenaire actif dans le cadre des politiques publiques tel que le développement durable, la prévention santé et le soutien aux filières agricoles.

Objectifs

Selon le rapport du président à l'assemblée départementale N° AD/201008/C/12, **la HQA doit répondre à sept objectifs spécifiques** dans les collèges, reprenant la globalité de ce domaine complexe et très étendu.

1 – Garantie de la sécurité alimentaire

- **L'adaptation des locaux et des équipements doit permettre fonctionnalité mais aussi respect des règles d'hygiène, à trois niveaux**
 - **Au niveau des UPC**
 - Prise en compte des contrats d'entretien par groupement d'achats.
 - Veille du matériel technique et des techniques de production culinaire.
 - **Au niveau des cuisines de collèges**
 - Suite à un audit en 2008, un Plan Pluriannuel d'Investissement (PPI) sur le matériel a été réalisé prenant en compte les consommations énergétiques.
 - Propositions aux collégiens de constituer un groupement de commandes entretien matériel.
 - La réhabilitation de cuisines, les travaux, les constructions neuves feront l'objet en 2009 d'un PPI avec des propriétés définies
 - **Au niveau des cuisines de restauration :**
 - L'hygiène à l'entrée des salles de restauration par la mise en place de lavabos sera généralisée.
 - L'acoustique, le confort, la maintenance et la propreté des salles feront l'objet d'efforts particuliers.

- **Respect des règles d'hygiène et sécurité alimentaire**
 - Toutes les analyses microbiologiques harmonisées depuis janvier 2008 sont assurées par le laboratoire départemental vétérinaire et sont gratuites pour les établissements.
 - Les contrôles et audits par le laboratoire seront généralisés.
 - La mise en œuvre et le respect du plan de Maitrise Sanitaire dans chaque collège seront la base de cet objectif.
- **La formation des agents de restauration, priorité du plan de formation des TOS**
 - Tous les agents participant à la restauration sont sensibilisés à l'hygiène et la sécurité.
 - La formation des cuisiniers est une formation continue en matière d'hygiène et sera étendue aux domaines de l'équilibre alimentaire et de l'éducation au goût.

B – Equilibre alimentaire et santé des demi-pensionnaires

- **Lutte contre obésité et prévention :**

Même si la santé est une compétence d'Etat, cet objectif est primordial pour le **CG34** compte tenu de leurs engagements en direction des collégiens.

Dans le cadre du Plan National Nutrition santé (**PNNS**) et du Plan régional d'action publique (**PRST**), le **CG34** poursuit son partenariat actif au sein du groupement régional de santé publique (**GRSP**) et de la commission régionale nutrition santé (**CRNS**). Il s'agit d'actions menées en collaboration avec l'ARS (Agence Régionale de Santé)

- **Conseils diététiques dans la confection des repas et autour du repas.**

L'aide de spécialistes comme des diététiciens est indispensable en amont auprès des cuisiniers, mais surtout pour participer à l'animation des actions éducatives sur l'équilibre alimentaire.

C – Amélioration, qualité, aspect, saveur de l'assiette :

- Un effort doit être poursuivi dans toutes les cuisines pour un accompagnement dans le traitement des denrées et de leur présentation ainsi que pour la transformation des produits.
- Une meilleure alimentation et la découverte de nouvelles saveurs dont les produits de proximité feront l'objet d'études spécifiques.
- Des formations conseils en direction des personnels de cuisine si elles sont indispensables, devront aussi s'accompagner d'instructions et de sensibilisation auprès des principaux sur les conditions de restauration (choix, produits.....)

- La mise en place d'une politique d'achat des produits et l'introduction de la qualité qui pourraient être prises en charge directement par le Département seront également le gage d'une commande publique raisonnée.
- Le temps du repas devra également être considéré comme un temps privilégié.

D – Détermination d'un prix du repas convenable et harmonisé :

- Le rapport spécifique sur la tarification en **2009** présenté lors de cette cession, s'attache également à harmoniser les tarifs sur l'ensemble du territoire.
- Il faudra veiller à ce que les priorités définies pour la **HQA** tiennent compte de la réalité du coût du repas, et des conséquences en termes d'augmentation des tarifs.

E – Promotion et transmission des valeurs sur le bien-manger

Dans le cadre des Actions Educatives Territoriales (**AET**), il a été proposé d'identifier une thématique alimentation et de dégager au sein de cette même enveloppe un pourcentage de budget.

Ces actions pourraient porter sur :

- L'éducation au goût ;
- La valorisation du patrimoine culinaire local ;
- L'éducation au respect de l'environnement, le développement durable, les enjeux autour de l'alimentation mondiale et nationale, l'équilibre nord-sud et le commerce équitable.

F – Introduction d'une démarche « environnementale » dans la production des repas

- La gestion des déchets et la collecte sélective font l'objet d'un groupe de travail transversal devant faire l'objet de propositions d'améliorations pluriannuelles.
- La maîtrise des consommations eau et énergie sera suivie au travers des indicateurs de gestion.

G – Soutien à une agriculture respectueuse de l'environnement

Une étude sur l'agriculture respectueuse sur l'environnement lancée par le Département de l'Hérault permettra prochainement d'avoir un état des lieux de la demande et de l'offre de la production agricole dans l'Hérault. Celle-ci permettra de faire des propositions d'intervention.

- Ainsi, un choix de produits déterminant pour les actions futures : produits raisonnés, produits locaux, produits parfois bio, seront proposés aux diverses **UPC** de l'Hérault.
- Des actions ponctuelles pourront être réalisées sur certains produits.

Selon les axes ci-dessus présentés, pour définir globalement le domaine d'intervention de la **HQA** pour les collégiens, plusieurs actions pourront être mobilisées sur les années futures par les divers services du Conseil Général de l'Hérault. Pour cette année l'attention du **CG** est plutôt focalisée sur « **l'évaluation de l'impact écologique des barquettes d'emballages des repas cuisinés** »

Objectif de l'étude :

L'objectif de cette étude est de fournir des informations précises et quantitatives sur les impacts environnementaux générés par des barquettes, type GN1/1 (530 x 325 mm), actuellement utilisées, soit les barquettes en polypropylène, ou susceptibles d'être utilisées à la place de ces barquettes en question.

Ces données seront exploitées pour développer des argumentaires sur les bonnes pratiques de consommation à adopter, dans des scénarios de consommation définis, en vue de réduire les impacts environnementaux de la consommation.

Dans cette perspective, le projet comporte la réalisation d'un bilan environnemental complet de quatre types de barquette, et d'arriver à cerner le type qui respecte le plus l'environnement.

Déroulement de l'étude

L'étude a été organisée en trois phases :

- Une phase de collecte de données sur nos quatre types de Barquettes (Aluminium, Polypropylène, Inox, et en fibre de canne à sucre). Cette phase a compris une importante recherche bibliographique, la recherche des fournisseurs et fabricants, des entretiens téléphoniques de travail avec les fournisseurs, des enquêtes auprès des chefs de production culinaire...
- Une formation sur le logiciel Sima Pro, par le Bureau d'études écoeff « 2 à 20 av. du pdt Salvador Allende MOZINOR 93106 MONTREUIL CEDEX Tél : 01 43 63 17 31 Fax : 01 70 64 67 45 »
- Une phase de réalisation d'une ACV comparative des quatre types de barquettes.

Les Analyses de Cycle de Vie (ACV) comparatives ont été réalisées conformément à la norme ISO 14 044.

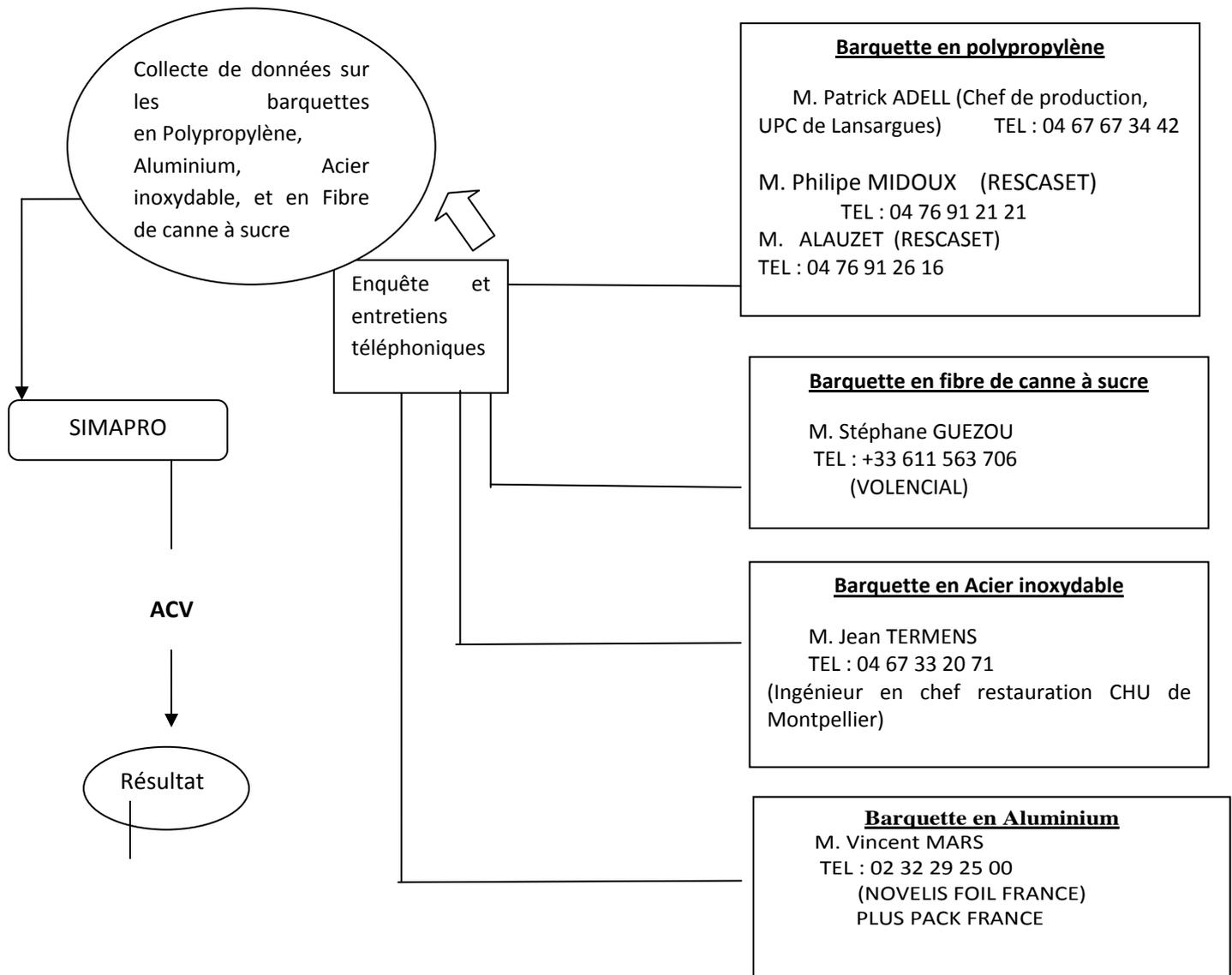


Figure 5 : Schéma représentatif résumant le déroulement de notre étude.

Source : élaboration personnelle

II : L'ANALYSE DE CYCLE DE VIE, DEFINITION DES SYSTEMES ET PRINCIPES METHODOLOGIQUES

L'ACV appliquée aux différents types de Barquettes consiste à quantifier les impacts sur l'environnement de l'ensemble des activités qui leur sont liées : Production des Barquettes y compris le conditionnement, Distribution, Remplissage des Barquettes dans l'Unité de Production Culinaire, l'utilisation dans les cuisines satellites, et la fin de vie

Cette étude propose une analyse comparée des impacts sur l'environnement de quatre types de Barquettes

2.1 Définition de l'unité fonctionnelle

Pour faciliter la comparaison des différents modes de conditionnement des repas préparés dans l'UPC de Lansargues, on introduit une référence commune servant à exprimer le bilan matières et énergies du cycle de vie de chaque système. C'est l'unité fonctionnelle (UF) du bilan environnemental.

Cette unité est la grandeur quantifiant la fonction du système, le service offert, sur la Base de laquelle les scénarios sont comparés.

Selon la norme ISO 14 040 (2006), l'unité fonctionnelle est la « performance quantifiée d'un système de produits destinée à être utilisée comme unité de référence dans une analyse de cycle de vie.

Par conséquent, « l'unité fonctionnelle est la même dans les différents scénarios. C'est une grandeur, définie en cohérence avec les objectifs de l'étude, qui doit être mesurable et additive et n'est donc pas un rapport » (Joliet O. et al, 2010)

Pour une unité fonctionnelle donnée, on mesure pour chaque scénario les flux de référence, c'est-à-dire les quantités de produits nécessaires et achetés pour remplir cette fonction. Ces flux doivent être quantifiés et peuvent varier d'un scénario à un autre sur la base des flux de référence ; il deviendra possible de faire l'inventaire des flux entrants (inputs) et des flux sortants (outputs) du système nécessaires à la réalisation de la fonction (ISO 14 040)

Dans le cadre de cette étude, et en considérant l'usage des 4 types de Barquettes (usage unique : PP, Alu et Fibre de canne à sucre ; usage multiple : Inox) et la contenance de chaque type et afin de définir une unité fonctionnelle qui permette au mieux de comparer le bilan environnemental par rapport au service rendu, l'UF est :

« De servir une portion de 400 g d'aliments pour 150 convives, pendant toute l'année en sachant que la Barquette contient 3 kg d'aliments »

En effet, si la portion servie à un seul convive est de 400 g, 60 000 g seront nécessaires pour 150 convives. La Barquette contient 3 000 g de repas (soit 3 kg), donc il faut 20 barquettes par jour pour servir les 150 convives, soit 2460 barquettes à l'année, c'est à dire pendant 123 jours exceptés les jours de vacances.

« Donc notre UF est : 2 460 Barquettes »

Il est à préciser que ce calcul est valable pour les Barquettes à usage unique, cependant la réflexion est différente pendant la fabrication et le stockage des Bacs Inox, car le nombre de Barquette produit, est pour 10 ans. Donc l'unité de référence est plutôt le nombre de Bacs à utiliser par jour pour 150 convives dans l'UPC et les Cuisines Satellites, ce qui est égal au nombre de Bacs utilisé à l'Année ou encore 10 ans.

Ce nombre déjà calculé, est de 20 Bacs. Par ailleurs, en considérant que les Bacs transitent au cours de la même journée entre l'UPC et les cuisines satellites, le nombre doit être doublé.

Donc, l'UF pour les Bacs Inox pendant la production et le stockage, afin de nourrir 150 convives, chacun 400 g, au moyen des Bacs remplis à 3 kg pendant l'année est de : « **40 Bacs** »

2.2 Méthodologie générale de l'ACV

Au début des années 90, est apparue la nécessité de mettre en œuvre des approches multicritères (consommation de matières et d'énergies, émissions dans l'air et dans l'eau, déchets), prenant en compte l'ensemble des étapes de cycle de vie des produits, de leur fabrication à leur élimination finale en passant par leur phase d'utilisation : ce sont les écobilans.

A leurs débuts, ces approches ont pu être qualifiées d'expérimentales voire partiales (écobilans menés à des fins exclusives de marketing ou de lobby). Par la suite, le développement de la normalisation internationale (famille des normes ISO 14040) a fixé des bases méthodologiques et déontologiques et retenu le terme « Analyse de Cycle de Vie » (ACV) en lieu et place d'« écobilan » (nom d'une société commerciale, française à l'origine). Depuis 1997, les pratiques se sont donc progressivement harmonisées et les résultats sont ainsi devenus plus robustes et fiables tandis que leur communication se faisait d'une manière plus formalisée que celle des premiers écobilans.

Dans le domaine de l'évaluation globale et multicritères des impacts environnementaux, l'ACV est l'outil le plus abouti. Sa pratique et sa diffusion actuelle contribuent à en faire un instrument de plus en plus performant et reconnu. Il peut être utilisé au sein de démarches de développement durable, notamment celles orientées sur les produits. Néanmoins, il ne traite que la dimension environnementale (voire, dans certains rares cas, la dimension économique) et non celle de l'axe social ou sociétal du développement durable. (ADEME, 2005)

L'ACV appliquée aux barquettes des plats cuisinés consiste à quantifier les impacts sur l'environnement de l'ensemble des activités qui leur sont associées : production de matière première, le processus de fabrication des barquettes et mise sous emballage, Transports, Distribution, Utilisation et fin de vie, soit « du Berceau à la tombe ». L'Analyse de Cycle de Vie est une méthode normalisée (ISO 14 044) qui permet d'évaluer les effets quantifiables sur l'environnement d'un service ou d'un produit depuis l'extraction des matériaux nécessaires à son élaboration jusqu'aux filières de fin de vie.

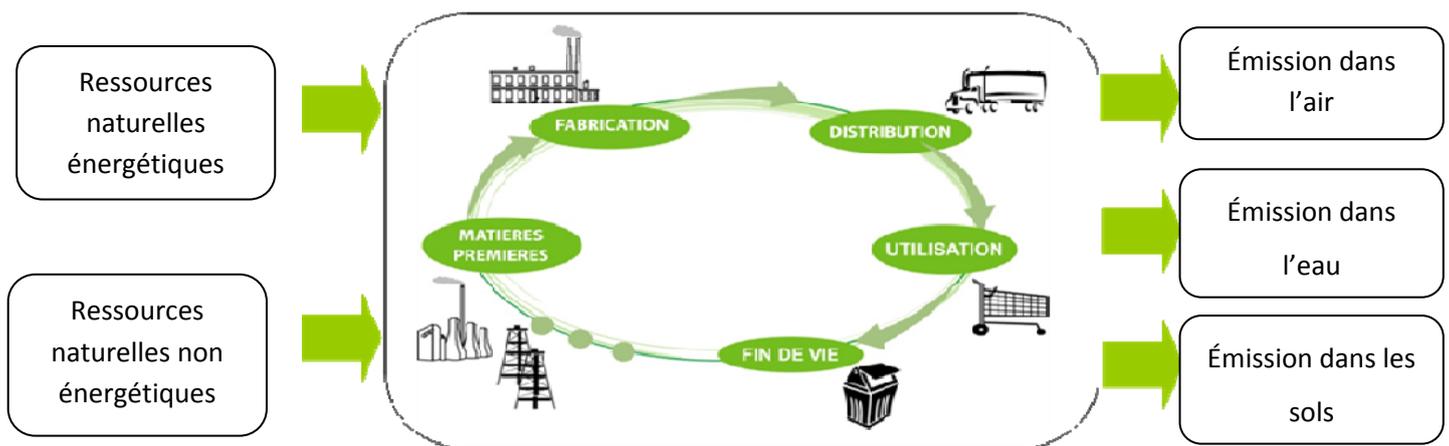


Figure 6 : Principe de l'Analyse de Cycle de Vie.

Source : ADEME, 2005

La méthode consiste à réaliser des bilans exhaustifs de consommation de ressources naturelles, d'énergies et d'émissions dans l'environnement (rejet air, eau, sols, déchets) de l'ensemble des processus étudiés. Les flux de matières et d'énergie prélevés et rejetés dans l'environnement à chacune des étapes sont ensuite agrégés pour quantifier les indicateurs d'impacts environnementaux.

L'avantage de l'approche ACV est qu'elle permet de comparer des situations et d'identifier les déplacements de pollution d'un milieu naturel vers un autre, ou bien d'une étape de cycle de vie vers une autre, entre deux situations comparées d'un système. Elle peut donc aider à mieux discerner les arbitrages pertinents lors d'une prise de décision.

L'ACV constitue une approche multicritères : il n'existe pas de note unique environnementale. Les résultats de l'étude sont présents sous la forme de plusieurs indicateurs d'impacts environnementaux :

- Epuisement des ressources non renouvelables
- Réchauffement climatique (100 ans)
- Eutrophisation
- Acidification
- Toxicité humaine
- Ecotoxicité terrestre
- Ecotoxicité marine

L'ADEME considère que le GES, la consommation de l'eau, l'eutrophisation et les Ecotoxicités sont un minimum.

2.3 Définition des systèmes étudiés

2.3.1 Description synthétique des étapes du cycle de vie de la Barquette PP

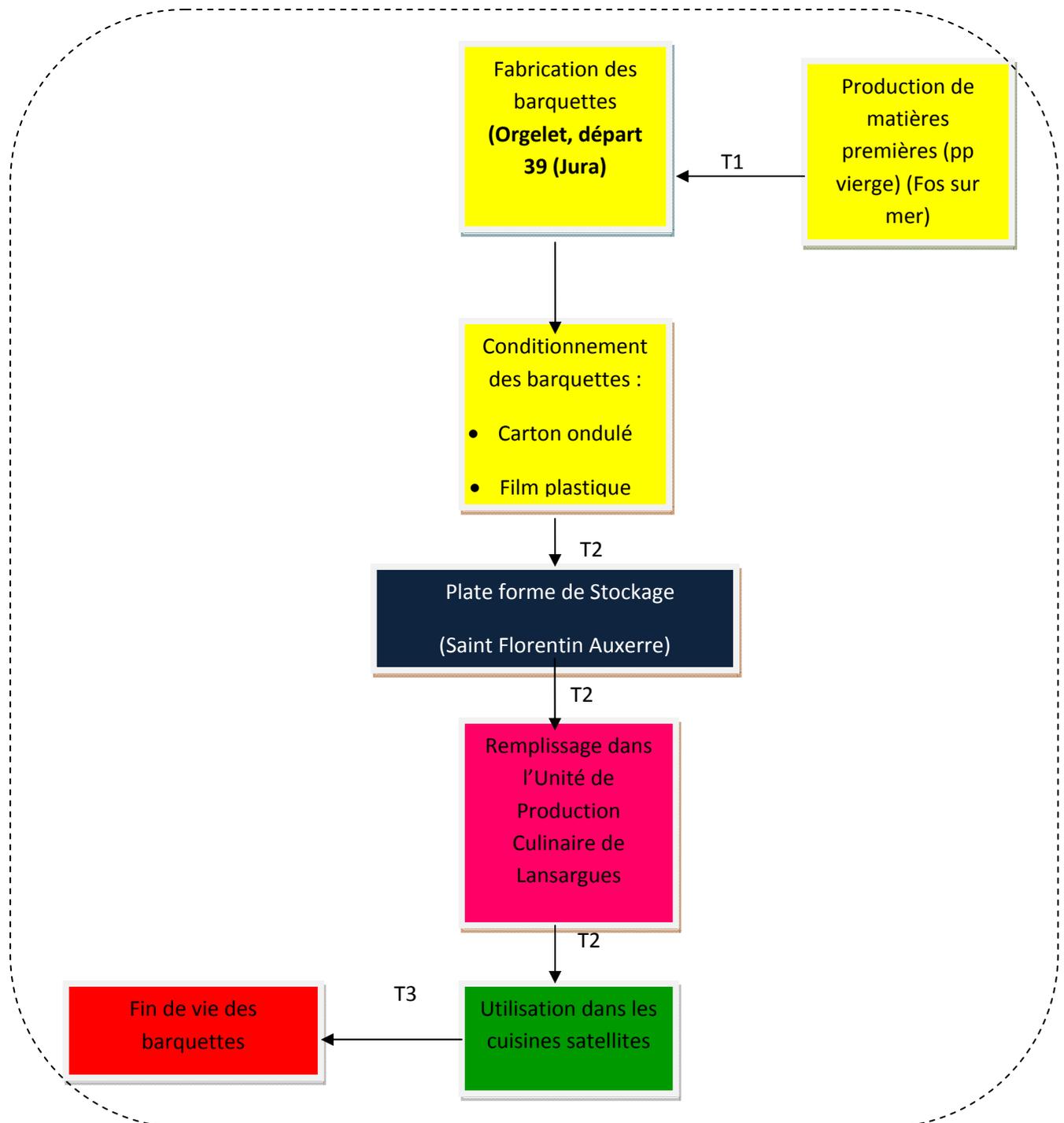


Figure 7 : Etapes de cycle de vie incluses dans la définition du système.

Source : élaboration personnelle

2.3.2 Description synthétique des étapes du cycle de vie de la Barquette Alu

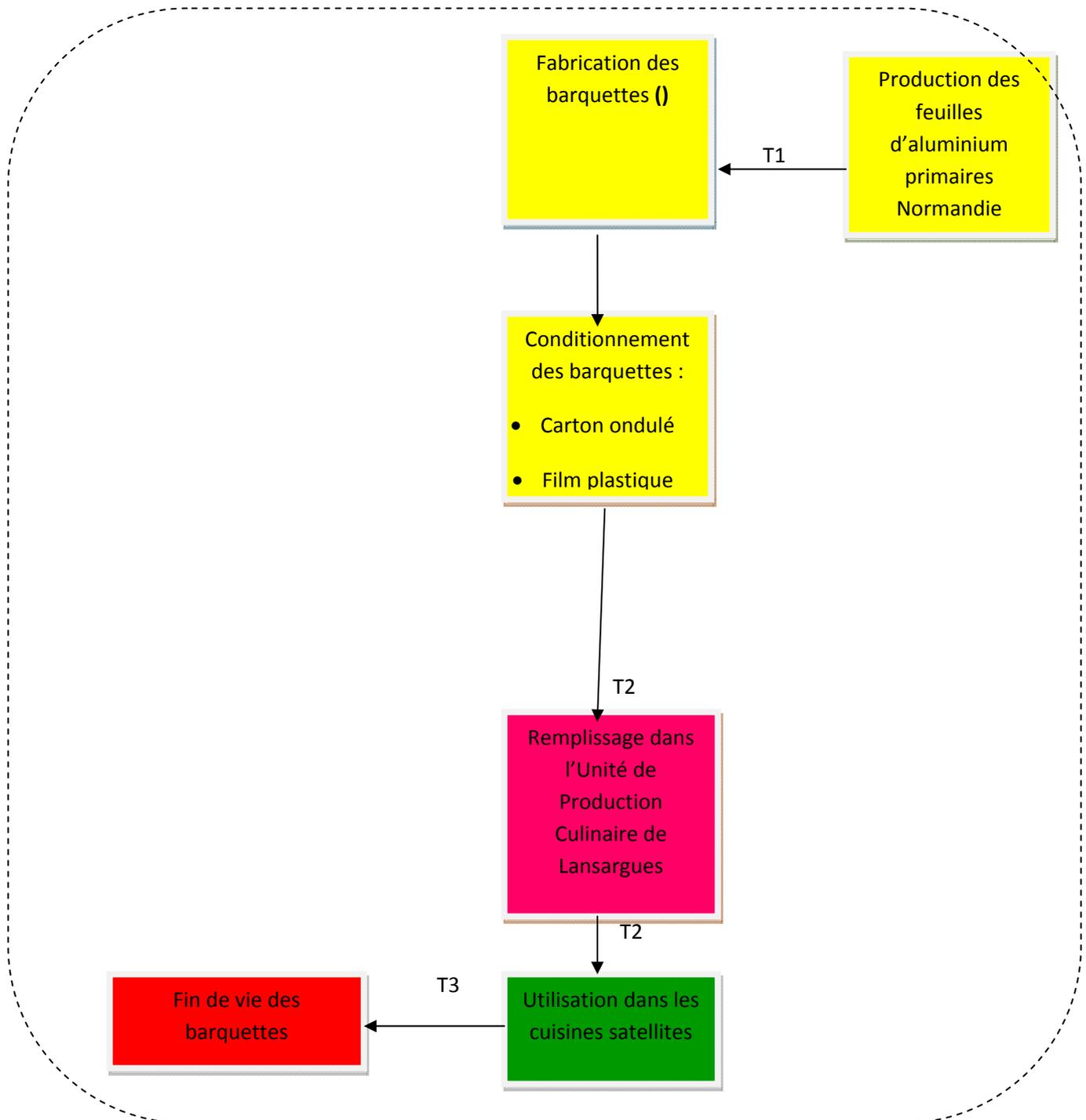


Figure 8 : Etapes de cycle de vie incluses dans la définition du système.

Source : élaboration personnelle

2.3.3 Description synthétique des étapes du cycle de vie du Bac Inox

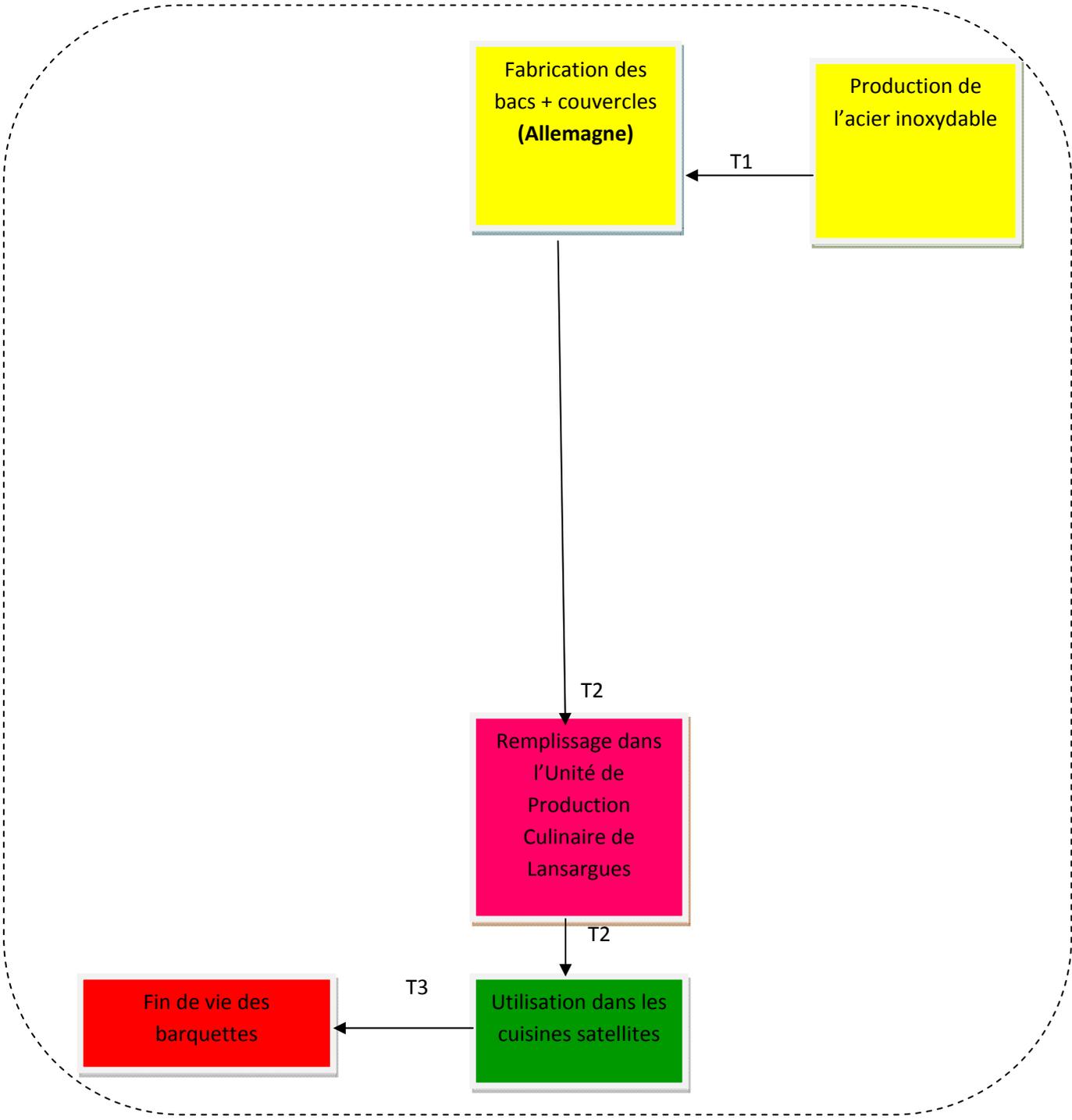


Figure 9 : Etapes de cycle de vie incluses dans la définition du système.

Source : élaboration personnelle

2.3.4 Description synthétique des étapes du cycle de vie de la Barquette en fibre de canne à sucre (Bagasse)

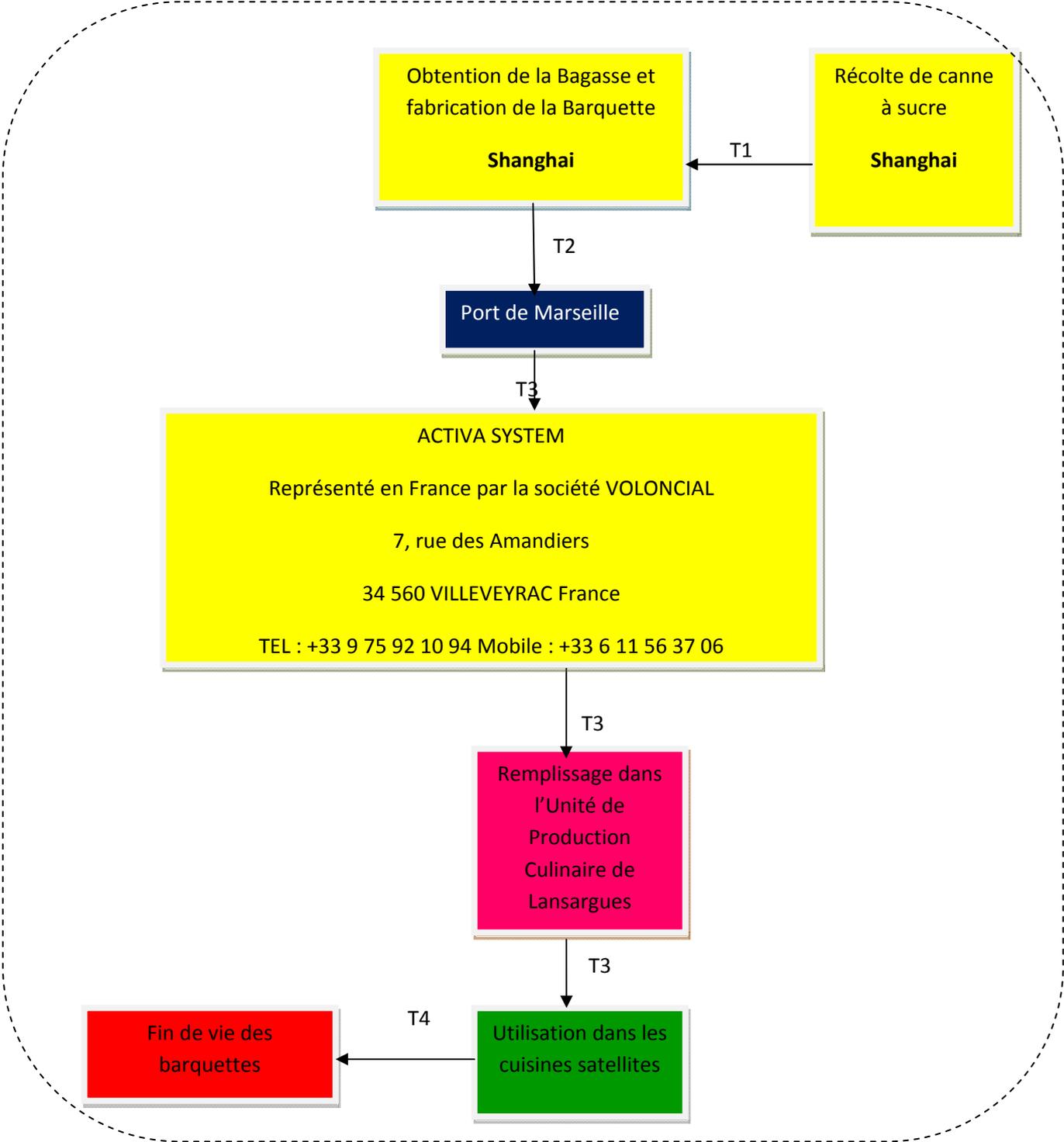


Figure 10 : Etapes de cycle de vie incluses dans la définition du système.

Source : élaboration personnelle

2.4 Inventaire des flux

L'Inventaire du cycle de vie consiste à recenser les flux de matières et d'énergies aux frontières du système d'étude

Il est par définition la description quantitative des flux de matière, d'énergie et de polluant qui traversent les limites du système. Il regroupe donc les quantités de substances émises ainsi que les ressources extraites au cours du cycle de vie du produit ou du service analysé. Deux méthodes de calcul de l'inventaire prévalent actuellement : l'approche processus et l'approche input-output (I/O). par l'approche processus, cet inventaire se calcul en multipliant l'inventaire de production par des facteurs d'émissions ou d'extraction. L'inventaire de production récapitule les flux de références ainsi que les différents flux intermédiaires correspondant aux processus unitaires du système. Il regroupe donc l'ensemble des intrants (quantité de matière et d'énergie consommées) pour le produit ou du service lors des différentes phases de cycle de vie. Les facteurs d'émissions et d'extraction, issus de différentes

bases de données, donnent la quantité de chaque substance émise ou extraite par unité d'intrant utilisé. Les flux élémentaires peuvent parfois être calculés directement à partir du bilan de masse de processus étudié, permettant un contrôle des données utilisées.

Pour l'approche input-output, l'inventaire se calcule en multipliant les dépenses par l'unité fonctionnelle (la demande) par des facteurs d'émission par \$ dépensé. (Joliet o. et al 2010). C'est justement cette approche qui a été utilisée dans notre étude.

Barquette PP

Tableau 1 : inventaire des flux relatif à la Barquette pp

Matériaux/ Processus	Quantité	Unité	Commentaires
CONDITIONNEMENT			
Carton ondulé	0,034	Kg	<ul style="list-style-type: none"> Le poids du carton est de 2 kg. Le nombre de Barquettes en Polypropylène par carton est de 58. Modélisé à partir de « Corrugated board base paper, testliner, at plant/RER U » (Source : Ecoinvent)
Film plastique	0,000919	Kg	<ul style="list-style-type: none"> Le poids du film plastique est de 1.6 kg. Le nombre de Barquettes par palette est de 1740. Modélisé à partir de « Packaging film, LDPE, at plant/RER U » (Source : Ecoinvent)
PRODUCTION			
Granule de pp vierge	191.5	g	<ul style="list-style-type: none"> Le poids de la Barquette pp est de 191.5 g (Source : RESCASET concept) Modélisé à partir de « polypropylene, granulate at plant/RER U » (Source : Ecoinvent)
Processus de fabrication : Moulage par injection	191.5	g	Modélisé à partir de : « Injection moulding / RER U » (Source : Ecoinvent)
Electricité	0,0015	kWh	<ul style="list-style-type: none"> La consommation électrique de l'operculeuse est de 15 kW pour 160 barquettes / min (Source Document AFNOR) Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U » (Source : Ecoinvent)
DISTRIBUTION (TRANSPORT)			
Camion	0,084	Tkm	<ul style="list-style-type: none"> Modélisé à partir de « Transport, lorry 16-32t, EURO 4/RER U ». (Source : Ecoinvent) Il prend en charge le transport des granules de pp vierge : « du lieu de production (Raffinerie de

			pétrole Fos sur mer) – au lieu de fabrication des Barquettes RESCASET concept (Orgelet) Distance : 440 km
Camion	0,067	Km	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Transport, lorry >32t, EURO 4/RER U ». (Source : Ecoinvent) • Il prend en charge le transport des barquettes conditionnées dans les cartons, une fois filmées du : « lieu de fabrication des barquettes (Orgelet) à plate forme de stockage (Saint-florentin Auxerre) Distance : 296 km
Camion	0,138	Km	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Transport, lorry 16-32t, EURO 4 /RER U ». (Source : Ecoinvent) • Il prend en charge le transport des barquettes conditionnées : « de la plate forme de stockage (Saint-florentin Auxerre) – à l’UPC de Lansargues Distance : 611 km
Camion	0.034	Km	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Transport, lorry 16-32t, EURO 4/RER U ». (Source : Ecoinvent) • Il prend en charge le transport des barquettes contenant les repas cuisinés en cuisine centrale (Lansargues) aux cuisines satellites. Distance moyenne : 10.75 km
Camion	0.0023	Km	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Transport, municipal waste collection, lorry 21t/CH U ». (Source : Ecoinvent)
REPLISSAGE UPC			
Electricité	0,0121	kWh	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U » • Représente la quantité d’électricité consommée pendant le stockage des Barquettes achetées, soit 0.1% de la

Electricité	1,6375	kWh	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U » • Représente la quantité d'électricité consommée pendant la cuisson (la puissance du four est de 65.5 kWh)
Electricité	0,24	kWh	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U » • pour calculer la consommation en électricité de la cellule de refroidissement, on a utilisé cette loi: $q = \text{masse} \times \text{chaleurs spécifique des aliments} \times \text{différences de températures à l'entrée et à la sortie}$ $= 5,35 \text{ kg} \times 0,87 \text{ watt (/1000 pour avoir des kW)} \times 53 \text{ °}$
Electricité	0,0015	kWh	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U » la consommation électrique de l'operculeuse est de 15 Wh
CUISINES SATELLITES			
Electricity, medium voltage, at grid/FR U	0,87	kWh	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U » • source document (référentiel) AFNOR, GTN1, la consommation moyenne d'un moyen d'un kilo est de 0,174 kWh, $0,174 \times 3 = 0,87 \text{ kWh}$
Electricity, medium voltage, at grid/FR U	1,226	kWh	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U » • on a la consommation électrique moyenne d'un congélateur qui est de 1,226 kWh

Barquette Alu

Tableau 2 : Inventaire des flux de la Barquette en Aluminium

Matériaux/ Processus	Quantité	Unité	Commentaires
CONDITIONNEMENT			
Carton ondulé	0,02	Kg	<ul style="list-style-type: none"> Le poids du carton est de 2 kg. Le nombre de Barquettes en Aluminium par carton est de 100. Modélisé à partir de « Corrugated board base paper, testliner, at plant/RER U » (Source : Ecoinvent)
Film plastique	0,00134	Kg	<ul style="list-style-type: none"> Le poids du film plastique est de 1.6 kg. Le nombre de Barquettes par palette est de 1200. Modélisé à partir de « Packaging film, LDPE, at plant/RER U » (Source : Ecoinvent)
PRODUCTION			
Aluminium primaire	117	g	<ul style="list-style-type: none"> Le poids de la Barquette Alu est de 117 g (Source : plus pack, réf. : 5353511901) Modélisé à partir de « Aluminium, primary, at plant/RER U » (Source : Ecoinvent)
Processus de fabrication : Emboutissage	117	g	Modélisé à partir de : « Deep drawing, steel, 650 KN press, automode operation/RER U » (Source : Ecoinvent)
Electricité :	0,0015	kWh	<ul style="list-style-type: none"> La consommation électrique de l'operculeuse est de 15 kW pour 160 barquettes / min (Source Document AFNOR) Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U » (Source : Ecoinvent)
DISTRIBUTION (TRANSPORT)			
Camion	0,174	Tkm	<ul style="list-style-type: none"> Modélisé à partir de « Transport, lorry >32t, EURO4/RER U ». (Source : Ecoinvent)

			<ul style="list-style-type: none"> • Il prend en charge le transport des feuilles d'aluminium de « Odense » au « Touvet » Distance : 1495 km
Camion	6.95	Tkm	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Transport, lorry >32t, EURO4/RER U ». (Source : Ecoinvent) • Il prend en charge le transport des barquettes conditionnées dans les cartons, une fois filmées du : « lieu de fabrication des barquettes (Le Touvet) à l'UPC (Lansargues) Distance : 309 km
Camion	0,042	Tkm	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Transport, lorry >16t, fleet average/RER U ». (Source : Ecoinvent) • Il prend en charge le transport des barquettes contenant les repas cuisinés en cuisine centrale (Lansargues) aux cuisines satellites. Distance moyenne : 10.75 km
Camion	0.0014	Tkm	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Transport, municipal waste collection, lorry 21t/CH U ». (Source : Ecoinvent)
REPLISSAGE UPC			
Electricité	0,0121	kWh	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U » • Représente la quantité d'électricité consommée pendant la cuisson en sachant que la puissance du four est de 65.5 kWh.
Electricité	1,6375	kWh	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U » • pour calculer la consommation en électricité de la cellule de refroidissement, on a utilisé cette loi: $q = \text{masse} \times \text{chaleur spécifique des aliments} \times \text{différence de température à l'entrée et à la sortie}$

			= 3 kg x 0,87 watt (/1000 pour avoir des kw) x 53 °
Electricité	0,24	kWh	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U » • La consommation électrique de l'operculeuse est de 15 Wh.
Electricité	0,0015	kWh	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U » • La consommation électrique de l'operculeuse est de 15 Wh.
CUISINES SATELLITE			
Electricity, medium voltage, at grid/FR U	0,522	kWh	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U » • on a la consommation électrique moyenne d'un congélateur qui est de 1,226 kwh,
Electricity, medium voltage, at grid/FR U	1,226	kWh	<ul style="list-style-type: none"> •

Bac Inox

Tableau 3 : Inventaire des flux pour le Bac Inox

Matériaux/ Processus	Quantité	Unité	Commentaires
CONDITIONNEMENT			
Carton ondulé	0,2	Kg	<ul style="list-style-type: none"> Le poids du carton est de 2 kg. Le nombre de Bacs Inox par carton est de 10. Modélisé à partir de « Corrugated board base paper, testliner, at plant/RER U » (Source : Ecoinvent)
PRODUCTION			
Acier Inoxydable	1.16	Kg	<ul style="list-style-type: none"> Le poids du Bac Inox est de 1.16 kg (Source : Manudépot) Modélisé à partir de « chromium steel 18/8, at plant / RER U » (Source : Ecoinvent)
Acier Inoxydable	1	Kg	<ul style="list-style-type: none"> Le poids du couvercle Inox est de 1 kg (Source : Manudépot) Modélisé à partir de « chromium steel 18/8, at plant / RER U » (Source : Ecoinvent)
Processus de fabrication :	2.16	Kg	Modélisé à partir de : « Deep drawing, steel 18/8, at plant / RER U » (Source : Ecoinvent)
DISTRIBUTION (TRANSPORT)			
Camion	2.03	Tkm	<ul style="list-style-type: none"> Modélisé à partir de « Transport, lorry >32t, EURO 4/RER U ». (Source : Ecoinvent) Il prend en charge le transport de l'Inox : « du lieu de production de l'Inox « Allemagne » – au lieu de fabrication

		des Bacs. Distance : 940 km
Camion	0,684	Tkm <ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Transport, lorry 7.5-16t, EURO 4/RER U ». (Source : Ecoinvent) • Il prend en charge le transport des bacs conditionnés dans les cartons, du : « distributeur des Bacs (mysite sas, les pins 38300 st Angrin sur bion) à l'Unité de Production Culinaire de Lansargues Distance : 290 km
Camion	0,055	Tkm <ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Transport, lorry >16t, fleet average /RER U ». (Source : Ecoinvent) • Il prend en charge le transport des bacs contenant les repas cuisinés en cuisine centrale (Lansargues) aux cuisines satellites. Distance moyenne : 10.75 km
Camion	0.023	Tkm <ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Transport, lorry >16t, EURO 4 /RER U ». (Source : Ecoinvent) • Il prend en charge le transport des bacs vides sués des cuisines satellites à l'UPC de Lansargues. Distance moyenne : 10.75 km
Camion	0.0026	Tkm <ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Transport, municipal waste collection, lorry 21t/CH U ». (Source : Ecoinvent) Distance moyenne : 12.2 km

REPLISSAGE UPC		
Electricité	0,0121	kWh <ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U » • Représente la quantité d'électricité consommée pendant le stockage des Barquettes achetées, soit 0.1% de la consommation totale de l'UPC qui est de 121 000 kWh.
Electricité	1,091	kWh <ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U » • Représente la quantité d'électricité consommée pendant la cuisson en sachant que la puissance du four est de 65.5 kWh et le temps de cuisson est de 40 min.
Electricité	0,138	kWh <ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U » • pour calculer la consommation en électricité de la cellule de refroidissement, on a utilisé cette lois: $q = \text{masse} \times \text{chaleur spécifique des aliments} \times \text{différence de température à l'entrée et à la sortie}$ $= 3 \text{ kg} \times 0,87 \text{ watt (/1000 pour avoir des kw)} \times 53^\circ$

CUISINES SATELLITES		
Electricité	0,476	kWh <ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U » • source document (référentiel) AFNOR, GTN1, la consommation moyenne d'un moyen d'un kilo est de 0,174 kWh, $0,174 \times 3 = 0,476$ kWh
Electricité	1,226	kWh <ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U » • on a la consommation électrique moyenne d'un congélateur qui est de 1,226 kWh,
LAVAGE		
Eau	2 kg	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « tap water at user/ RER U » • 14 litres d'eau sont nécessaires pour faire un cycle à laver à la machine, et le cycle est pour 7 Bacs, donc pour un Bac c'est $14/7$ soit 2 litres.
Detergent de nettoyage	0.004 kg	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Sodium metasilicate pentahydrate, 58%, powder, at plant/l
Electricité	0.207 kWh	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U »

Barquette en fibre de canne à sucre (Bagasse)

Tableau 4 : Inventaire des flux de la barquette en Bagasse

Electricité :	0,0015	kWh	<ul style="list-style-type: none"> La consommation électrique de l'operculeuse est de 15 kW pour 160 barquettes / min (Source Document AFNOR)
Matériaux/ Processus	Quantité	Unité	Commentaires
CONDITIONNEMENT			
Carton nodule	0,005	Kg	<ul style="list-style-type: none"> Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U » (Source : Ecoinvent) Le poids du carton est de 2 kg.
Eau	6	Kg	<ul style="list-style-type: none"> Le nombre de Barquettes en Aluminium par carton est de 358. Modélisé à partir de « Corrugated board base paper, testliner, at plant/RER U » (Source : Ecoinvent)
Film plastique	0,00085	Kg	<ul style="list-style-type: none"> Il faut 150 m² d'eau pour avoir une tonne de pâte, pour 40 g il faut 0.006 kg, soit 6 l (ou 6 kg)
DISTRIBUTION (TRANSPORT)			
Bateau	0,659	Tkm	<ul style="list-style-type: none"> Modélisé à partir de « Packaging film, LDPE, at plant/RER U » (Source : Ecoinvent) Modélisé à partir de « Transport, transocéanique freight ship/OCE U » (Source : Ecoinvent)
Acier Inoxydable	0.027	Kg	<ul style="list-style-type: none"> Il prend en charge le transport des barquettes conditionnées dans les containers est de 136 000 cartons après les avoir filmés puis dans un container de 40 pieds depuis Shanghai à Marseille Le poids du container, vide, est de 3700 kg Distance : 9642 km Modélisé à partir de « chromium steel 18/8, at plant / RER U » (Source : Ecoinvent)
Camion	0.0059	Tkm	<ul style="list-style-type: none"> Modélisé à partir de « Transport, lorry >32t, EURO4/RER U ». (Source : Ecoinvent)
PRODUCTION			
Bagasse	40	G	<ul style="list-style-type: none"> Il prend en charge le transport des barquettes conditionnées dans les containers de Le poids de la Barquette Alu est de 40 g (Source : hypothèse PROVONCIAL) Modélisé à partir de « Bagasse, from sugarcane, at sugar refinery/BR U » (Source : Ecoinvent) Marseille - Meyvac (Distributeur) Distance : 145 km
Processus de fabrication	40	G	Modélisé à partir de : « production of carton board boxes, offset printing, at plant » (Source : Ecoinvent)

Camion	0.0017	Tkm	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Transport, lorry >32t, EURO4/RER U ». (Source : Ecoinvent) • Il prend en charge le transport des barquettes conditionnées dans les cartons de : Villeveyrac (Distributeur) – l'UPC de Lansargues Distance : 42 km
Camion	0,032	Tkm	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Transport, lorry >16 t, fleet average /RER U ». (Source : Ecoinvent) • Il prend en charge le transport des barquettes contenant les repas cuisinés en cuisine centrale (Lansargues) aux cuisines satellites. Distance moyenne : 10.75 km
Camion	0.00048	Tkm	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Transport, municipal waste collection, lorry 21t/CH U ». (Source : Ecoinvent)
REPLISSAGE UPC			
Electricité	0,00155	kWh	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U » • Représente la quantité d'électricité consommée pendant le stockage des Barquettes achetées, soit 0.1% de la consommation totale de l'UPC qui est de 121 000 kWh. • Le nombre de barquettes stockées est de 136 000.
Electricité	1,6375	kWh	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U » • Représente la quantité d'électricité consommée pendant la cuisson en sachant que la puissance du four est de 65.5 kWh.
Electricité	0,138	kWh	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U » • pour calculer la consommation en électricité de la cellule de refroidissement, on a utilisé cette loi: $q = \text{masse} \times \text{chaleur spécifique des laiments} \times \text{différence de température}$

			à l'entrée et à la sortie = 3 kg x 0,87 watt (/1000 pour avoir des kw) x 53 °
Electricité	0,0015	kWh	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U » • La consommation électrique de l'operculeuse est de 15 Wh.
CUISINES SATELLITES			
Electricity, medium voltage, at grid/FR U	0,476	kWh	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U » • source document (référentiel) AFNOR, GTN1, la consommation moyenne d'un moyen d'un kilo est de 0,174 kwh, $0,174 \times 3 = 0,476$ kWh
Electricity, medium voltage, at grid/FR U	1,226	kWh	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisé à partir de « Electricity, medium voltage, at grid/FR U » • on a la consommation électrique moyenne d'un congélateur qui est de 1,226 kwh,

2-5 Indicateurs d'impacts environnementaux

Après avoir recensé toutes les données nécessaires concernant le flux des matières et de l'énergie, la deuxième étape de l'ACV consiste à agréger les flux sous formes d'indicateurs d'impacts environnementaux. Pour chaque indicateur, les flux pertinents sont pondérés par des coefficients dits de caractérisations, ceci afin de les ramener à des unités communes. Par exemple, pour l'indicateur de réchauffement climatique, l'unité est le Kg d'équivalent CO₂: le méthane ayant un pouvoir de réchauffement climatique environ 25 fois supérieur au CO₂, le coefficient de caractérisation du méthane est de 25.

Les indicateurs d'impacts environnementaux quantifiés sélectionnés dans le cadre de cette étude, sont représentés par le tableau 5 ci-dessous.

« Les facteurs de caractérisation utilisés pour quantifier chaque indicateur proviennent de CML (Université de Leiden), 2006. Ils sont considérés comme les plus consensuels par la communauté internationale des experts en ACV. »

Tableau 5 : indicateurs d'impacts environnementaux considérés

Thèmes	Indicateurs d'impacts Potentiels	Unités	Robustesse
Consommation des ressources	Epuisement des ressources non renouvelables abiotiques	Kg Sb éq	+
Bilan effet de serre	Potentiel du réchauffement climatique	Kg eq. CO ₂	+++
Pollution de l'air	- Acidification de l'air	Kg eq. SO ₂ Kg eq. C ₂ H ₄	++ +
	- Oxydation photochimique - Déplétion de la couche d'ozone	Kg eq. CFC-11	?
Pollution de l'eau	- Eutrophication	Kg eq. PO ₄ ³⁻	++
Risque toxique	- Toxicité humaine		
	- Ecotoxicité	Kg eq. 1-4-	???

	aquatique de l'eau douce - Ecotoxicité terrestre - Ecotoxicité marine	dichlorobenzene	
--	---	-----------------	--

Source: N. Boeling & D. Veuillet, 2005

2-5-1 Descriptions des indicateurs

✓ Consommation de ressources

- **Epuisement des ressources non renouvelables abiotiques** : Cet indicateur concerne l'extraction de ressources naturelles abiotiques (où il ne peut y avoir la vie) considérées comme non renouvelables, c'est-à-dire consommées à un rythme supérieur à celui de leur élaboration naturelle. L'indicateur est exprimé en kilogrammes équivalents d'antimoine (kg eq Sb).

✓ Bilan effet de serre

- **Potentiel de réchauffement climatique (horizon 100 ans)** : Cet indicateur caractérise l'augmentation de la concentration atmosphérique moyenne en substances d'origine anthropique telles que le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), ou le protoxyde d'azote (N₂O). Ces émissions perturbent les équilibres atmosphériques et participent au réchauffement climatique. L'unité retenue est le kg éq. CO₂.

✓ Pollution de l'air

- **Acidification de l'air** : Il s'agit de l'augmentation de la teneur en substances acidifiantes dans la basse atmosphère, à l'origine des « pluies acides » et notamment du dépérissement de certaines forêts. L'unité retenue pour la contribution d'une substance à l'acidification est l'équivalent SO₂.

- **Pollution photochimique de l'air ou oxydation photochimique** : La pollution photochimique (ou oxydation photochimique) est un ensemble de phénomènes complexes qui conduisent à la formation d'ozone et d'autres composés oxydants précurseurs dans la basse couche de l'atmosphère (ozone troposphérique). L'ozone formé à ce niveau a des effets néfastes sur la santé humaine et sur les végétaux. L'indicateur est exprimé en équivalent éthylène.

- **Déplétion de la couche d'ozone** : Cet impact potentiel est provoqué par des réactions complexes entre l'ozone stratosphérique et des composés tels que les CFC. L'amenuisement de la couche d'ozone se traduit entre autres par une filtration naturelle des rayonnements ultra-violet moins efficace. L'unité retenue est le kg éq. CFC-11

✓ Pollution de l'eau

- **Eutrophisation des eaux** : L'introduction de nutriments sous forme de composés Phosphatés ou azotés perturbe les écosystèmes en favorisant la prolifération de certaines espèces (micro-algues, plancton,...). Cet effet peut entraîner une baisse de la teneur en oxygène du milieu aquatique ayant ainsi des répercussions importantes sur la faune et la flore aquatique. L'unité retenue est le kg éq. Phosphate (PO4 3-).

- **Risques toxiques**

Ces indicateurs évaluent l'impact sur l'homme et sur différents écosystèmes (terrestre, sédimentaire, aquatique) dû à des composés chimiques toxiques. L'évaluation des catégories d'impact "toxicité et écotoxicité" dans les ACV est un sujet de débat en Europe. L'approche utilisée dans CML est basée sur la méthode USES 2.0 (European Union System for the Evaluation of Substances) qui est aujourd'hui considérée comme l'approche la plus aboutie et la plus reconnue au niveau international pour quantifier ce type d'impacts à partir des données d'inventaires de cycle de vie. USES ne cherche pas à quantifier l'ampleur du dommage (réponse) subi par une cible donnée, mais exprime le risque "toxique" (dose) causé par les émissions, évalué sur une échelle normalisée en ayant pris comme substance de référence le 1,4 dichlorobenzène.

III : FILIERES DE TRAITEMENT DES DECHETS

3.1 LE RECYCLAGE

Le **recyclage** est un procédé de traitement des déchets (déchet industriel ou ordures ménagères) qui permet de réintroduire, dans le cycle de production d'un produit, des matériaux qui composaient un produit similaire arrivé en fin de vie, ou des résidus de fabrication.

3.1.1 Le recyclage du polypropylène

Mono matériaux il se prête au recyclage mécanique. Recyclé, il ne perd pas ses qualités mécaniques : indéchirable, imperméable à l'eau et aux graisses, résistant à la pliure...

Les filières de tri et de récupération du polypropylène ne peuvent se faire qu'au travers d'initiatives privés et locales. Il n'existe pas en France de filières organisées de récupération du polypropylène. Concernant le tri des déchets ménagers, seuls le PEHD et PVC font l'objet d'une récupération.

L'organisation pour la valorisation des déchets différencie les déchets industriels et commerciaux.

- **Les déchets ménagers** : la France s'est engagée depuis 1992 dans un vaste programme de valorisation des déchets. Pour aider les collectivités locales à mettre en place le tri et la valorisation, les pouvoirs publics soutiennent la création de deux sociétés : Eco-Emballage et Adelphe. Elles sont en charge d'organiser, de superviser et d'accompagner le tri des emballages ménagers, du financement des opérations et de la collecte des fonds issus du « point vert »

Les collectivités mettent en place les programmes de valorisation et font appel aux filières de recyclage spécialisées pour chaque matériau d'emballage.

- **Les déchets industriels** : les emballages plastiques usagés des entreprises peuvent être recyclés. Les organismes ECOFUT, ECO PSE et RECYFILM ont été créés par l'industrie des plastiques pour conseiller les entreprises qui souhaitent faire recycler leurs emballages plastiques usagés.

Il n'existe néanmoins pas en France de filière spécifique pour le polypropylène.

L'organisation de la filière recyclage

Pour expliquer le recyclage, nous donnons un exemple concret d'une expérience faite chez un des leaders des Barquettes alimentaire « NutriPack ».

Les barquettes ont été lavées puis regroupées sur un site de collecte par le client (en principe la cuisine centrale). NutriPack s'est chargé du transport vers son usine de Flines-les Râches où les barquettes étaient broyées. Une partie du broyé était vendue en l'état à des injecteurs, l'autre partie était confiée à un recycleur pour être retraitée et régénérée.

Le granulé obtenu est en partie revendu comme compound de qualité, en partie utilisé par NutriPack pour l'injection de pièces **sans contact alimentaire**. NutriPack produit un bac spécifique de transport qui recevra les barquettes vierges au transport aller et les barquettes usagées au transport retour.

Le schéma ci-dessous illustre le fonctionnement de la filière récupération.

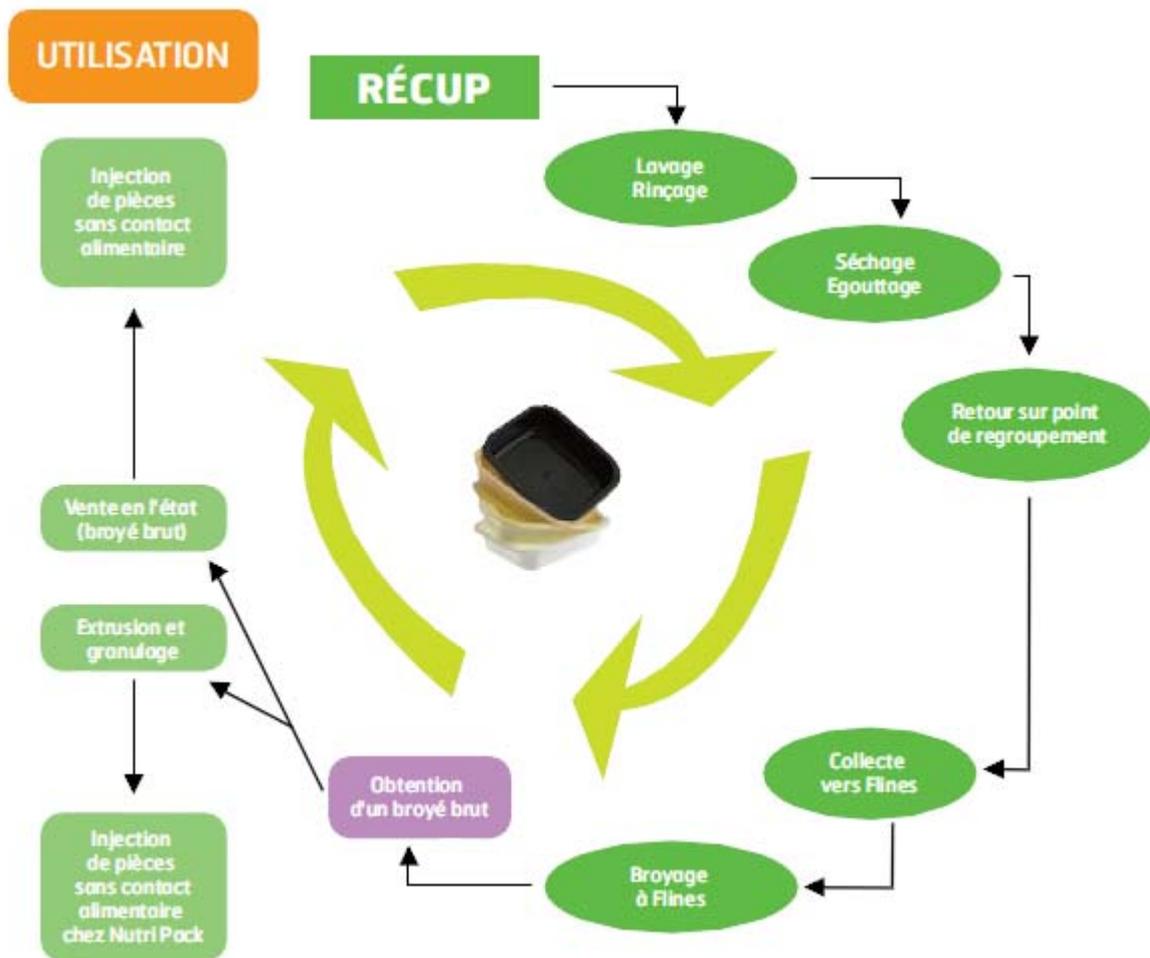


Figure 11 : Fonctionnement de la filière recyclage

Source : NutriPack

Opérations nécessaires

Le tri consiste à enlever

- Les Barquettes qui ont contenu autre chose que les denrées alimentaires Ex : peinture, huile....
- L'usage unique tel que, barquettes PS (transparentes), seaux, pots de yaourt...
- Les barquettes avec des étiquettes.

Le lavage ou rinçage, étape nécessaire car :

- Le plastique ne peut être recyclé que débarrassé de ses impuretés.
- Il n'existe pas de filière de traitement de plastiques contenant des restes alimentaires
- Le transport des barquettes sales est assimilé au transport de déchets avec ses contraintes : déclaration à la préfecture, autorisation de la préfecture, camions spéciaux....

- Les barquettes usagées vont revenir vers la cuisine pour être stockées dans l'attente de la collecte. Le transport dans les camions de livraison ne peut se faire que si les barquettes sont propres pour éviter les croisements sale / propre et des aménagements spécifiques dans les camions.

La qualité de nettoyage requise est la suivante :

- Il ne doit plus y avoir de restes alimentaires visibles dans les barquettes.
- Certains plats laissent des traces sur la matière en particulier les recettes à base de sauce de tomate.
- En fin de lavage, il se peut qu'il reste un film de gras sur les barquettes.

Le séchage ou l'égouttage :

Il ne doit plus y avoir d'eau visible sur les barquettes ou dans les pochons de transport.

Le ramassage sur les offices :

Les Barquettes reviennent généralement vers la cuisine centrale dans les chariots de distribution soit sur les plateaux (retour vaisselle) soit dans des pochons fermés (retour déchets)

Traitement et stockage en cuisine centrale dans l'attente de la collecte :

Une fois collectées, les barquettes doivent être stockées sur la cuisine centrale ou dans tout autre lieu de stockage. Pour ce faire, elles sont :

- Soit remises en caisse plastique spéciale, fournie par NutriPack.
- Soit broyées dans un big-bag.

Le transport vers le recycleur

NutriPack se charge d'organiser la collecte et le recyclage des barquettes.

La périodicité de transport sera définie avec la cuisine centrale.

Toutefois, le nombre minimal de palettes de 30 caisses reprises ne peut être inférieur à 5.

3.1.2 Le recyclage de l'Aluminium

L'aluminium est un métal semi précieux à l'origine, qui se prête parfaitement au recyclage et présente les avantages suivants :

D'abord, il permet d'économiser les ressources naturelles et jusqu'à 95% de l'énergie nécessaire à la fabrication du métal primaire. (www.somergie.fr)

Il possède les mêmes propriétés que le métal de première fusion. De plus, c'est le matériau qui conserve le mieux sa valeur après usage. Comme le verre, il se recycle à l'infini. Aujourd'hui 70 à 80 % des produits sont recyclés grâce au tri préalable par les habitants. L'aluminium est acheminé dans les centres de tri où il est séparé des autres matières. Différents procédés permettent d'y parvenir :

- Le tri par machine à courant de Foucault qui l'extrait par magnétisme ou

- Le tri par détecteur-réjecteur, solution qui s'appuie sur un capteur industriel qui reconnaît l'aluminium quelle que soit la forme.

Conditionné en balles, il part ensuite dans les usines de recyclage où il est d'abord broyé, puis fondu. L'aluminium ainsi recyclé servira principalement dans la fabrication d'alliages pour pièces moulées, dans celle des tôles pour le bâtiment ou l'équipement automobile. Et quand la qualité et la quantité sont suffisantes, l'aluminium servira pour la fabrication de nouveaux emballages. (www.somergie.fr)

3.2 Compostage et biodégradation

3.2.1 Définitions des termes

Les termes biodégradable, compostable et biofragmentable sont largement utilisés comme argument de promotion de matériaux d'emballages à vertus environnementales. Afin d'éviter les confusions, en voici les définitions et caractéristiques auxquelles nous nous référerons dans la présente étude.

3.2.2 Norme NF NE 13432 :2000

Cette norme fait suite à la directive 94/62/CE du 20 décembre 1994, relative aux emballages et déchets d'emballages. Elle dresse les exigences relatives aux emballages valorisables par compostage et biodégradation. La norme NF NE 13432 a été acceptée par décision de la commission du 28 juin 2001 (2001/524/CE), les références de cette norme sont publiées au journal officiel des communautés européennes. Elle est à ce jour l'unique référence en Europe dans le domaine et définit la valorisation par compostage et biodégradation comme suit :

« Sous l'action de micro-organismes en présence d'oxygène, décomposition d'un composé chimique organique en dioxyde de carbone, eau et sels minéraux, des autres éléments présents (minéralisation) et apparition d'une nouvelle biomasse ; en l'absence d'oxygène, décomposition en dioxyde de carbone, méthane, sels minéraux et création d'une nouvelle biomasse ».

Il est à noter que « les matériaux et constituants d'emballages d'origine naturelle qui n'ont pas été modifiés par des méthodes chimiques, tels que le bois, la fibre de bois, la fibre de coton, l'amidon, la pâte à papier ou le jute, sont reconnus comme biodégradables sans avoir besoin d'être soumis aux essais prévus par la norme. Ils doivent cependant être caractérisés chimiquement (identification des constituants, teneur en métaux lourds, en carbone organique, en solides secs, en solides volatiles...) et être conformes aux critères de désintégration et de qualité du compost ». La cellulose vierge est d'ailleurs utilisée comme matériau témoin lors des tests. Si nous pouvons considérer les emballages papiers et carton comme biodégradables et compostables, les encres et colles utilisées doivent également répondre aux exigences de la norme.

Afin de répondre à des contraintes mécaniques, un emballage peut être décliné sous plusieurs épaisseurs.

Dans le cadre d'une évaluation de compostabilité ou de biodégradabilité d'un matériau d'une épaisseur X, il ne sera pas nécessaire de réaliser l'ensemble des tests demandés si ce même matériau d'une

épaisseur supérieure à X a déjà été certifié biodégradable ou compostable, ce qui tend à réduire les coûts de certification.

3.2.3 Biodégradable

Afin de qualifier un matériau d'emballage biodégradable, la norme prévoit la réalisation de tests dont les conditions et les résultats sont décrits ci-dessous.

Conditions physiques et facteur temps :

- Tests réalisés dans un milieu (eau douce, eau salée, sol).
- Période de test de 6 mois maximum.

Résultats physiques et effets sur le milieu :

- La masse de départ du matériau doit être dégradée à 90%
 - les résidus doivent donc représenter 10% max de la masse de départ du matériau testé.
 - taille des résidus non considérés (pas de tests de désintégration).
- Le résultat de la biodégradation ne doit pas présenter d'effets écotoxiques sur le milieu.

3.2.4 Compostable

Afin de qualifier un matériau d'emballage compostable, la norme prévoit la réalisation de tests dont les conditions et les résultats sont décrits ci-dessous.

Conditions physiques et facteur temps :

- Tests réalisés dans un composteur industriel (en andain ou en tas).
- Période test de 12 semaines maximum.

Résultats physiques et effets sur le compost :

- Les résidus doivent représenter 10% maximum de la masse de départ du matériau testé.
- La taille des résidus doit être inférieure à 2 mm (désintégration).⁹
- L'absence d'effets négatifs sur le processus de compostage.
- Le résultat du compostage ne doit pas présenter d'effets écotoxiques sur le compost.

Les tests de compostabilité sont réalisés par comparaison avec un compost témoin dont les caractéristiques sont (**source : Organic Waste System, Belgique**) :

- Compost issu de matières organiques.
- 40 à 60% d'humidité.

- 60°C pendant une semaine.
- 45°C pendant un mois.
- La matière testée doit représenter 10% la masse du compost.

Il n'existe en France aucune infrastructure en mesure de composter des volumes importants de barquettes fermentiscibles. (**Emballages magazine-dossier Bioplastiques-Mai 2007-n°839**)

Labels Européen

La norme NF NE 13432 stipule que « l'emballage destiné à entrer dans le flux des déchets biologiques doit être identifiable par l'utilisateur final ». Deux organismes proposent des labels européens conformes aux exigences de la norme :

Din Certco (Allemagne) : Label : Compostable



- AIB Vinçotte (Belgique) : Labels Ok Biodégradable, Ok Compostable, Ok Compost Home (pour un compostage individuel)



Le label de Din Certco est principalement utilisé par les producteurs et utilisateurs d'emballages compostables diffusés sur l'Europe entière. Les labels de AIB Vinçotte bénéficient quant à eux d'une notoriété plus importante auprès du grand public, des industriels et des enseignes de distribution belges. Plusieurs produits et emballages commercialisés en France portent l'un de ces labels, mais l'absence de communication ne permet pas aux consommateurs d'en comprendre correctement le sens.

Entre 15.000 et 20.000 € sont nécessaires pour réaliser les procédures complètes de labellisation d'un emballage. Les tests sont réalisés en laboratoire. Il en a été recensé trois en Europe qui sont pourvus des équipements nécessaires:

- Organic Waste System, Belgique.
- Agribiotech, Belgique.
- Laboratoire National d'Essai (LNE), France.

Le LNE, avec le soutien du ministère de l'environnement et de l'Ademe, a lancé en 2003 un projet de marquage NF pour l'aptitude au compostage d'emballages. Ce projet n'a pas abouti par insuffisance d'implication de la part des industriels Français de l'emballage. En juin 2004, le réseau Breizpack a relancé ce dossier auprès du LNE, d'industriels et de pouvoirs publics.

L'objectif d'une éventuelle certification NF est de réduire les coûts de certification et de définir un label lisible et identifiable par le public Français. Les déchets d'emballages biodégradables / compostables pourraient ainsi être valorisés dans des filières ad hoc.

Si ces emballages certifiés et identifiables, étaient diffusés en masse sur le territoire Français, une communication d'envergure devrait être diffusée auprès du grand public afin d'éviter une mauvaise interprétation des termes, et ainsi de limiter les actes d'abandon de l'emballage sur le lieu de consommation du produit. La présence d'un label permettrait également aux enseignes de distributions et aux industriels de véhiculer une image environnementale autour de l'emballage, qui pourrait ainsi devenir un critère d'achat pour les consommateurs avertis.

3.3 Incinération

C'est une technique de traitement de déchets au moyen de d'un incinérateur consistant à transformer les ordures ménagères ou industrielles en cendres, appelées « Mâchefers ».

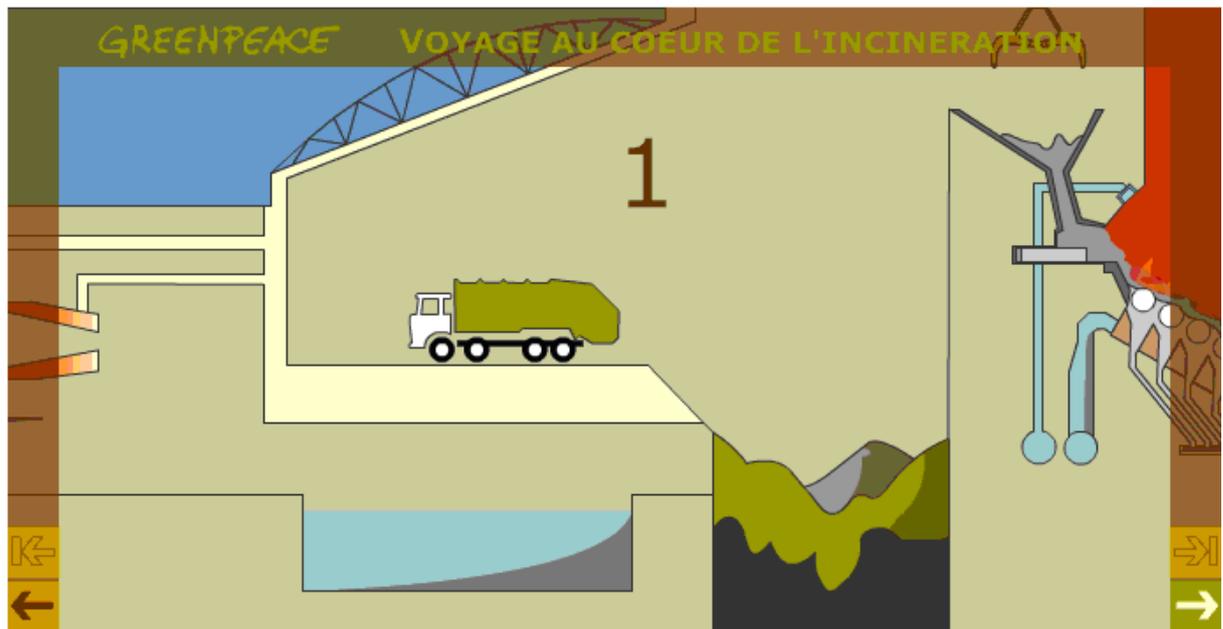
Cette technique s'est développée dans les agglomérations urbaines à partir des années 1960, en l'absence de politique de tri des déchets, compostage et recyclage des matériaux, et en raison d'une offre nouvelle de matériel d'incinération capable de traiter des quantités importantes de déchets, et de la difficulté croissante de trouver des sites de décharge.

En 2009, lorsqu'on parle d'un « incinérateur » ou d'une UIOM (usine d'incinération d'ordures ménagères), cela comprend au minimum un four (lieu de la combustion du déchet), une chaudière (récupération d'énergie) et un traitement des fumées (captation des polluants avant rejet à l'atmosphère). En effet, par loi, il est interdit d'incinérer des déchets sans valoriser l'énergie et les rejets à l'atmosphère sont soumis aux limitations imposées par la directive n° 94/67/CE du 16 décembre 1994, rendue plus stricte depuis 2005. La diversité des techniques est trop importante pour les exposer dans le cadre de cet article, mais les fonctions importantes sont les suivantes :

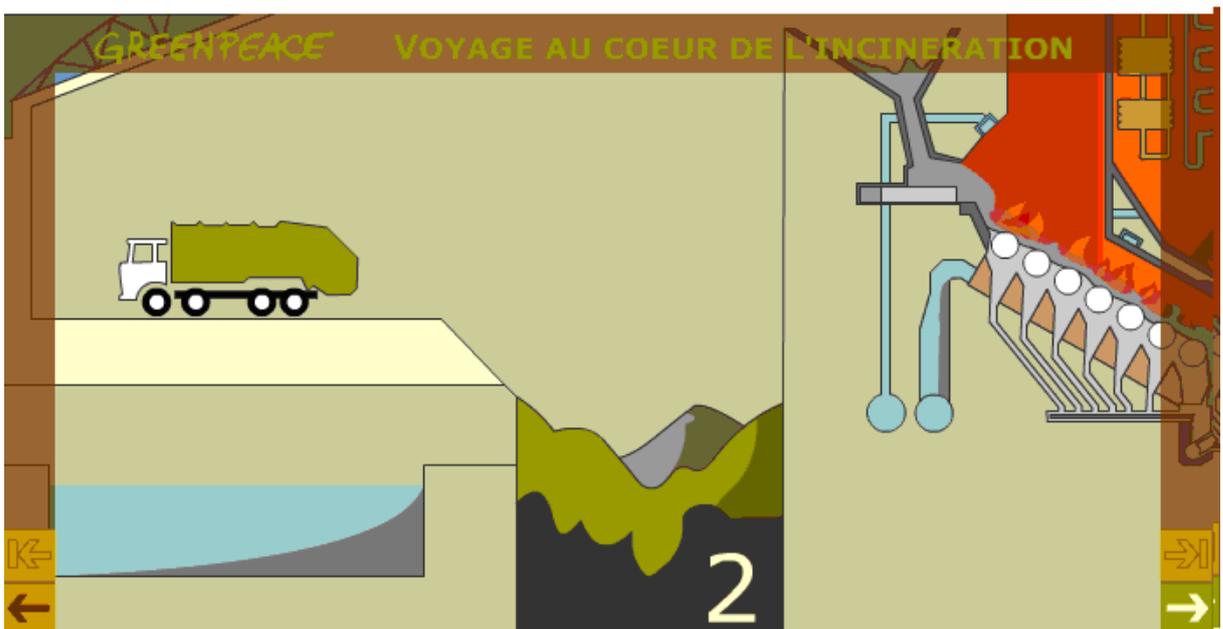
- **Incinération** : la combustion des déchets est auto-alimentée, c'est-à-dire qu'aucun autre combustible n'est nécessaire au maintien de la combustion. Toutefois, un brûleur (alimenté au gaz ou au fioul la plupart du temps) est toujours nécessaire pour assurer trois fonctions :
 1. montée en température jusqu'aux conditions d'incinération (850 °C pendant au moins 2 secondes après la dernière injection d'air) ;
 2. maintien des conditions d'incinération au cas où les déchets seuls ne le permettent pas (rare en France) ;
 3. arrêt du four et descente en température (qui doit être progressive).
- **Récupération d'énergie** : la chaleur des fumées issues de la combustion (température entre 850 °C et 1 000 °C) est transférée à un fluide calo-porteur (en général de l'eau) dans une chaudière. Dans les UIOM, le plus souvent, l'eau est transformée en vapeur et distribuée à un réseau de chaleur (chauffage urbain) et/ou à une turbine pour générer de l'électricité.

- **Traitement des fumées** : différents modes de traitements existent : humide, semi-humide, semi-sec, sec. Le choix du traitement dépend des réactifs disponibles et des technologies souhaitées. Des analyseurs mesurent en continu certains gaz (CO, HCl, SO₂, NO_x...) et permettent le contrôle de la combustion et la régulation du procédé de traitement.

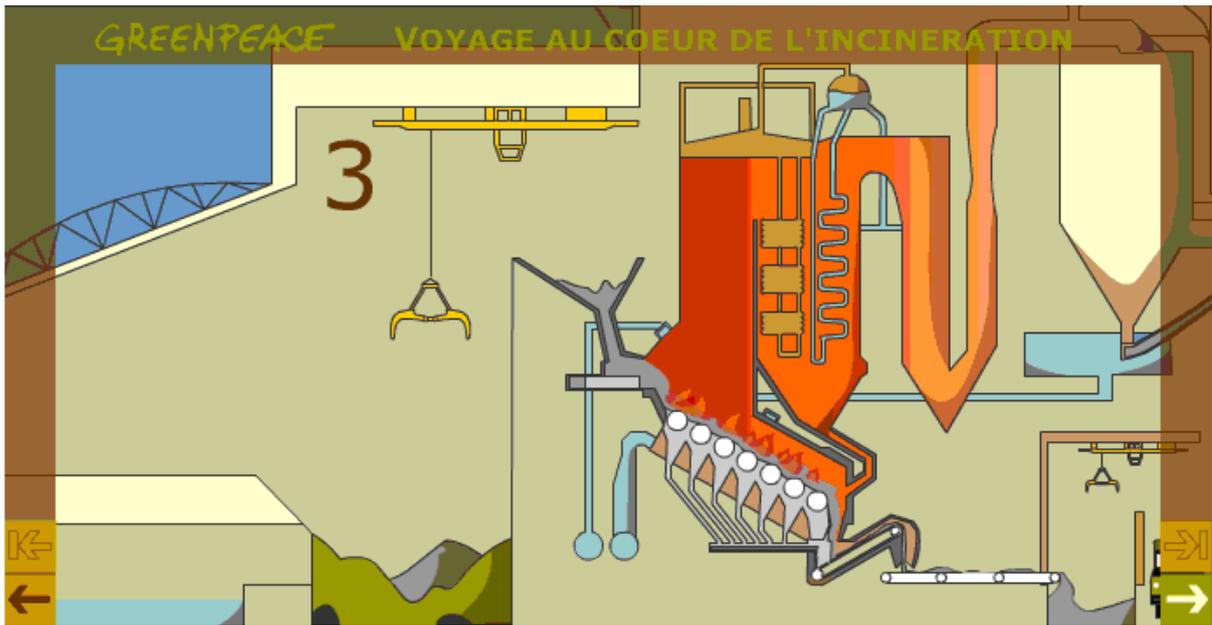
3.3.1 Etapes



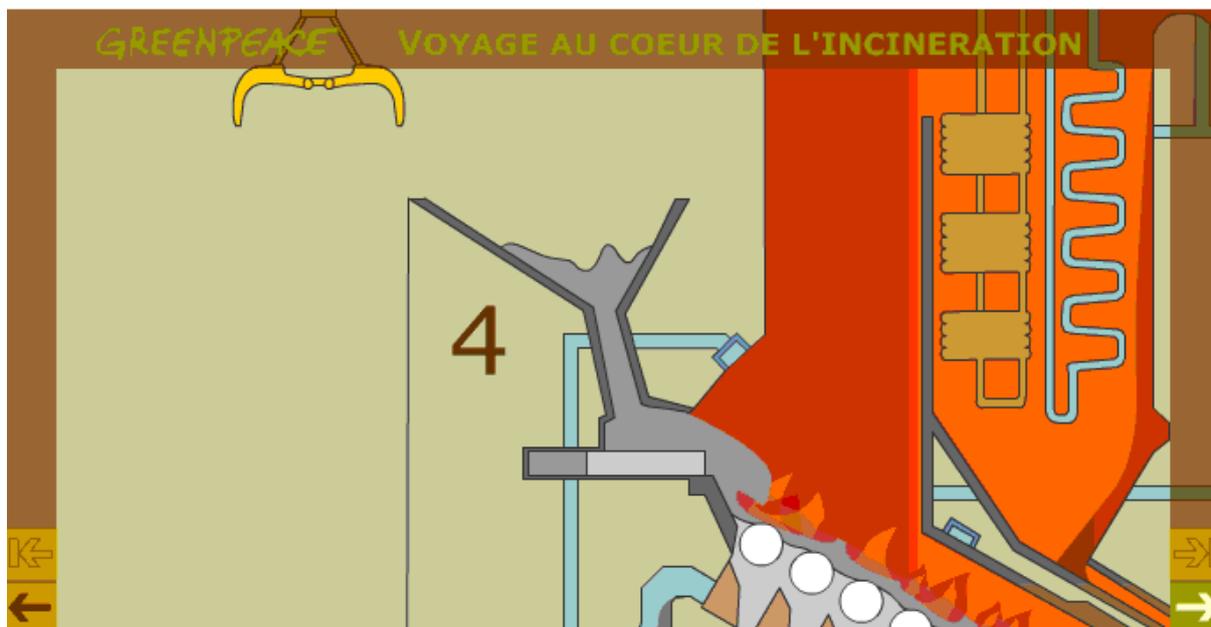
Arrivée des ordures : les déchets ménagers mélangés (c'est-à-dire non-triés) sont collectés, compactés dans les bennes des camions à ordures. On transforme ainsi des matières premières recyclables en une nuisance environnementale malodorante composée de déchets broyés et inutiles. Ceux-ci sont transportés vers l'Incinérateur et déversé dans une gigantesque fosse.



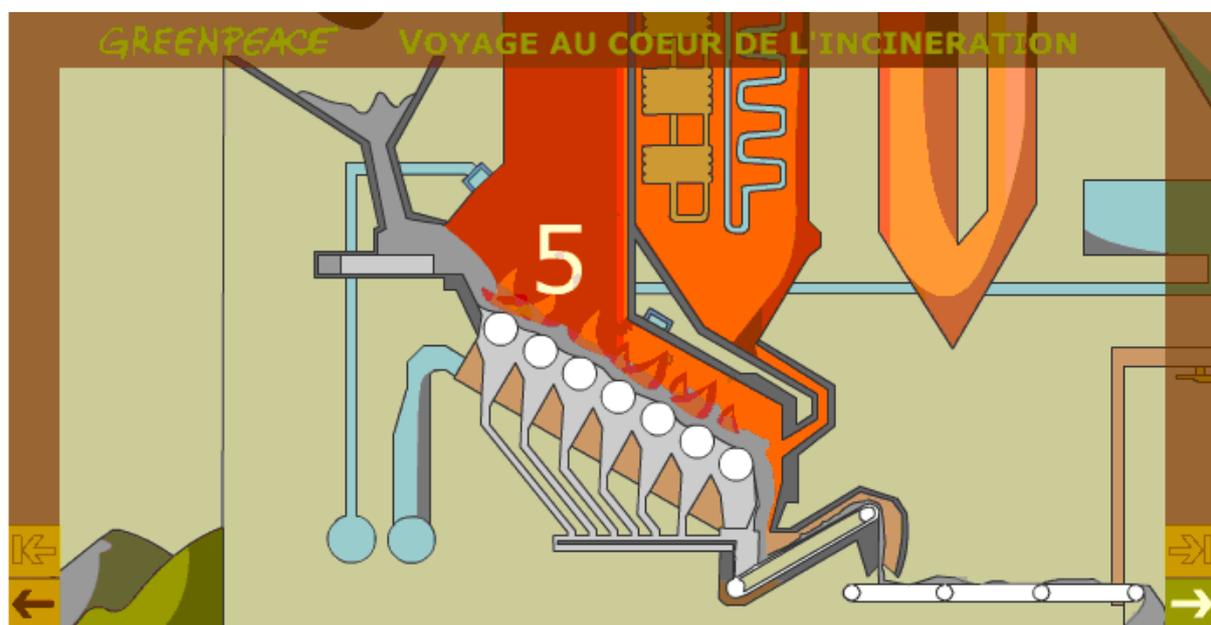
Fosse à déchets : Dedans les déchets alimentaires et d'autres déchets organiques se décomposent ; c'est de cette décomposition que provient l'odeur que l'on peut souvent sentir aux alentours de certains sites d'incinération. Des aérosols biologiques, des microbes et de la poussière sont également générés lors des déversements. Certains déchets peuvent rester au fond de la fosse pendant des semaines. La lixiviation des matières organiques fait sortir des substances dangereuses des produits présents dans les ordures.



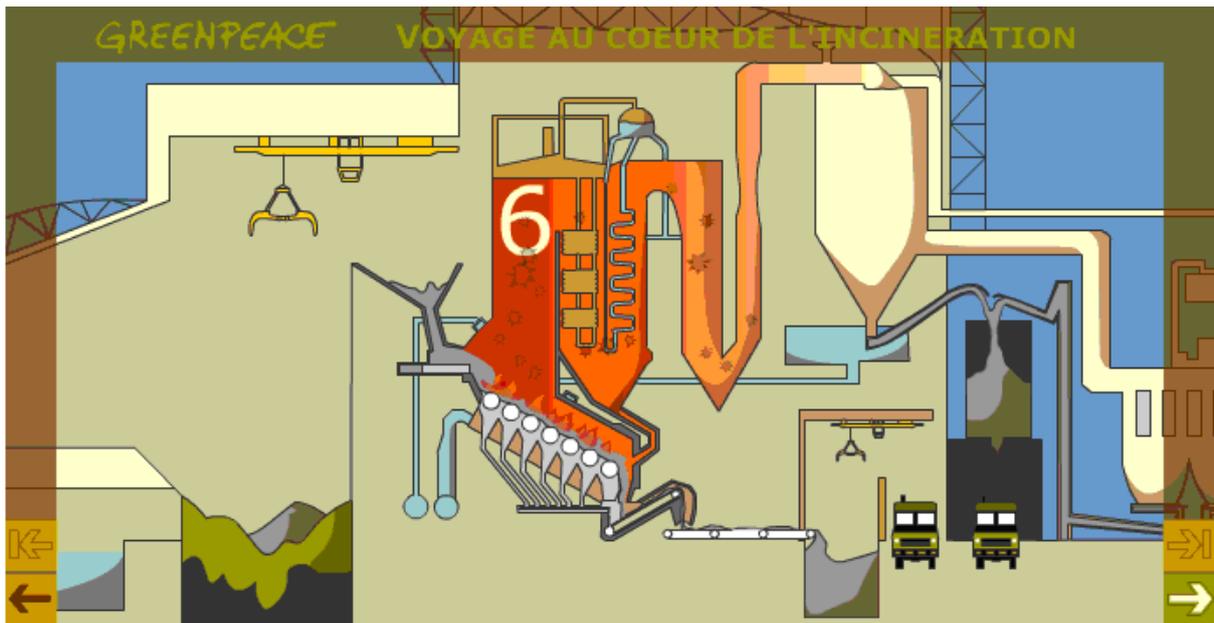
Grues de chargement : de grandes pelles mécaniques ramassent les déchets, qui peuvent contenir du PVC, des bombes aérosol, des équipements électriques et de nombreux autres déchets contenant des substances dangereuses, et les déversent dans la trémie d'alimentation.



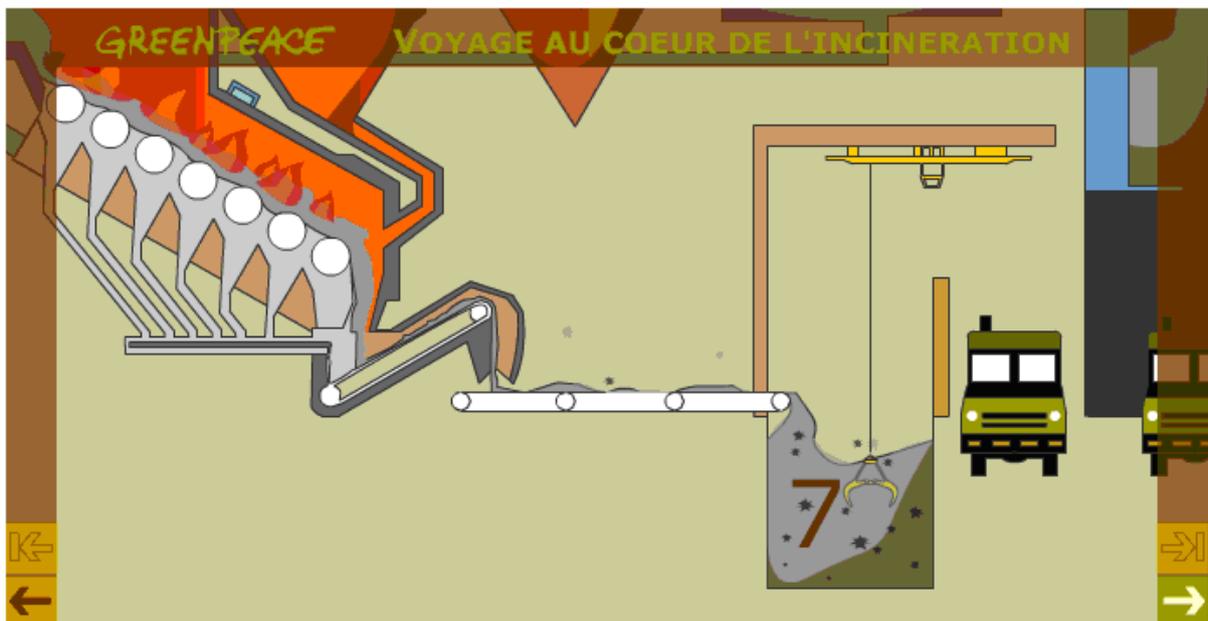
Trémie d'alimentation : elle alimente le fourneau en déchets à un rythme contrôlé sauf quand la trémie s'obstrue ou que les dames (pilons) tombent en panne, ce qui provoque une mauvaise combustion ayant souvent pour résultat des fuites de monoxydes de carbone ;des niveaux de dioxines cancérigènes plus élevés que la normale sont également susceptibles d'être générés à un tel moment, même si cela ne sera pas remarqué puisque les émissions de dioxines ne sont pas mesurées qu'occasionnellement.



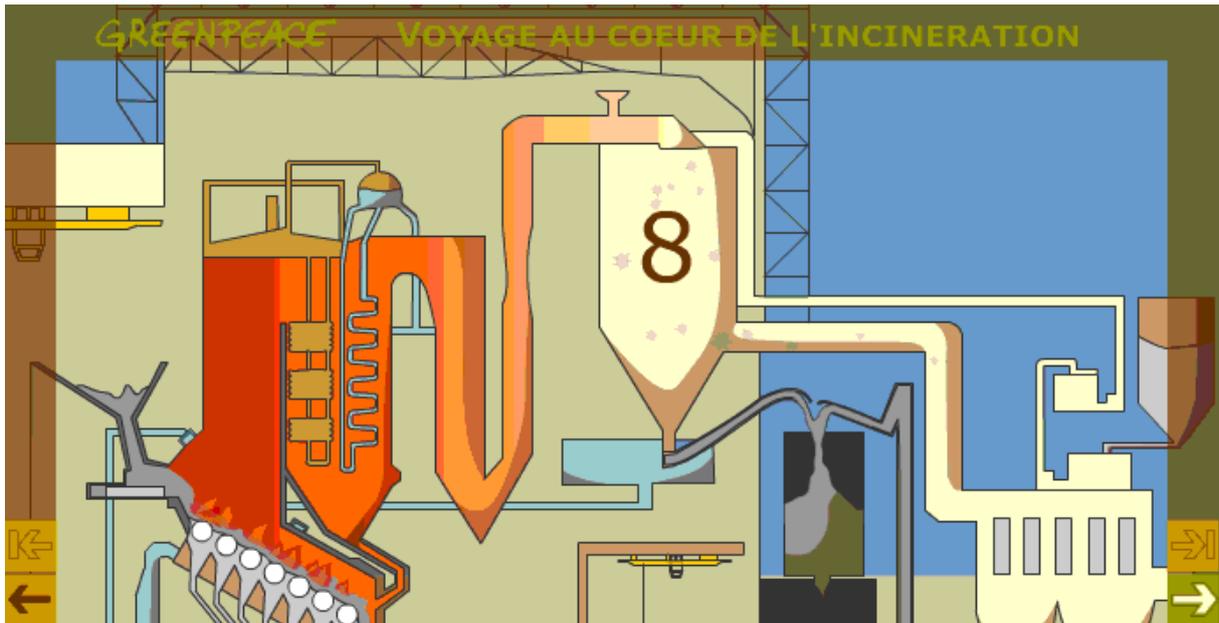
Grille de l'Incinérateur : on a recours à des températures d'au moins 850° pour essayer d'empêcher la formation de gaz polluants. Le choix de cette température est un compromis. Les des températures élevées entraînent la formation de dioxyde d'azote, des températures basses de monoxydes de carbone et de dioxines. En théorie, une température de 850° est censée empêcher la formation de dioxines, ce n'est pas exactement ce qui se passe en réalité...



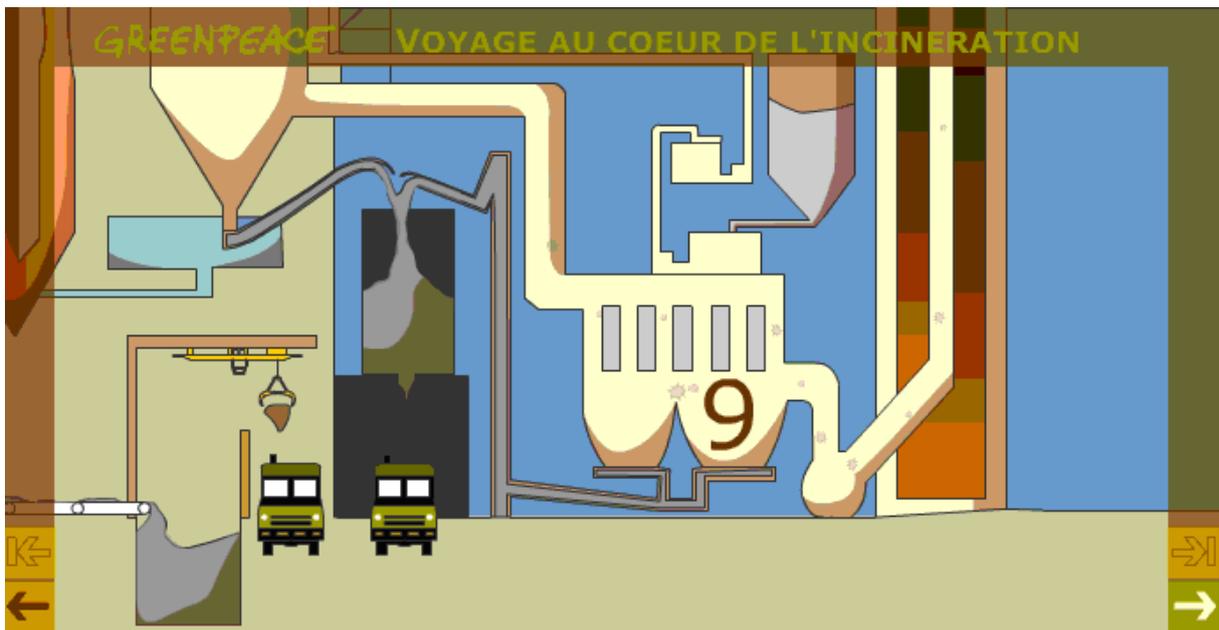
Chaudière : les gaz à haute températures du fourneau sont utilisés pour générer de la vapeur afin de produire de l'électricité ou distribuer de la chaleur.



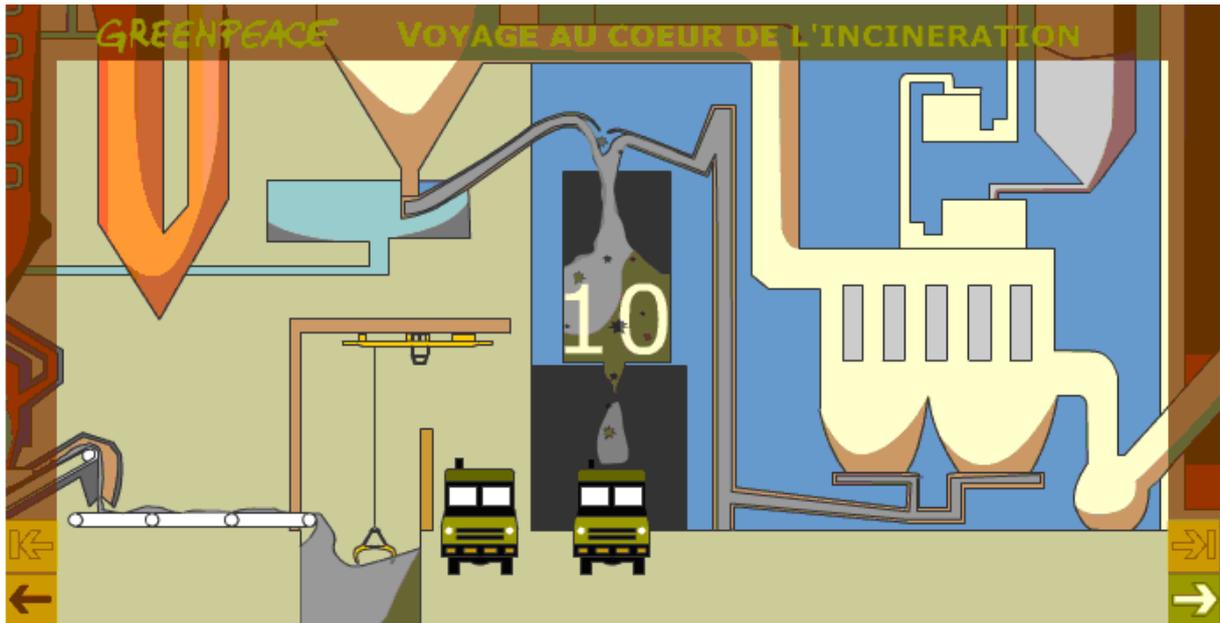
Mâchefers : 30% de ce qui est brûlé se retrouve sous forme de cendres.



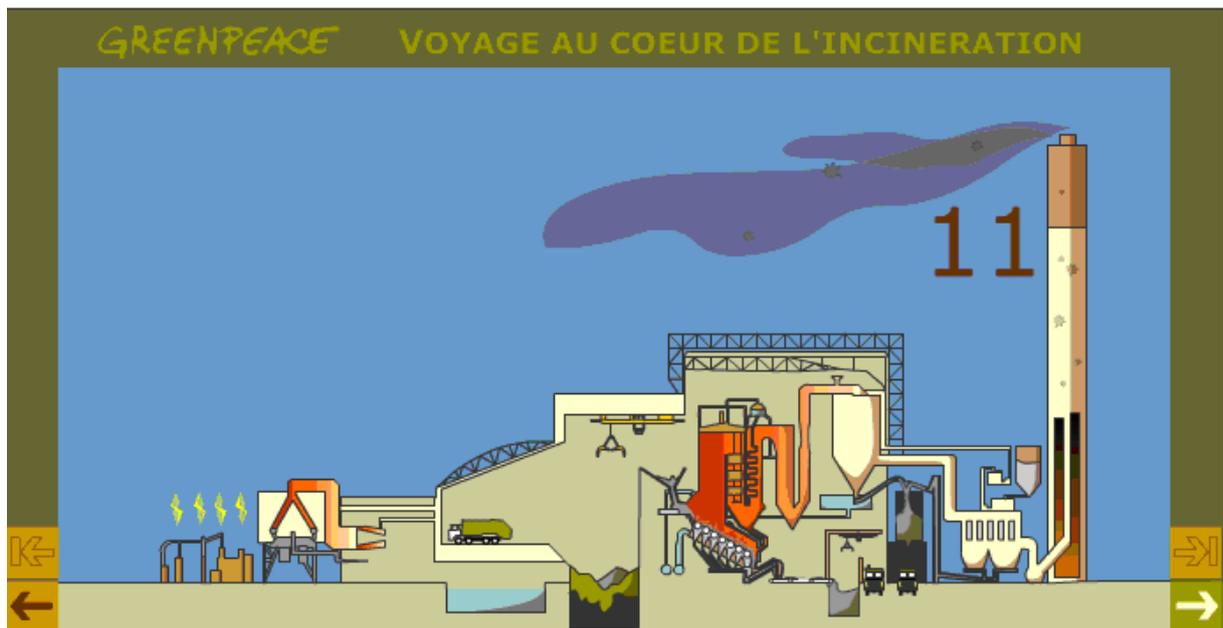
Traitement des effluents gazeux : de la chaux, de l'ammoniac et du carbone activé sont pulvérisés sur les gaz qui passent dans le système de purification ; cela neutralise les gaz acides dans une certaine mesure et permet d'absorber une partie des dioxines.



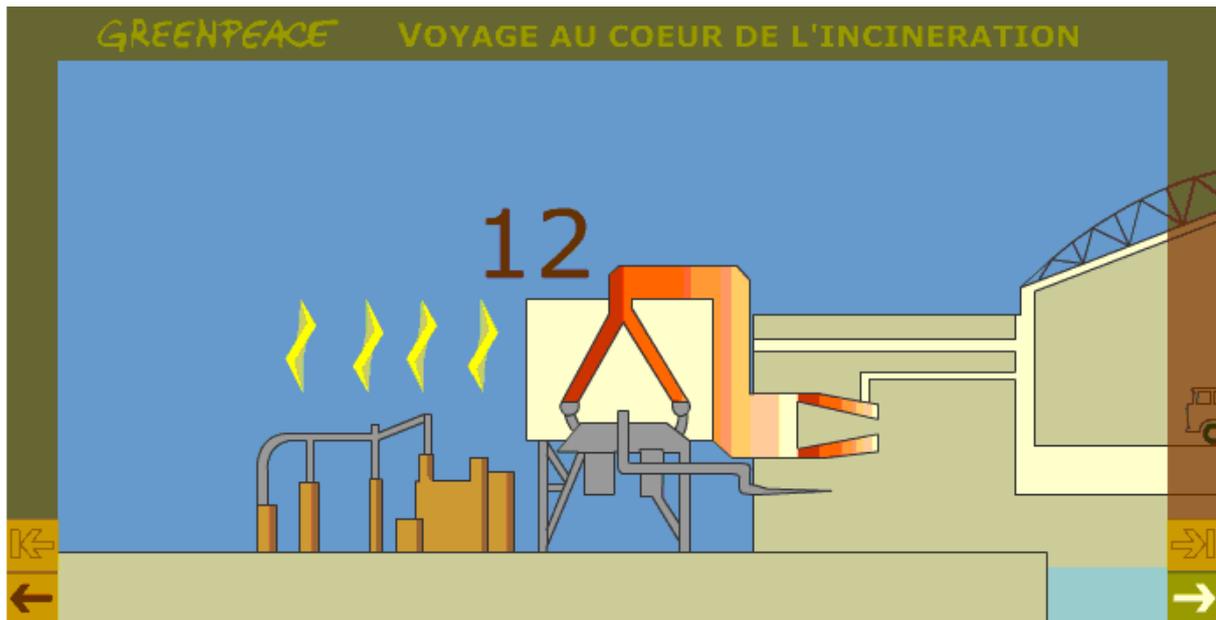
Filtres à manche : les gaz passent ensuite au travers des filtres à manche destinés à piéger la poussière.



Cendres volantes : les cendres volantes représentent 3 à 5% du poids des déchets entrant dans l'Incinérateur, quand elles sont générées correctement, elles sont acheminées en mélange avec les refus vers des sites de stockage des déchets dangereux dits « spéciaux » où elles subissent une solidification, après ajout de ciment et d'eau, avant la mise en décharge.



Cheminée : environ un tiers de hauteur de la cheminée contient des équipements destinés à mesurer une demi-douzaine de polluants parmi plusieurs centaines encore présents dans les effluents gazeux sortants. Le panache de fumée n'est pas « que de la vapeur d'eau » comme le prétendent parfois les opérateurs ; il contient bel et bien un cocktail hautement nocif de substances chimiques. La cheminée fait 75 à 100 m de haut, ce qui lui permet de disperser les matières toxiques sur la plus vaste zone possible.



Turbines à vapeur : la vapeur générée est utilisée pour faire tourner des turbines productrices d'électricité, d'abord utilisée sur le site. Le surplus est exporté vers le réseau national.

IV : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Un impact sur l'environnement peut se définir comme l'effet, pendant un temps donné et sur un espace défini, d'une activité humaine sur une composante de l'environnement pris dans le sens large du terme (c'est-à-dire englobant les aspects biophysiques et humains), en comparaison de la situation probable advenant de la non-réalisation du projet **(Wathern, 1988)**.

De multiples problèmes d'origine anthropique affligent le monde contemporain : la désertification, la pollution et la dégradation de l'eau, de l'air et du sol, les diverses formes de macropollution (pluies acides, destruction de la couche d'ozone, effet de serre), la dégradation des habitats et des écosystèmes ainsi que les pertes de biodiversité, sont désormais reconnues à l'échelle mondiale. **(Claude E. et al, 2007)**

Ce chapitre de présentation des résultats est divisé en trois parties :

- D'abord, nous présentons et comparons les résultats d'Analyse de Cycle de vie des 4 Barquettes d'emballages, pour différents indicateurs d'impact environnemental, rapportés à l'unité fonctionnelle avec un scénario de traitement des déchets par incinération,
- Ensuite, nous comparons les résultats avec un autre scénario de traitement des déchets ; le recyclage.
- Et enfin, nous proposons des scénarii d'amélioration.

IV-1 Résultats de L'Analyse de Cycle de Vie pour les quatre types de Barquettes

Le tableau ci-dessous présente les impacts liés au service de 400 g de repas par convive, préparés dans l'Unité de Production Culinaire de Lansargues dans les Barquettes GN1/1, et servis à 150 convives au niveau des cuisines satellites pendant toute l'année, exceptés les jours de repos et de vacances.

Scénario de fin de vie : Incinération

Tableau 6 : comparaison des résultats des cycles de vies des 4 Barquettes

Catégorie d'impact	Unités	Barquette en PP	Barquette en Alu	Bacs en Inox	Barquette en Bagasse
Epuisement des ressources abiotiques non renouvelables	(Kg Sb eq)	27.5	42.9	5.89	9.09
Acidification	(kg SO2 eq)	10.8	33.8	4.07	17.9
Eutrophication	(kg PO4 ⁻⁻⁻ eq)	1.17	2.85	0.405	1.6
Réchauffement climatique 100 ans	(Kg CO2 eq)	3790	7.3 ^{E3}	804	1.35 ^{E3}
Déplétion de la couche d'ozone	(kg CFC-11 eq)	0.000355	0.000435	3.78 ^{E-5}	0.000161
Toxicité humaine	(kg 1,4-DB eq)	356	2.98 ^{E4}	1.31 ^{E4}	522
Ecotoxicité aquatique de l'eau douce	(kg 1,4-DB eq)	29.9	72.3	14.1	19.7
Ecotoxicité marine	(kg 1,4-DB eq)	9.69 ^{E4}	4.13 ^{E5}	5.3 ^{E4}	7.21 ^{E4}
Ecotoxicité terrestre	(kg 1,4-DB eq)	3.22	9.16	18.5	2.74
Oxydation photochimique	(kg C2H4 eq)	0.521	2.77	0.242	0.623

Source : nos calculs

En comparant les résultats de cycle de vies des 3 barquettes, il ressort que :

- C'est le cycle de vie de la barquette Alu qui présente le plus d'impact sur l'épuisement des ressources abiotiques non renouvelables avec une valeur de **42.9 Kg Sb eq**, suivie de celui de la Barquette en PP avec une valeur de **27.5 Kg Sb eq**, puis le cycle de vie de la Barquette en Bagasse avec **9.09 kg Sb eq** et c'est le cycle de vie du Bac en Inox qui a l'impact le moindre sur l'épuisement des ressources non renouvelables avec une valeur de **5,89 Kg Sb eq**.
- L'Acidification de l'air est l'impact le plus important pour le cycle de vie de la barquette Alu et atteint les **33.8 kg SO2 eq**. Cependant, pour ceux de la barquette en Bagasse, pp et du Bac Inox, cet impact représente respectivement **17.9, 10.8 et 4.07 kg SO2 eq**.
- En termes d'Eutrophisation, c'est la Barquette en Alu qui présente la valeur la plus importante qui est de **2.85 kg PO4⁻⁻⁻ eq** pour son cycle de vie, viennent ensuite celles en Bagasse, pp, et Inox avec comme valeurs : **1.6, 1.17 et 0.405 kg PO4⁻⁻⁻ eq**.
- **7330 kg CO2 eq** sont liés au cycle de vie de la Barquette Alu, **3790 Kg CO2 eq** proviennent du Cycle de Vie de la Barquette en PP, **1350 Kg CO2 eq** proviennent du cycle de vie de la Barquettes en Bagasse, et enfin **804 Kg CO2 eq** sont associés au Cycle de vie du Bac en Inox.
- Relativement à la déplétion de la couche d'ozone, la valeur la plus importante est attribuée au Cycle de vie de la Barquette pp est qui est de **3.6^E-6 kg CFC-11 eq**
- Par rapport à l'indicateur de Toxicité humaine, c'est le Cycle de vie de la Barquette en Aluminium avec **29800 kg 1,4-DB eq** qui est en tête, ensuite le Bac Inox avec **13 100 kg 1,4-DB eq**, après vient le cycle de vie de la Baquette en Bagasse avec **522 kg 1,4-DB eq** et en dernier vient le Cycle de Vie de la barquette pp avec **356 kg 1,4-DB eq**
- Pour la part de l'Ecotoxicité aquatique de l'eau douce, c'est la Barquette Alu qui impacte le plus avec **72.3 kg 1,4-DB eq**
- Et c'est la Barquette Alu qui est la plus impactante par rapport à l'Ecotoxicité marine avec **413000 kg 1,4-DB eq**
- En revanche, le cycle de vie du Bac Inox qui se voit le plus impactant par rapport à l'Ecotoxicité terrestre atteignant les **18.5 kg 1,4-DB eq**
- Et pour l'Oxydation photochimique la contribution majoritaire est attribuée au Cycle de vie de la Barquette en Aluminium avec comme valeur **2.77 kg C2H4 eq**.

Il est remarquable que la barquette inox, que l'on n'utilise presque plus car dotée de tous les défauts (trop lourde, trop bruyante, nécessitant lavage et stockage...), est celle qui a le moins d'impact environnemental pour de nombreux critères : l'épuisement des ressources abiotiques, l'Acidification de l'air, l'Eutrophisation, la Toxicité humaine et le CO2. Sans doute en raison de sa durée de vie ? La barquette que l'on aurait pensé être la plus écologiste, c'est-à-dire la bagasse de canne à sucre, n'est finalement pas dans une position très avantageuse pour l'Acidification, l'Eutrophisation, la Toxicité humaine, l'Ecotoxicité terrestre et le CO2. Qu'est ce qui explique cela ? Quel est le stade de vie de la barquette qui est le plus impactant ou le moins impactant ?

IV-2 Contribution des impacts potentiels aux différents stades de vie de chaque type de barquette

Ce chapitre présente les résultats détaillés de chaque type de barquette pour toutes les étapes de leur cycle de vie.

1. Production des barquettes

- Approvisionnement en matières premières : résine de polypropylène vierge, feuilles d'Aluminium de première fusion, feuilles d'Acier inoxydable et les déchets de canne à sucre.
- Fabrication des barquettes par injection de résine de pp sous forme de granulés dans le moule, par emboutissage des feuilles d'aluminium et d'Acier inoxydable qui consiste à les faire passer entre deux moules en version mâle et femelle et les presser, et faire des déchets de canne à sucre une pâte suite à un dosage précis avec de l'eau (approximativement 6 litres pour 40 g) pour l'acheminer directement vers la machine au moyen des pipe-lines.

2. Remplissage UPC

- Stockage des barquettes vides
- Les remplir avec les repas
- Les passer au four à 63°C
- Les passer en cellules de refroidissement, pour faire baisser la température à 10°C
- Les thermosceller

3. Utilisation en cuisines satellites

- Réception des barquettes remplies
- Les stocker au frais pendant 20 heures en moyenne
- Les réchauffer
- Les mettre en décharges avec des restes alimentaires

4. Distribution

Pp

- Transport entre le fournisseur de la résine du pp vierge (FOS sur Mer) et le fabricant RESCASET (Orgelet), type camion poids lourd > 32 t
- Transport entre le fabricant et la plate-forme de stockage (Saint florentin Auxerre), type camion poids lourd 16-32 t

- Transport entre la plate-forme de stockage et la cuisine centrale de Lansargues, type camion poids lourd 16-32
- Transport entre l'UPC de Lansargues et les cuisines satellites, Il prend en charge le transport des barquettes contenant les repas cuisinés en cuisine centrale (Lansargues) aux cuisines satellites, type camion poids lourd 16-32
- Transport vers l'Incinérateur, type camion des ordures

Alu

- Transport entre le fournisseur de feuille d'Aluminium (Odense, Danemark) et le fabricant PLUS PACK (le Touvet), type camion poids lourd > 32 t
- Transport entre le fabricant et l'UPC de Lansargues, type camion poids lourd 16-32
- Transport entre l'UPC de Lansargues et les cuisines satellites, Il prend en charge le transport des barquettes contenant les repas cuisinés en cuisine centrale (Lansargues) aux cuisines satellites, type camion poids lourd 16-32
- Transport vers l'incinérateur, type camion des ordures

Inox

- Transport entre le fabricant des bacs (Allemagne) et le distributeur en France (st Angrin sur bion) (le Touvet), type camion poids lourd 7.5 -16 t
- Transport entre le distributeur et Lansargues, type camion poids lourd 7.5 -16 t
- Transport entre l'UPC de Lansargues et les cuisines satellites, Il prend en charge le transport des barquettes contenant les repas cuisinés en cuisine centrale (Lansargues) aux cuisines satellites, type camion poids lourd 16-32
- Transport vers l'incinérateur, type camion des ordures

Bagasse

- Transport entre le fabricant des Barquette (Shanghai) jusqu'au port de Marseille, par bateau

Ex : service NEWMEXE2S

Shanghai $\xrightarrow{1}$ Barcelona $\xrightarrow{2}$ Marseille

1 : MAERSK TANJONG (EVP : 8112, 25 nœuds)

2 : CMA CGM ORAN (EVP : 352, 12 nœuds)

Durée : 30 jours environ

- Transport entre Marseille et le distributeur en France PROVONCIAL (Villevyrac) jusqu'au port de Marseille, type camion 32t

5. Fin de vie

- Incinération des déchets ou recyclage

BARQUETTE EN PP

Tableau 7 : ACV Barquette pp par étape de vie

Catégorie d'impact	Unité	Total	Production	Remplissage UPC	Cuisines satellites	Distribution	Incinération
Epuisement des ressources abiotiques non renouvelables	Kg Sb eq	27.5	20.8	2.77	3.07	0.784	0.031
Acidification	Kg SO2 eq	10.8	5.35	2.34	2.59	0.43	0.101
Eutrophication	Kg PO4 ⁻⁻⁻ eq	1.17	0.586	0.222	0.246	0.087	0.0256
Réchauffement climatique (100 ans)	Kg CO2 eq	3.79 ^{E3}	1.63 ^{E3}	417	462	111	1.19 ^{E3}
Déplétion de la couche d'ozone	Kg CFC-11 eq	0.000355	0.000297	1.9 ^{E-5}	2.1 ^{E-5}	1.75 ^{E-5}	4.8 ^{E-7}
Toxicité humaine	Kg 1,4-DB eq	356	141	76.1	84.3	20.3	34.4
Ecotoxicité aquatique de l'eau douce	Kg 1,4-DB eq	29.9	5.75	7.98	8.85	0.898	6.41
Ecotoxicité marine	Kg 1,4-DB eq	9.69 ^{E4}	2.23 ^{E4}	2.65 ^{E4}	2.94 ^{E4}	5.43 ^{E3}	1.33 ^{E4}
Ecotoxicité terrestre	Kg 1,4-DB eq	3.22	1.17	0.836	0.927	0.213	0.0791
Oxydation photochimique	Kg C2H4 eq	0.521	0.321	0.0867	0.0961	0.0139	0.0037

Source : nos calculs

BARQUETTE EN ALUMINIUM

Tableau 8 : ACV Barquette Alu par étape de vie

Catégorie d'impact	Unité	Total	Production	Remplissage UPC	Cuisines satellites	Distribution	Incinération
Epuisement des ressources abiotiques non renouvelables	Kg Sb eq	42.9	20.1	0.372	2.56	0.395	19.4
Acidification	Kg SO2 eq	33.8	15.6	0.313	2.16	0.266	15.4
Eutrophication	Kg PO4--- eq	2.85	1.31	0.0298	0.206	0.0573	1.24
Réchauffement climatique (100 ans)	Kg CO2 eq	7.3E3	3.46E3	55.9	385	62.6	3.34E3
Déplétion de la couche d'ozone	Kg CFC-11 eq	0.000435	0.000207	2.55E-6	1.75E-5	9.44E-6	0.000199
Toxicité humaine	Kg 1,4-DB eq	2.98E4	1.49E4	10.2	70.3	4.55	1.49E4
Ecotoxicité aquatique de l'eau douce	Kg 1,4-DB eq	72.3	33.3	1.07	7.38	0.422	30.2
Ecotoxicité marine	Kg 1,4-DB eq	4.31E5	1.94E5	3.55E3	2.45E4	1.22E3	1.9E5
Ecotoxicité terrestre	Kg 1,4-DB eq	9.16	4.2	0.112	0.773	0.0315	4.04
Oxydation photochimique	Kg C2H4 eq	2.77	1.34	0.0116	0.0802	0.00594	1.33

Source : nos calculs

BAC EN INOX

Tableau 9 : ACV Bac Inox par étape de vie

Catégorie d'impact	Unité	Total	Production	Remplissage UPC	Cuisines satellites	Distribution	Lavage	Incinération
Épuisement des ressources abiotiques non renouvelables	Kg Sb eq	5.89	2.93	0.0296	0.0406	0.0975	0.00623	2.79
Acidification	Kg SO2 eq	4.07	1.99	0.0249	0.0342	0.054	0.00485	1.96
Eutrophication	Kg PO4 ⁻⁻⁻ eq	0.405	0.203	0.00237	0.00325	0.0111	0.000483	0.185
Réchauffement climatique (100 ans)	Kg CO2 eq	804	403	4.45	6.1	14	0.914	376
Déplétion de la couche d'ozone	Kg CFC-11 eq	3.78E-5	1.84E-5	2.03E-7	2.78E-7	2.22E-6	4.71E-8	1.66E-5
Toxicité humaine	Kg 1,4-DB eq	1.31E4	6.53E3	0.812	1.11	2.16	0.158	6.52E3
Ecotoxicité aquatique de l'eau douce	Kg 1,4-DB eq	14.1	7.17	0.0852	0.117	0.108	0.0155	6.61
Ecotoxicité marine	Kg 1,4-DB eq	5.3E4	2.63E4	283	388	548	54.2	2.54E4
Ecotoxicité terrestre	Kg 1,4-DB eq	18.5	9.23	0.00893	0.0122	0.0217	0.00356	9.19
Oxydation photochimique	Kg C2H4 eq	0.242	0.12	0.000925	0.00127	0.00158	0.000183	0.118

Source : nos calculs

BARQUETTE EN BAGASSE

Tableau 10 : ACV Barquette en Bagasse par étape de vie

Catégorie d'impact	Unité	Total	Production	Remplissage UPC	Cuisines satellites	Distribution	Incinération
Epuisement des ressources abiotiques non renouvelables	Kg Sb eq	9.09	1.12	2.61	1.87	3.49	6.62E-6
Acidification	Kg SO2 eq	17.9	0.509	2.2	1.57	13.6	1.21E-5
Eutrophication	Kg PO4 ⁻⁻⁻ eq	1.6	0.0667	0.209	0.15	1.17	3.07E-6
Réchauffement climatique (100 ans)	Kg CO2 eq	1.35E3	138	392	281	539	0.00127
Déplétion de la couche d'ozone	Kg CFC-11 eq	0.000161	6.17E-5	1.79E-5	1.82E-5	6.85E-5	1.2E-10
Toxicité humaine	Kg 1,4-DB eq	522	37.7	71.5	51.2	361	0.0016
Ecotoxicité aquatique de l'eau douce	Kg 1,4-DB eq	19.7	1.8	7.51	5.38	5.01	3.23E-5
Ecotoxicité marine	Kg 1,4-DB eq	7.21E4	4.29E3	2.49E4	1.78E4	2.51E4	0.18
Ecotoxicité terrestre	Kg 1,4-DB eq	2.74	0.634	0.787	0.563	0.752	3.85E-6
Oxydation photochimique	Kg C2H4 eq	0.623	0.0592	0.0816	0.0584	0.424	3.85E-7

Source : nos calculs

- **Épuisement des ressources non renouvelables abiotiques**

Par rapport à cet indicateur, c'est le cycle de vie de la Barquette Alu qui impacte le plus, avec **42.9 kg Sb eq.** Et c'est l'étape production des Barquettes en Aluminium qui y contribue majoritairement, et plus particulièrement la phase production de la matière première, suivie de celle de son incinération pour **47 %** de la valeur totale.

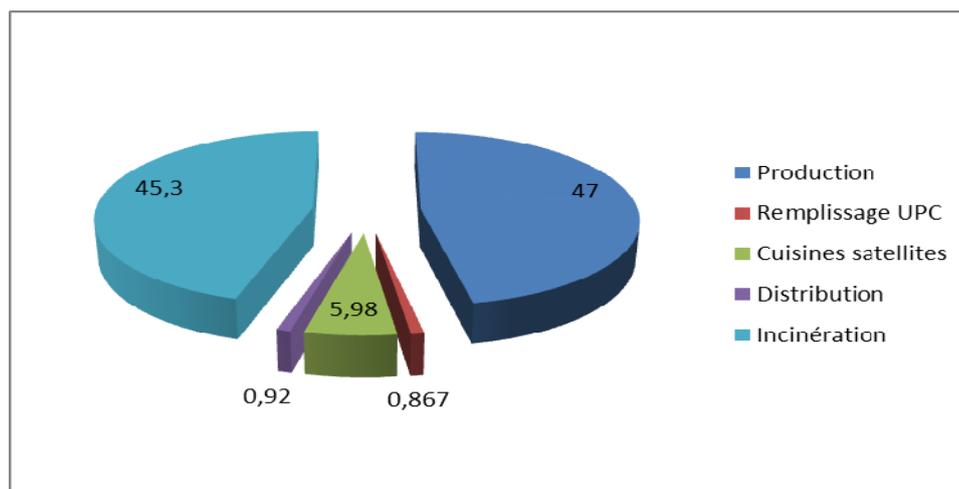
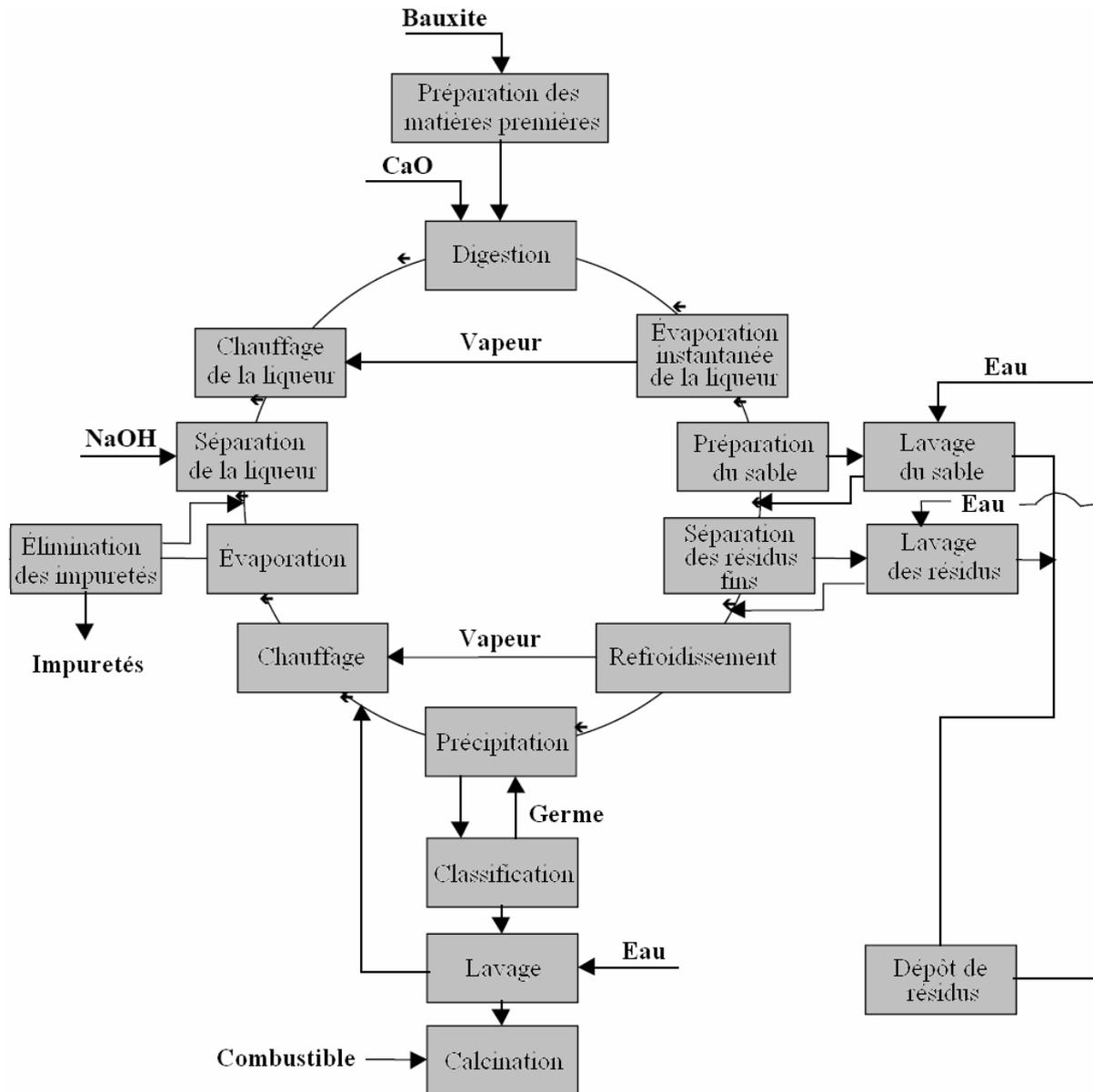


Figure 12 : Contribution de l'épuisement des ressources non renouvelable abiotique aux différents stades de vie de la Barquette Alu

C'est principalement la consommation en énergie pour transformer 3.7 kg de bauxite en 1 kg d'aluminium par le processus d'électrolyse qui est en cause. L'alumine est produite à partir de la bauxite grâce au procédé Bayer désormais bien implanté. Ce procédé est normalement réalisé à proximité du site d'extraction minière, mais il existe des sites en Europe où la bauxite est transformée en alumine sur le même site qu'une fonderie d'aluminium ou dans des affineries d'alumine autonomes. L'aluminium est produit à partir de matériaux primaires par réduction électrolytique de l'oxyde d'aluminium (alumine) dissous dans un bain fondu essentiellement composé d'un fluorure double d'aluminium et de sodium (cryolithe) à une température d'environ 960 °C (HMIP et al 1993 ; NL et al 1998).



Source : commission européenne, 2001

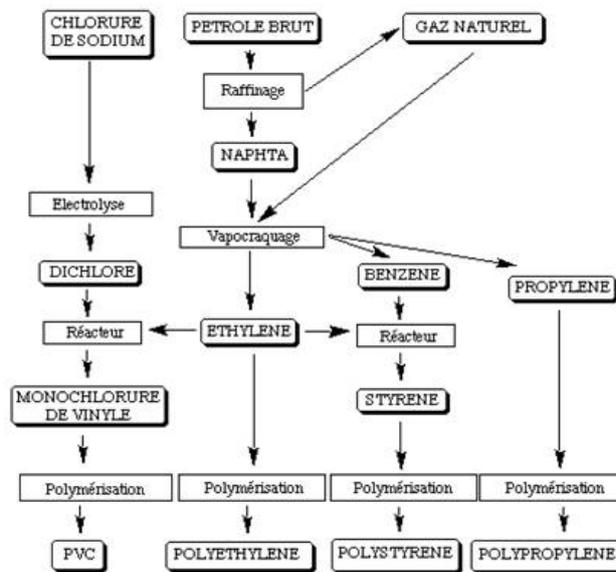
En revanche, la **réduction électrolytique de l'aluminium** est le procédé qui permet de fabriquer le métal aluminium à partir de l'alumine extraite de la bauxite. Le procédé a été inventé simultanément par **Paul Héroult** en France et **Charles Martin Hall** aux États-Unis en **1886**, et il est couramment appelé « **procédé Hall-Héroult** ». Il permet la production de l'aluminium dit « primaire », l'aluminium « secondaire » étant issu du recyclage.

Le cycle de vie de la Barquette PP, vient ensuite contribuer à l'épuisement des ressources non renouvelables à hauteur de **27,5 Kg Sb eq.**

75.8 % du potentiel d'épuisement des ressources non renouvelables proviennent de la phase de production des barquettes pp GN1/1. Cette phase comprend :

- L'extraction des produits fossiles (pétrole brut) ;

- Les techniques de polymérisation pour la fabrication des polymères :



- L'injection des granules de pp vierge dans le moule pour fabriquer la Barquette, En effet pour produire 1 kg de polypropylène il faut :

1 Kg de pp	<ul style="list-style-type: none"> • 1.0188 kg de pétrole Brut ; • 0.5767 m3 de gaz naturel ; • 0.08324 kg de charbon dur ; • 0.000011 kg de charbon brun ; • 0.2945 MJ d'énergie, le potentiel (hydroélectricité réservoir), converti
------------	--

Source : écoinvent (LCI data)

Le graphe présenté ci-dessous montre l'attribution de chaque étape de Cycle de vie de la Barquette pp à l'épuisement des ressources naturelles non renouvelables.

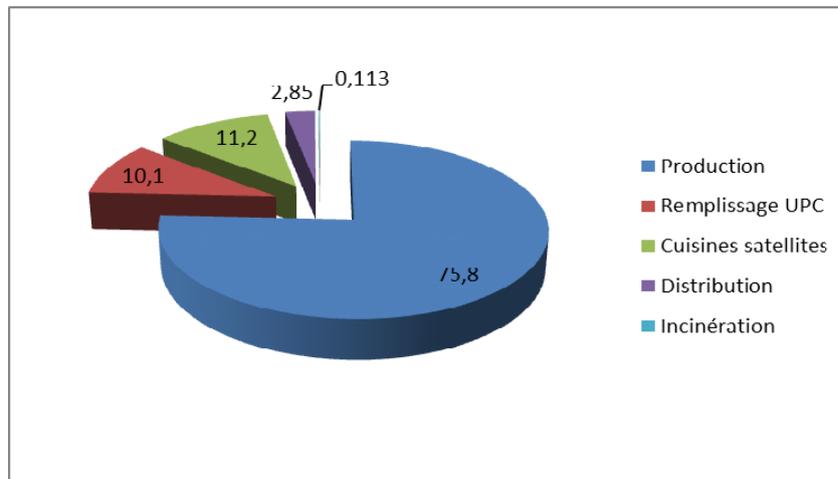


Figure 13 : Contribution de l'épuisement des ressources non renouvelables abiotiques aux différents stades de vie de la Barquette pp

Outre la production, **0.113 %** de l'épuisement des ressources non renouvelables proviennent de l'incinération, **10.1 %** du remplissage de la Barquette dans l'UPC, et **11.2 %** des cuisines satellites. Pour les collectivités, la consommation d'électricité et de gaz au moment de la cuisson sont principalement en cause, ainsi que le passage dans la cellule de refroidissement, le stockage au frais et le réchauffage.

Pour la Barquette en Bagasse, l'épuisement des ressources abiotiques est du majoritairement au transport, pour **38.4 %** de la valeur globale qui est de **9.09 Kg Sb eq.**. Ceci est dû au transport maritime, qui a comme durée de voyage 32 jours. Pendant cette durée, il a été épuisé comme ressources non renouvelables : du carburant (produit à partir du pétrole), du charbon suite à leur consommation. Pendant la fabrication c'est principalement les engrais pendant la culture de la canne à sucre, et les carburants des engins qui comptent pour **12.3 %** de la globalité.

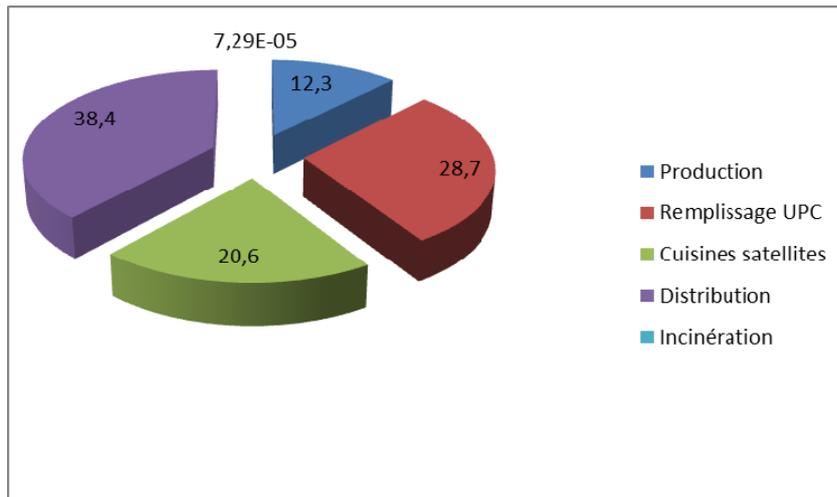


Figure 14 : Contribution de l'épuisement des ressources non renouvelable abiotique aux différents stades de vie de la Barquette en Bagasse

Une exploitation rationnelle des 250 millions de tonnes de bagasse produites annuellement dans le monde pourrait économiser 50 millions de tonnes de pétrole soit environ 1,2 % de la consommation annuelle en 2003.

Quant à la contribution du cycle de vie du Bac Inox à l'épuisement des ressources non renouvelables, elle consiste en la consommation de l'acier pour le transformer en acier inoxydable et l'emboutir pour fabriquer le Bac. L'étape production représente **49.7 %** des **5.89 kg Sb eq**. L'acier est une ressource non renouvelable mais en grande disponibilité, bien que certains estiment que la demande croissante de 2 % / an pourrait amener à une pénurie de minerai en 2070. (**Lester Brown (Worldwatch Institute), Plan B 2.0, W.W. Norton, New York, 2006, p. 109**). La durée de vie de ces Bacs est de 10 ans.

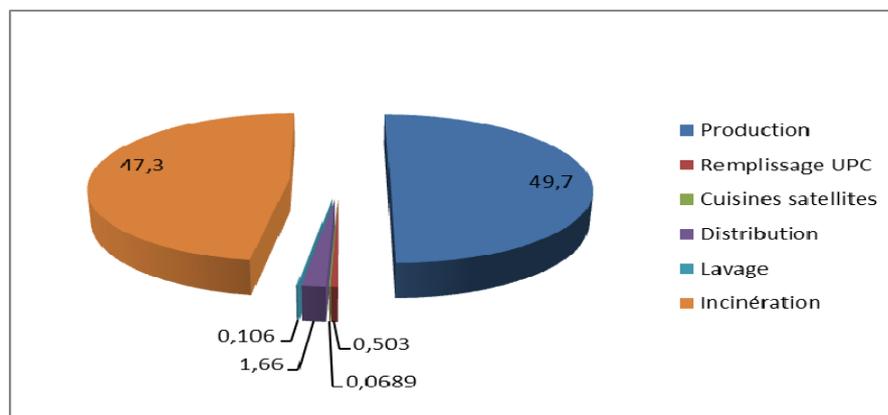


Figure 15 : Contribution de l'épuisement des ressources non renouvelable abiotique aux différents stades de vie du Bac Inox

- **Acidification**

Il s'agit de l'augmentation de la teneur en substances acidifiantes dans la basse atmosphère, à l'origine des pluies acides et notamment du dépérissement de certaines forêts. L'unité retenue pour la contribution d'une substance à l'acidification est l'équivalent **SO₂**.

L'acidification de l'air est l'impact le plus important pour le cycle de vie de la barquette Alu et atteint les **33.8 kg SO₂ eq**. Ce sont les phases de production et d'incinération qui contribuent majoritairement à cet indicateur à hauteur de **45 %** environ.

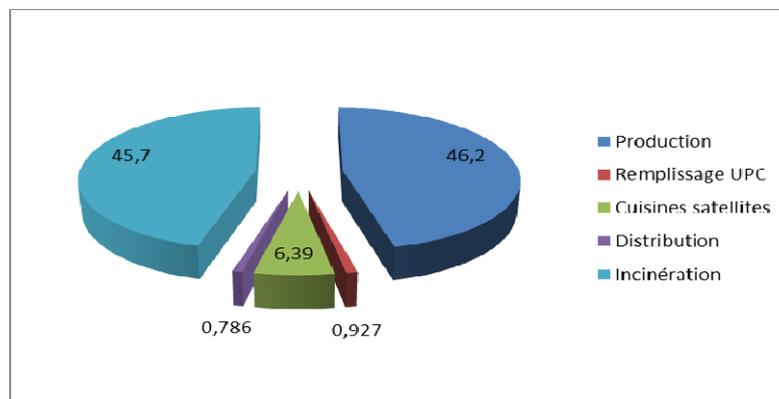


Figure 16 : Contribution de l'acidification aux différents stades de vie de la Barquette Alu

Il est produit à partir de matériaux primaires par réduction électrolytique de l'oxyde d'aluminium (alumine) dissous dans un bain fondu essentiellement composé d'un fluorure double d'aluminium et de sodium (cryolithe) à une température d'environ **960 °C** (HMIP et al 1993 ; NL et al 1998).

Les cuves d'électrolyse comportent une cathode en carbone, isolée par des briques réfractaires situées à l'intérieur d'un caisson rectangulaire en acier, et une anode en carbone suspendue à un cadre anodique conducteur. Les cuves sont reliées en série afin de constituer une ligne de réduction électrique (série de cuves). Un courant continu part de l'anode en carbone et traverse le bain pour parvenir à la cathode et de là, par l'intermédiaire d'une barre omnibus, passe à la cuve suivante (HMIP et al 1993 ; NL et al 1998).

Les anodes actuellement utilisées ont une teneur en soufre comprise entre **1** et plus de **3,5 %**. Le soufre réagit avec l'oxygène et entraîne ainsi l'émission de dioxyde de soufre ou de sulfure de carbone (**COS**). En raison des différences dans la teneur en soufre des anodes, les émissions de dioxyde de soufre peuvent aller de **8** à plus de **30 kg** par tonne d'aluminium, sur la base d'une consommation d'anode de **0,4 tonne par tonne d'aluminium** (teneur en soufre comprise entre **1** et plus de **3,5 %**).

S'agissant du **COS**, il a été rapporté qu'environ **10 %** du soufre présent dans l'anode se transforme en **COS** (soit **2 kg/t** d'aluminium pour les anodes contenant **2,5 %** de soufre). Les émissions de **SO₂** via la ventilation du hall d'électrolyse vont de **0,2 à 0,6 kg par tonne** (concentration : de **0,1 à 3 mg/Nm³**). Les émissions via l'air de procédé provenant des cuves ont une concentration typique comprise entre **50 et 400 mg/Nm³** (PARCOM, 1997 ; NL et al, 1998). Lorsque les gaz de procédé sont épurés par voie humide, les concentrations dans les émissions atmosphériques sont généralement comprises entre **5 et 40 mg/Nm³**.

Il a été aussi rapporté que le soufre présent dans les anodes pouvait avoir un effet bénéfique pour la suppression des effets indésirables liés au sodium contenu dans les mégots d'anode dans la perspective de recyclage (Expert Group 1998).

Quant au cycle de vie de la barquette en Bagasse il atteint les **0.182 kg SO2 eq.** C'est le transport qui contribue majoritairement à cet indicateur à hauteur de **73.3 %**.

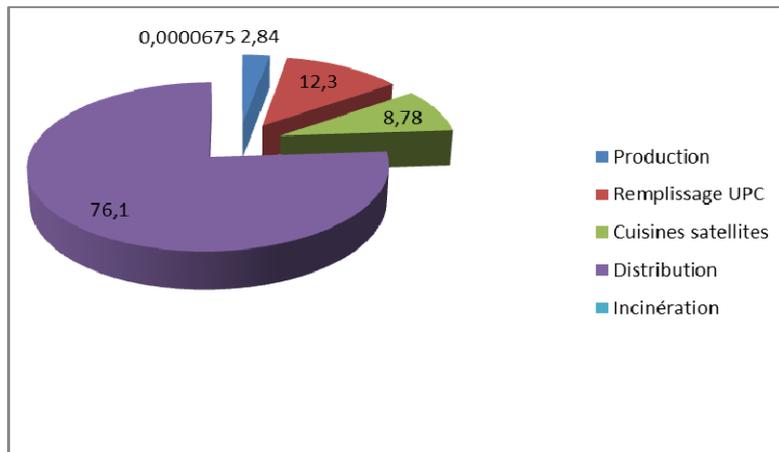


Figure 17 : Contribution de l'acidification aux différents stades de vie de la Barquette en Bagasse

Plusieurs études ont porté principalement sur les émissions anthropogéniques des composés conduisant à ce type d'impact environnemental, entre autre le **SO2**. Des études récentes indiquent que les émissions de SO2 des navires représentent environ 2-3% (sinon même 4%), 10 à 15% et 4 à 9 % des émissions anthropogéniques mondiales, respectivement (**Buhaug et al., 2008 ; Corbett et Köhler, 2003 ; Dalsoren et al., 2009 ; Endresen et al., 2003 ; 2007 ; Eyring et al., 2005a**)

- **Eutrophisation**

C'est l'introduction de nutriments sous forme de composés phosphatés ou azotes qui perturbe les écosystèmes en favorisant la prolifération de certaines espèces (micro-algues, plancton,...). Cet effet peut entraîner une baisse de la teneur en oxygène du milieu aquatique ainsi que des répercussions importantes sur la faune et la flore aquatique. L'unité retenue est le kg eq. Phosphate (PO4 3-).

En termes d'Eutrophisation, c'est le cycle de vie de la Barquette Alu qui présente le plus d'Eutrophisation, **2.85 kg PO4--- eq.** Et c'est notamment pendant la phase de production et incinération que cet impact est le plus accentué, comme nous le montre le schéma ci-dessous.

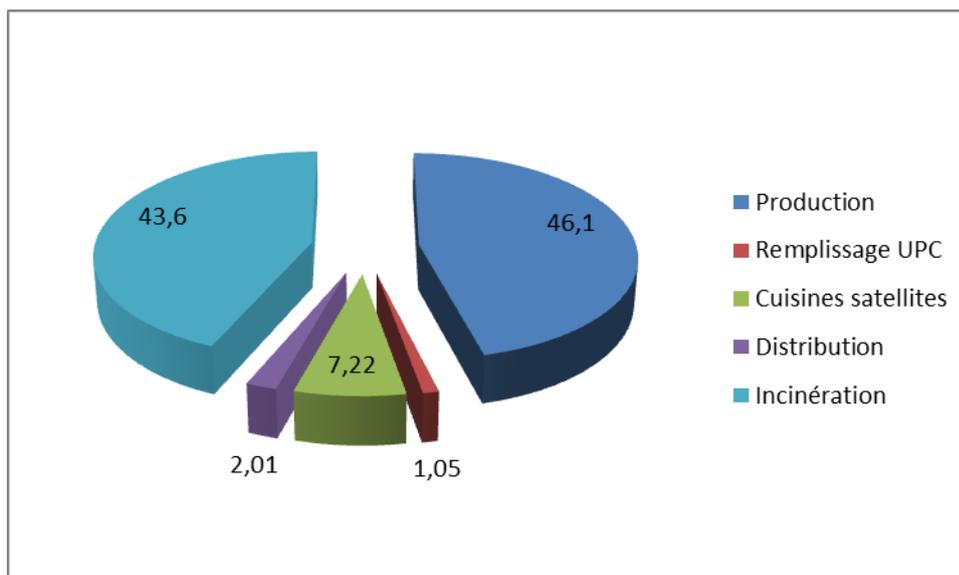


Figure 18 : Contribution de l'Eutrophisation aux différents stades de vie de la Barquette Alu

La production d'aluminium primaire est, par nature, un procédé sec. Les rejets d'eaux usées sont généralement limités à l'eau de refroidissement, aux eaux de ruissellement de surface et des toits et à l'eau de mer des épurateurs utilisés pour traiter les gaz de ventilation du hall d'électrolyse.

Les eaux de ruissellement peuvent être contaminées à la suite du stockage à l'air libre de matières premières et de solides. Les valeurs typiques relatives à cette contamination sont inférieures à 0,03 kg/tonne d'aluminium pour les solides en suspension et inférieures à 0,02 kg/tonne d'aluminium pour les fluorures dissous. De plus, des quantités considérables d'eaux usées peuvent être rejetées lorsque des systèmes par voie humide sont utilisés pour le contrôle de la pollution de l'air (NL et al, 1998).

La production d'anodes peut entraîner le rejet d'eaux usées constituées de l'eau de refroidissement utilisée pour refroidir les anodes vertes ou les rejets gazeux. Le procédé de refroidissement peut être réalisé au moyen de systèmes d'eau indirects, ce qui entraîne le rejet d'eau de refroidissement. Des systèmes d'eau indirects peuvent également être utilisés pour refroidir les rejets gazeux afin de leur permettre d'être dépollués au moyen des techniques habituelles (filtres à manches, filtres électrostatiques) (NL et al, 1998).

La production d'alumine à partir de bauxite est un procédé qui élimine les rejets d'eau en utilisant un système en circuit fermé. L'eau présente dans la boue rouge ou utilisée pour la transporter vers le site de décharge est hautement alcaline et est pompée en retour vers l'usine et réutilisée (Expert Group 1998).

L'étape d'électrolyse est un procédé sec et aucune eau usée n'est produite directement. La contamination de l'eau de pluie est évitée par la bonne pratique.

Paramètre	Anode pré-cuite	Anode Søderberg
Fluorure – kg/t Al	0 – 3,0	0 – 5,0
Solides en suspension – kg/t Al	0 – 6,0	0 – 6,0
HAP (Boneff 6) – g/t Al	0 – 0,01	8 - 15

: Émissions dans l'eau provenant des usines d'électrolyse d'aluminium de première fusion

La concentration de l'Aluminium dans l'eau peut encore augmenter sous l'effet de l'acidité qui dissout les alumino-silicates présents dans le lit de la rivière réceptrice. La solubilité de l'aluminium est moindre à des valeurs de pH comprises entre 5,7 et 6,2. Mais en dehors de ce faible intervalle, il tend à être en solution. L'aluminium se présente sous plusieurs formes, notamment complexé avec les composés minéraux et organiques. La plupart des études montrent que la combinaison d'un pH inférieur à 5,5 et une concentration en aluminium dissous supérieure à 0,5 mg.L⁻¹ élimine généralement tous les poissons et une grande partie des macro-invertébrés. Pour les poissons, l'aluminium est le plus toxique à des pH compris entre 5,2 et 5,4. (EARLE et al, 1998)

Concernant le cycle de vie de la Bagasse, l'eutrophisation compte au total pour **1.6 kg PO4⁻⁻⁻ eq.**

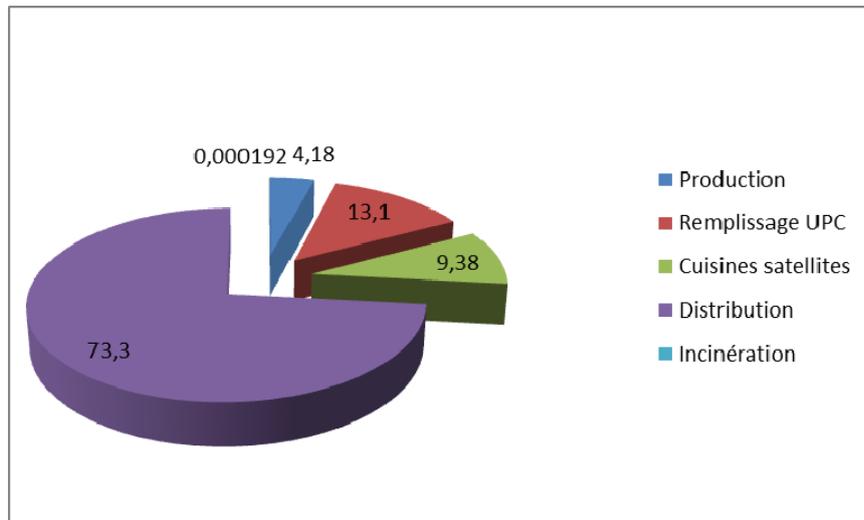


Figure 19 : Contribution de l'Eutrophisation aux différents stades de vie de la Barquette en Bagasse

Le transport principalement maritime en est la cause pour 73.3%.

- **Potentiel du réchauffement climatique (horizon 100 ans)**

Cet indicateur caractérise l'augmentation de la concentration atmosphérique moyenne en substances d'origine anthropique telles que le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), ou le protoxyde d'azote (N₂O). Ces émissions perturbent les équilibres atmosphériques et participent au réchauffement climatique. L'unité retenue est le kg éq. CO₂

7330 Kg CO2 eq sont liés au cycle de vie de la barquette Alu, et c'est l'étape traitement de déchets (Incinération) et production qui en sont les plus grands contributeurs comme le montre le graphe ci-dessous

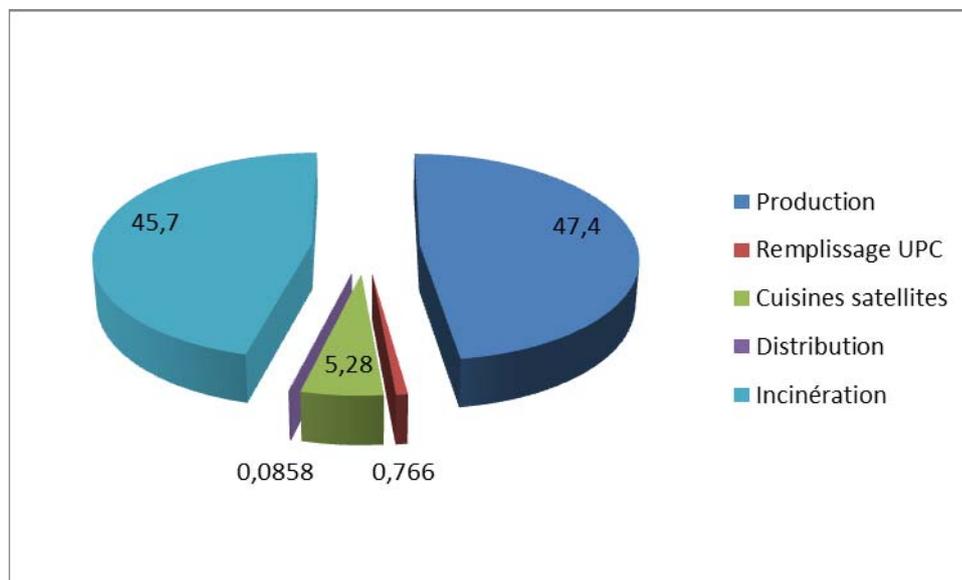


Figure 20 : Contribution du potentiel du réchauffement climatique aux différents stades de vie de la Barquette Alu

Le schéma ci-dessus représente la part de contribution de chaque étape à cet indicateur.

La production d'aluminium primaire entraîne des émissions de CO2 comme produit inhérent au procédé d'électrolyse (utilisant des anodes à base de carbone) et à la combustion de combustible pour produire de l'alumine et à la production d'électricité lorsqu'elle est fondée sur des combustibles fossiles. Au-delà de cela, des carbones polyfluorés (PFC) tels que le CF4 et le C2F6 sont émis par les cuves d'électrolyse pendant l'effet d'anode. Ces deux gaz sont de puissants gaz à effet de serre possédant un potentiel de réchauffement global à 100 ans de 6 500 et 9 200, respectivement.

Les calculs effectués pour les fonderies d'aluminium primaire européennes montrent que la quantité totale de PFC émise, calculée sous forme d'équivalent d'émissions de CO2, était d'environ 15 millions de tonnes en 1990. (Commission européenne, 2001)

L'amélioration du contrôle du procédé d'électrolyse a considérablement réduit la fréquence et la durée de chaque effet d'anode. Les émissions de PFC ont par conséquent été considérablement réduites au cours des dix dernières années et des calculs montrent que les émissions en équivalent CO2 inférieures à 6 millions de tonnes seront atteintes en l'an 2000.

Les améliorations apportées à l'efficacité des autres parties du procédé ont également contribué à une réduction des émissions directes de CO2, réduisant ainsi la quantité totale d'émissions de gaz à effet de serre.

3790 Kg CO2 eq proviennent du Cycle de Vie de la Barquette pp

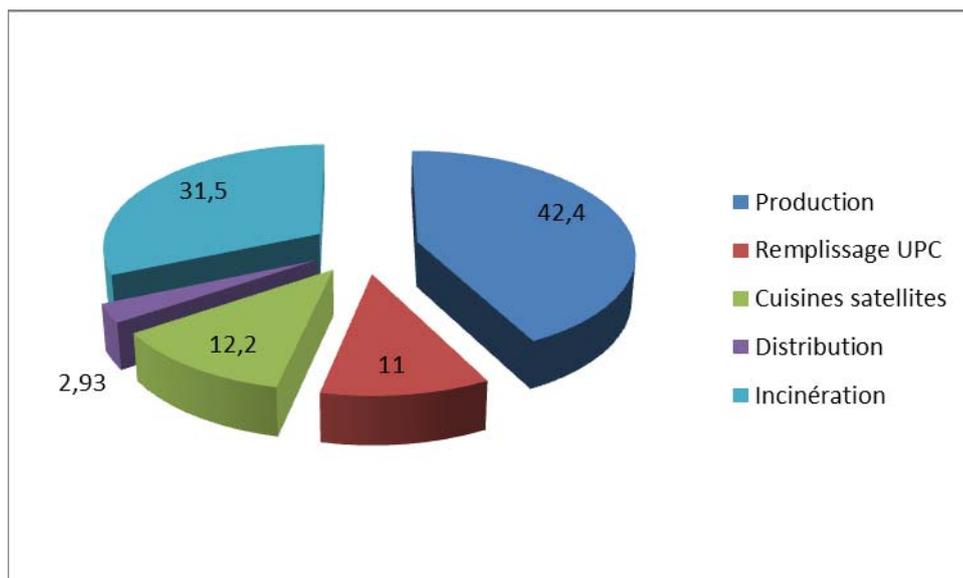


Figure 21 : Contribution du potentiel du réchauffement climatique aux différents stades de vie de la Barquette pp

Ceci s'explique principalement par sa composition chimique « hydrogène » et « atomes de carbone ». Et c'est la phase production qui contribue le plus à cet impact avec une valeur de 42.4 %.

- **Toxicité humaine**

Pour la Toxicité humaine, c'est le Cycle de vie de la Barquette en Aluminium avec **29 800 kg 1,4-DB eq** qui est en tête, ensuite le Bac Inox avec **13 100 kg 1,4-DB eq**, et ensuite le Cycle de Vie de la Barquette en Bagasse, et pp avec **522, et 356 kg 1,4-DB eq**.

Comme le montre la figure ci-dessous, c'est la production et l'incinération qui contribuent le plus.

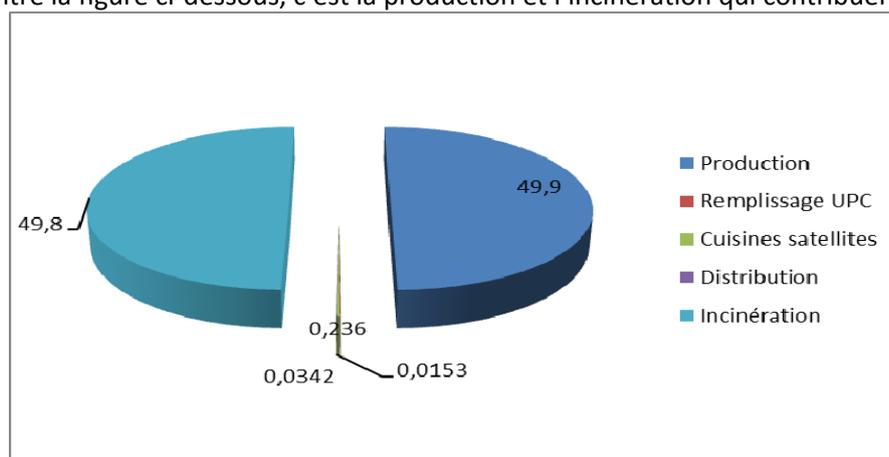


Figure 22 : Contribution de la toxicité humaine aux différents stades de vie de la Barquette Alu

En effet, pendant l'élaboration, peuvent se dégager des gaz toxiques : SO₂, HF, particules de fluorures, du CO, des PFC et des HAP, et des poussières inhalables. L'alumine et la cryolithe sont les principales poussières émises au cours de l'électrolyse. L'alumine utilisée pour éliminer les fluorures des gaz émis

(appelée alumine secondaire) est également émise si le système de collecte des poussières n'est pas efficace. La surface de cette alumine secondaire contiendra du HF absorbé à sa surface.

La quantité totale de poussières générée varie et dépend du type de procédé appliqué et du type d'alumine, mais est comprise entre **0,6** et **10 kg** par tonne d'aluminium. Les concentrations en poussières typiques de la ventilation du hall d'électrolyse sont comprises entre **0,5** et **5 mg/Nm³** alors que les concentrations en poussières de l'air de procédé sont comprises entre **150** et **500 mg/Nm³** avant dépollution et entre 1 et 20 mg/Nm³ après dépollution (**NL et al, 1998**).

La coulée est une autre source de poussières (et de métaux) et les fumées provenant des halls de fonderie sont généralement captées et traitées dans un filtre à manches. Un certain nombre d'études ont été menées sur la présence de dioxines dans les fumées générées lors du procédé de coulée. L'utilisation de chlore pour le dégazage et la présence de carbone dans les gaz de combustion peuvent favoriser leur formation. Toutes les mesures effectuées dans des halls de fonderie primaire indiquent des niveaux bien inférieurs à **1 g/an**.

Il n'existe aucun rapport portant sur les effets causés par une inhalation de courte durée de l'aluminium. En général, des concentrations élevées de poussières peuvent causer la toux et une légère irritation passagère. Une exposition de longue durée à certains types de poudre d'aluminium peut avoir certains effets (**voir ANNEXES**)

Concernant la barquette en Bagasse, la toxicité humaine peut être due à différents facteurs.

- Comme la culture de la canne à sucre est pratiquée dans les régions tropicales et subtropicales, on pensera aux problèmes de santé liés à la chaleur que le port de vêtements de protection peut accentuer. Dans ces régions où l'on est exposé à d'intenses rayonnements solaires, les cas de cancer de la peau ne sont pas rares; on prendra donc les précautions nécessaires pour se protéger du soleil ou limiter l'exposition à ses rayonnements.
- La récolte manuelle est aussi propice à l'apparition de troubles musculo-squelettiques dus à l'effort physique et aux mouvements répétitifs. Le poids de la machette, son tranchant et la fréquence des coups administrés par le travailleur constituent d'autres facteurs à prendre en compte dans les affections de ce type.
- Il faut éviter les risques d'infection en cas de coupures ou d'écorchures. Dans les récoltes mécanisées, les risques liés à l'utilisation des machines sont similaires à ceux que posent tous les engins de récolte.
- Les pesticides et autres produits chimiques présentent des risques d'intoxication s'ils sont absorbés par la peau ou inhalés. Les travailleurs chargés d'appliquer ces produits devraient être informés des risques que ces opérations comportent.
- L'épandage aérien pose aussi des problèmes dans la mesure où les retombées de pesticides risquent de toucher les personnes se trouvant à proximité de la zone traitée
- Certaines opérations, aux différents stades du raffinage, donnent lieu à des émanations de vapeurs et de gaz toxiques (dioxyde de carbone, dioxyde de soufre, monoxyde de carbone, acide chlorhydrique). De même, les opérations auxquelles sont associées des températures

élevées entraînent la production de fumées et de vapeurs nocives qui sont irritantes et parfois toxiques.

- La bagassose est une maladie pulmonaire professionnelle, caractérisée par une alvéolite allergique extrinsèque que l'on contracte en respirant des particules de poussières contenant des spores d'actinomycètes thermophiles qui se développent dans les dépôts de bagasse moisie. Ce type d'exposition peut également causer des pneumopathies par hypersensibilité.
- **Toxicité marine**

La Barquette Alu est la plus impactante par rapport à l'écotoxicité marine avec **413000 kg 1,4-DB eq.** La production contribue pour **47%** et ensuite l'incinération avec **45.9 %**

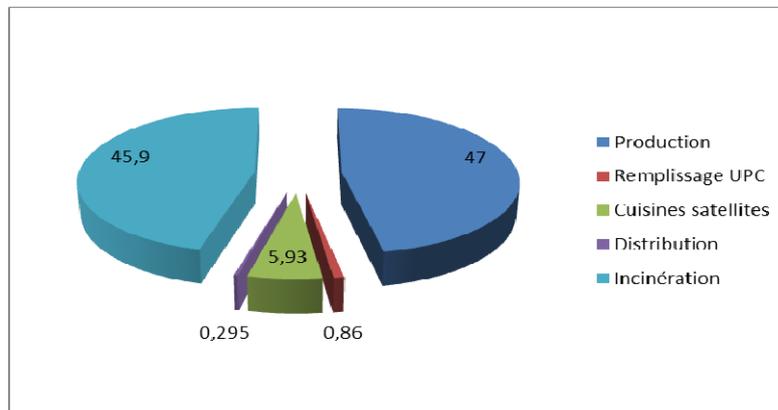


Figure 23 : Contribution de la toxicité marine aux différents stades de vie de la Barquette Alu

Les rejets d'eaux usées relatifs à l'eau de mer proviennent des épurateurs utilisés pour traiter les gaz de ventilation du hall d'électrolyse. Ces eaux sont chargées de boues rouges. Le **pH** élevé de ces boues rouges, issues du traitement de la bauxite pour faire de l'aluminium (1), est en effet le principal problème à court terme pour les personnes et les écosystèmes touchés, explique Eric Thybaud, écotoxicologue à l'INERIS (Institut national de l'environnement industriel et des risques).

Pour extraire l'alumine (ou oxyde d'aluminium) de la bauxite, il faut en effet ajouter de la soude caustique, d'où la corrosivité des boues résiduelles. Avec un pH supérieur à 10 (alors qu'un pH neutre est égal à 7).

En France il existe une usine de traitement de la bauxite à Gardanne (13), depuis 1893, appartenant désormais à la société Rio Tinto. Une partie des boues résiduelles est stockée dans un réservoir après avoir été asséchées. Une autre partie est rejetée au large dans une fosse marine. Cependant ces rejets sont progressivement réduits car ils seront interdits à partir de 2015. D'après le secrétariat d'Etat à l'écologie, l'impact des rejets en mer est suivi régulièrement par un comité depuis plus de 10 ans. Le

«comité scientifique considère que ces rejets ne présentent pas d'effet toxique sur la faune en place», précise le cabinet de Chantal Jouanno. (Cécile Dumas, *Sciences et Avenir.fr* 07/10/10)

IV.3 Scénario de fin de vie : Recyclage ou Compostage

Ce chapitre prend en considération un scénario de fin de vie par recyclage au lieu de l'incinération pour les barquettes : pp, Alu et Inox, et nous considérons le compostage pour la barquette en Bagasse.

Le tableau ci-dessous montre les résultats obtenus

Tableau 11 : ACV comparative par étape de vie avec recyclage

Catégorie d'impact	Unités	Barquette en PP	Barquette en Alu	Barquette en Bagasse	Bac Inox
Epuisement des ressources abiotiques non renouvelables	(Kg Sb eq)	27.5	23.5	8.75	1.87
Acidification	(kg SO2 eq)	10.7	18.3	16.1	1.67
Eutrophisation	(kg PO4 ⁻⁻⁻ eq)	1.14	1.61	1.2	0.162
Réchauffement climatique 100 ans	(Kg CO2 eq)	2.59 ^{E3}	3.96 ^{E3}	1.20 ^{E3}	301
Déplétion de la couche d'ozone	(kg CFC-11 eq)	0.000354	0.000236	0.000159	1.94 ^{E-5}
Toxicité humaine	(kg 1,4-DB eq)	322	1.49 ^{E4}	499	6.5 ^{E3}
Ecotoxicité aquatique de l'eau douce	(kg 1,4-DB eq)	23.5	42.1	19.7	7
Ecotoxicité marine	(kg 1,4-DB eq)	8.36 ^{E4}	2.23 ^{E5}	7.20 ^{E4}	2.6 ^{E4}
Ecotoxicité terrestre	(kg 1,4-DB eq)	3.14	5.12	2.70	9.04
Oxydation photochimique	(kg C2H4 eq)	0.517	1.44	0.420	0.0376

Source : nos calculs

LA BARQUETTE EN PP

Tableau 12 : ACV Barquette pp par étape de vie avec recyclage

Catégorie d'impact	Unité	Total	Production	Remplissage UPC	Cuisines satellites	Distribution	Recyclage
Epuisement des ressources abiotiques non renouvelables	Kg Sb eq	27.5	20.8	2.77	3.07	0.784	0.00088
Acidification	Kg SO2 eq	10.7	5.35	2.34	2.59	0.43	0.000741
Eutrophication	Kg PO4 ⁻⁻⁻ eq	1.14	0.586	0.222	0.246	0.087	7.06 ^E -5
Réchauffement climatique (100 ans)	Kg CO2 eq	2.59 ^E 3	1.63 ^E 3	417	462	111	0.132
Déplétion de la couche d'ozone	Kg CFC-11 eq	0.000354	0.000297	1.9 ^E -5	2.1 ^E -5	1.75 ^E -5	6.02 ^E -9
Toxicité humaine	Kg 1,4-DB eq	322	141	76.1	84.3	20.3	0.0241
Ecotoxicité aquatique de l'eau douce	Kg 1,4-DB eq	23.5	5.75	7.98	8.85	0.898	0.00253
Ecotoxicité marine	Kg 1,4-DB eq	8.36 ^E 4	2.23 ^E 4	2.65 ^E 4	2.94 ^E 4	5.43 ^E 3	8.41
Ecotoxicité terrestre	Kg 1,4-DB eq	3.14	1.17	0.836	0.927	0.213	0.000265
Oxydation photochimique	Kg C2H4 eq	0.517	0.321	0.0867	0.0961	0.0139	2.75 ^E -5

Source : nos calculs

LA BARQUETTE EN ALUMINIUM

Tableau 13 : ACV Barquette Alu par étape de vie avec recyclage

Catégorie d'impact	Unité	Total	Production	Remplissage UPC	Cuisines satellites	Distribution	Recyclage
Epuisement des ressources abiotiques non renouvelables	Kg Sb eq	23.5	20.1	0.372	2.56	0.395	-0.0165
Acidification	Kg SO2 eq	18.3	15.6	0.313	2.16	0.266	-0.0137
Eutrophication	Kg PO4--- eq	1.61	1.31	0.0298	0.206	0.0573	-0.000949
Réchauffement climatique (100 ans)	Kg CO2 eq	3.96 ^{E3}	3.46 ^{E3}	55.9	385	62.2	-2.95
Déplétion de la couche d'ozone	Kg CFC-11 eq	0.000236	0.000207	2.55 ^{E-6}	1.75 ^{E-5}	9.44 ^{E-6}	-1.63 ^{E-7}
Toxicité humaine	Kg 1,4-DB eq	1.49 ^{E4}	1.49 ^{E4}	10.2	70.3	4.55	-14.7
Ecotoxicité aquatique de l'eau douce	Kg 1,4-DB eq	42.1	33.3	1.07	7.38	0.422	-0.0263
Ecotoxicité marine	Kg 1,4-DB eq	2.23 ^{E5}	1.94 ^{E5}	3.55 ^{E3}	2.45 ^{E4}	1.22 ^{E3}	-170
Ecotoxicité terrestre	Kg 1,4-DB eq	5.12	4.2	0.112	0.773	0.0315	-0.000186
Oxydation photochimique	Kg C2H4 eq	1.44	1.34	0.0116	0.0802	0.00594	-0.00125

Source : nos calculs

LE BAC EN INOX

Tableau 14 : ACV Bac Inox par étape de vie avec recyclage

Catégorie d'impact	Unité	Total	Production	Remplissage UPC	Cuisines satellites	Distribution	Lavage	Recyclage
Épuisement des ressources abiotiques non renouvelables	Kg Sb eq	1.87	2.93	0.0296	0.0406	0.0975	0.00623	-1.23
Acidification	Kg SO2 eq	1.67	1.99	0.0249	0.0342	0.054	0.00485	-0.443
Eutrophication	Kg PO4 ⁻⁻⁻ eq	0.162	0.203	0.00237	0.00325	0.0111	0.000483	-0.058
Réchauffement climatique (100 ans)	Kg CO2 eq	301	403	4.45	6.1	14	0.914	-128
Déplétion de la couche d'ozone	Kg CFC-11 eq	1.94 ^{E-5}	1.84 ^{E-5}	2.03 ^{E-7}	2.78 ^{E-7}	2.22 ^{E-6}	4.71 ^{E-8}	-1.81 ^{E-6}
Toxicité humaine	Kg 1,4-DB eq	6.5 ^{E3}	6.53 ^{E3}	0.812	1.11	2.16	0.158	-33.6
Ecotoxicité aquatique de l'eau douce	Kg 1,4-DB eq	7	7.17	0.0852	0.117	0.108	0.0155	-0.5
Ecotoxicité marine	Kg 1,4-DB eq	2.6 ^{E4}	2.63 ^{E4}	283	388	548	54.2	-1.58 ^{E3}
Ecotoxicité terrestre	Kg 1,4-DB eq	9.04	9.23	0.00893	0.0122	0.0217	0.00356	-0.233
Oxydation photochimique	Kg C2H4 eq	0.0376	0.12	0.000925	0.00127	0.00158	0.000183	-0.0864

Source : nos calculs

LA BARQUETTE EN BAGASSE :

Tableau 15 : ACV Barquette en Bagasse par étape de vie avec compostage

Catégorie d'impact	Unité	Total	Production	Remplissage UPC	Cuisines satellites	Distribution	Compostage
Epuisement des ressources abiotiques non renouvelables	Kg Sb eq	8.53	1.10	2.58	1.86	3.00	-3.41 ^E -6
Acidification	Kg SO2 eq	16.36	0.402	2.1	1.56	12.3	-1.38 ^E -5
Eutrophication	Kg PO4 ⁻⁻⁻ eq	1.41	0.0660	0.201	0.14	1.01	-4.51 ^E -6
Réchauffement climatique (100 ans)	Kg CO2 eq	1312	130	382	280	520	-0.000942
Déplétion de la couche d'ozone	Kg CFC-11 eq	0.00015	6.00 ^E -5	1.65 ^E -5	1.28 ^E -5	6.60 ^E -5	-1.27 ^E -10
Toxicité humaine	Kg 1,4-DB eq	514.38	36.2	70.1	50.1	358	-0.0112
Ecotoxicité aquatique de l'eau douce	Kg 1,4-DB eq	18.54	1.6	6.85	5.30	4.80	-0.000833
Ecotoxicité marine	Kg 1,4-DB eq	287099.94	4.20 ^E 3	2.49 ^E 4	1.70 ^E 4	2.41 ^E 4	-0.0504
Ecotoxicité terrestre	Kg 1,4-DB eq	2.48	0.612	0.756	0.520	0.600	-0.000406
Oxydation photochimique	Kg C2H4 eq	0.55	0.0500	0.0612	0.0564	0.399	-3.45 ^E -5*

Source : nos calculs

* Pour le recyclage, quand le signe négatif précède la valeur, cela signifie que l'impact évité est supérieur à l'impact généré, d'où le remarquable avantage du recyclage et du compostage.

IV.4 Comparaison entre deux scénarios de fin de vie : incinération, recyclage

La Barquette polypropylène

Tableau 16 : comparaison fin de vie barquette pp

Catégorie d'impact	Unité	Incinération	Recyclage
Epuisement des ressources abiotiques non renouvelables	Kg Sb eq	27.5	27.5
Acidification	Kg SO2 eq	10.8	10.7
Eutrophication	Kg PO4 ⁻⁻⁻ eq	1.17	1.14
Réchauffement climatique (100 ans)	Kg CO2 eq	3790	2590
Déplétion de la couche d'ozone	Kg CFC-11 eq	0.000355	0.000354
Toxicité humaine	Kg 1,4-DB eq	356	322
Ecotoxicité aquatique de l'eau douce	Kg 1,4-DB eq	29.9	23.5
Ecotoxicité marine	Kg 1,4-DB eq	9.69 ^{E4}	8.36 ^{E4}
Ecotoxicité terrestre	Kg 1,4-DB eq	3.22	3.14
Oxydation photochimique	Kg C2H4 eq	0.521	0.517

Source : nos calculs

Le recyclage du plastique post-industriel, permet de réduire les impacts environnementaux. Par exemple, il permet de réduire significativement les émissions de GES, passant de **3790kg CO2 eq** à **2590 CO2 eq**. Cette quantité de matière recyclée verra son cycle de vie allongé et évitera la production équivalente de nouvelles matières premières.

La Barquette en Aluminium

Tableau 17 : comparaison fin de vie barquette Alu

Catégorie d'impact	Unité	Incinération	Recyclage
Epuisement des ressources abiotiques non renouvelables	Kg Sb eq	42.9	23.5
Acidification	Kg SO ₂ eq	33.8	18.3
Eutrophication	Kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	2.85	1.61
Réchauffement climatique (100 ans)	Kg CO ₂ eq	7.3 ^{E3}	3.96 ^{E3}
Déplétion de la couche d'ozone	Kg CFC-11 eq	0.000435	0.000236
Toxicité humaine	Kg 1,4-DB eq	2.98 ^{E4}	1.49 ^{E4}
Ecotoxicité aquatique de l'eau douce	Kg 1,4-DB eq	72.3	42.1
Ecotoxicité marine	Kg 1,4-DB eq	4.13 ^{E5}	2.23 ^{E5}
Ecotoxicité terrestre	Kg 1,4-DB eq	9.16	5.12
Oxydation photochimique	Kg C ₂ H ₄ eq	2.77	1.44

Source : nos calculs

Ce tableau montre l'avantage remarquable et considérable du recyclage de l'aluminium, en effet :

- Le recyclage des emballages en aluminium est bénéfique en termes d'impacts sur l'environnement.
- Le recyclage post-incinération de l'aluminium contenu dans les mâchefers est l'option qui permet d'atteindre le plus haut de niveau de performance en termes de taux de récupération.

- Le recyclage est la seule filière d'élimination des emballages en aluminium usagés qui apporte un bénéfice en termes d'impacts sur l'environnement, pour toutes les catégories d'impact étudiées. (ADEME, 1996)

Le Bac Inox

Tableau 18 : comparaison fin de vie Bac Inox

Catégorie d'impact	Unité	Incinération	Recyclage
Epuisement des ressources abiotiques non renouvelables	Kg Sb eq	5.89	1.87
Acidification	Kg SO2 eq	4.07	1.67
Eutrophication	Kg PO4 ⁻⁻⁻ eq	0.405	0.162
Réchauffement climatique (100 ans)	Kg CO2 eq	804	301
Déplétion de la couche d'ozone	Kg CFC-11 eq	3.78 ^{E-5}	1.94 ^{E-5}
Toxicité humaine	Kg 1,4-DB eq	1.31 ^{E4}	6.5 ^{E3}
Ecotoxicité aquatique de l'eau douce	Kg 1,4-DB eq	14.1	7
Ecotoxicité marine	Kg 1,4-DB eq	5.3 ^{E4}	2.6 ^{E4}
Ecotoxicité terrestre	Kg 1,4-DB eq	18.5	9.04
Oxydation photochimique	Kg C2H4 eq	0.242	0.0376

Source : nos calculs

Le recyclage est la filière d'élimination des emballages en acier usagés la plus bénéfique en termes d'impacts sur l'environnement, pour toutes les catégories d'impacts (effet de serre, acidification de l'air, pollution photochimique...)

La barquette en Bagasse

Tableau 19 : comparaison fin de vie barquette en Bagasse

Catégorie d'impact	Unité	Incinération	Compostage
Épuisement des ressources abiotiques non renouvelables	Kg Sb eq	9.09	8.53
Acidification	Kg SO2 eq	17.9	16.36
Eutrophication	Kg PO4 ⁻⁻⁻ eq	1.6	1.41
Réchauffement climatique (100 ans)	Kg CO2 eq	1.35 ^{E3}	1312
Déplétion de la couche d'ozone	Kg CFC-11 eq	0.000161	0.00015
Toxicité humaine	Kg 1,4-DB eq	522	514.38
Ecotoxicité aquatique de l'eau douce	Kg 1,4-DB eq	19.7	18.54
Ecotoxicité marine	Kg 1,4-DB eq	7.21 ^{E4}	287099.94
Ecotoxicité terrestre	Kg 1,4-DB eq	2.74	2.48
Oxydation photochimique	Kg C2H4 eq	0.623	0.420

Source : nos calculs

Pour les filières pour lesquelles les connaissances ACV sont relativement stabilisées, le recyclage présente en général d'importants bénéfices environnementaux, mais ces bénéfices ne sont pas systématiquement supérieurs à ceux de la valorisation énergétique. L'avantage du recyclage par rapport à la valorisation énergétique apparaît ainsi plus marqué pour les plastiques que pour les papiers-cartons ou les huiles. (ADEME, 1996)

Les transports apparaissent très rarement comme étant un facteur influant sur le bilan environnemental du recyclage (sauf dans le cas de la collecte sélective de l'acier par exemple, où la fréquence de collecte peut influencer de manière visible le bilan en termes d'émissions atmosphériques de particules).

IV. 2 PARTIE ECONOMIQUE

COMPARAISON DES PRIX DES BARQUETTES POUR UNE ANNEE (123 JOURS)

Le prix est la valeur d'un bien ou un service exprimée le plus souvent en unité monétaire, qui permet ainsi la comparaison de deux biens au minimum. « Le prix joue un rôle tellement crucial dans la stratégie des entreprises, qu'il en est devenu le centre nerveux » observe Christian Dussart.

Le prix représente la variable la plus concurrentielle du marketing mix, dès lors que dans une économie de marché, il est très souvent difficile, voire impossible, de conserver sur une longue période l'avantage sur l'ensemble des concurrents, pour l'ensemble de la gamme de produits offerts (Encyclopédie du marketing, 2004).

Dans notre étude le prix représente la valeur monétaire des quatre types de barquettes, en effet :

- Le prix unitaire de la barquette pp est de 0.63 Euros.
- Le prix unitaire de la barquette en Aluminium est de 1.04 Euros.
- Le prix unitaire du bac Inox est de 60 Euros, pour une durée de vie de 10 ans.
- Le prix unitaire du couvercle du Bac Inox est de 20 Euros, pour une durée de vie de 10 ans.
- La barquette en bagasse étant fictive, le prix est fixé par hypothèse à 2 Euros l'unité, en prenant en compte que c'est le type de barquette jetable le plus onéreux.

En rapportant les prix à l'unité fonctionnelle (cf. 2.1), la comparaison est illustrée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 20 : comparaison entre le coût des quatre types de barquettes

Types de barquettes		Prix unitaire	Unité fonctionnelle	Coût total pendant 123 jours (Euros)	
Barquette pp		0.63	2460	0.63 x 2460 = 1549.8	
Barquette Alu		1.04	2460	1.04 x 2460 = 2558.4	
Barquette en Bagasse		2	2460	2 x 2460 = 4920	
Bac Inox	Bac	60	40	(60/1230) x 40 = 240	
	couvercle	20	40	(20/ 1230) x 40 = 80	
				320	

Source : nos calculs

Outre le prix de la barquette même, le bac Inox nécessite un lavage du fait qu'il soit à usage multiple, d'où des dépenses en eau et en détergents.

Dépenses en eau :

D'après nos enquêtes sur le terrain, la quantité d'eau nécessaire pour laver un seul Bac est de **2 litres**.

Soit $2 \times 40 = 80$ litres soit 0.008 m^3

Le prix moyen de l'eau en France étant de 3 €/m³, les dépenses en eau sont de : **$0.008 \times 3 = 0.024 \text{ € par jour et } 2,95\text{€ par an}$** .

Dépenses en détergents :

Des informations recueillies sur le terrain, il faut 4 cl de détergent pour chaque bac ; soit pour notre unité fonctionnelle $0.04 \text{ l} \times 40 = 1.6$ litres par jour, soit **196,80 l** par an

Le prix moyen est de 2 euros/litre, soit une dépense en détergents de $1.6 \times 2 = 3.2 \text{ € par jour et } 393,60\text{€ par an}$

En additionnant ces charges au prix du Bac Inox, Le cout des bacs à l'année est estimé à $2.6 + 2,95 + 393,60$ (hors électricité) soit : **399.15 €**

LE COUT DU RECYCLAGE

Une étude sur le recyclage est en cours entre le fournisseur des barquettes pp « RESCASET » et l'UPC de Lansargues. Afin de faire une estimation proche de la réalité on s'est basé sur une étude réalisée par NutriPack.

La Société a proposé de racheter les barquettes usagées rincées et palettisées, et prend en charge les frais liés au transport des barquettes. Le prix de rachat a été fixé à :

- 250 € la tonne, barquettes entières,
- 350 € la tonne, barquettes broyées/ granulées (tarif au 01 octobre 2008)

Selon la société, cette proposition est unique en France. Tout autre système de tri et de valorisation des déchets est actuellement payant. Le rachat de la matière est exonéré de TVA au titre de l'article 261 du CGI concernant les « déchets neufs d'industrie et de matières de récupération »

En dehors des recettes issues de la vente des barquettes usagées, la collectivité économisera sur le tonnage des déchets. En moyenne le traitement de la tonne de déchets est de 174 €.

Prenons le cas où la cuisine recycle 20 tonnes de barquettes par an.

Dans le tableau ci-dessous nous émettons les hypothèses suivantes :

- 2460 barquettes sont recyclées entièrement (soit, 0.47 tonnes, en sachant que le poids de la barquette est de 191.5 g)
- Prix de traitement de la tonne de déchets : 250 €
- Prix d'achat de la tonne de barquettes usagées : 174 €

- Le coût total du recyclage de 2460 barquettes pour le recycleur est le suivant :

Tableau 21 : récapitulatif du coût du recyclage des barquettes

Recettes	Prix à la tonne	Tonnage recyclé : 2460 barquettes (0.47 t)	Total
Achats barquettes usagées	174 €	0.47 t	81.78 €
Traitements déchets	250 €	0.47 t	117.5 €

Les charges liées au recyclage pour un service de 150 couverts :

L'objectif de l'étude NutriPack était de démontrer que les frais de lavage et de traitement des barquettes usagées sont couverts par le rachat de la matière. Un calcul des dépenses de lavage pour une cuisine centrale servant 150 couverts a été fait. Sur une année scolaire de 123 jours, les dépenses de lavage étaient de 33.21 € pour une recette (vente pp) de 81.78 €, soit un solde bénéficiaire de 48.57 € / an.

L'analyse n'a pas pris en compte les frais de personnel. La charge de travail supplémentaire est de 14 minutes par jour pour un seul agent. On estimait qu'il était possible, dans la majorité des cas, de l'intégrer au plan de travail journalier sans pour autant faire appel à de la main d'œuvre supplémentaire.

Estimation de l'eau :

Il est assez difficile d'évaluer avec précision la consommation d'eau pour le rinçage des barquettes. En effet, celui-ci dépend de la méthode appliquée : rinçage à la douchette, rinçage sous l'eau courante, trempage, lavage en machine à casiers, lavage en machine à convoyeur...

Pour l'estimation qui suit, NutriPack a formulé les hypothèses suivantes :

- Lavage en machine à casiers 500 x 500
 - Utilisation de la barquette « injectée ».
 - Le remplissage des paniers de lavage est celui constaté habituellement par le modèle de barquette dans les offices.
- Le volume moyen d'eau utilisée pour le rinçage est de 2.9 litres par cycle (on considère que la machine est remplie), soit 20.3 litres pour 7 casiers (0.0203 m³). Le prix moyen de l'eau en France étant de 3 €/m³, le coût est de **0.0061 € et de 7.503 € par an.**

Estimation des dépenses en Electricité

- Puissance installée : 9 kW
- Coefficient de foisonnement pour connaître la consommation en kW/h : 0.7
- Soit une consommation horaire de 6.3 kW/h
- Consommation pour 7 casiers (10.5 minutes) : 1.103 kW/h

- Le tarif moyen du kW/h en France étant de 12 cts, les dépenses en électricité sont de **0.132 €**

Temps de lavage

- Un cycle moyen de lavage est de 90 secondes (cycle le plus court) sur les machines à capot traditionnellement implantées dans les offices. Chargement et déchargement se faisaient en temps masqué pendant le cycle de lavage. 7 casiers x 90 secondes = 10.5 minutes

Dépenses en produits lessiviels

- En moyenne les concentrations conseillées sont de 0.8 à 2 ml/l d'eau. A été retenue la médiane soit 1.4 ml/l d'eau soit pour 20.3 l : 28 ml.
- Le prix moyen est de 2 € le litre. Donc : les dépenses en produits lessiviels sont de **0.057 €**

Dépenses en produits tensio-actifs

- Le dosage moyen est de 0.5 ml/ d'eau soit 20.3 litres : 10 ml.
- Le prix moyen est de 2.40 € au litre. Donc les dépenses en produits tensio-actifs sont de **0.024 €**

Bilan économique du lavage pour une école de 150 collégiens (cas du rachat des barquettes usagées)

Tableau 21 : bilan économique théorique pour l'UPC de Lansargues

	Recettes		Dépenses		Bénéfice	
	Jour	Annuel / 123 jours	Jour	Annuel / 123 jours	Jour	Annuel/123 jours
Vente du pp	0.66 €	81.78 €				
Electricité			0.132 €	15.129 €		
Eau			0.061 €	7.503 €		
Produits lessiviels			0.057 €	7.01 €		
Tensioactif			0.024 €	2.95 €		
Total	0.66 €	81.78 €	0.27 €	33.21€	0.39 €	48.57 €

Conclusion

A la lumière de ce travail nous arrivons à conclure que contrairement à ce qu'on croyait, la barquette en Bagasse ne se situe pas dans la position la plus avantageuse parmi les autres. Son transport est le contribuant majoritaire par rapport à la plupart des indicateurs environnementaux. Alors que cette filière est peu développée en France, les barquettes arrivent de la Chine par bateau pendant 32 jours environ.

Les Bacs Inox jouissent de la position la plus avantageuse par rapport à tous les indicateurs d'impact environnementaux, ceci en raison de leur usage multiple et de leur durée de vie. Par contre on peut déplorer de multiples inconvénients pour les utilisateurs : bruit, lourdeur à la manutention et la manipulation... Par ailleurs, les charges liées à l'usage multiple de ces barquettes impactent peu l'environnement, car elles sont amorties sur la durée de vie des Bacs.

Les Barquettes en polypropylène, utilisées actuellement aux UPC, ne sont pas le choix le plus pertinent. En effet au niveau de l'UPC et des cuisines satellites, tous les impacts sont dus à la cuisson et à la conservation au froid ; c'est en effet le four et le type d'aliment cuisiné qui en sont la cause. Pendant la cuisson il y a des dégagements de plusieurs gaz (vapeur d'eau, CO₂, SO₂...), et pour y remédier des fours fonctionnant à l'énergie solaire réduiraient certains impacts. Mais c'est l'étape production des barquettes qui a la plus forte contribution pour la plupart des indicateurs environnementaux. La production a de l'importance pour fournir le nombre de barquettes nécessaires à l'usage unique. En revanche, l'utilisation est directement liée à la production.

L'étude montre aussi que la barquette en Aluminium est la moins intéressante d'un point de vue environnemental. Il s'agit de barquettes fabriquées à partir de l'Aluminium de première fusion.

Il est clairement visible, qu'il est moins coûteux et respectueux de l'environnement d'avoir recours aux Bacs à usages multiples, et que le transport des barquettes biodégradables semble être l'obstacle majeur face aux qualités qu'offre la barquette en soi.

Cependant, les résultats obtenus ont pu démontrer que le choix de la méthode de traitement de déchets est déterminant. En effet, le recyclage est une alternative en matière de réduction des impacts liés à l'incinération.

LIMITES DE L'ETUDE

Nous avons rencontré de nombreux obstacles pendant cette étude, notamment la difficulté d'accès à l'information. Le fournisseur est toujours contraint de répondre à des questions techniques concernant la fabrication ou même la logistique, c'est peut-être le cadre concurrentiel qui fait que les comportements soient de la sorte.

Il aurait été très intéressant de se rendre sur place et voir ce qui se passe réellement dans une usine.

Certaines incertitudes au niveau des cuisines peuvent varier les impacts et changer les résultats.

Il serait préférable que ce travail soit consulté par des experts par le biais d'une revue critique, et il serait intéressant que d'autres études plus approfondies confirment les résultats ou apportent une vision complémentaire.

AXES d'améliorations

Pour la Barquette pp et Alu :

- À la fabrication : l'éco-conception de barquettes polypropylènes vise notamment à minimiser les quantités de résines utilisées ou opter pour l'aluminium de deuxième fusion, réduire le tonnage des transports, faciliter les conditions de recyclage, et réduire les rebus de la production.
- À l'utilisation, adaptation du volume au grammage. En effet, les barquettes peuvent contenir jusqu'à 5 kg et sont remplies seulement à 3 kg, le cas échéant. Ainsi, on prendrait en compte la réduction des volumes de déchets et la réduction des surfaces de stockage autant en amont de la production (stock de barquettes vierges) qu'en aval (stockage froid des produits finis) et également lors de la conception des produits.
L'éco-conception prend également en compte les conditions de transport après conditionnement. L'UPC cherchant à réduire leur volume de transport et leur rotation sollicite des dimensions optimisées pour la palettisation

À la fin de vie, les barquettes polypropylènes profitent du fait qu'elles sont constituées d'un mono matériau et d'un profil écologique très satisfaisant en termes de recyclabilité. Les opérations de retraitement sont simples et peu onéreuses contrairement à des emballages multi matériaux type Tetra Pack.

ANNEXES

FICHE TECHNIQUE

Barquette GN 1/1

LE PRODUIT

Barquettes - Contenants Alimentaires - Packaging BIO

COMPOSITION

Pure Cellulose de canne à sucre

UTILISATION

Toutes les chaînes Alimentaires -Lignes Froides - Lignes Chaudes- Surgelés

TYPE DE FABRICATION

Contenants + Plateaux avec ou sans compartiments - Bols – Saladiers
Barquettes -

METHODE DE FABRICATION

Cellulose - Pulpe de cellulose compactée permettant la fabrication de toutes les formes et épaisseurs à votre convenance

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

100 % Etanche - Anti -choc - Incassable - Anti Adhérence des aliments pendant la cuisson - Maniabilité - Facilité de Désempilage

FINITION INTERIEUR

Neutre, affichage de film PET, PP et vernis biodégradable

OPERCULAGE ou THERMOSCELLAGE

Matière pulpe de cellulose idem au contenant - Films PET, PP

COLORIS

Teintés dans la masse - Impressions IML – Offset – Sérigraphie

BIODEGRADABILITE

100%

RECYCLAGE ORGANIQUE

Compostage par Bio méthanation Utile à l'Agriculture par Eppardage

PRATIQUE D'UTILISATION

Four Traditionnel Domestique - Four Industriel - Micro-Ondes Matériel de Remise en Température - Conservateur réfrigéré - Congélation – Conserve par procédé vapeur

CHOC THERMIQUE

De Moins 45° à Plus 200°c

RESISTANCE

Aucune Perte des Propriétés Mécaniques - Résistance aux produits les plus agressifs.

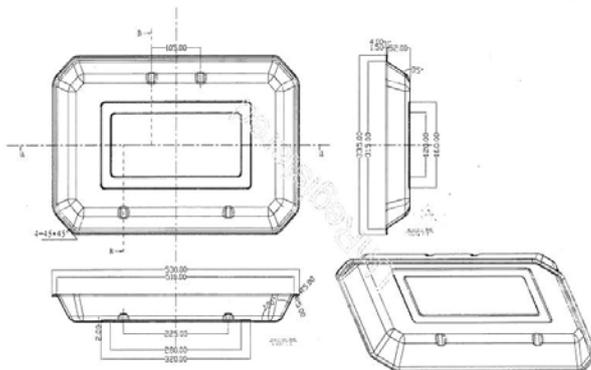
Mensuration :

Dimension (L x l x H) 530 x 325 x 52

Poids (Grammes)

Poids cellulose (grammes) 0

Poids PP (Grammes) 0



Product information

PLUS  PACK

Gastronorm®

Product no.: 5352015950

Product name: CONT. ALU. RECT. 5200ML. 1/2GN.

Material Data

Material: Aluminium
Colour: Ins/outs alu
Temperatures: -40 °C to +200°C
Special features: Gastronorm
Foil: Standard

Product image and dimensions



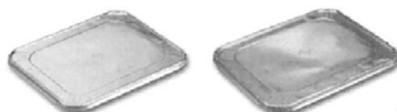
Shape: Rectangular
Total capacity: 5200 ml
Capacity by compartment: 5200 ml
Product category: Catering, Butcher, Other
Foodstuffs: Approved
Brand: Gastronorm®
EAN code on bag: no
EAN code on carton: yes

Packing

Pieces per bag: 100
Pieces per carton: 100
Cartons per pallet: 20
Pieces per pallet: 2000
m³ per carton: 0.092
Gross weight pr. carton: 6.6 kg
Gross weight pr. pallet (excl. pallet): 131.2 kg

	length/mm	width/mm
top out	324	264
top in	298	239
base	241	181
depth/height	102	

Matching item(s):



5324071006
LID. ALU. RECT. 1/2GN.

5336549701
LID. ALU. RECT. PREFORMED.
1/2GN

 <small>BP 7-38148 REVES CEDEX - TEL : 04 76 91 21 21 - FAX : 04 76 91 21 31 www.socomec.com</small>	FICHE TECHNIQUE PRODUIT		Ref : FT R0009
	MAXIPLAST GN 1/1 H52		Ind : B
			Date : 06/08/07

COMPOSITION - TECHNIQUE DE FABRICATION

Polypropylène injecté, homopolymère. Robotisation du démoulage, du convoyage et de l'empilage des pièces. Atelier climatisé en surpression d'air filtré. **Apte au contact alimentaire des produits aqueux, acides et gras à l'exception des produits 100% gras ou conservés dans un milieu 100% gras.**

CARACTERISTIQUES GENERALES

Masse (g)	191.5 (+/- 10%)
Dimensions extérieures (mm)	530 x 352 x 52 (+/- 10%)
Epaisseur moyenne (mm)	0.9 (+/- 10%)
Contenance (ml)	5500
Couleur	blanc
Températures limites d'utilisation ⁽¹⁾	-20°C / + 140°C
Température de scellage	160°C-200°C suivant film d'operculage et paramètres machine
Dépilabilité automatique	oui

PERMEABILITE

Oxygène cm ³ /m ² /24H (méthode ASTM D3985, conditions 4°C - 0% HR)	< 50
Vapeur d'eau g/m ² /24H (méthode ASTM F1249, conditions 4°C - 80% HR)	< 1

CARACTERISTIQUES MICROBIOLOGIQUES

Analyses de surfaces

MICRO-ORGANISMES	FLORE TOTALE AEROBIE 30°C / 100 cm ²	LEVURES MOISSURES / 100 cm ²	ENTEROBACTERIES 30°C et 37°C (Salmonelle)	LISTERIA monocytogenes	STAPHYLOCOCCUS aureus
CRITERES	< 100 ufc	< 10 ufc	absence	absence	absence

ENVIRONNEMENT

Teneur en métaux lourds:	< 100 ppm
Valorisation :	recyclage (monomatériau) récupération d'énergie (absence de chlore, Pouvoir calorifique 46 MJ/kg)

CONDITIONNEMENT- COLISAGE

Dans le carton, chaque pile est emballée sous une housse individuelle en polyéthylène.

DESIGNATION	REF.	NBRE BARQ / CARTON	DIMENSIONS CARTON (mm)	MASSE CARTON (Kg)	NBRE CARTONS / PALETTE	NBRE BARQ / PALETTE	DIMENSIONS PALETTE (mm)	MASSE PALETTE (kg)
GN 1/1 H 52	860 11 00	58	600x400x358	13.1	30	1740	1000x1200x2278	406

CONDITIONS DE STOCKAGE

20-25°C; Humidité relative 80 %.

Il est conseillé d'utiliser les barquettes à la température de l'atelier de conditionnement.

(1) pour le matériau uniquement, les limites pour l'emballage final pouvant varier en fonction des contraintes du procédé utilisé.

MISE A JOUR:06/08/07 OBJET:complément alimentarité	REDIGE PAR : L. ALAUZET		VERIFIE PAR : C. PERRET		VALIDE PAR : L. ALAUZET	
	DATE	VISA	DATE	VISA	DATE	VISA
	06/08/07		06/08/07		06/08/07	

Cette fiche annule et remplace la version précédente.

Toutes les informations sont données de bonne foi et à titre indicatif. Elles ne constituent pas une recommandation d'utiliser le produit. Il appartient à l'Acheteur de vérifier que le produit est adapté à l'utilisation envisagée. Toutes modifications ou changement des conditions opératoires devront être portés à notre connaissance.

ALUMINIUM ET TOXICITE HUMAINE

Il n'existe aucun rapport portant sur les effets causés par une inhalation de courte durée de l'aluminium. En général, des concentrations élevées de poussières peuvent causer la toux et une légère irritation passagère. Une exposition de longue durée à certains types de poudre d'aluminium peut avoir certains effets ?

EFFETS SUR LES POUMONS : On ne peut tirer aucune conclusion quant aux effets possibles à long terme de l'aluminium sur les poumons. Les anciennes études mentionnent plusieurs cas de lésions des tissus pulmonaires (fibrose pulmonaire) pour des expositions professionnelles prolongées ou répétées à certains types de poudre d'aluminium, soit une variété de pastille fondue ou une poudre d'aluminium obtenue par emboutissage (aussi connue sous le nom de « poudre pyrotechnique »). La fibrose pulmonaire est une pneumopathie pouvant devenir très sérieuse qui, dans des cas graves, peut entraîner la mort. Les teneurs atmosphériques en poussières qui ont produit ces effets n'étaient pas bien documentées et les sujets avaient aussi été exposés à d'autres produits chimiques. Les auteurs de certains articles de synthèse ont conclu que les effets sur les poumons pouvaient avoir été causés par un lubrifiant à base d'huile minérale utilisé depuis longtemps, en Allemagne et au Royaume-Uni, pour traiter les poudres pyrotechniques. On n'a pas observé de fibrose pulmonaire dans des cas plus récents d'exposition professionnelle à des poussières d'aluminium granulées plus grossières fabriquées à partir d'aluminium fondu, de paillettes de pigment d'aluminium ou de poudres pyrotechniques revêtues de stéarine.

On a observé une diminution de la fonction pulmonaire, ce qui s'accorde avec une limitation chronique du débit de l'air, chez des travailleurs d'alumineries, mais la cause n'en a pas été déterminée et l'exposition à de nombreuses autres substances atmosphériques est typique dans cette industrie.

Chez un travailleur effectuant le meulage de l'aluminium, on a signalé des lésions à la partie inférieure du poumon (protéïnose des alvéoles pulmonaires). Cette maladie peut être réversible ou non. Aucun détail sur le niveau d'exposition n'était inclus. Des effets similaires ont été observés chez les animaux d'expérience. Cependant, aucune conclusion ne peut être tirée de cette information de portée limitée.

EFFETS NEUROLOGIQUES : Un lien a déjà été suggéré entre l'exposition à l'aluminium ou aux composés d'aluminium et la maladie d'Alzheimer ou d'autres affections neurologiques; ce pour diverses raisons : les effets neurologiques graves observés chez des patients recevant des traitements de dialyse (avec des solutions de dialyse contenant de l'aluminium), les effets observés chez les animaux exposés à l'aluminium par d'autres voies que l'exposition professionnelle, les effets neurologiques signalés chez des travailleurs individuels et les concentrations élevées d'aluminium trouvées dans le cerveau de patients ayant des affections neurologiques. Actuellement, la réalité de ce lien soulève une controverse et les résultats sont contradictoires. Des auteurs d'articles de synthèse récents concluent qu'il n'existe pas suffisamment de données pour établir un lien entre l'exposition professionnelle de travailleurs ordinaires et en bonne santé à l'aluminium et des effets particuliers sur le système neurologique ou la maladie d'Alzheimer. Un de ces auteurs conclut qu'il existe probablement un lien entre l'exposition professionnelle de longue durée à l'aluminium et un effet précis, l'altération de la coordination, mais non pas avec d'autres effets toxiques sur le système neurologique ni avec la maladie d'Alzheimer.

On a observé un cas d'affection du cerveau (encéphalopathie) accompagnée de convulsions et d'une fibrose pulmonaire chez un travailleur ayant subi une exposition professionnelle à une poudre d'aluminium en paillettes. Ces effets n'ont pas été observés chez 53 autres travailleurs ayant subi la même exposition. Dans un autre étude, le suivi de deux employés pour lesquels un diagnostic de fibrose avait été établi à la suite d'une exposition à la poudre pyrotechnique dans les années 1930 et 1940 a révélé qu'une de ces personnes avait développé des troubles du cerveau (démence et troubles moteurs). Aucune conclusion définitive ne peut être tirée de ces données limitées.

EFFETS PAR CONTACT CUTANÉ : Un rapport récent indique que l'aluminium peut être absorbé à travers la peau de souris ayant subi une application de longue durée d'un sel d'aluminium soluble dans l'eau (le chlorure d'aluminium hexahydraté). Cette étude indique que les contacts cutanés de longue durée peuvent contribuer à l'exposition et à l'accumulation globales d'aluminium dans l'organisme. La pertinence de ces données dans le cas de l'exposition à l'aluminium métallique n'est pas connue.

SENSIBILISATION DE LA PEAU : Vu l'ampleur de l'utilisation de l'aluminium, seuls quelques rares cas de sensibilisation possible ont été signalés et très peu de détails concernant ces cas sont disponibles. Un rapport mentionne quatre cas de dermatite de contact à la suite de l'exposition professionnelle de travailleurs à l'aluminium. Aucune information n'y est fournie quant aux allergies antécédentes. De plus, on n'a pas écarté la possibilité que la réaction fût une irritation plutôt qu'une allergie. Un autre rapport décrit le cas d'une personne travaillant dans un hôpital et ayant eu une réaction positive à l'aluminium lors d'épreuves de sensibilité. Il n'a pas été établi clairement que cette personne ait été exposée professionnellement à l'aluminium. Si l'aluminium est un véritable allergène, ce qui est douteux, l'allergie serait considérée comme extrêmement rare. On a obtenu des résultats négatifs lors d'études réalisées chez des animaux.

SENSIBILISATION DU SYSTÈME RESPIRATOIRE : On a observé des symptômes semblables à ceux de l'asthme chez des travailleurs d'alumineries. Les causes n'ont toutefois pas été établies et ces travailleurs peuvent avoir été exposés à de nombreuses substances atmosphériques différentes.

EFFETS PAR INGESTION : Selon l'information recueillie chez les animaux et l'humain, l'ingestion de quantité importantes de composés d'aluminium pendant une période prolongée peut causer une carence en phosphate. L'ingestion prolongée de très grandes quantités d'aluminium (plusieurs grammes/jour) peut entraîner de l'ostéomalacie (ramollissement et flexion des os). L'apparition de ces effets n'a jamais été signalée à la suite d'une exposition professionnelle à l'aluminium.

La poudre d'aluminium nue est-elle cancérigène?

On a observé une augmentation des taux de mortalité associés à certains types de cancer chez des sujets travaillant dans des alumineries, mais ces effets résulteraient, croit-on, de l'exposition à d'autres substances et non à l'aluminium. Aucun cas de cancer n'a été observé lors d'études réalisées chez des animaux. Le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a conclu que l'information recueillie chez l'humain est suffisante et permet de classer la production d'aluminium comme un procédé ayant un effet cancérigène chez l'humain (évaluation globale : groupe 1). Cependant le CIRC ne laisse pas entendre que l'effet cancérigène soit dû à l'exposition à l'aluminium. (<http://www.cchst.ca>)

Gaz à effet de serre

Les **gaz à effet de serre** (GES) sont des composants gazeux qui absorbent le rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre contribuant à l'effet de serre. L'augmentation de leur concentration dans l'atmosphère terrestre est un facteur soupçonné d'être à l'origine du récent réchauffement climatique.

Un gaz ne peut absorber les infrarouges qu'à partir de trois atomes par molécule, ou à partir de deux si ce sont deux atomes différents.

Les principaux gaz à effet de serre qui existent naturellement dans l'atmosphère sont :

- la vapeur d'eau (H_2O) ;
- le dioxyde de carbone (CO_2) ;
- le méthane (CH_4) ;
- le protoxyde d'azote (N_2O) ;
- l'ozone (O_3).

Les gaz à effet de serre industriels incluent, outre les principaux gaz déjà cités ci-dessus, des gaz fluorés comme :

- les hydrochlorofluorocarbures, comme le HCFC-22 (un fréon) ;
- les chlorofluorocarbures (CFC) ;
- le tétrafluorométhane (CF_4) ;
- l'hexafluorure de soufre (SF_6).



Bibliographie

- **André, P., Delise, C.E., Reverer, J.-P.,** 2007. l'évaluation des impacts sur l'environnement processus, acteurs et pratique pour un développement durable. Presses internationales Polytechnique. 519 p.
- **Buhaug et al.** 2008. Mondialisation, transport et environnement. édition OCDE, 309 p.
- **Commissions européenne,** 2001. Document de référence sur les meilleurs techniques disponibles. Industries des métaux non ferreux. [En ligne], consulté en avril 2012. http://www.ineris.fr/ippc/sites/default/files/files/nfm_bref_1201_VF_0.pdf
- **Dumas, C.,** 2010. *Sciences et Avenir*. Pollution: la toxicité en deux temps des boues rouges. [En ligne], consulté le 08 mai 2012.
- **Dussart, C.,** 2004. l'encyclopédie du marketing
- **Eco-Emballages,** 2008. Analyses de Cycle de Vie de produits vendus à la coupe, pré-emballé et en libre-service Etude de cas : jambon. Bio intelligence service
- **European Aluminium Association EAA Nordheim, E.** 1998. Minutes from IPPC BREF Notes Aluminium Expert Group Meeting – Brussels. [En ligne], consulté en avril 2012.
- **Jolliet, O., Saadé, M., Crettaz, P., Shaked S.,** 2010. Analyse du cycle de vie : comprendre et réaliser un écobilan. Lausanne : Lausanne [Suisse] : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. 302 p.
- **Lijftogt, J.A.; van Kuijk, A.H.J. et al,** 1998. Dutch Notes on BAT for the Production of Primary Aluminum [En ligne], consulté en avril 2012.
- **McLellan and Partners Ltd, Surrey ,** 1993. **Pollution Control in the Primary Aluminium Industry.** [En ligne], consulté en avril 2012.
- **Morel, V., Granier, G., et Veyret, Y.,** 2006. *Développement durable. Quels enjeux géographiques.* Dossier n°8053, La Documentation Photographique, La Documentation Française, 63 p. [En ligne], consulté le 08 mai 2012. URL : <http://developpementdurable.revues.org/4813>
- **NutriPack,** 2009. Étude environnementale des différentes filières de fin de vie des barquettes. 15 P. [En ligne], consulté en avril 2012.
- **Oslo and Paris Commissions,** 1997. Description of Existing Techniques and Best Available Techniques in the Aluminium Electrolysis Industry. [En ligne], consulté en avril 2012.
- Rapport de stage ALARCON Bruno
- **Wathern, P. (Ed.),** 1988, Environmental Impact Assessment: Theory and Practice, Routledge, London