



**HAL**  
open science

# L'analyse du Cycle de Vie dans le cadre de l'ISO 14001

Aurore Fedou

► **To cite this version:**

| Aurore Fedou. L'analyse du Cycle de Vie dans le cadre de l'ISO 14001. Santé. 2018. dumas-01892074

**HAL Id: dumas-01892074**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01892074>**

Submitted on 10 Oct 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Mémoire  
Master IS PRNT  
Année 2017/2018

L'Analyse du Cycle de Vie dans le  
cadre de l'ISO 14001



Date : 24/08/2018

**Tuteur Entreprise : Jérôme BOUDAUD**

**Tuteur Master IS PRNT : Jean-Claude BORIES**

**Rapport d'Alternance : Aurore FEDOU**

## REMERCIEMENTS

A l'issue de mes deux années d'alternance au sein d'Orano Cycle Tricastin, je tiens à remercier chaleureusement mon tuteur Monsieur Jérôme BOUDAUD – Ex-responsable du Service Environnement Déchets (SED) et du Service Comptabilité des Rejets et Déchets (CRD) et actuel gérant de la Gestion de Crise du site, de m'avoir guidée grâce à sa compétence et son expérience. Je le remercie de la patience qu'il a eue à mon égard pour m'enseigner les missions qui m'ont été confiées.

Je remercie également Madame Sandra BOUSSARD - Chef du Département Environnement – Déchets, qui m'a chaleureusement accueillie dans son Département.

Merci aux correspondants Environnement, qui ont su m'accompagner au cours de mes différentes missions.

Merci à l'équipe des Transports pour leur aide et leur collaboration dans l'accomplissement de mes études sur les gaz à effet de serre émis lors des mouvements routiers ou ferroviaires de matières UF<sub>6</sub> et HF.

Merci aux correspondants des Utilités pour leur coopération, leur écoute et leur aide dans les différentes actions et missions touchant les installations des Utilités.

Merci particulièrement à Monsieur Jean-Claude BORIES mon professeur tuteur du Master PRNT pour son suivi, sa communication, son intérêt et ses visites au sein de l'entreprise Orano Tricastin.

Merci à tous de m'avoir transmis votre savoir et votre expérience. Ces compétences acquises grâce à vous vont me permettre de débiter ma vie professionnelle avec assurance. J'espère me montrer digne de votre confiance et de vos enseignements au cours de ma future carrière.

## Sommaire

|   |    |
|---|----|
| Introduction .....  | 5  |
| 1. Présentation de l'entreprise.....                                      | 6  |
| 1.1. De AREVA à Orano .....   | 6  |
| 1.2. Le cycle du combustible.....   | 6  |
| 1.3. L'Environnement au sein du site du Tricastin.....                    | 8  |
| 2. ISO 14001 version 2015 : l'Analyse du Cycle de Vie .....               | 11 |
| 2.1. L'ACV : Qu'est-ce que l'Analyse de Cycle de Vie ?.....               | 11 |
| 2.2. Comment réaliser une ACV ? .....                                     | 12 |
| 2.3. L'Analyse du Cycle de Vie sur le site du Tricastin .....             | 15 |
| 2.3.1. Bilan Gaz à Effet de Serre des conteneurs UF <sub>6</sub> .....    | 19 |
| 2.3.2. Bilan GES des transports d'HF : l'Acide Fluorhydrique .....        | 25 |
| 2.4. L'avenir de l'Analyse du Cycle de Vie sur le site du Tricastin ..... | 31 |
| Conclusion .....  | 34 |
| BIBLIOGRAPHIE .....   | 36 |
| Table des Annexes.....  | 37 |

## GLOSSAIRE

**ACV : Analyse du Cycle de Vie**

**ASN : Autorité de Sûreté Nucléaire**

**COFRAC : Comité Français d'Accréditation**

**CRD : Service Comptabilité des Rejets et Déchets**

**CXII : Usine de Comurhex II**

**FME : Fiche de Management Environnemental**

**HF : Acide Fluorhydrique**

**ICPE : Installation Classée Pour la Protection de l'Environnement**

**INB : Installation Nucléaire de Base**

**ISO : Organisation Internationale de Normalisation**

**ICV : Inventaire de Cycle de Vie**

**PNGMDR : Plan National de Gestion des Matières et des Déchets Radioactifs**

**PRNT : Prévention des Risques et Nuisances Technologiques**

**SET : Société d'Enrichissement du Tricastin**

**SOCATRI : SOCIété Auxiliaire du TRICASTIN**

**UF<sub>6</sub> : Hexafluorure d'Uranium**

## Introduction

Dans le cadre du Master PRNT : Prévention des Risques et Nuisances Technologiques, j'ai mené un projet d'alternance au sein de l'usine d'Orano Cycle à Pierrelatte (Drôme) au cœur du plus grand bassin nucléaire Français : le site du Tricastin.

Le site du Tricastin s'inscrit dans le pôle AMONT du cycle du combustible nucléaire grâce ses activités de conversion et d'enrichissement de l'uranium.

En septembre 2016, j'ai intégré le Département Environnement dans lequel j'ai su rapidement m'intégrer et découvrir les missions à mener au cours de ces deux années.

La politique d'Orano Cycle est d'axer sa priorité dans le domaine de l'environnement avec notamment : le respect de l'Environnement avec des contrôles et analyses quotidiennes, la prévention et la maîtrise des risques environnementaux, la réduction des facteurs d'impacts (rejets), la recherche et le développement de nouvelles méthodes pour limiter les incidences environnementales, l'identification et la mesure des différentes activités du site.

De plus, Orano a une volonté constante d'évolution et d'amélioration pour obtenir l'adhésion de la population et la satisfaction de ses clients. A ce titre, le site a obtenu la Tricertification et a évolué rapidement vers l'ISO 14001 version 2015.

En fonction de leur activité, les installations du site sont soumises aux arrêtés ICPE/INB. L'arrêté INB fixe les règles générales applicables à la conception, la construction, le fonctionnement, la mise à l'arrêt définitif, le démantèlement, l'entretien et la surveillance des installations nucléaires de base. Afin de réduire les risques et les impacts relatifs à ces installations et d'évaluer leurs aléas technologiques, la loi définit et encadre de manière précise les procédures relatives aux ICPE et INB ainsi que la manière dont ces installations doivent être gérées. Le droit des INB et des ICPE est principalement encadré par le Code de l'environnement.

C'est dans ce contexte de norme, de Tricertification et de réglementation que mon sujet de mémoire s'est inscrit.

Suite à la révision de l'ISO 14001 en 2015, des changements ont dû être apportés et mis en œuvre chez Orano. Le point essentiel de la nouvelle version de l'ISO qui sera développé dans ce mémoire est l'adoption d'une perspective de cycle de vie sur le site du Tricastin. C'est un point nouveau dans l'organisation et la vision environnementale déjà existante auparavant. Différents plans d'action sont déployés pour se conformer aux nouvelles exigences introduites par la version 2015 de cette norme.

La prise en compte de la perspective de cycle de vie sera le sujet développé au cours de ce mémoire avec comme thèmes principaux la gestion des transports d'UF<sub>6</sub> et d'HF vers nos clients.

## 1. Présentation de l'entreprise

### 1.1. De AREVA à Orano

Anciennement AREVA, le groupe industriel français spécialisé dans les métiers de l'énergie et du nucléaire vient de changer de nom. Depuis janvier 2018, AREVA est devenue Orano.

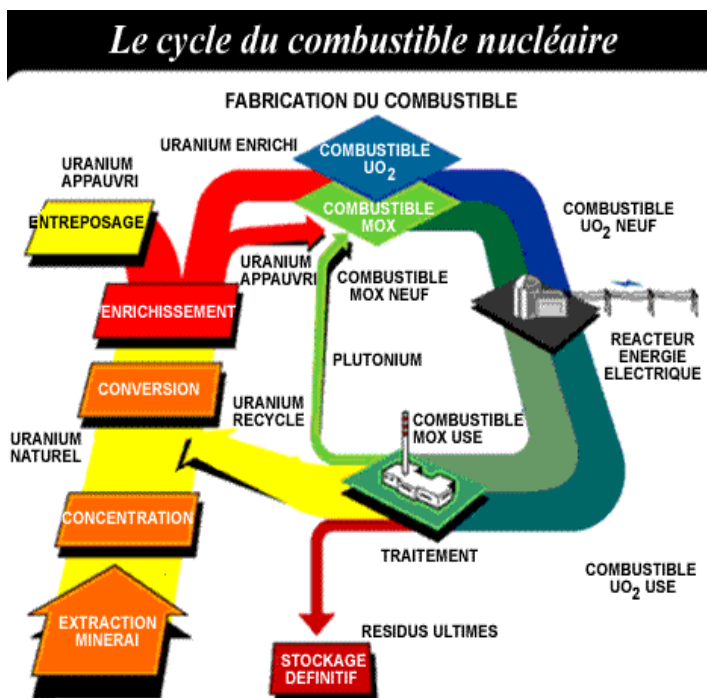
Ce changement de nom permet un renouveau et une modernisation de l'ancien AREVA qui a connu une période récente difficile en particulier depuis 2011 avec un fort ralentissement dans le développement du nucléaire au niveau mondial.

Orano reste l'acteur majeur au niveau mondial dans le secteur du nucléaire, l'effectif représente 16 000 collaborateurs. Son chiffre d'affaire s'est élevé à 4 milliards d'euros en 2017.

Orano propose à ses clients des solutions pour produire de l'énergie avec moins de CO<sub>2</sub>. Orano Tricastin est une plateforme industrielle, qui offre des services en matière de transformation d'uranium : chimie, conversion et enrichissement. Ces activités précèdent l'étape finale de fabrication du combustible nécessaire aux réacteurs des centrales nucléaires.

Le site nucléaire du Tricastin, comprend la plus grande concentration d'industries nucléaires de France et compte près de 2 500 salariés Orano et 2 000 sous-traitants. Le site se trouve entre Drôme et Vaucluse, il regroupe ainsi l'essentiel des activités liées au cycle du combustible.

### 1.2. Le cycle du combustible



Les différentes étapes de ce cycle sont les suivantes :

- 1/ **L'extraction du minerai** d'Uranium en mines souterraines ou en carrières à ciel ouvert.
- 2/ La **concentration du minerai**, sur le site d'extraction, en « yellow cake » qui convient 60 à 70% d'Uranium.
- 3/ La **purification et la conversion des concentrés** d'Uranium en hexafluorure UF<sub>6</sub>, qui est la forme chimique de l'Uranium la plus adaptée pour les changements d'état physique à des pressions et des températures accessibles industriellement. Le point triple de l'UF<sub>6</sub> est de 62°C à pression atmosphérique. Pour cette étape c'est l'HF qui est utilisé pour convertir l'Uranium en UF<sub>4</sub> puis UF<sub>6</sub>.

Schéma 1 : Illustration du cycle du combustible nucléaire

Nous verrons au cours de ce mémoire le cycle de vie de cet HF et l'importance de sa valorisation par Orano.



4/ **L'enrichissement de l'Uranium naturel** ; Les proportions entre les deux principaux isotopes formant l'uranium naturel sont :  $^{238}\text{U}$  : 99,28 % ;  $^{235}\text{U}$  : 0,72%. Or l' $^{235}\text{U}$  est celui qui peut provoquer une réaction de fission nucléaire dans un réacteur nucléaire. Ce sont les trois neutrons d'écart entre les deux isotopes qui expliquent une différence de stabilité chimique et de masse atomique.

Pour le fonctionnement des réacteurs nucléaires un enrichissement de l'Uranium 235 d'une teneur en  $^{235}\text{U}$  de 0.72% à environ 4,5% est nécessaire. Pour cela, les molécules d' $\text{UF}_6$  à l'état gazeux traversent une cascade de barrières poreuses, où la différence de masse des isotopes permet de séparer l' $^{238}\text{U}$  et l' $^{235}\text{U}$ .

5/ **La fabrication du combustible (hors périmètre Orano)**, sous forme de petits cylindres « pastilles » faites en oxyde d'Uranium  $\text{UO}_2$  pour résister à la chaleur et au rayonnement, équivalentes chacune en énergie à 1 tonne de charbon. L' $\text{UF}_6$  est transformé en  $\text{UO}_2$  qui est introduit dans des tubes de Zirconium, pour constituer les « crayons » de combustibles qui iront en centrales.

6/ La **production d'électricité (hors périmètre Orano)** en réalisant la fission du combustible (réaction nucléaire illustrée sur le schéma 2). La teneur en  $\text{U}^{235}$  va diminuer, en formant du plutonium et des produits de fission radioactifs. Chaque assemblage après un séjour de 3 à 4 ans dans le réacteur sera extrait puis refroidi dans des piscines d'eau de Bore afin de ralentir les réactions de fission.

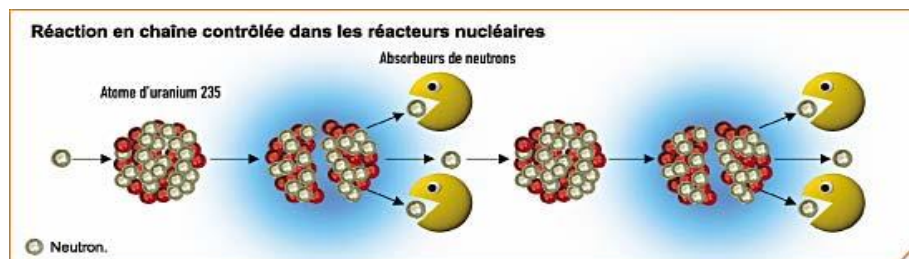


Schéma 2 : Illustration de la réaction en chaîne dans les réacteurs nucléaires

7/ Le **retraitement** permet de récupérer, dans le combustible utilisé, les matières énergétiques (uranium et plutonium) réutilisables et d'isoler les déchets ultimes.

8/ Le **conditionnement des déchets** ultimes selon leurs caractéristiques et leur degré de radioactivité.

9/ **Stockage définitif des déchets** conditionnés dans des sites spécialement aménagés en surface ainsi qu'en profondeur. C'est à la Hague que les déchets ultimes sont stockés.

Le site du Tricastin est notamment présent sur l'étape de conversion sur l'amont du cycle du combustible nucléaire.

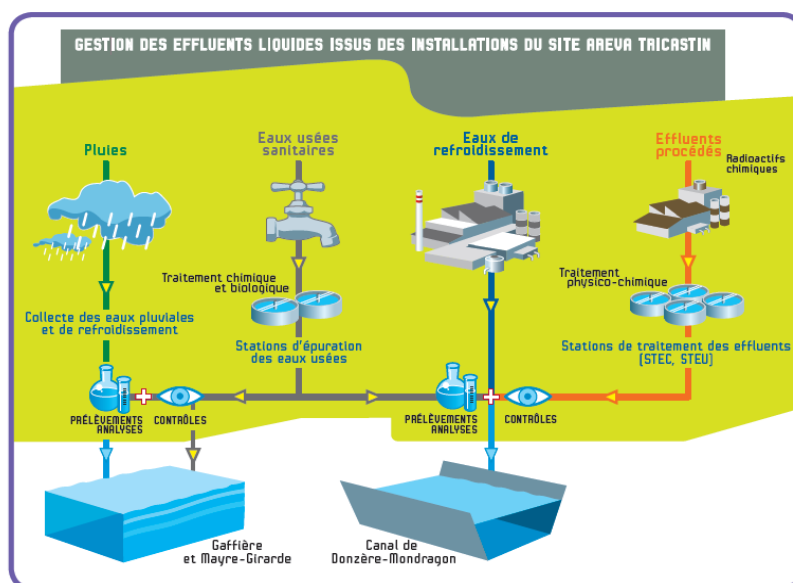


### 1.3. L'Environnement au sein du site du Tricastin

Orano cycle Tricastin est une plateforme industrielle, qui propose des services en matière de transformation d'uranium : chimie, conversion et enrichissement. Ces activités précèdent l'étape finale de fabrication du combustible nécessaire aux réacteurs des centrales nucléaires. Le site compte près de 2 500 salariés Orano et près de 2 000 sous-traitants.

La politique environnementale de l'entreprise repose sur une structure et des organisations à tous les niveaux s'articulant autour des axes suivants :

- **Respecter** les dispositions réglementaires tout en préparant l'intégration des nouvelles exigences. Les effluents rejetés par les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), par les Installations Nucléaires de Base (INB) et par l'Installation Nucléaire de Base Secrète (INBS) du Tricastin font l'objet de prescriptions réglementaires spécifiques ;
- **Prévenir** et maîtriser les risques ;
- **Réduire** de façon continue les facteurs d'impact (consommations de ressources naturelles, rejets...);
- **Rechercher et développer** de nouvelles solutions pour limiter ces impacts ;
- **Identifier et mesurer** les impacts de l'activité sur l'environnement.



*Schéma 3 : Illustration de la gestion des effluents liquides issus des installations du site*

Afin de réduire l'empreinte environnementale des installations, la politique environnementale vise à maintenir aussi bas que possible les rejets liquides et atmosphériques.

Le débit et les caractéristiques de nombreux rejets sont contrôlés par des mesures en continu, mais aussi par des mesures différées effectuées en laboratoire (analyses chimiques et radiologique).

Des prélèvements et des moyens internes conséquents sont déployés sur le site :

- plus de 28 000 analyses par an (eaux, air, sédiments, végétaux, poissons, ...);
- 300 points de surveillance à l'extérieur et à l'intérieur du site ;
- une surveillance atmosphérique, du milieu aquatique, des eaux potables, des nappes souterraines, des sédiments, de la faune et de la flore aquatiques ainsi que du milieu terrestre ;

- des analyses relatives à la chaîne alimentaire (sédiments, poissons, végétaux aquatiques, céréales...) confiées à des laboratoires agréés externes.

Pour réaliser et analyser ces prélèvements, une quinzaine de techniciens dédiés à la surveillance environnementale sont déployés sur le site.

Orano rend compte de ses engagements par une politique de transparence de l'information, avec la mise à disposition au public des valeurs de rejets et des résultats de la surveillance de l'environnement.

L'enjeu pour les installations d'Orano est de mener leurs activités dans des usines sûres, propres et économes en ressources naturelles. C'est l'objet des politiques déployées dans l'ensemble des industries Orano Tricastin en production, qui sont aujourd'hui toutes certifiées selon la triple certification qualité, « santé, sécurité » et « environnement » (ISO 9001, OHSAS 18001, ISO 14001). La triple certification globale du site du Tricastin a été obtenue en 2013 et renouvelée en 2016. Cette Tricertification est importante pour le site du Tricastin, elle permet d'apporter une qualification reconnue de notre site et apporte une reconnaissance et une assurance qualité envers les clients de Orano.

### *Le Département Sûreté-Environnement*

Depuis le 1<sup>er</sup> avril 2018, le département Environnement a fusionné avec celui de la Sûreté. Ce rattachement a pour but de permettre une meilleure cohésion de nos métiers et ainsi faciliter la communication et le travail dans le service. De plus, l'Environnement et la Sûreté sont étroitement liés et complémentaires, cette fusion est donc une aubaine pour les travailleurs du Tricastin.

Au sein du Département Sûreté-Environnement, une quarantaine de collaborateurs travaillent dans les domaines de l'Environnement qui comprennent :

- un laboratoire dédié aux mesures environnementales (COFRAC),
- des unités centrales chargées des méthodes et du suivi des dossiers réglementaires,
- la comptabilité des rejets du site,
- le contrôle des kits anti-pollution,
- deux unités (environnement et déchets) constituées de correspondants localisés sur les installations pour le soutien des exploitants sur les thématiques environnement/déchets.

Des équipes de correspondants environnements sont réparties sur tout le site pour assurer au plus près des installations leurs missions respectives.

Mensuellement, l'équipe Environnement se réunit lors d'une réunion de service qui permet de faire le point sur tous les sujets des correspondants répartis sur tout le site. Cette réunion permet de suivre l'avancement de chacun et de soulever des problématiques qui peuvent être solutionnés grâce à notre cohésion et notre travail d'équipe.

## Département Environnement Sûreté

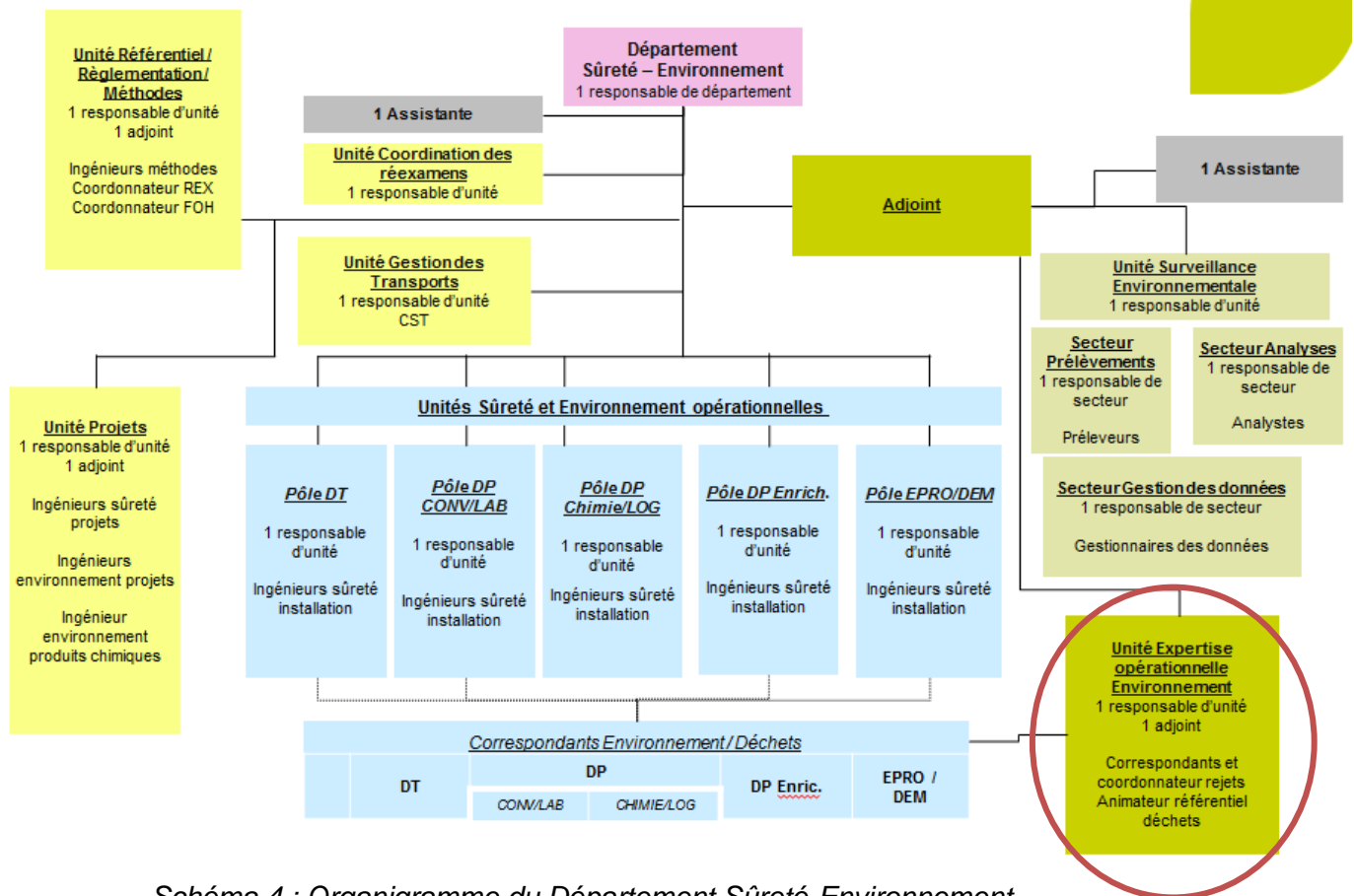


Schéma 4 : Organigramme du Département Sûreté-Environnement

Ma place dans l'équipe se situe dans l'Unité Expertise Opérationnelle Environnement.

Lors de ces deux années d'alternance, l'ensemble de mes missions se sont déroulées dans le cadre du soutien à l'exploitant et dans l'étude des Analyses de Cycle de Vie du site. J'ai assuré diverses missions qui m'ont conduite à découvrir l'ensemble du site du Tricastin. Mes missions ont été suivies sur une longue durée pour certaines et d'autres ont été plus brèves. Comme missions principales je peux citer par exemple : le suivi et la gestion des kits environnementaux du site ; la mise à jour de l'Analyse Méthodique des Risques sur les tours aéroréfrigérantes des Utilités ; le suivi de la mise en route de l'installation des tours aéroréfrigérantes de CXII ; l'étude de l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) de deux flux importants du site : l'HF et l'UF<sub>6</sub>.

Le travail sur l'ACV a été fastidieux et riche en recherches bibliographiques. En effet, j'ai pu collaborer avec l'équipe des transports pour remplir ma mission et réaliser une étude sur les émissions de Gaz à effet de Serre lors des expéditions de matière UF<sub>6</sub> et HF. Ce mémoire est essentiellement centré sur la présentation de cette mission.

## 2. ISO 14001 version 2015 : l'Analyse du Cycle de Vie

L'ISO 14001 est une norme internationalement reconnue qui établit les exigences relatives à un système de management environnemental. Orano améliore ses performances environnementales grâce à la norme, à une utilisation plus rationnelle des ressources et à la réduction des déchets. Orano gagne même un avantage concurrentiel, la confiance et la fidélité des clients.

Les normes ISO sont réexaminées tous les cinq ans afin qu'elles gardent toute leur actualité et leur pertinence pour le marché.

La norme ISO 14001 version 2015 répond aux toutes dernières évolutions et est compatible avec d'autres systèmes de management.

Les principaux changements de cette version 2015 concernent :

- L'importance accrue du management environnemental dans les processus de planification stratégique de l'organisation
- Une plus grande focalisation sur le rôle de la direction
- L'introduction d'initiatives proactives pour préserver l'environnement de tout préjudice et toute dégradation, tels que que l'utilisation de ressources durables et l'atténuation des effets du changement climatique
- L'introduction de la notion d'amélioration de la performance environnementale
- **L'adoption d'une perspective de cycle de vie pour aborder les aspects environnementaux**
- L'introduction d'une stratégie de communication

Ma contribution à ce plan d'actions concerne l'intégration d'une perspective de cycle de vie afin de respecter les nouvelles exigences de la norme.

### 2.1. L'ACV : Qu'est-ce que l'Analyse de Cycle de Vie ?

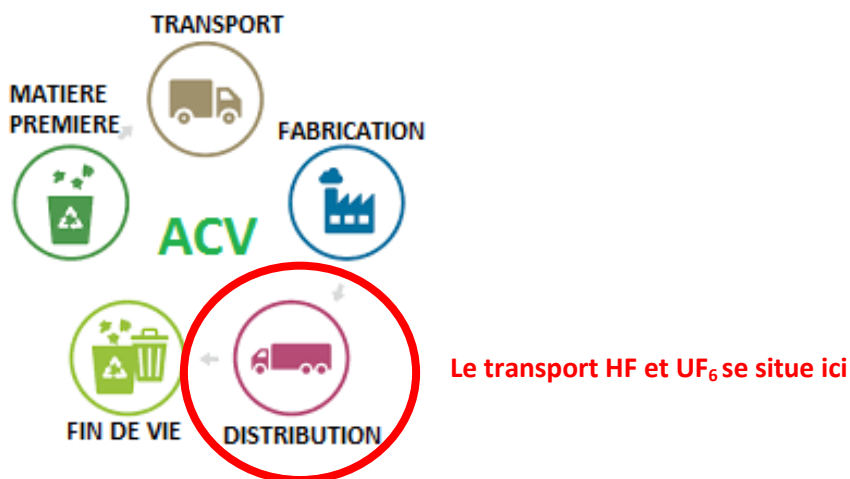
L'ISO 14001 version 2015 introduit l'Analyse de Cycle de Vie en demandant de « déterminer pour l'entreprise les aspects environnementaux de ses activités, produits et services qu'elle a les moyens de maîtriser et ceux sur lesquels elle a les moyens d'avoir une influence, ainsi que leurs impacts environnementaux associés, dans une perspective de cycle de vie ».

L'évaluation du cycle de vie est le processus utilisé pour mesurer l'incidence environnementale d'un produit à chaque moment pour n'importe quelle activité ou utilisation durant toute la durée de sa vie. Cela concerne l'extraction des matières premières jusqu'au traitement des matériaux, de la fabrication, de la distribution, de l'utilisation, de la réparation et de la maintenance, de la mise au rebut ou du recyclage.

La volonté de l'entreprise étant de développer un système de management performant et efficient, le choix de la méthode à utiliser doit notamment être dicté par les ressources financières et humaines dont dispose l'entreprise mais aussi, être fonction de la complexité des problématiques sur lesquelles elle peut agir.

Ainsi, les entreprises qui sont à l'origine ou qui ont une influence sur la conception des produits devront mettre en œuvre une méthodologie et des outils plus avancés. Et ce contrairement aux entreprises qui fabriquent des produits sans avoir une réelle capacité à influencer la conception de ceux-ci.

Le retour d'expérience montre que deux méthodes devraient être développées au sein de l'entreprise. L'une utilisée au niveau du périmètre du site, le plus souvent quantitative, qui utilise des critères comme l'intensité de l'impact, la sensibilité du milieu ou la maîtrise. La seconde méthode permettant de travailler sur l'amont et l'aval de l'activité.



## 2.2. Comment réaliser une ACV ?

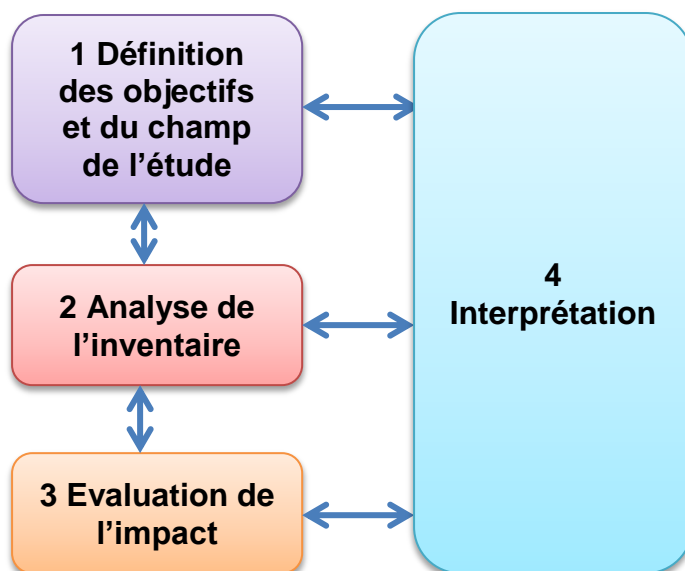
Une Analyse du Cycle de Vie est mise en œuvre en réalisant dans un premier temps l'inventaire des flux de matières et d'énergies entrants et sortants à chaque étape du cycle de vie. On appelle cette démarche d'inventaire du cycle de vie : ICV.

On procède ensuite à une évaluation des impacts environnementaux à partir des données recueillies grâce à des coefficients préétablis permettant de calculer la contribution de chaque flux aux divers impacts environnementaux étudiés.

Selon les normes en vigueur, l'Analyse du Cycle de Vie est un processus itératif constitué de 4 étapes principales, respectivement :

- la définition des objectifs et du champ d'étude,
- l'analyse de l'inventaire,
- l'évaluation des impacts,
- l'interprétation des résultats.

Celles-ci sont à la fois distinctes et interdépendantes car, tout au long de l'étude de fréquents retours sont nécessaires, ce qui rend la démarche générale itérative (ex. : des difficultés dans l'obtention de données pour l'inventaire peuvent amener à revoir les objectifs et le champ d'étude).



**Schéma 5 : Cadre de l'Analyse du Cycle de Vie**

Les 4 étapes de l'ACV sont définies selon les normes ISO 14040 et 14044.

Pour apporter quelques précisions sur ces normes qualifiantes les ACV, voici quelques définitions des normes :

- L'ISO 14044:2006 traite des études d'analyse du cycle de vie et des études d'inventaire du cycle de vie. Elle spécifie les exigences et fournit les lignes directrices pour la réalisation d'analyses du cycle de vie (ACV) comprenant: la définition des objectifs et du champ de l'étude, la phase d'inventaire du cycle de vie, la phase d'évaluation de l'impact du cycle de vie, la phase d'interprétation du cycle de vie, la communication et la revue critique de l'analyse du cycle de vie, les limitations de l'analyse du cycle de vie, la relation entre les phases de l'analyse du cycle de vie et les conditions d'utilisation des choix de valeur et des éléments facultatifs.
- L'ISO 14040:2006 traite des études d'analyse du cycle de vie et des études d'inventaire du cycle de vie. Elle ne décrit pas en détail la technique de l'analyse du cycle de vie, ni les méthodologies spécifiques de chacune de ses phases. Elle spécifie les principes et le cadre applicables à la réalisation d'analyses du cycle de vie comprenant: la définition des objectifs et du domaine d'application ACV, la phase d'inventaire du cycle de vie, la phase d'évaluation de l'impact du cycle de vie, la phase d'interprétation du cycle de vie, la communication et la revue critique de l'analyse du cycle de vie, les limitations de l'analyse du cycle de vie, la relation entre les phases de l'analyse du cycle de vie et les conditions d'utilisation des choix de valeurs et des éléments facultatifs.

L'application envisagée pour les résultats de l'ACV ou de l'ICV est prise en considération lors de la définition des objectifs et du domaine d'application. En revanche, l'application en tant que telle se situe en dehors du domaine d'application de la présente Norme internationale.

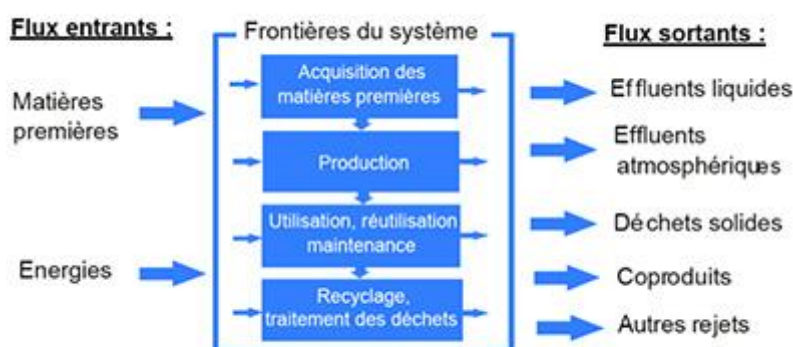
### Étape 1 : Définition des objectifs et du champ d'étude (non présentée dans le cadre des missions réalisées)

Cette étape permet de définir quels sont les objectifs de l'ACV, en précisant quelle application il en sera faite : écoconception, comparaison ou déclaration environnementale. La cible de l'étude (interne ou externe à l'entreprise) est précisée à ce stade, ainsi que la manière dont seront divulgués les résultats (pour des affirmations comparatives par exemple). Le champ de l'étude doit par ailleurs préciser les fonctions du produit étudié, l'unité fonctionnelle choisie, les frontières du système étudié et les limites de l'étude. C'est aussi à ce stade que les différentes règles pour les calculs appliqués à l'étude seront arrêtées.

L'unité fonctionnelle est l'unité de mesure utilisée pour évaluer le service rendu par le produit. Pour comparer les impacts environnementaux de deux produits, on ramènera les impacts à une unité de mesure commune. Une juste définition de l'unité fonctionnelle est indispensable pour rendre les résultats de l'ACV opérationnels et pertinents.

### Étape 2 : Inventaire de cycle de vie (ICV) (non présentée dans le cadres des missions réalisées)

Cette étape consiste à dresser l'inventaire des flux de matières et d'énergies entrants et sortants, associés aux étapes du cycle de vie rapporté à l'unité fonctionnelle retenue. L'inventaire est donc une comptabilité analytique des flux. Pour cela, deux types de données sont collectées : les facteurs d'activité (kWh consommés, km parcourus, tonnes transportées...) et les facteurs d'émission (g de NOx émis dans l'air, g de PO4 émis dans l'eau...). Ces données spécifiques (ou primaires) peuvent être complétées par des données génériques (ou secondaires), issues de la bibliographie ou de calculs, lorsque les premières ne suffisent pas ou lorsqu'elles ne sont pas accessibles.



L'inventaire est généralement effectué à l'aide d'un logiciel d'ACV, mais peut aussi l'être artisanalement, sous un tableur. C'est l'étape la plus délicate de l'ACV car les risques d'erreurs sont importants. Elle requiert une attention particulière et un contrôle extérieur.

### Étape 3 : Evaluation des impacts

À partir des flux de matières et d'énergies recensés, et en fonction des indicateurs et de la méthode de caractérisation sélectionnée, on va évaluer les impacts potentiels. Différentes façons existent pour caractériser les flux inventoriés en indicateurs d'impact environnemental de différents niveaux :



- les plus reconnues et utilisées aujourd'hui caractérisent les flux en indicateurs d'impacts potentiels (ou « midpoint ») ;
- certaines atteignent un second niveau de caractérisation pour obtenir des indicateurs de dommages potentiels (ou « endpoint »).

Ces méthodes facilitent la compréhension et l'utilisation des résultats en raison de la moindre quantité d'indicateurs, en général au nombre de quatre (par exemple le risque sur la santé humaine, le risque pour les écosystèmes, etc.). Elles sont cependant moins reconnues du fait d'une rigueur scientifique plus légère.

#### Étape 4 : Interprétation des résultats obtenus en fonction des objectifs retenus

Cette étape est en relation constante avec les trois précédentes, de manière à toujours valider que les résultats obtenus répondent aux objectifs de l'étude (par exemple, il arrive que la non-disponibilité de certaines données puisse conduire, en cours d'étude, à restreindre le champ de l'étude). C'est également ici que l'on évaluera la robustesse des résultats.

Voici en quelques explications la méthodologie générale pour réaliser une analyse du cycle de vie. Focalisons-nous à présent sur la mise en place des analyses du cycle de vie sur le site du Tricastin.

### 2.3. L'Analyse du Cycle de Vie sur le site du Tricastin

À l'instar de la démarche qualité décrite par les normes ISO 9001, le management environnemental, défini par les normes ISO 14001, est basé sur l'amélioration continue. Cette méthode très connue du monde industriel se fonde sur le principe de la roue de Deming ou encore appelée PDCA. Cette méthode se déroule en quatre étapes successives visant à établir un cercle vertueux permettant d'améliorer sans cesse la qualité d'un produit ou d'une activité :

- *Plan* : Préparer, planifier (ce que l'on va réaliser)
- *Do* : Développer, réaliser, mettre en œuvre (le plus souvent, on commence par une phase de test)
- *Check* : Contrôler, vérifier
- *Act (ou Adjust)* : Agir, ajuster, réagir (si on a testé à l'étape *Do*, on déploie lors de la phase *Act*)

L'éco-conception, puisqu'elle est une composante du management environnemental, n'échappe pas à cette règle. La roue de Deming sert à comparer d'un point de vue environnemental différentes alternatives de conception, à mesurer les apports environnementaux générés et à identifier les possibilités d'innovation environnementale (éco-innovation).

Dans cette politique d'amélioration continue, pour permettre une évolution constante de l'entreprise et pour répondre aux attentes de l'Audit de Tricertification de juin 2017, Orano s'est engagé à développer différentes études d'ACV sur le site du Tricastin.

En effet, depuis quelques années, un effort de communication et de sensibilisation est réalisé au sein de l'équipe environnement. Plusieurs plans d'actions ont été élaborés pour répondre aux exigences de la norme 14001.

En particulier, une nouvelle méthode a été actée pour la rédaction des comptes rendus de FME (Fiche de Management Environnemental). La notion d'analyse de cycle de vie est présentée dans ces FME, pour apporter un complément d'information sur l'installation mais aussi apporter une sensibilisation directe aux équipes sur les flux, rejets et consommations de leurs installations respectives.

Toute analyse environnementale donne lieu à l'établissement d'une fiche de management environnemental (FME), validée par le responsable de l'installation et par le Département Sécurité-Environnement. L'analyse environnementale Tricastin et ses FME constitutives sont révisées si besoin et au minimum tous les 5 ans. Elle est composée de 2 parties distinctes. En préambule, la description de l'activité concernée, avec un schéma des principaux flux entrants et sortants (prise en compte de la perspective du cycle de vie), et si possible une présentation simplifiée du procédé. Suit ensuite l'analyse environnementale avec la cotation des aspects environnementaux.

Chaque installation ou activité analysée fait d'abord l'objet d'un recensement qualitatif et quantitatif de ses flux entrants (matières premières, énergie, emballages, consommables...) et sortants (déchets, rejets, produits finis...).

Ces informations sont obtenues par le biais :

- de la documentation existante (étude d'impact, étude de danger, rapport de sûreté, autorisations de rejets, rapport public annuel, plans d'installation, étude bruit, étude déchets, registres relatifs à la surveillance des rejets gazeux, des effluents liquides et de l'environnement...);
- de visites sur le terrain ;
- d'outils de reporting, bilans déchets ;
- du retour d'expérience

Lors de la réalisation du schéma des flux, on ne retient que les principaux entrants et sortants. Il est entendu comme flux principaux, les ressources consommées ou déchets/effluents produits en quantité non négligeable.

Il est ensuite nécessaire d'indiquer le lieu de provenance des entrants et de destination des sortants afin d'identifier les FME liées à l'impact de leur fabrication ou de leur élimination lorsque ces dernières sont disponibles.

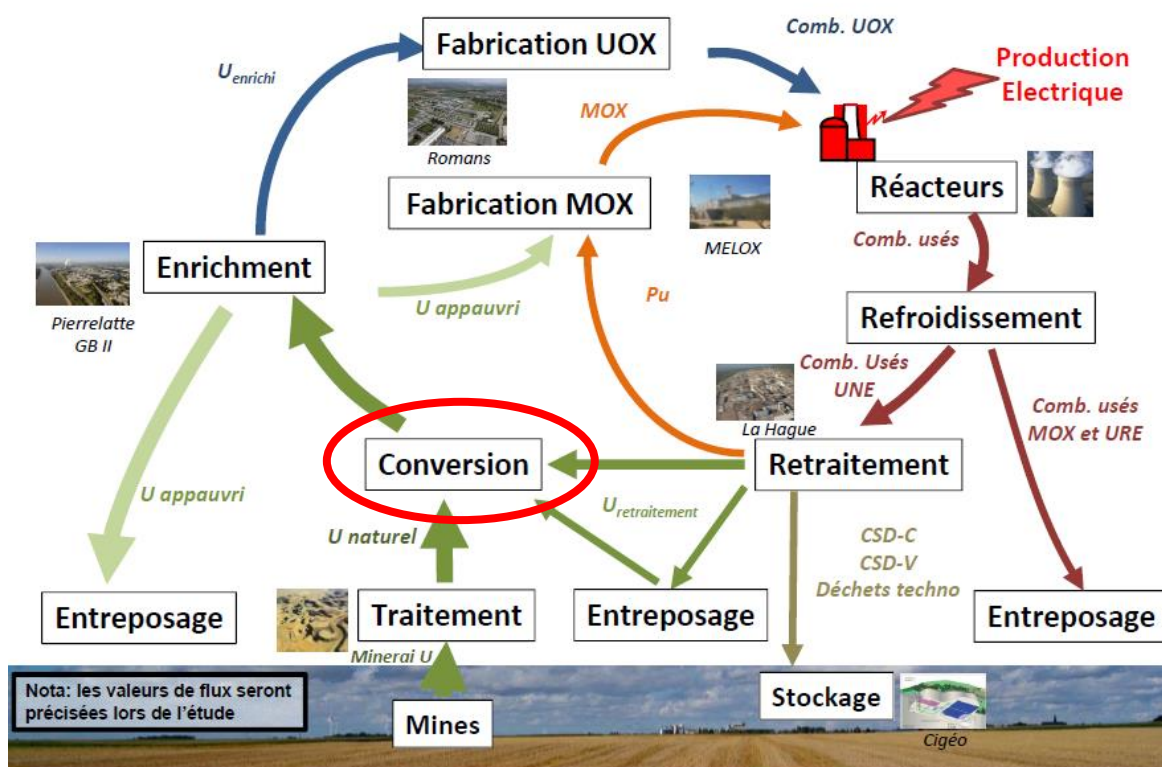
Ce schéma permet donc d'identifier le périmètre d'influence des activités de chaque installation du site du Tricastin et déterminer une piste de progrès pour une limitation optimale de l'impact environnemental. Dans cette perspective de cycle de vie, les transports des principaux entrants et sortants sont cotés (rejets GES liés au gaz d'échappement) afin de prendre en compte leur incidence environnementale.

D'autres plans d'actions sont mis en place dans le cadre de l'Analyse de Cycle de Vie (ACV).

Notamment avec l'étude du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR).

Orano, en lien avec le CEA, EDF et l'ANDRA, réalisa, au cours de l'année 2017, une analyse comparée des impacts pour l'environnement d'une stratégie de retraitement des combustibles usés en comparaison de celle qui résulterait de l'absence de retraitement, en considérant l'ensemble du cycle de vie du combustible, depuis l'extraction de l'uranium jusqu'au stockage des déchets induits. Notre équipe Environnement a été sollicitée pour répondre à cette étude afin de remettre les résultats de cette analyse au ministre chargé de l'énergie avant le 30 juin 2018.

L'ASN est saisie pour avis sur cette étude.



**Schéma 6 : Cycle de l'Uranium PNGMDR**

Voici schématiquement le cycle de l'uranium étudié dans le cadre du PNGMDR (**Schéma 6**). Nous avons participé aux recueils et à l'étude des résultats du secteur de la Conversion.

Mis à jour tous les 3 ans, le PNGMDR dresse le bilan des modes de gestion existants des matières et des déchets radioactifs, recense les besoins prévisibles d'installations d'entreposage ou de stockage, et précise les capacités nécessaires pour ces installations et les durées d'entreposage.

Les différents critères et indicateurs collectés pour l'étude ont été :

- Prélèvement et consommation d'eau
- Efficacité des ressources naturelles
- Consommation des différents combustibles
- Déchets technologiques non radioactifs
- Déchets radioactifs
- Rejets GES émis par les installations et lors des transports de matières.

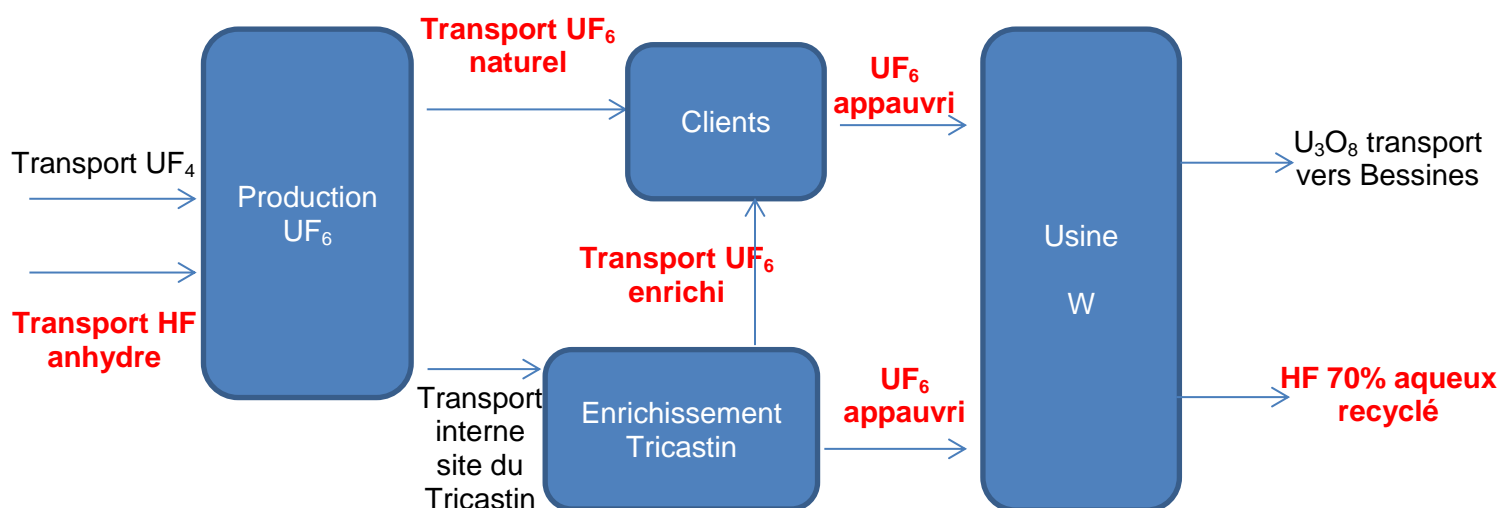
Ce sont des données nécessaires également utilisées dans les Analyses Cycle de Vie et liées à l'évaluation d'un impact environnemental.

Le PNGMDR propose des pistes pour améliorer la gestion de l'ensemble des matières et des déchets radioactifs. Il permet de susciter des débats et de renforcer la cohésion au sein des groupes de travail qui rallient tous les métiers du nucléaire. Un espace est dédié au PNGMDR sur internet qui permet de bâtir la confiance, la transparence et la qualité de l'information vers le public.

Pour étudier et réaliser ces ACV afin de concrétiser cette amélioration continue sur le site du Tricastin, nous avons ciblé et étudié deux produits phares du site du Tricastin : l'HF et l'UF<sub>6</sub> avec comme axe principal l'analyse des Gaz à Effets de Serre (GES) émis lors du transport de matière. L'analyse de cycle de vie complète du produit demande un travail difficilement réalisable à mon échelle car les échanges avec les fournisseurs sont restreints. Les quantités de matière première utilisées ou les analyses GES de leur procédé de fabrication sont des informations confidentielles non communiquées aux clients. Nous nous sommes donc focalisés sur l'étude des transports de matière UF<sub>6</sub> et HF.

Nous avons choisi d'étudier ces deux éléments car ce sont les produits les plus utilisés sur le site et qui nécessitent le plus de transports. Il s'est révélé également, grâce aux retours d'expériences, que ce sont les produits les plus impactants écologiquement et économiquement.

Afin de représenter le schéma global des flux de matières, des transports sur le site et de cibler notre étude voici une illustration explicative :



Sur le schéma sont indiqués les matières étudiées (HF et UF<sub>6</sub>) ainsi que leur processus d'utilisation et traitement. Le transport d'UF<sub>4</sub> a été analysé pour le PNGMR mais ne fera pas l'objet d'une interprétation au cours de ce mémoire. Ce transport est peu impactant pour l'environnement car tous les transports de Narbonne à Pierrelatte se font par voie ferroviaire. Les transports sont donc optimisés et écologiques. Nous préférons nous intéresser plus particulièrement aux expéditions d'UF<sub>6</sub> et d'HF qui sont moins écologiques et où des améliorations peuvent être apportées.

Les envois d'U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> en sortie d'usine W sont expédiés vers un ancien site minier réhabilité à Bessines, comprenant des bâtiments d'entreposage dédiés à U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>. Le transport s'effectue uniquement par voie routière et aucune autre alternative n'est possible. La charge acheminée est optimisée lors de chaque envoi ; c'est pourquoi les transports vers Bessines n'ont pas été exposés. Tricastin possède la spécificité d'intégrer sur son site la production d'UF<sub>6</sub> et l'enrichissement contrairement à son principal concurrent URENCO. C'est un atout pour Orano Tricastin qui permet ainsi d'obtenir une perte financière et un impact environnemental quasi nul pour effectuer le transfert de l'UF<sub>6</sub> vers l'enrichissement. L'étude des rejets GES des transports internes est donc négligeable comparé aux envois de matière UF<sub>6</sub> et HF qui s'effectuent hors du site du Tricastin et pour certains à travers le monde.

### 2.3.1. Bilan Gaz à Effet de Serre des conteneurs UF<sub>6</sub>

Sur le site du Tricastin, l'activité première est la production de combustible UF<sub>6</sub>. Le transport des cylindres d'UF<sub>6</sub> est le flux principal engendré. L'équipe de l'Environnement a voulu mettre en avant ces transports et ainsi étudier les améliorations possibles pour réaliser les transports d'UF<sub>6</sub> dans des conditions optimales pour le respect de l'environnement.

De plus, le site du Tricastin a été audité pour l'Audit Client EDF le 7 et 8 juin 2017 et un point sensible a été détecté. Ce point étant d'apporter des opportunités de progrès concernant des bilans globaux sur les transports effectués. Pour satisfaire et répondre aux attentes du client Orano a mis en place les moyens requis pour effectuer ces améliorations.

Le transport des emballages UF<sub>6</sub> hors site du Tricastin est le flux pertinent qui a été retenu à analyser. En effet, les transports de cylindres UF<sub>6</sub> représentent un important flux de marchandises avec plus de 2300 cylindres expédiés ou reçus annuellement.

Après production, l'UF<sub>6</sub> est placé dans des cylindres appelés 48Y pour les plus gros et 30B pour les plus petits. Pour avoir un ordre de grandeur, un conteneur 48Y contient environ 12 tonnes de matière UF<sub>6</sub> et un conteneur 30B contient environ 2 tonnes d'UF<sub>6</sub>. Le choix d'emballage dépend de la destination et du moyen de transport utilisé.

Les clients d'Orano sont répartis aux quatre coins du monde et les cylindres d'UF<sub>6</sub> font parfois des milliers de kilomètres pour arriver à destination.

Un bilan global des Gaz à Effets de Serre sur les transports a été réalisé dans une optique de Développement Durable associé à un bilan des émissions de CO<sub>2</sub> potentiellement évitées en fonction des modes de transport (train, bateau, camion...).

Différents choix s'appliquent sur les transports pour réduire l'impact environnemental mais aussi écologique. Ce sont ces deux paramètres : écologique et économique, qui influencent le choix du mode de transport.

Ce bilan des Gaz à Effet de Serre a permis de mesurer le Dioxyde de Carbone émis en fonction des transports et ainsi compléter l'analyse Cycle de vie du conteneur UF<sub>6</sub>. Suite à ce travail, un calcul des émissions de CO<sub>2</sub> a été réalisé pour chaque mode de transport, afin de rendre compte aux clients et aux équipes logistiques des modes les plus émetteurs et ainsi permettre d'apporter des perspectives d'améliorations.

L'objectif de cette étude était de réaliser un bilan GES sur l'ensemble des transports et de comparer différentes années (2015 et 2017), années phares dans le transport UF<sub>6</sub>. Il est intéressant d'étudier ces deux années car les clients, donc les destinations, ont évolué mais aussi car les moyens de transports sont différents (train/route).

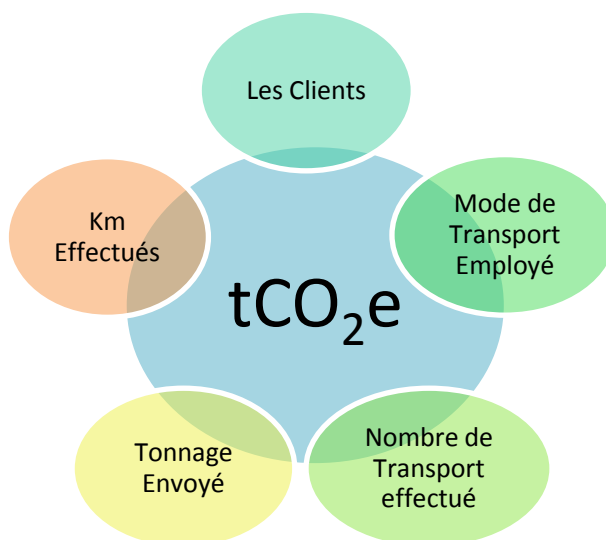
Le but de la réalisation du Bilan GES était de restituer l'étude et l'analyse finale réalisées sur les émissions carbone dues aux transports de cylindres UF<sub>6</sub> aux services des transports et de l'environnement du site. Cette restitution permet d'apporter des pistes d'améliorations pour les futurs transports et ainsi réduire l'impact environnemental.

Pour effectuer cette étude GES sur les transports d'UF<sub>6</sub>, une méthode particulière a été utilisée. Il a fallu tout d'abord consulter d'anciennes études GES réalisées auparavant sur d'autres flux. Une ébauche avait été initiée sur le cycle de vie des conteneurs UF<sub>6</sub>. Elle avait servi à présenter, lors de la semaine du Développement Durable, les enjeux et les mesures écologiques autour des cylindres UF<sub>6</sub> (**Annexe II et III**). Cependant, les sources de recherches de cette analyse n'ont pas été tracées et n'ont donc pas été considérées comme fiables pour éviter de partir sur des bases erronées. Après analyse et vérification de la méthode et des calculs anciennement réalisés, nous avons compris et exploité le protocole à utiliser. Le but de cette méthodologie étant d'obtenir un résultat final indiquant le nombre de tonnes équivalentes CO<sub>2</sub> émises en fonction du type de transport. L'étape suivante a été de dresser un listing des données nécessaires à l'étude, pour pouvoir cibler l'ensemble des renseignements utiles pour l'ACV.

Notre analyse s'articule sur différents axes :

- Données techniques chiffrées
- Données économiques des différents transports

Pour les données techniques, un recueil de critères auprès des équipes logistiques a été indispensable.



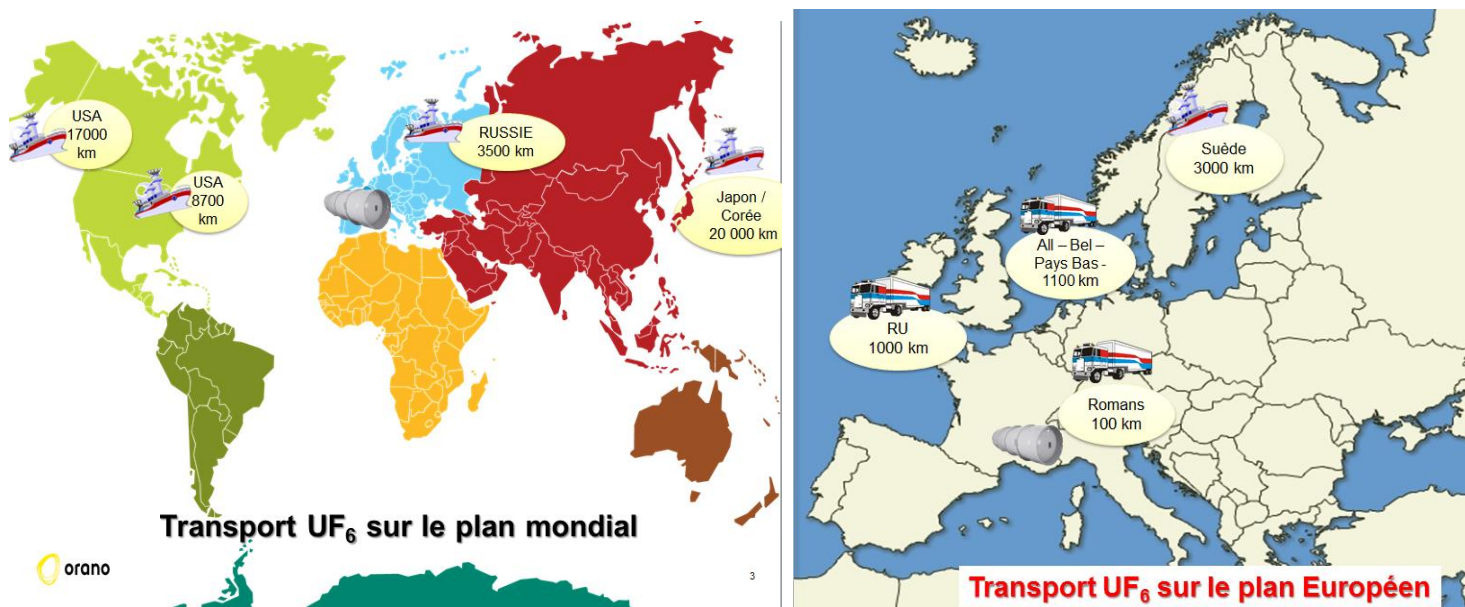
Le total de GES émis est facteur du nombre de kilomètres parcourus, du nombre de tonnes transportées et du mode de transport utilisé. En effet, pour faire ce bilan sur une année entière, le nombre de rotations effectuées au cours de cette année entre également dans ce calcul. Lorsque toutes ces données nous sont parvenues, nous nous sommes référés à l'ADEME pour déterminer le facteur de taux d'émission de CO<sub>2</sub> par unité transportée et par km en fonction du type de transport utilisé. Les modes de transports pour les cylindres d'UF<sub>6</sub> sont :

- Routier
- Maritime
- Ferroviaire

Pour certaines destinations, différents types de transports sont empruntés. Par exemple, pour les USA, la voie routière et maritime sont utilisées. Dans ces cas un calcul spécifique pour chaque mode de transport a été nécessaire pour être le plus précis possible.

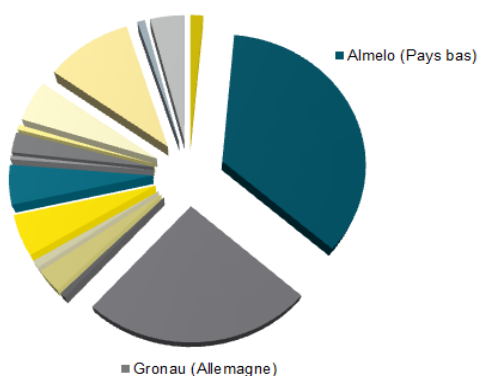


Les clients d'Orano se positionnent dans le monde entier. Une évaluation de la distance et des kilomètres effectués par les cylindres a dû être estimée pour pouvoir comptabiliser le nombre de kilomètre que parcourent les cylindres UF<sub>6</sub> durant une année. Pour illustrer ces propos, sur le schéma 7 sont représentées toutes les destinations d'expédition de l'UF<sub>6</sub>.



**Schéma 7 : Carte Mondiale et Européenne des transports d'UF<sub>6</sub>**

**Emission CO2 Transport UF6**



Les transports d'UF<sub>6</sub> chez les clients divergent dans le monde entier mais le plus grand nombre s'effectue vers l'Europe.

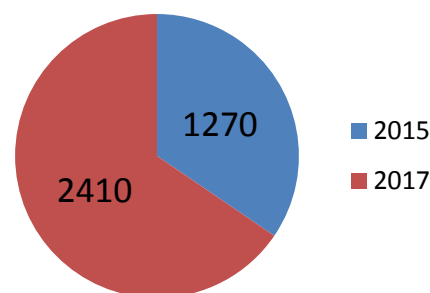
En effet, en les comptabilisant tous, deux transports principaux ressortent : celui vers Almelo aux Pays-Bas et celui vers Gronau en Allemagne. A la suite de notre calcul et analyse, il s'est avéré que ce sont également ces deux destinations qui émettent le plus de GES (schéma 8). En effet, les rotations sont nombreuses et se font par voie routière.

**Schéma 8 : Représentation graphique des émissions de CO<sub>2</sub> en fonction des destinations d'UF<sub>6</sub>**

Une représentation de l'ensemble des GES émis lors des années 2015 et 2017 a été réalisée en fonction de tous les transports de cylindres UF<sub>6</sub> effectués à travers le monde (schéma 9).

Nous observons une évolution croissante des GES en 2017 due à une augmentation conjointe des transports UF<sub>6</sub>, des emballages UF<sub>6</sub> acheminés et du mode de transport par voie routière au détriment de la voie ferrée qui tend à augmenter considérablement les rejets GES en 2017 par rapport à 2015.

**Comparaison d'émission GES en 2015 et 2017 (tCO<sub>2</sub>e/an)**



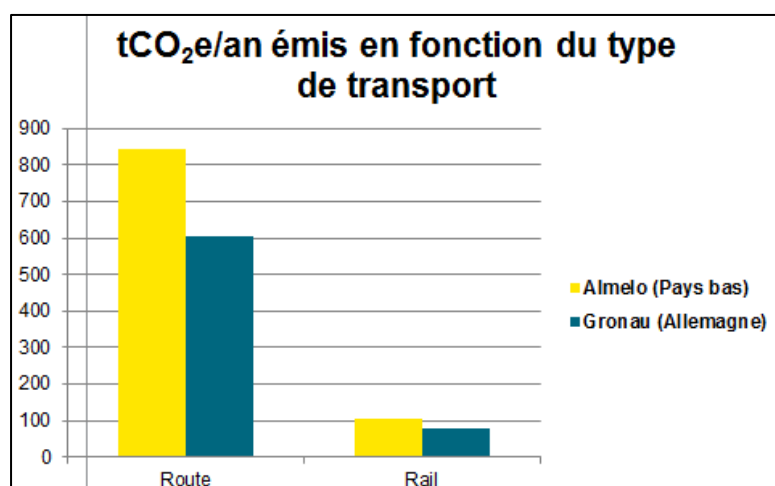
**Schéma 9 : Représentation des GES émis en 2015 et 2017**



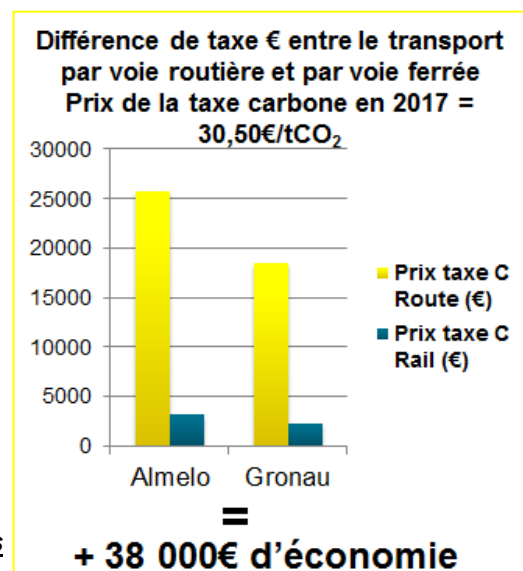
Suite à cette première analyse, nous avons recherché des solutions afin de diminuer cet impact carbone sur l'environnement. Nous avons émis des hypothèses pour nous projeter et estimer l'impact en changeant de mode de transport.

Les deux destinations les plus polluantes et avec un flux de marchandises le plus important, Almelo et Gronau, ont été la cible principale de notre analyse.

L'étude théorique démontre que lorsque l'on transfère tous les transports routiers au train, l'émission GES est divisée par 8. Ce qui implique également une diminution des coûts de la taxe carbone (également divisés par 8). En effet cette taxe carbone est une taxe environnementale sur les émissions de dioxyde de carbone qui contribue le plus au réchauffement climatique dans le but de contrôler et diminuer les émissions de GES et ainsi limiter ce réchauffement climatique. Cette taxe est payée par Orano mais indirectement aussi par les clients. En 2017 cette taxe s'élevait à 30,5€/tonne de CO<sub>2</sub> émis (schéma 11).



**Schéma 10 : Représentation hypothétique de la différence de GES émis en fonction du type de transport**



**Schéma 11 : Représentation hypothétique de la différence de taxe en fonction du type de transport**

En effet, lorsque l'on analyse en détail les chiffres, on s'aperçoit que le transport par voie ferrée est beaucoup moins impactant pour l'environnement que le réseau routier (schéma 10). Ceci s'explique car lors d'un transport d'UF<sub>6</sub> par camion, uniquement deux cylindres 48Y peuvent être positionnés sur le camion et pour le type 30B uniquement six cylindres peuvent y être placés. Or par train, des dizaines de cylindres 48Y peuvent être expédiés en même temps et avec un mode de transport beaucoup plus écologique qui émet moins de CO<sub>2</sub>.

Pour réaliser cette hypothèse, un nombre de transport égal a été pris en compte pour les transports route/rail.

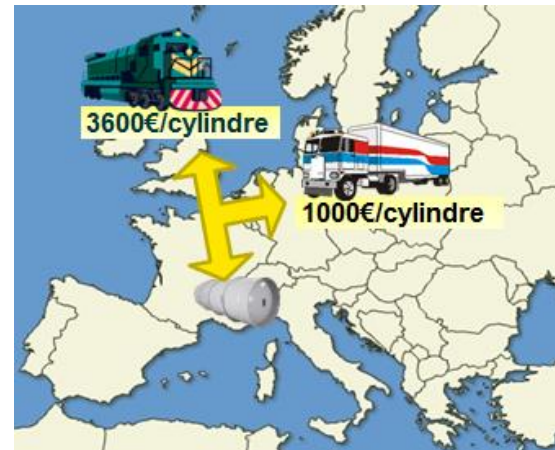
Or dans un wagon, une quantité plus importante de conteneur peut être transportée, ce qui diminuerait encore plus le nombre de transport total et donc le nombre de GES émis.

L'aspect économique a également été étudié. Dans une entreprise, ce paramètre est essentiel pour la bonne gestion et le bon fonctionnement du groupe.

Lorsque l'on analyse le coût du transport pour les emballages UF<sub>6</sub>, il peut être estimé à 1000€/cylindre transporté par route et 3600€/cylindre transporté par train.

Le transport ferroviaire a un coût 3.6 fois plus élevé que le transport routier.

Ce coût influence l'entreprise mais également les clients dans leur choix de transport...



Cependant, en fonction du type d'envoi et du nombre de cylindre envoyé le transport ferroviaire est plus intéressant. Les frais s'équilibrent à partir de 25 cylindres envoyés en lot. Une organisation et une entente particulière doivent être mises en place entre le client et Orano. Si les envois sont regroupés cela engendre une organisation du client pour le stockage des cylindres dans son usine mais également une prévision plus large pour sa future production. Tous ces points sont déjà pris en compte par les équipes logistiques pour essayer de rentabiliser au maximum les envois.

Une autre problématique s'impose à nous lorsque l'on veut transformer les transports routiers par des transports ferroviaires : les pénalités économiques. En effet, lors des retards occasionnés par les envois de marchandises par train, des pénalités peuvent être retenues à l'encontre d'Orano. De nos jours, il est de plus en plus compliqué de prévoir le délai de livraison pour les cylindres envoyés par train. Orano est tributaire de la SNCF pour les délais de livraison. Le transport par train est moins flexible et moins régulier c'est l'une des raisons pour laquelle le transport routier est favorisé.

L'avantage important qu'apporte le transport par train est la réduction de l'impact sur l'environnement mais aussi une meilleure sûreté et sécurité durant les transports.

Lors de la finalisation de l'étude, une communication avec l'équipe de l'environnement et celle des transports était nécessaire pour conforter notre analyse à leur retour d'expérience sur les différentes pratiques de transport.

Le but majeur étant de déterminer des solutions pour réduire l'impact environnemental tout en prenant en compte l'aspect économique des transports futurs.

Nous avons pu tirer des conclusions de nos discussions avec le service logistique.

Tout d'abord, pour les transferts d'UF<sub>6</sub> vers Almélo les transports par train sont irréalisables. Pour une question d'éthique et la volonté de la population, la ville d'Almélo aux Pays-Bas ne changera pas le mode de transport de cylindre UF<sub>6</sub> par voie routière car les autorités refusent que de la matière nucléaire arrive dans leur gare.

L'équipe des transports est déjà sensibilisée sur le respect de l'environnement et prend déjà en compte les soucis de GES avec les différents clients.

Pour limiter les GES, on négocie et met en place avec les transporteurs des « Rounds Trips » (Aller-Retour) pour optimiser les transports, éviter des trajets à vide et des rejets indésirables de GES.

Une sensibilisation des entreprises routières existe également pour répondre à la norme ISO 14001 et leur conseiller et les former à l'éco-conduite pour le respect de l'environnement.

De plus, une recherche permanente de transporteurs routiers possédant les véhicules les moins polluants est effectuée continuellement par le client et le fournisseur.

Or, un problème majeur se pose à nous. Le client est décisionnaire au 2/3 de l'envoi : du mode de transport, du transporteur utilisé, des dates d'envoi, de la quantité envoyée en restant en accord avec la réglementation et les exigences de sûreté des transports de marchandises nucléaires. Une sensibilisation du client est donc inévitable si l'on souhaite que les modes de transports évoluent. Cette sensibilisation et ce contact avec les clients s'effectuent grâce à un échange sur leur bilan annuel concernant les envois d'UF<sub>6</sub>. Nous démontrons qu'une réduction de leurs dépenses et de leur impact sur l'environnement est possible. Avec une volonté d'amélioration, les clients peuvent rapidement faire évoluer leur mode de circulation des marchandises.

Une autre méthode se développe et est employée entre le fournisseur et le client. La méthode « SWAP », repose sur un échange de flux ou de matière uranifère sans transport. Lorsque le fournisseur et le client possèdent chacun une part de l'autre, un échange virtuel peut être effectué et chaque partie garde le flux dans son usine sans effectuer de réel transport.

Un plan d'action s'est mis en place pour pouvoir cibler toutes les tâches à effectuer afin d'apporter des améliorations rapides.

Nous nous sommes axés principalement sur les deux plus gros clients qui sont également les deux plus gros pollueurs : Almelo et Gronau. Le client le plus susceptible de changer son protocole d'envoi est Gronau car en 2015 nous avons remarqué que plusieurs envois avaient été effectués en train. Or ce mode a été remplacé par le camion suite à une diminution des quantités envoyées. Ceci avait incité un arrêt de transition par la SNCF. Ce sont des contrats qui sont régulièrement renouvelés pour les transports de marchandises. Lorsqu'ils arrivent à terme, ils sont réétudiés et recalculés pour savoir s'il est toujours intéressant de fonctionner avec la voie ferrée. Il faut souligner que le site du Tricastin procède à des envois autres que l'UF<sub>6</sub>.

Certains fluides sont rassemblés pour être expédiés aux mêmes clients et ainsi utiliser un même contrat ferroviaire ou routier.

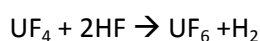
Par exemple l'autre flux fortement utilisé sur le site et qui subit beaucoup de transport est l'acide Fluorhydrique : HF. C'est notamment ce second fluide que nous allons étudier dans la partie suivante.

### 2.3.2. Bilan GES des transports d'HF : l'Acide Fluorhydrique

Le site d'Orano Tricastin est spécialisé dans la production d'hexafluorure d'uranium : UF<sub>6</sub>. Cet UF<sub>6</sub> est fabriqué grâce à l'apport d'UF<sub>4</sub> du site d'Orano Malvési (Narbonne) et d'acide Fluorhydrique HF. Le détail de l'étude réalisée sur le cycle de vie de l'HF sur le site du Tricastin sera explicité dans cette partie.

L'HF est fortement employé sur le site du Tricastin. Il est utilisé pour la fluoration de l'uranium, pour produire notre combustible UF<sub>6</sub>. Dans le passé, l'HF était également exploité pour la fabrication de produits fluorés. Il servait à créer du ClF<sub>3</sub> qui permettait la décontamination (activité arrêtée en 2015).

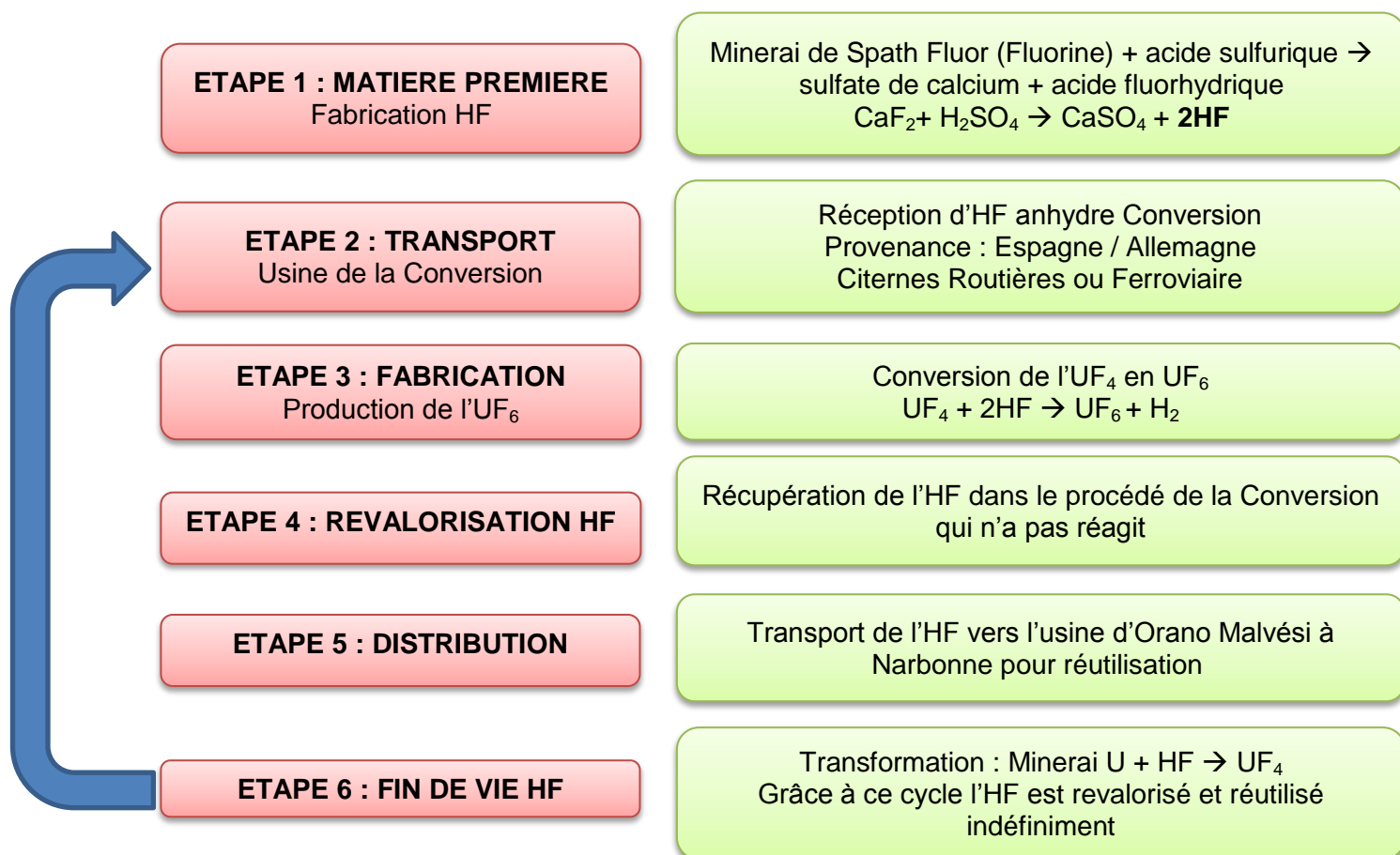
Son intérêt premier est la fabrication de l'UF<sub>6</sub> grâce à la réaction :



Cette réaction est réalisée dans l'usine de Comurhex II (CXII), anciennement CXI.

Lors de cette réaction, 100% de l'HF ne réagit pas pour former de l'UF<sub>6</sub>. Ce reste d'HF est valorisé et recyclé. Il ne peut pas être réemployé directement dans le cycle de la conversion pour former l'UF<sub>6</sub> car le process requiert de l'HF 100% anhydre mais celui-ci est envoyé vers l'usine de Malvési pour être utilisé dans leur procédé de conversion de l'uranium en UF<sub>4</sub>.

Pour se représenter le cycle de l'HF sur le site voici un schéma explicatif :



L'HF utilisé pour l'usine de la Conversion de l'uranium est un HF anhydre à 100%. Le site du Tricastin et les équipes logistiques achètent cet HF à deux fournisseurs :

- Mimex DDF à Onton en Espagne
- Lanxess Bayer en Allemagne

Chaque année, environ 2000t d'HF sont réceptionnées sur le site pour son bon fonctionnement. Or, dans le cadre de la mise en route de la nouvelle usine CXII, les prévisions de production d'UF<sub>6</sub> sont à la baisse pour les années 2018 et 2019 comparé au fonctionnement normal de l'usine. Cette diminution implique un besoin en HF moins important.

Nous avons choisi d'étudier une année représentative d'un fonctionnement normal de l'usine pour faire notre analyse des émissions de GES sur les transports d'HF, l'année 2016.

Un travail antérieur avait été réalisé par l'équipe d'Environnement sur l'ACV de l'HF (**Annexe IV**). Cette étude nous a aidé à visualiser l'ACV générale de l'HF et ainsi comprendre son fonctionnement dans sa globalité. Après une étude et une validation de la méthode préexistante utilisée, nous avons pu comparer et vérifier la cohérence de nos résultats actuels. Le manque de sources de recherches antérieures, nous a obligé à recueillir toutes les données nécessaires pour notre étude actuelle et également à vérifier si les pratiques de transport étaient toujours identiques.

Les transports provenant d'Espagne s'effectuent par voie routière contrairement aux transports effectués par la société Allemande qui utilisent le train. En moyenne, ¾ des achats d'HF proviennent d'Espagne. Le coût de la marchandise reste équivalent entre la société Espagnole et Allemande. Le choix de transport d'HF est établi en fonction de la capacité à recevoir et à entreposer les wagons des trains sur le site. En effet, sur le site, pour une question de sûreté et de logistique, la capacité maximale d'entreposage des wagons d'HF est de 2 wagons maximum. De plus, entre le moment où le wagon d'HF pénètre dans l'enceinte de l'usine et le moment où il est renvoyé en Allemagne un délai de quinzaine jours est nécessaire. Les transports par voie ferrée sont beaucoup moins flexibles que par la route.

C'est à cause de ces contraintes de stockage et de logistique que les transports routiers depuis l'Espagne sont privilégiés.

Pour l'impact environnemental et les émissions GES, les transports en train devraient être favorisés mais lorsque l'on étudie avec l'équipe des transports des possibilités d'évolution avec l'utilisation de plus de trains, le fonctionnel et organisationnel ressortent comme des points impossible à faire varier. Nous pouvons souligner qu'il est intéressant, environnementalement parlant, de travailler d'avantage avec la société Espagnole car celle-ci est plus proche de 100 kilomètres que celle en Allemagne. De plus, lors des transports ferroviaires, une quantité plus importante est expédiée vers Tricastin. Pour un transport ferroviaire, jusqu'à 24 tonnes d'HF peuvent être transportées en wagon contre 22 tonnes en camion-citerne.



**Illustration 12 : Citerne d'HF entrant dans le hall de dépotage**



Lorsque l'on étudie les GES émis lors des transports d'HF, on se rend compte que pour l'année 2016, 73 citernes transportées depuis l'Espagne et sont arrivées sur le site contre seulement 17 wagons d'Allemagne. Les émissions de GES sont donc largement supérieures pour les transports routiers d'Espagne (**schéma 13**). Cette tendance est due à l'utilisation du camion pour les transports d'HF provenant d'Espagne.

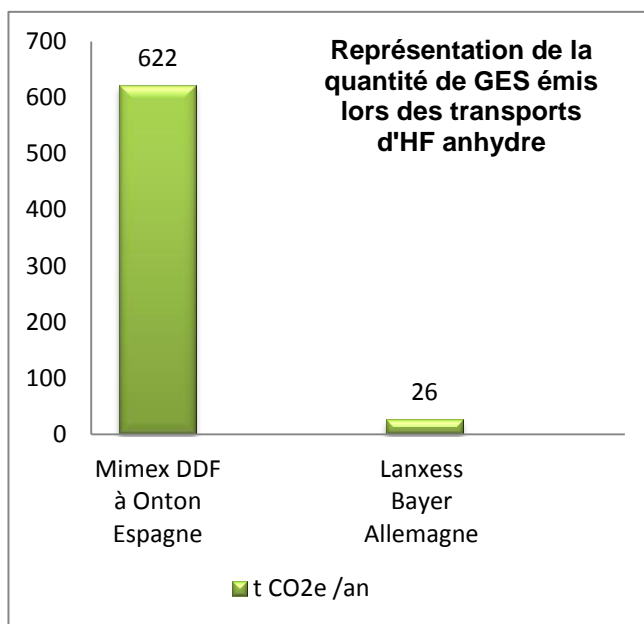
Des améliorations ont été proposées pour limiter cette tendance de forte émission GES pour les transports provenant d'Espagne. Par exemple, la possibilité de faire venir les citernes Espagnoles par voie ferrée au lieu de la route a été mise en avant aux équipes des transports. Or, une problématique

s'oppose à cette solution. La société Espagnole ne possède que des wagons doubles. Or sur le site, les zones de dépotage de l'HF sont étudiées pour ne pouvoir dépoter que des wagons simples comme ceux expédiés depuis l'Allemagne. Suite à cette complication, les transports routiers d'HF restent inchangés.

Comme pour les transports d'UF<sub>6</sub>, l'équipe logistique est tout autant investie et sensibilisée sur l'optimisation des transports pour ainsi éviter les rejets inutiles de pollution dans l'atmosphère. En effet, les contrats avec les clients sont scrupuleusement étudiés et planifiés pour que les transports soient réalisés du mieux possible, avec un transporteur certifié ISO14001.

Un autre point a été abordé avec l'équipe des transports : l'optimisation des expéditions grâce à l'échange de matière pour ainsi éviter le transport à vide des citernes HF.

Les sociétés allemande et espagnole, fournisseurs d'HF du site du Tricastin, sont aussi les acheteurs de l'HF recyclé fabriqué sur le site par l'usine de W. Ils récupèrent cet HF recyclé pour le purifier et ainsi être réemployé. C'est un échange d'HF anhydre contre d'HF recyclé qui permet une économie de matière première, une valorisation des ressources et également une économie financière de part et d'autre. Le transport idéal qui a été proposé à l'équipe des transports est d'effectuer une expédition avec, à l'aller, de l'HF anhydre provenant d'Espagne ou d'Allemagne et, au retour, de l'HF recyclé provenant de notre usine du Tricastin tout en gardant le même transporteur. L'optimisation et le rendement du transport serait totale. Pour ce cas-là, une autre difficulté est apparue. En effet, lors d'un transport en camion-citerne, il est interdit de mélanger plusieurs substances même si le produit est sensiblement le même. Dans notre cas l'HF n'est pas similaire à cause de sa concentration qui diffère. Pour effectuer le transport dans le même contenant il faudrait tout d'abord rincer la citerne avant d'y insérer l'HF et de l'expédier. L'installation effectuant ce rinçage au préalable avant renvoi de la citerne n'existe pas et ne peut donc pas être effectué sur le site du Tricastin. Les citernes doivent donc être rincées et remises au propre dans les sociétés allemande et espagnole. Ce sont des transports qui pourraient être mieux optimisés mais qui à l'heure actuelle ne peuvent pas être changés faute d'installations adéquates et de moyens.

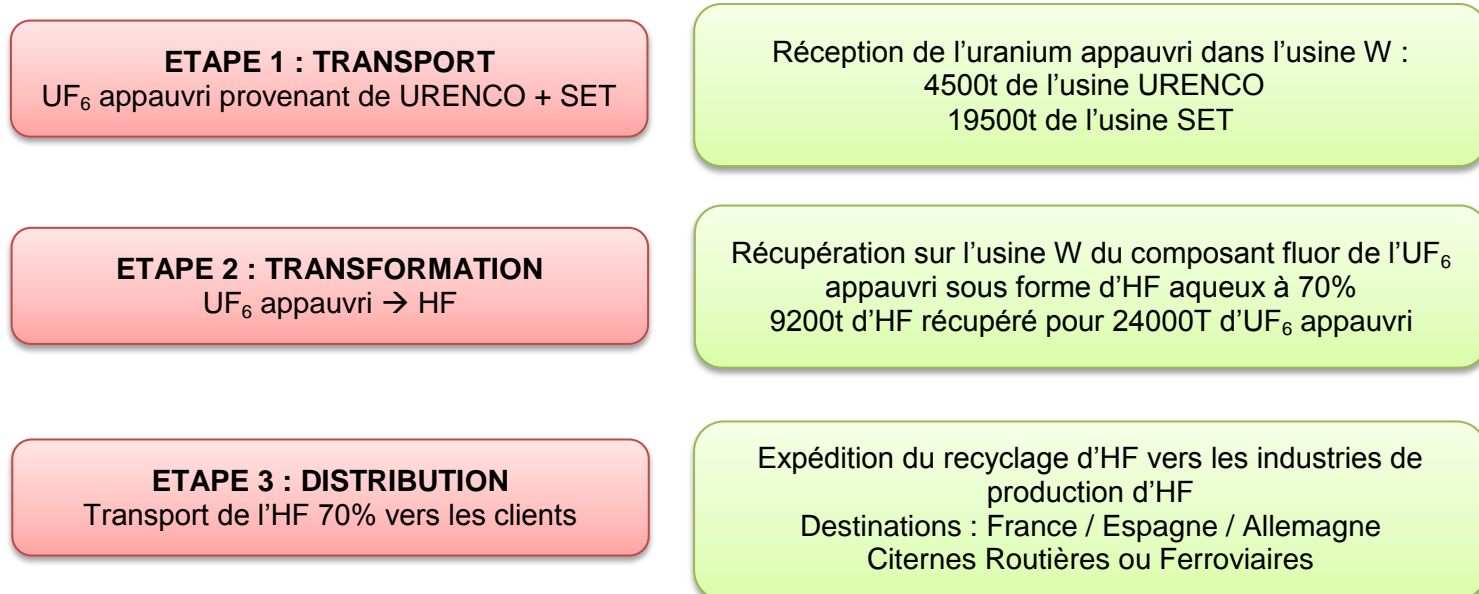


**Schéma 13 : Représentation de la quantité de GES émis au cours des transports d'HF**

En parallèle de ce cycle de vie de l'HF anhydre, un autre cycle existe avec le recyclage de l'HF provenant de l'appauvrissement de l'UF<sub>6</sub>. Lors de l'enrichissement de l'UF<sub>6</sub> sur l'usine de SET, Société d'Enrichissement du Tricastin, une partie de l'uranium est enrichie et une autre appauvrie. C'est l'uranium enrichi qui est expédié chez les clients d'Orano (comme EDF).

Pour le recyclage de l'HF, c'est la partie appauvrie qui nous intéresse. En effet, grâce à l'installation W située également sur le site du Tricastin, l'HF est extrait sous forme aqueuse de l'UF<sub>6</sub> pour être ensuite renvoyé vers les fournisseurs d'HF qui alimente l'usine de la Conversion en HF anhydre.

Voici schématiquement le cycle de vie de l'HF appauvri :



L'uranium appauvri provient essentiellement de l'usine SET. Une autre partie de l'UF<sub>6</sub> appauvri arrive des usines URENCO dont les activités sont liées à l'enrichissement de l'uranium avec le procédé de centrifugation comme SET.

Cet UF<sub>6</sub> appauvri représente une source riche en HF et en uranium. Pour une question économique et de développement durable, il est intéressant pour Orano de recycler cette matière pour qu'elle soit réutilisée.

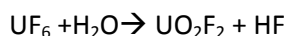
Grâce au procédé de l'usine W, présent sur le site du Tricastin, l'HF est extrait de l'UF<sub>6</sub> grâce à deux réactions chimiques : l'Hydrolyse et la Pyrohydrolyse.

Le but de ces réactions étant d'obtenir d'une part de l'HF et de l'autre une poudre d'U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> qui est moins dangereuse d'un point de vue sûreté pour son stockage que l'UF<sub>6</sub> appauvri.

En effet, l'HF est un produit extrêmement dangereux et mortel. Sa température d'ébullition est de 19.5°C. Le stockage idéal de l'HF est sous forme aqueuse. Cependant, si un incident provient sur le stockage d'UF<sub>6</sub> appauvri, l'HF va se vaporiser instantanément sous pression atmosphérique et température ambiante supérieure à 19.5°C. Lorsqu'il est inhalé celui-ci est extrêmement toxique. Il réagit avec le calcium et le magnésium de notre corps et les rendent inactifs dans notre cycle biologique. Ceci peut endommager les organes dont le bon fonctionnement dépend de ces ions Mg<sup>2+</sup> et Ca<sup>2+</sup> et peut entraîner la mort.

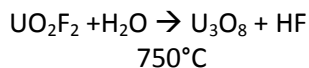


Pour être plus explicite voici les réactions utilisées pour la séparation de l'HF et de l'UF<sub>6</sub> :  
La première réaction est l'hydrolyse :



Hexafluorure d'Uranium + vapeur d'eau → Oxyfluorure d'Uranium + Acide Fluorhydrique  
300°C

La seconde réaction est une réaction d'pyrohydrolyse qui est une réaction d'hydrolyse par de la vapeur d'eau :



Oxyfluorure d'Uranium + vapeur d'eau → Oxyde d'uranium + Acide Fluorhydrique

Ces deux réactions sont complémentaires et permettent d'extraire tout l'HF de d'UF<sub>6</sub> appauvri. L'HF récupéré est stocké sous forme aqueuse à 70%. C'est cet HF qui sera revendu à certaines entreprises qui fournissent de l'HF anhydre de l'usine de la Conversion.

L'HF 70% recyclé dans les usines de Tricastin est expédié chez trois clients :

- Mimex DDF à Onton en Espagne
- Lanxess Bayer en Allemagne
- SODEREC à Pierrelatte



Grâce à cette vente d'HF recyclé, les usines productrices d'HF le purifient et lui permettent de continuer son cycle de vie et d'être réutilisé. Dans le cadre du développement durable ce procédé est très bénéfique et avantageux à la fois en terme d'économie financière pour Orano Tricastin mais également en terme de préservation des matières premières.

Nous avons réalisé une étude sur les rejets de GES occasionnés par les transports d'HF recyclé vers les différents clients. Nous avons pris comme année de référence l'année 2017. Un total de 140 expéditions vers l'Espagne, 110 vers Pierrelatte et seulement une vers l'Allemagne a été

comptabilisé. L'unique trajet vers l'Allemagne a été effectué en train mais les autres destinations sont uniquement desservies par la route.

Lorsque l'on se focalise sur les émissions GES, le résultat est sensiblement le même que pour les transports d'HF anhydre. Ce sont les trajets vers l'Espagne qui représentent 1200teqCO<sub>2</sub>/an contre à peine 1t pour l'Allemagne et 2t pour Pierrelatte.

Le transfert d'HF vers l'usine de Pierrelatte est préférable car l'impact environnemental lié au transport peut être considéré comme négligeable. La possibilité de travailler avec les sociétés entourant le site permet d'éviter un rejet inutile de GES dans la nature et contribue à l'intégration locale.

La piste d'amélioration principale qui a été proposée aux équipes des transports est de favoriser l'envoi d'HF recyclé vers Pierrelatte. Or, les contrats avec le client ne peuvent pas être changés aussi facilement. Il est très intéressant pour Orano de continuer d'envoyer l'HF recyclé en Espagne car cela contribue à une économie sur l'achat de l'HF anhydre 100% utilisé à la Conversion. Une autre alternative aurait pu être envisagée : se fournir en HF anhydre à Pierrelatte. Malheureusement, l'entreprise ne fabrique pas le même produit qu'en Espagne (l'HF anhydre 100%).

Cette étude a permis une sensibilisation et une prise de conscience du personnel Orano impliqué dans la logistique. Tous les transports du site sont à prendre en compte pour lutter contre les émissions excessives de GES. Lors de l'arrivée de nouveaux salariés sur les usines de W dans la fabrication d'HF 70% recyclé, un module de formation leur détaillant le procédé leur est enseigné. Grâce à cette étude et ce travail, une partie Environnement leur sera indiquée dans le module avec notamment l'impact GES de l'HF.

## 2.4. L'avenir de l'Analyse du Cycle de Vie sur le site du Tricastin

L'analyse de cycle de vie est une démarche récente qui jusqu'à présent n'était pas mise en place dans la plupart des entreprises. Dans le cadre de l'ISO 14001 version 2015, l'ACV est un enjeu important de la norme. Elle est utilisée pour mesurer l'incidence environnementale d'un produit à tout moment pour toute activité ou utilisation durant toute la durée de sa vie.

En effet, suite à la mise à jour de l'ISO 14001 version 2015, les études des ACV sur le site du Tricastin se sont développées. C'est une étude qui est bénéfique pour le respect de l'environnement car elle permet d'identifier les étapes d'un processus les plus impactantes ou encore retenir un produit ou un équipement le plus vertueux en terme environnemental en ayant un regard le plus exhaustif possible (rejet GES, eutrophisation, acidification, etc.)

La démarche ACV reste une science jeune en pleine mutation. Dans les années futures, les ACV vont devenir des études de plus en plus communes et une équipe au cœur de l'environnement sera très probablement désignée pour suivre les évolutions des ACV sur les principaux produits du site.

Les enjeux du développement durable ont permis de décliner des objectifs stratégiques et opérationnels, tant au niveau des états par exemple, qu'au niveau des entreprises. Ainsi, de projet politique, le développement durable est peu à peu devenu un projet managérial, souvent mis en œuvre par le déploiement de normes volontaires telles que :

- l'ISO 9001 pour introduire le management de la qualité et l'amélioration continue ;
- l'ISO 14001 traitant du management environnemental ;
- l'ISO 26000 en ce qui concerne la responsabilité sociétale des entreprises.

Il est intéressant de souligner l'importance de cet ISO 26000 car l'ACV s'inscrit également au cœur de cette norme. L'ISO 26000 donne des lignes directrices aux entreprises et aux organisations pour opérer de manière socialement responsable. Cela signifie agir de manière éthique et transparente de façon à contribuer à la bonne santé et au bien-être de la société. Elle permet de clarifier la notion de responsabilité sociétale, d'aider les entreprises et les organisations à traduire les principes en actes concrets, et de faire connaître les meilleures pratiques en matière de responsabilité sociétale, dans le monde entier.

Cependant l'ACV est une méthode d'évaluation des impacts, et en aucun cas le résultat d'une série de mesures réelles. Les données recueillies peuvent amener l'ACV à avoir une incertitude sur le résultat assez grande. Elle permet tout de même d'apporter des améliorations sur la production des futurs produits fabriqués et utilisés sur le site. L'ACV induit également une réduction des déchets occasionnés par la production. Un total cycle bénéfique pour l'environnement se met en place grâce à l'étude des ACV et grâce aux solutions apportées.

Dans notre cas, nous nous sommes focalisés sur deux produits majeurs du site : l'HF et l'UF<sub>6</sub>. Grâce au travail effectué sur les transports de ces deux produits, les émissions GES pourront être calculées et suivies au cours des années futures.

En effet, une volonté de pérennité de l'étude effectuée a permis de réaliser des documents explicatifs et facilement réutilisables pour les futures personnes travaillant sur le sujet.

De plus en plus d'ACV sont mis en place et sont étudiées. Plus concrètement, nous avons pu le constater au travers de la nouvelle méthode de rédaction de FME et au travers du PNGMDR.

Actuellement, les FME incluent une partie consacrée à l'étude ACV des installations du site.

Le PNGMDR, depuis sa création en 2007 et révisé tous les 3 ans, permet de réaliser une stratégie pour la gestion de l'ensemble des matières et des déchets radioactifs, quelle que soit leur origine (filiale électronucléaire, industrie conventionnelle, hôpitaux, centres de recherches...), qui est une condition essentielle pour une gestion durable, dans le respect de la protection de la santé des personnes, de la sécurité et de l'environnement, de ces matières et déchets. L'examen des GES émis lors des transferts d'UF<sub>6</sub> et d'HF du site du Tricastin ont également permis d'apporter un regard critique sur les méthodes employées et ainsi mettre en place un plan d'action dans le but d'une amélioration, d'un progrès et d'une optimisation des transports en terme écologique et économique.

Une volonté d'amélioration et de réduction de l'impact environnement évolue grandement dans notre société.

Les nombreuses crises environnementales de ces dernières décennies ont contribué à une prise de conscience sur la fragilité des écosystèmes. Celle-ci s'est faite par phases et a conduit peu à peu à un changement du fonctionnement au sein des entreprises.

Des solutions seront, au fur et à mesure, apportées pour réaliser du mieux possible les ACV. En effet, lors de notre travail, nous nous sommes focalisés sur les émissions de GES occasionnés par les transports car l'étude des impacts indirects des produits UF<sub>6</sub> et HF étaient impossible à regrouper. Nous nous sommes intéressés aux impacts directs sur l'environnement qui proviennent du produit considéré.

Lors de l'étude ACV, des difficultés sont apparues. La complexité principale a été de définir les limites du périmètre d'analyse de l'ACV. A cause d'une trop grande diversité de données, de leurs disponibilités et d'un fort obstacle lors de la communication avec les fournisseurs pour obtenir des informations qui sont parfois lourdes, voire impossible à obtenir sur leurs produits avant qu'ils n'entrent sur le site du Tricastin, le projet d'examen s'est restreint aux transports qui sont propres au site. En effet, lors de la représentation de toutes les ACV réalisables sur le site, l'étude des kits environnementaux a été mentionnée comme très intéressante à analyser. Une centaine de kits anti-pollution est répartie dans toutes les installations du site du Tricastin et est régulièrement employée en tant que de besoin pour bloquer l'écoulement éventuel de produits chimiques ou d'hydrocarbures suite à une perte de confinement. Ces kits sont exclusivement fabriqués par Delahaye industries et sont livrés régulièrement sur le site du Tricastin. Il aurait été intéressant de savoir comment sont fabriqués les absorbants qui les composent. Pour notre ACV, l'étape de fabrication est cruciale pour pouvoir ensuite réaliser l'étape de recyclage. Or, après différents échanges et de longues périodes de communication avec le fournisseur, les informations nécessaires pour notre ACV n'étaient toujours pas connues. Suite à une priorisation des actions, nous avons donc décidé de laisser de côté cette ACV sur les kits environnementaux pour se focaliser sur les GES émis lors des transports de matière UF<sub>6</sub> et HF de l'usine.

Une autre difficulté concerne l'interprétation des résultats de l'Analyse du Cycle de Vie des émissions GES lors des envois d'emballages UF<sub>6</sub> et HF. En effet, à la fin de l'étude, des graphiques représentatifs de l'évolution des émissions GES ont été établis pour une meilleure compréhension de la situation actuelle. Des discussions au sein du département environnement ont abouties à une présentation à l'équipe gérante des transports afin de leur présenter les résultats finaux ainsi que des pistes d'améliorations pour les futurs envois. Grâce à une bonne cohésion et un bon suivi de l'étude de la part du groupe de travail, nous avons pu cibler les points qui pourront être améliorés. De plus, nous avons pu mettre en place d'un plan d'action afin de réduire l'impact environnemental des transports de matières. L'un des points de ce plan qui ressort comme capital pour la poursuite de notre mission ACV est la sensibilisation. Cette sensibilisation est à accentuer

notamment dans différentes installations que comporte le site du Tricastin. Il est primordial de communiquer avec le personnel du site sur les bonnes pratiques prises et de donner du sens au travail des collaborateurs. La compréhension et la sensibilisation sont les clés de la mise en œuvre par les salariés des nouvelles mesures prises lors du plan d'action de l'ACV. Une communication doit être également faite avec les clients d'Orano Tricastin. En effet, la plupart des envois sont gérés directement par le client. Il est donc essentiel de discuter avec les clients et de leur démontrer à l'aide de quelques graphiques et explications synthétiques que d'autres méthodes de transport existent et qu'elles sont plus avantageuses pour leur société en terme de coût mais également en terme d'impact écologique.

## Conclusion

Au cours de mes deux années d'alternance au sein du Département Environnement, devenu Sûreté-Environnement, plusieurs missions m'ont été confiées : des missions principales que j'ai suivies et gérées tout au long de mon alternance mais également des actions ponctuelles avec des priorités différentes et des délais de rendu courts.

Lors de ma seconde année, mon principal sujet a été de contribuer à l'intégration de la perspective de cycle de vie dans l'évaluation des impacts environnementaux du site Orano Tricastin. Le but d'une analyse de cycle de vie (ACV), est de connaître et comparer les impacts environnementaux d'un système tout au long de son cycle de vie, de l'extraction des matières premières nécessaires à sa fabrication, à son traitement en fin de vie (mise en décharge, recyclage...) en passant par ses phases d'usage, d'entretien, et de transports. A cause de la complexité de réalisation d'une ACV dans sa globalité, nous avons ciblé une étape de l'ACV à analyser : les transports. Grâce au retour d'expérience, nous avons pu comptabiliser et distinguer les principales sources de pollution et d'émission GES.

Suite à l'étude des émissions GES lors des transports de matières UF<sub>6</sub> et HF, nous avons pu déterminer des pistes d'amélioration et mettre en place un plan d'action pour réduire et limiter les impacts environnementaux. Le principal axe de ce plan d'action est la sensibilisation du personnel face à cette nouvelle politique d'ACV qui touche leurs installations. Pour une compréhension et une coopération des équipes du site vis-à-vis de cette nouvelle méthode d'ACV, la communication est cruciale. Cette participation communicative active des salariés s'effectue grâce à des réunions ou des points d'informations « flash » pour les sensibiliser et capter leur attention en quelques minutes ou encore grâce à des écrits sous forme de notes distribuées aux opérateurs des installations. De plus, une autre phase de communication plus appuyée avec les clients est en cours de réalisation. En effet, les clients sont les principaux décisionnaires concernant les envois de matières depuis le site du Tricastin vers leurs installations. Actuellement, l'équipe Environnement travaille sur une proposition qui sera exposée aux clients, démontrant les autres méthodes d'envois intéressantes. L'alternance des méthodes de transport actuelles peuvent évoluer de façon à obtenir des économies financières pour les clients mais également réduire considérablement les rejets GES.

L'étude ACV des GES émis lors des transports a permis de remettre en question les modes d'envois utilisés habituellement par les clients en relation avec l'équipe logistique du site du Tricastin et ainsi pouvoir modifier les envois vers des transferts plus écologiques. Pour l'analyse des transports d'HF, la finalité de ce travail a été une sensibilisation des équipes de collaborateurs travaillant sur l'usine de W (usine recyclant l'HF) ainsi qu'une présentation, aux équipes chargées de la logistique, de différentes pistes de progrès pour effectuer des envois d'HF avec un impact environnement moindre et des coûts allégés.

Pour les transports d'UF<sub>6</sub>, nous avons ciblé les deux clients principaux d'Orano Cycle (Almelo et Gronau) en vue de dynamiser les envois vers des transports plus écologiques.

La gestion de ces ACV a permis une évolution dans les futurs transports de matière du site du Tricastin. Une volonté de pérennité de ce travail s'est installée au cœur des équipes de l'environnement et de la logistique. Grâce à cette étude qui va devenir pérenne, et une optimisation des transports sera régulièrement recherchée.

La gestion de ce projet d'ACV, m'a permis d'évaluer toute la complexité à mener une opération dans son intégralité avec de nombreuses interfaces et différents correspondants : environnement, transports, fournisseurs extérieurs. J'ai dû faire preuve d'une bonne anticipation afin de gérer dans un délai imparti les différentes missions confiées lors de l'étude du PNGMR et des émissions GES des transports d'HF et d'UF<sub>6</sub>. Durant les temps morts (attente d'informations, aléas techniques...), j'ai été curieuse de découvrir d'autres sujets pour enrichir mes connaissances auprès de mon tuteur et de mes collaborateurs. J'ai été volontaire pour accomplir d'autres missions qui n'étaient pas prévues et enrichir une culture que je viens de découvrir.

Cette expérience m'a permis de développer mon autonomie, mon sens du relationnel, ma rigueur, ma persévérance dans mes recherches et mes compétences. J'ai appris à m'organiser dans les priorités de mes missions.

Au sein de mon Département Environnement, j'ai su facilement m'intégrer et travailler en relation avec un grand groupe de travail. J'ai présenté mon bilan des GES émis lors des transports d'HF et d'UF<sub>6</sub> devant les équipes de la logistique et de l'environnement en proposant des solutions d'amélioration. Tous mes collaborateurs m'ont transmis leur savoir et leur expérience avec bienveillance et m'ont permis de réussir ma mission. Je leur en suis très reconnaissante et j'espère leur avoir communiqué ma bonne humeur et mon enthousiasme.

J'ai pris conscience de l'importance du relationnel au sein des différents services et des équipes.

J'ai dû affronter différentes difficultés pour finaliser ces travaux.

La plus impactante sur l'aboutissement de mon travail d'ACV a été la difficulté de communication avec les fournisseurs extérieurs du site du Tricastin. A cause de ce manque de renseignements et d'informations de leur part des fournisseurs, l'ACV des kits environnementaux a été suspendue pour se focaliser sur le bilan GES.

Si un travail similaire sur les ACV m'était confié à nouveau, je m'impliquerais auprès des fournisseurs afin d'obtenir plus d'informations concernant la fabrication amont de leur produit. Je n'hésiterais pas à solliciter des entretiens avec eux en me déplaçant directement au sein de leur entreprise. Un contact direct permet plus facilement d'aboutir dans les démarches et les demandes d'informations.

Une autre difficulté s'est présentée à moi lors de cette deuxième année. En janvier 2018, la mobilité de mon tuteur Monsieur Jérôme Boudaud vers le département de Gestion de Crise s'est concrétisée.

Il est courant dans les grandes entreprises d'avoir des mobilités tous les trois ans environ, notamment pour maintenir un haut niveau de questionnement et une remise en question permanente des pratiques en place (amélioration continue).

Malgré ce départ inattendu et une période d'incertitude, mes missions se sont enchaînées et ont été finalisées normalement.

J'espère ainsi avoir donné toute satisfaction à mes supérieurs dans l'accomplissement de mes tâches grâce à mon implication et ma rigueur.



## BIBLIOGRAPHIE

### **PNGMR**

<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/PNGMDR%202016-2018.pdf>

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000036783634&categorieLien=id>

PNGMDR du 21/04/2017 : Arrêté du 23/02/2017 – Article 9

### **Normes ISO :**

[ISO 14001](#)

[ISO 14040](#)

[ISO 14044](#)

[ISO 26000](#) : <https://www.iso.org/fr/iso-26000-social-responsibility.html>

### **ACV**

[www.ademe.fr/expertises/consommer-autrement/passer-a-laction/dossier/lanalyse-cycle-vie/comment-realise-t-acv](http://www.ademe.fr/expertises/consommer-autrement/passer-a-laction/dossier/lanalyse-cycle-vie/comment-realise-t-acv)

[Stockage.univ-valenciennes.fr/MenetACVBAT20120704/acvbat/chap03/co/ch03\\_010\\_acv.html](http://stockage.univ-valenciennes.fr/MenetACVBAT20120704/acvbat/chap03/co/ch03_010_acv.html)

### **Rapport d'information du site Orano Tricastin Edition 2018**

## Table des Annexes

**ANNEXE I** : Certificat AFNOR de Tricertification du site Orano Cycle TRICASTIN

**ANNEXE II** : Affiche de la semaine de développement durable sur l'Analyse de Cycle de Vie complète du conteneur UF6

**ANNEXE III** : Analyse de Cycle de Vie des conteneurs UF6

**ANNEXE IV** : Analyse de Cycle de Vie de l'Acide Fluorhydrique

**ANNEXE I : Certificat AFNOR de Tricertification du site Orano Cycle TRICASTIN**



# Certificat Certificate

**N° 2002/19239.6**

AFNOR Certification certifie que le système de management mis en place par :  
*AFNOR Certification certifies that the management system implemented by:*

**AREVA NC TRICASTIN**

pour les activités suivantes :  
*for the following activities:*

ACTIVITES DE :  
CONVERSION DE TETRAFLUORURE D'URANIUM (UF4) EN HEXAFLUORURE D'URANIUM (UF6)  
ENRICHISSEMENT D'UF6  
CONDITIONNEMENT, MISE A DISPOSITION ET EXPEDITION DE PRODUITS POUR LE COMPTE DE CLIENTS  
CHIMIE DE L'URANIUM (DEFLUORATION ET DENITRATION)  
ASSAINISSEMENT ET DEMANTELEMENT D'INSTALLATIONS EN FIN DE CYCLE  
ET GESTION DES DECHETS INDUITS

ET SERVICES INDUSTRIELS ASSOCIES :  
MAINTENANCE ET CONTROLE DE CONTENEURS DE TRANSPORT D'URANIUM  
MAINTENANCE ET DEMANTELEMENT DE MATERIELS NUCLEAIRES  
TRAITEMENT D'EFFLUENTS LIQUIDES  
GESTION ET TRAITEMENT DE DECHETS NUCLEAIRES  
PRESTATIONS DE LABORATOIRES  
FOURNITURE D'UTILITES  
LOGISTIQUE ET TRANSPORTS  
*(Traduction anglaise en annexe n°1 / English translation on appendix n°1)*

a été évalué et jugé conforme aux exigences requises par :  
*has been assessed and found to meet the requirements of:*

**ISO 14001 : 2015 - ISO 9001 : 2015 - OHSAS 18001 : 2007**

et est déployé sur les sites suivants :  
*and is developed on the following locations:*  
**BP 175 Site du Tricastin FR 26702 PIERRELATTE**

*The description of certified activities and locations per standard is mentioned on the following certificates:*

Certificat ISO 14001 : 2015 n° 17444  
Certificat ISO 9001 : 2015 n° 11685  
Certificat OHSAS 18001 : 2007 n° 28492

Ce certificat est valable à compter du (année/mois/jour)  
*This certificate is valid from (year/month/day)*

**2016-07-19**

*Jusqu'au*  
*Until*

**2019-07-19**

Directeur Général d'AFNOR Certification  
*Managing Director of AFNOR Certification*



**F. LEBEUGLE**



*Flâchez ce QR Code pour vérifier la validité du certificat*

Ce document est certifié conforme aux exigences de la norme AFNOR N° 100020000. Tout site ou activité non certifiée est mentionnée sur le certificat. The electronic certificate and its validity are available at [www.afnor.org](http://www.afnor.org).  
 Les certifications décernées par AFNOR Certification et ses filiales sont disponibles sur [www.afnor.org](http://www.afnor.org) - Information on the certifications issued by AFNOR Certification and its subsidiaries is available on [www.afnor.org](http://www.afnor.org).  
 AFNOR est une marque déposée - AFNOR is a registered trademark. CERTIF 1303, 11-0004.

**ANNEXE II : Affiche de la semaine de développement durable sur l'Analyse de Cycle de Vie complète du conteneur UF<sub>6</sub>**

## Qu'est-ce que l'analyse du cycle de vie ?

L'analyse du cycle de vie ou ACV est l'outil le plus abouti en matière d'évaluation normalisée, globale et multicritères des impacts environnementaux.

L'analyse du cycle de vie recense et quantifie, tout au long de la vie des produits, les flux physiques de matière et d'énergie associés aux activités humaines. Elle en étudie les impacts potentiels.

Des ACV ont été réalisées en 2016 par l'équipe Environnement du Tricastin sur les principaux produits chimiques et matériels utilisés par plusieurs installations du site (HF, acide nitrique, conteneur UF<sub>6</sub>) permettant de montrer la maîtrise des impacts environnementaux par le site et d'évaluer les bénéfices économiques et environnementaux du recyclage et de leur réutilisation.

### Le conteneur UF<sub>6</sub>

#### Des impacts environnementaux inhérents à son usage...

La réutilisation des conteneurs sur le site rend possible leur usage sur plusieurs décennies : économie d'environ 1 500 t d'alliage par an



Déchets générés en fin de vie : 100 colis envoyés à l'ANDRA en 2015



Remplacement de la peinture au zinc par de la peinture à l'eau : diminution des émissions de solvants chlorés



#### ... Et des actions compensatoires du site bénéfiques pour l'environnement

Consommation de matières premières pour sa fabrication : 1 conteneur = 2 350kg d'alliage de fer (48Y)



Emission de gaz à effet de serre lors des déplacements : 2 143 transports internes en 2015 pour 13 t d'éq.CO<sub>2</sub>

Remplacement du fioul par du gazole non-routier dans les engins de transport : -3 % d'émission de gaz à effet de serre



Production d'effluents et de déchets lors de la maintenance : rejets gazeux des AMC en 1 an : 3,2 t par an de solvants chlorés



Source : ACV Tricastin 2016  
2SE/ENV/MRS

#### Et aussi...



L'ACV de l'acide nitrique sur le site du Tricastin montre que 1 265 t ont pu être récupérées en 2015 à TU5 (économie de matières premières)

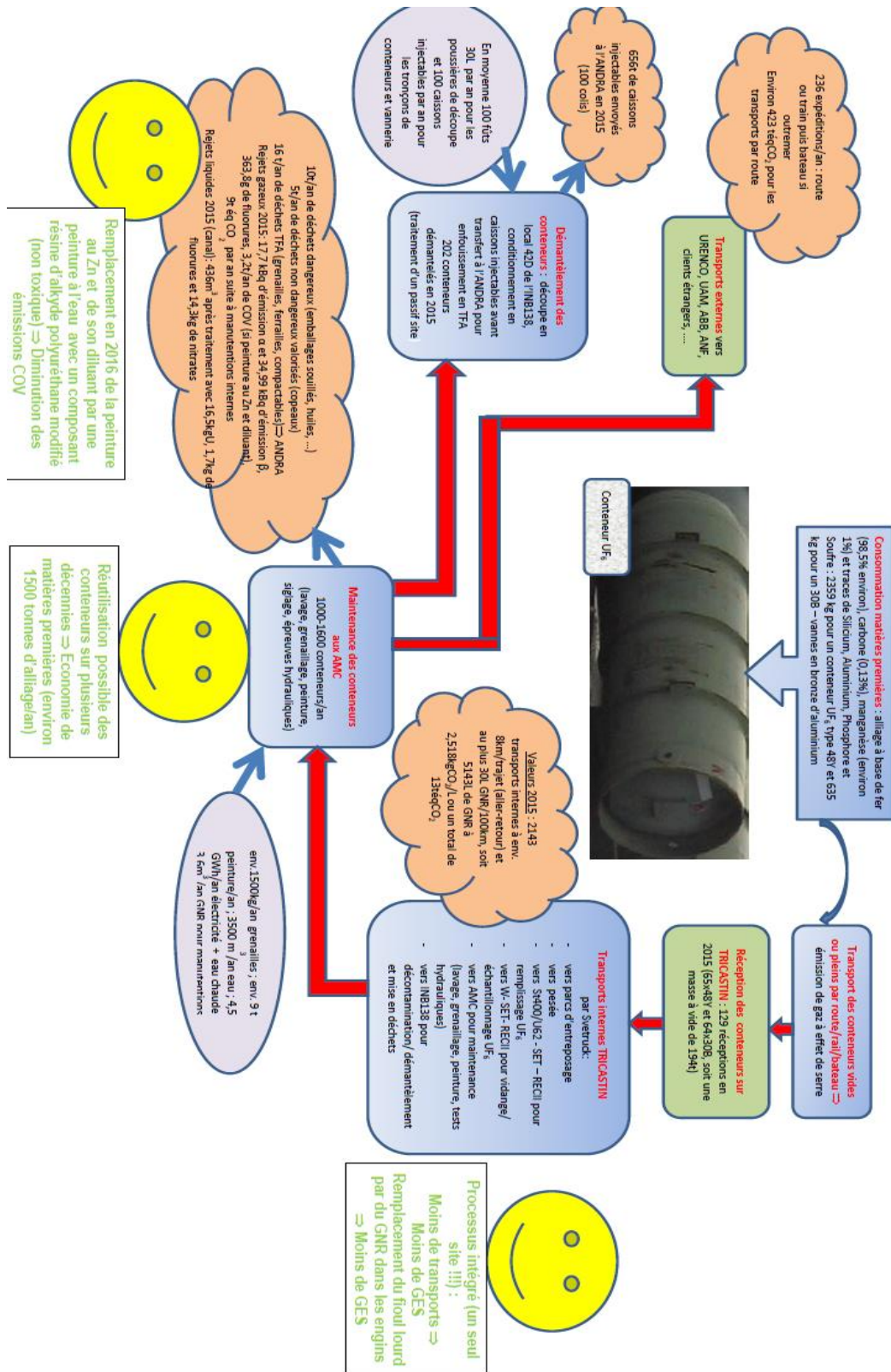
L'ACV de l'HF sur le site du Tricastin montre que 9 219 t d'HF ont pu être récupérées et recyclées en 2015 par W (économie de matières premières)

Source : ACV Tricastin 2016



ANNEXE III : Analyse de Cycle de Vie des conteneurs UF<sub>6</sub>

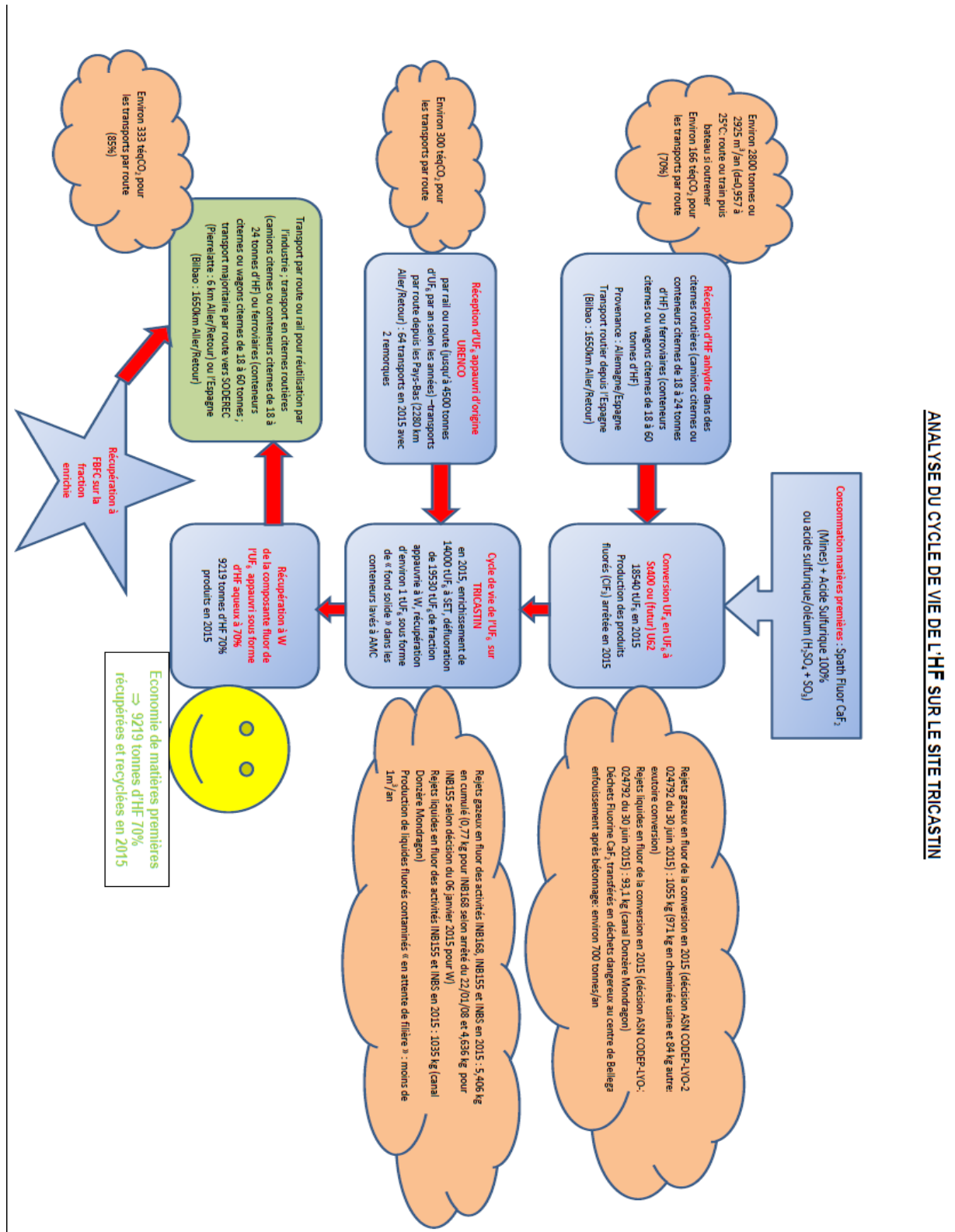
ANALYSE DU CYCLE DE VIE : CONTENEUR UF<sub>6</sub> SUR LE SITE TRICASTIN (réception du produit fini, utilisation, démantèlement et mise en déchet)





PARCOURS PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES  
MASTER INGENIERIE DE LA SANTE – CAMPUS TIMONE MARSEILLE

ANNEXE IV : Analyse de Cycle de Vie de l'Acide Fluorhydrique





## RESUME

Ce mémoire présente la démarche d'Analyse de Cycle de Vie développée sur le site d'Orano Cycle Tricastin suite à la mise à jour de l'ISO 14001 en 2015. Son but est de connaître et de comparer les impacts environnementaux d'un système tout au long de son cycle de vie, de l'extraction des matières premières nécessaires à sa fabrication, à son traitement en fin de vie (mise en décharge, recyclage...) en passant par ses phases d'usage, d'entretien, et de transport.

Dans une volonté d'amélioration continue, l'entreprise met en place des méthodes pour valoriser les ACV sur le site et ainsi répondre aux nouvelles exigences de la norme.

Le mémoire s'axe principalement sur la partie transport de l'ACV des conteneurs UF<sub>6</sub> et HF. En effet, l'étude bilan des émissions de Gaz à Effet de Serre lors de ces transports a été réalisée afin d'apporter des pistes d'amélioration et de progrès pour que les futurs envois soient réalisés dans des conditions optimales avec une réduction de l'impact environnemental.

**Mots clés : Orano Cycle Tricastin - ISO 14001 – HF – UF<sub>6</sub> - Analyse du Cycle de vie (ACV) – Bilan Gaz à Effet de Serre (GES) – Transports – Impacts environnementaux - Solutions d'optimisation et d'amélioration**

## SUMMARY

This thesis presents the life cycle analysis approach developed on the Orano Cycle Tricastin site, following the ISO 14001 update in 2015. Its purpose is to know and compare the environmental impacts of a system. Throughout its life cycle, from the extraction of raw materials necessary for its manufacture to its end-of-life treatment (landfill, recycling ...) through its phases of use, maintenance, and transport. In a desire for continuous improvement, the company is setting up new methods to enhance Life Cycle Assessments on the site and thus meet the new requirements of the standard.

The thesis focuses mainly on the transport part of the Life Cycle Analysis of UF<sub>6</sub> and HF containers. In fact, the greenhouse gas emissions assessment study during these transports was carried out in order to provide improvements and progress so that future shipments can be carried out in optimal conditions with a reduction of the greenhouse gas emissions.

**Keywords: Orano Cycle Tricastin - ISO 14001 – HF – UF<sub>6</sub> – Life Cycle Analysis – Greenhouse Gas Balance Sheet – Transports – environmental impacts – Optimization and improvement solutions**