



# **MASTER SCIENCES SOCIALES**

Management et Ingénierie de la Restauration Collective

## **MÉMOIRE DE PREMIÈRE ANNÉE**

### **L'IMPACT DES PERCEPTIONS DES FLUIDES FRIGORIGÈNES SUR LA PRISE DE DÉCISION DES MAÎTRISES D'ŒUVRE DANS LEUR RÔLE DE CONSEIL**

Présenté par :

**Anaïs Simon**

Année universitaire : **2023-2024**

Sous la direction de : **Cédric VIÉ**



*L'IMPACT DES PERCEPTIONS DES FLUIDES FRIGORIGENES  
SUR LA PRISE DE DÉCISION DES MAÎTRISES D'OEUVRE  
DANS LEUR RÔLE DE CONSEIL*

*« L'ISTHIA de l'Université Toulouse - Jean Jaurès n'entend donner aucune approbation, ni improbation dans les projets tuteurés et mémoires de recherche. Les opinions qui y sont développées doivent être considérées comme propre à leur auteur(e). »*

## Épigraphe

*« Ce que nous considérons le froid, est en réalité l'absence de chaleur. »*

Albert Einstein

## Remerciements

Je remercie mon tuteur de mémoire, M. Vié, pour son accompagnement au cours de ce mémoire. Également, je remercie M. Faye pour le temps qu'il a bien voulu m'accorder pour m'expliquer le fonctionnement d'une installation frigorifique et les nombreuses réglementations l'encadrant.

## Avant-propos

**D**ans une époque caractérisée par une prise de conscience environnementale croissante et des défis climatiques pressants, la nécessité de transformer nos pratiques industrielles devient de plus en plus urgente. Le secteur de la réfrigération se trouve au cœur de ces transformations au vue de son rôle crucial dans la conservation des aliments. Face à ces enjeux, la transition vers des fluides frigorigènes plus durables et moins nocifs pour l'environnement n'est désormais plus une option, elle est impérative.

Ce mémoire de recherche, réalisé dans le cadre de mon parcours en Management et Ingénierie de la Restauration Collective à l'ISTHIA de l'Université Toulouse explore comment les perceptions des maîtrises d'œuvre influencent la prise de décision lors de la sélection de fluides frigorigènes dans le cadre de leur rôle de conseil. Ce travail tente de déchiffrer les dynamiques complexes entre réglementations environnementales, technologies disponibles et facteurs sociétaux qui ensemble façonnent l'avenir du froid industriel.

Ce travail concentre les recherches effectuées à travers un état de l'art et des discussions avec un expert. Il vise à comprendre les défis technologiques et réglementaires actuels et la manière dont ils sont perçus par ceux qui sont en première ligne pour recommander, choisir et mettre en œuvre ces technologies.

## Sommaire

Introduction générale _____	9
Partie 1 : Installations frigorifiques _____	11
<i>Chapitre 1 : Qu'est-ce qu'une installation frigorifique ?</i>	13
<i>Chapitre 2 : Les technologies existantes</i>	25
<i>Chapitre 3 : Durabilité environnementale et réglementations</i>	29
Partie 2 : Les fondements de la prise de décision _____	37
<i>Chapitre 1 : Cadrage théorique</i>	39
<i>Chapitre 2 : Hypothèses</i>	55
Partie 3 : Méthodologie et terrain d'exploration hypothétiques _____	65
<i>Chapitre 1 : Méthodologie hypothétique</i>	67
<i>Chapitre 2 : Terrain d'exploration</i>	75
Conclusion générale _____	79
Bibliographie _____	81
Table des annexes _____	87
Table des figures _____	119
Table des matières _____	121
Résumé _____	124
Abstract _____	124

## Introduction générale

**D**ans le contexte actuel de sensibilisation accrue aux questions environnementales, la transition vers des technologies plus durables devient une priorité incontournable dans de nombreux secteurs, y compris dans celui du froid. La recherche présentée dans ce mémoire explore un aspect crucial de cette transition : l'influence des perceptions des fluides frigorigènes naturels sur la prise de décision des maîtrises d'œuvre dans leur rôle de conseil. Ce sujet, d'une actualité brûlante, se situe au carrefour de préoccupations environnementales, économiques et technologiques, reflétant la complexité des défis à relever pour une industrie responsable et innovante.

L'utilisation des fluides frigorigènes, essentiels au fonctionnement des installations frigorifiques, est aujourd'hui scrutée à la loupe, en raison de leur impact significatif sur l'environnement. Avec les réglementations de plus en plus strictes visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre et la dégradation de la couche d'ozone, le choix des fluides frigorigènes devient un enjeu majeur pour les acteurs du secteur. C'est dans ce contexte que la perception des fluides frigorigènes naturels par les maîtrises d'œuvre, en tant que conseillers privilégiés des projets, revêt une importance particulière. Leur vision, influencée par divers facteurs, réglementaires, technologiques et sociétaux, oriente les décisions d'implantation des solutions frigorifiques et, par extension, le développement durable de la filière.

Ce mémoire vise ainsi à éclairer les dynamiques complexes qui régissent la sélection des fluides frigorigènes dans le secteur du froid, en se focalisant sur la perception de leurs alternatives naturelles par les maîtrises d'œuvre. L'enjeu est de comprendre comment ces perceptions façonnent les conseils donnés aux clients et influencent, le choix des technologies frigorifiques. À travers cette recherche, nous cherchons à répondre à la question suivante : Dans quelles mesures les perceptions des fluides frigorigènes naturels façonnent-elles la prise de décision des maîtrises d'œuvre dans leur rôle de conseil ?

Pour aborder cette problématique, notre étude s'appuiera sur une méthodologie qualitative, envisagée à ce stade comme une exploration préliminaire du sujet. La méthode choisie inclura des entretiens semi-directifs et des observations, permettant une analyse riche et variée des données collectées. Bien que l'étude n'ait pas encore été réalisée, les hypothèses formulées guideront le processus de recherche et orienteront l'analyse vers une compréhension approfondie des facteurs influençant les perceptions et, par conséquent, les décisions de conseil.

La structure de ce mémoire se déploie en trois parties principales. La première partie présente un état des lieux des installations frigorifiques, exposant les technologies existantes et leur impact environnemental. La deuxième partie aborde les fondements de la prise de décision, en s'appuyant sur des cadres théoriques tels que la théorie du comportement planifié et le sense-making. Enfin, la troisième partie décrit la méthodologie envisagée pour l'étude de terrain, offrant un cadre pour l'exploration hypothétique des perceptions des maîtrises d'œuvre.

Finalement, ce mémoire aspire à analyser les éléments sur l'intersection entre la technologie frigorifique, la responsabilité environnementale et le processus de prise de décision. Le but de cette recherche est de comprendre les enjeux auxquels font face la maîtrise d'œuvre et comment ils font pour prendre leur décisions.

# Partie 1 : Installations frigorifiques

**D**ans l'univers des technologies de réfrigération, les installations frigorifiques constituent une composante essentielle, jouant un rôle crucial dans des secteurs variés allant de l'alimentation et la pharmacie jusqu'aux systèmes de climatisation industrielle. Ces systèmes sophistiqués permettent de contrôler activement la température dans différents environnements, assurant ainsi la conservation des produits et le confort des espaces. Cette première partie de l'étude se concentrera sur le fonctionnement, la mise en place, et les divers types d'installations frigorifiques, en commençant par une exploration détaillée de leur définition, leur fonctionnement, ainsi que des principes thermodynamiques qui le régissent.

Le chapitre premier abordera spécifiquement ce qu'est une installation frigorifique, en détaillant non seulement la définition technique de ces systèmes mais aussi les nuances introduites par les professionnels du secteur. En s'appuyant sur un entretien avec un expert et un état de l'art sociologique, nous explorerons les différents types de d'installations frigorifiques, leurs applications, les critères techniques et environnementaux et les fluides frigorigènes intégrés influençant leur conception et leur utilisation. Ce panorama a pour objectif de comprendre non seulement comment ces systèmes répondent à des besoins spécifiques mais aussi comment ils s'inscrivent dans une démarche de développement durable face aux défis réglementaires et environnementaux actuels.



# Chapitre 1 : Qu'est-ce qu'une installation frigorifique ?

Le premier chapitre de cette étude vise à éclaircir et définir ce qu'est une installation frigorifique. En premier lieu, nous explorerons les aspects techniques et théoriques qui définissent ces systèmes. À travers les travaux de chercheurs reconnus et les pratiques actuelles dans le domaine, nous démêlerons les subtilités des différents types d'installations frigorifiques et leur importance cruciale.

Nous débuterons par une définition tel que défini par des experts dans le domaine, en considérant les principes thermodynamiques fondamentaux qui régissent leur fonctionnement. Ensuite, nous aborderons la mise en place pratique de ces installations, en s'appuyant sur un entretien exploratoire avec un professionnel du froid. Ce dialogue avec la pratique permettra de préciser et compléter les apports théoriques.

Ce chapitre servira ainsi de fondation pour comprendre comment fonctionnent les installations frigorifiques, aussi comment elles sont conçues, optimisées, et régulées pour maximiser leur efficacité et minimiser leur impact sur l'environnement.

## *1. Définition et mise en place*

### **1.1 Définition**

D'après C. Hacini (2019), un groupe froid permet de rafraîchir un espace en utilisant le travail fourni par une source de chaleur externe. En d'autres termes, c'est un équipement capable de transférer la chaleur dans le sens inverse de son flux naturel, c'est-à-dire d'un milieu chaud vers un milieu froid. Ce processus, pour être intéressant, nécessite une dépense d'énergie inférieure à l'énergie calorifique utile. Un groupe froid est un dispositif thermodynamique ou thermochimique.

L'expert avec qui j'ai pu réaliser l'entretien exploratoire préfère le terme installation frigorifique plutôt que groupe froid. En effet, il illustre mieux la complexité de ces installations et leur mise en place sur-mesure.

Dans le processus de recherche et d'élaboration du groupe froid idéal, un concept théorique en thermodynamique est utilisé. La machine de Carnot représente un modèle idéal de machine thermique réversible. Elle a été développée par le physicien français Sadi Carnot au début du 19<sup>e</sup> siècle. Elle fonctionne selon un cycle thermodynamique réversible, appelé le cycle de Carnot, qui se compose de quatre processus : la compression isotherme, l'expansion isotherme, l'échauffement isotherme et le refroidissement isotherme. Elle sert de référence théorique pour évaluer l'efficacité des machines thermiques réelles. Elle permet de définir la limite maximale théorique d'efficacité pour toute machine thermique opérant entre deux réservoirs de chaleur à des températures données. Cette efficacité maximale est déterminée uniquement par les températures des réservoirs chaud et froid, et elle est représentée par le coefficient de performance de Carnot.

Dans cette revue de littérature nous verrons les groupes froids électriques, c'est-à-dire ceux utilisant l'électricité pour fonctionner tel que les groupes frigorifiques à compression mécaniques et thermoélectriques. Puis, nous verrons les groupes froid thermiques utilisant une source de chaleur externe pour fonctionner, notamment les groupes frigorifiques à absorption, à adsorption et thermochimiques.

## **1.2 Mise en place d'une installation frigorifique**

Au cours de mon entretien exploratoire réalisé avec un professionnel frigoriste, nous avons pu échangé sur les étapes qui le mènent à prescrire une installation frigorifique. Ainsi, il m'a expliqué qu'en premier lieu il va définir les besoins de l'utilisateur au cours d'un entretien avec ce dernier autour de plusieurs questions.

Premièrement, il va déterminer un bilan thermique pour chaque pièce afin d'établir les besoin en énergie. Pour le réaliser plusieurs critères sont pris en compte :

- La déperdition de chaleur par les parois : en estimant les surfaces et l'isolation au sol ;
- Les apports en calories : la quantité par jour, sous quelle forme et à quelle température ;
- Les apports par les ventilateurs ;
- Les ouvertures de portes et les introductions d'air intempestives ;
- Les apports dus aux équipements électriques ;
- Les apports par la lumière artificielle et par les VMC.

« Les bilans déterminent une puissance et une puissance détermine un outil qui détermine les appareils à installer derrière. »<sup>1</sup>

Dans un second temps, l'entretien va se poursuivre autour des fluides frigorigènes où dans en premier lieu, le professionnel va lui exposer les réglementations environnementales notamment la F-Gaz. Concrètement, la question va tournée autour de fluides frigorigènes au PRG<sup>2</sup> le plus bas possible afin d'assurer la pérennité de l'installation dans le temps. Alors, soit sur du CO<sub>2</sub> ou de l'ammoniac couplé si nécessaire à de l'eau glycolée. Nous reviendrons plus en détails sur la question des fluides frigorigènes, de leur PRG et des réglementations les encadrant en aval de cette revue de littérature.

## *2. Groupes frigorifiques électriques*

Les groupes froids électriques utilisent généralement l'électricité comme source d'énergie principale pour alimenter leur fonctionnement. Les groupes froids électriques sont couramment utilisés dans les applications de réfrigération domestique, commerciale et industrielle, ainsi que dans les systèmes de climatisation.

Le processus de refroidissement dans les groupes froids électriques implique souvent l'utilisation d'un compresseur électrique pour comprimer un gaz réfrigérant, ce qui

---

<sup>1</sup> Entretien exploratoire

<sup>2</sup> Potentiel de Réchauffement Global

élève sa température et sa pression. Ensuite, le gaz comprimé passe par un condenseur où il libère de la chaleur à l'air ambiant, se condense en liquide. Ce liquide passe ensuite par un détendeur, où sa pression est réduite, entraînant une baisse de température. Finalement, le liquide réfrigérant froid circule à travers un évaporateur où il absorbe la chaleur de l'environnement à refroidir, produisant ainsi du froid.

## 2.1 Groupes frigorifiques à compression mécanique

D'après S. Boukredime (2017), les machines à compression mécanique sont des dispositifs qui convertissent le travail en énergie et opèrent entre deux sources de chaleur. La première, la source froide permettra d'extraire la chaleur, la seconde, la source chaude permettra de la rejeter. C'est pourquoi on les qualifie de di-thermiques.

Ce système est couramment utilisé dans de nombreuses structures puisqu'il peut couvrir une large surface. Il fonctionne en utilisant un fluide réfrigérant qui passe par un cycle continu de compression, condensation, expansion et évaporation pour extraire la chaleur d'un espace ou d'un produit à refroidir, puis rejeter cette chaleur à l'extérieur de l'appareil.

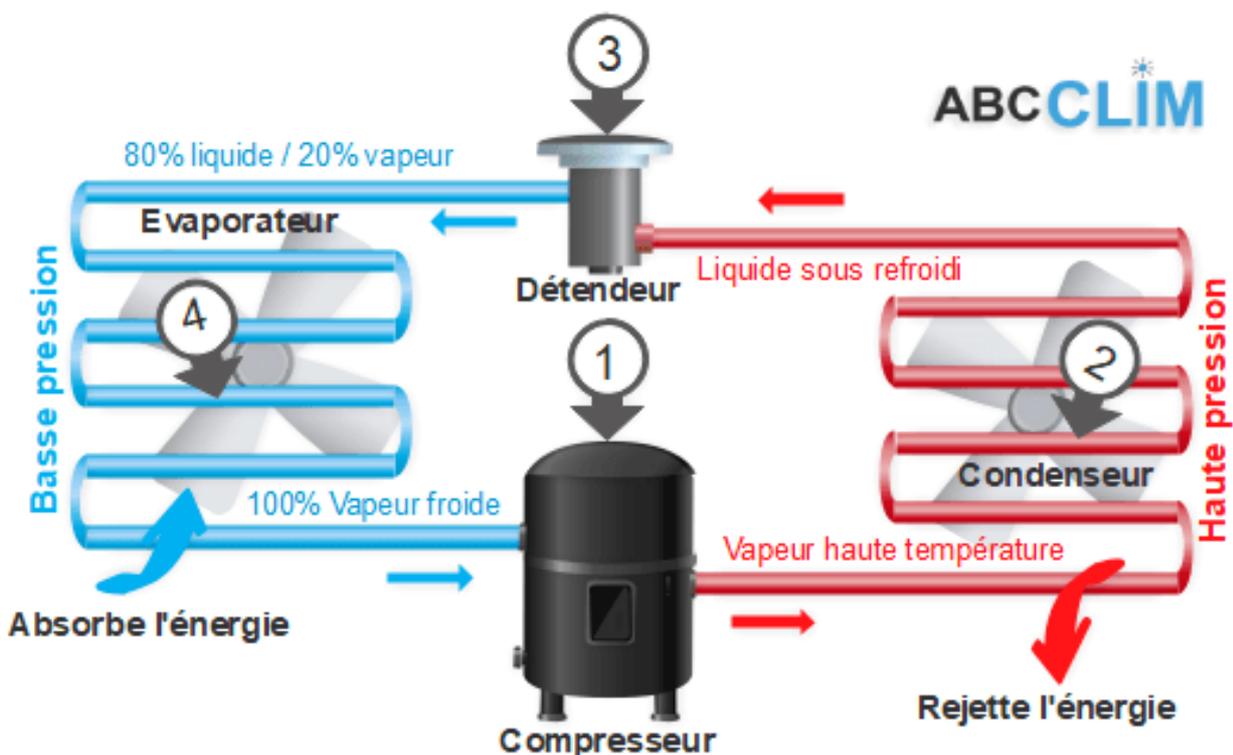
Dans ce but, il est composé de différentes parties permettant la mise en service du processus F. Fallahsohi (2012) :

- a) **L'évaporateur** : Le fluide frigorigène circule dans l'évaporateur où va se produire la vaporisation. En effet, le liquide froid va se transformer en gaz à travers une phase d'ébullition absorbant ainsi la chaleur de l'environnement qui l'entoure. Ensuite, ce gaz chaud est davantage réchauffé par son environnement. La différence de température entre le gaz et la température à laquelle le liquide est devenu gaz se nomme la phase de surchauffe.
- b) Le **condenseur** : Il est placé dans l'environnement auquel on souhaite transférer de la chaleur, généralement à l'extérieur d'un bâtiment, le gaz chaud du compresseur va alors transmettre sa chaleur au fluide environnant. Les vapeurs de fluide frigorigène se refroidissent, passant par un processus de désurchauffe jusqu'à ce que les premières gouttes de liquide se forment, puis la condensation se poursuit jusqu'à ce que la dernière bulle de vapeur disparaisse. Ensuite, le liquide peut

encore se refroidir légèrement, ce qu'on appelle le sous-refroidissement, avant de quitter le condenseur.

- c) Le **compresseur** : Il est le composant central d'une installation frigorifique et son seul élément mécanique. D'après D. Ayat (2018), au sein d'un circuit fermé le fluide frigorigène circule sous son impulsion. En effet, c'est lui qui fournit le débit nécessaire au bon fonctionnement du système. Un compresseur repose sur le principe de fonctionnement suivant : comprimer et pomper le fluide frigorigène à travers le système de réfrigération. Le gaz qui est alors à basse température, va être aspiré par le compresseur grâce à l'énergie mécanique fournie par ce-dernier. La pression et la température du gaz vont augmenter, entraînant une augmentation de son enthalpie<sup>3</sup>.
- d) Le **détendeur** : Pour équilibrer la différence de pression entre le condenseur et l'évaporateur, un dispositif appelé détendeur est installé dans le circuit. Son rôle est de réduire la pression du fluide frigorigène. Dans le détendeur, une partie du fluide frigorigène se vaporise afin de diminuer sa température. Il est important de noter que lors de ce processus de détente, aucun travail n'est fourni ou consommé, et il n'y a pas d'échange de chaleur avec l'environnement extérieur. Ainsi, l'enthalpie reste constante à l'entrée et à la sortie du détendeur.

Figure 1 : ABC Clim, 2000, <https://www.abcclim.net/le-circuit-frigorifique.html>



## 2.2 Les groupes frigorifiques thermoélectriques / à effet Peltier

D'après A. Pubill (2017), la machine frigorifique thermoélectrique repose sur l'effet Seebeck-Peltier d'où son nom.

L'effet Seebeck également appelé effet thermoélectrique décrit la génération d'une tension électrique lorsqu'une différence de température est appliquée à une jonction entre deux matériaux conducteurs différents. Cette différence de température génère un courant électrique dans le circuit. Il est utilisé pour mesurer les températures et dans les dispositifs de conversion de la chaleur en électricité, tels que les générateurs thermoélectriques.

Par ailleurs, l'effet Peltier concerne la conversion de l'énergie électrique en chaleur ou vice versa, selon le sens du courant électrique. Ainsi, lorsqu'un courant traverse une jonction entre deux matériaux conducteurs différents, cela provoque un transfert de chaleur à la jonction. L'énergie thermique est absorbée ou libérée selon le sens du courant. Ce phénomène est proportionnel à l'intensité du courant.

En 1834, un physicien français du nom J. Peltier a découvert ce phénomène. Selon la direction du courant, cela peut soit refroidir une jonction et réchauffer l'autre, soit le contraire. Pendant longtemps, l'effet Peltier est resté une curiosité de laboratoire en raison de sa faible efficacité avec les matériaux disponibles. Cependant, avec la découverte des semi-conducteurs dans les années 1949-50, les systèmes de réfrigération thermoélectriques sont devenus commercialement viables. Ils sont utilisés principalement pour le stockage de médicaments et le refroidissement électronique depuis les années 1960.

Un groupe frigorifique à effet Peltier fonctionne sur le principe du transfert de chaleur lorsqu'un courant électrique est appliqué à une jonction entre deux matériaux conducteurs différents. Un côté de la jonction devient chaud tandis que l'autre côté devient froid. Dans le cas du refroidissement, un dissipateur thermique est généralement utilisé pour évacuer la chaleur générée du côté chaud.

Selon A. Pubill (2017), un groupe frigorifique à effet Peltier est doté d'électrons qui se déplacent entre deux **jonctions de semi-conducteurs** d'une surface à une autre. L'un étant chargé positivement (trous) et l'autre négativement (électrons). En d'autres termes, les électrons du semi-conducteur **négatif** vont se placer dans les trous du semi-conducteur **positif**. Ces semi-conducteurs sont reliés par un conducteur à chaque extrémité pour former un circuit électrique complet. Des éléments isolants et conducteurs viennent compléter le système. Cet équipement offre un contrôle précis de la température tout en étant silencieuse, robuste et compacte.

### *3. Groupes frigorifiques thermiques*

Les groupes froids thermiques utilisent une source de chaleur externe, telle que la chaleur résiduelle d'un processus industriel, la chaleur solaire, ou la combustion de combustibles, comme source d'énergie. Le processus de réfrigération peut être basé sur des cycles thermodynamiques tels que le cycle de sorption, que nous allons voir dans cette partie.

Un groupe froid peut fonctionner en circuit ouvert ou fermé. A. S. Bounouioua explique en 2009 que lorsque le circuit est ouvert, après avoir produit l'effet thermique désiré, le fluide frigorigène n'est pas récupéré mais plutôt rejeté dans l'environnement extérieur. Cela impose donc une neutralité carbonique dans la composition du fluide. Cependant en circuit fermé, le fluide est confiné dans des tubes parfaitement étanches. Ce dernier induit forcément un évaporateur et un condensateur.

#### **3.1 Les groupes frigorifiques à absorption**

La première machine à absorption fut inventée en 1859 par le Français Ferdinand Carré intégrant l'ammoniac comme fluide frigorigène. Son invention connu un franc succès jusqu'en 1875 d'après C. Hacini (2019). C'est ce que confirme D. Ayat en 2019 puisque ces systèmes furent parmi les premiers à être opérationnels à l'échelle industrielle.

La machine à absorption s'appuie sur trois sources de chaleur, ainsi elle est dite tri-thermes. Elle utilise un cycle thermo-chimique où un fluide frigorigène est absorbé par un absorbeur à basse température, puis désorbé<sup>4</sup> à haute température.

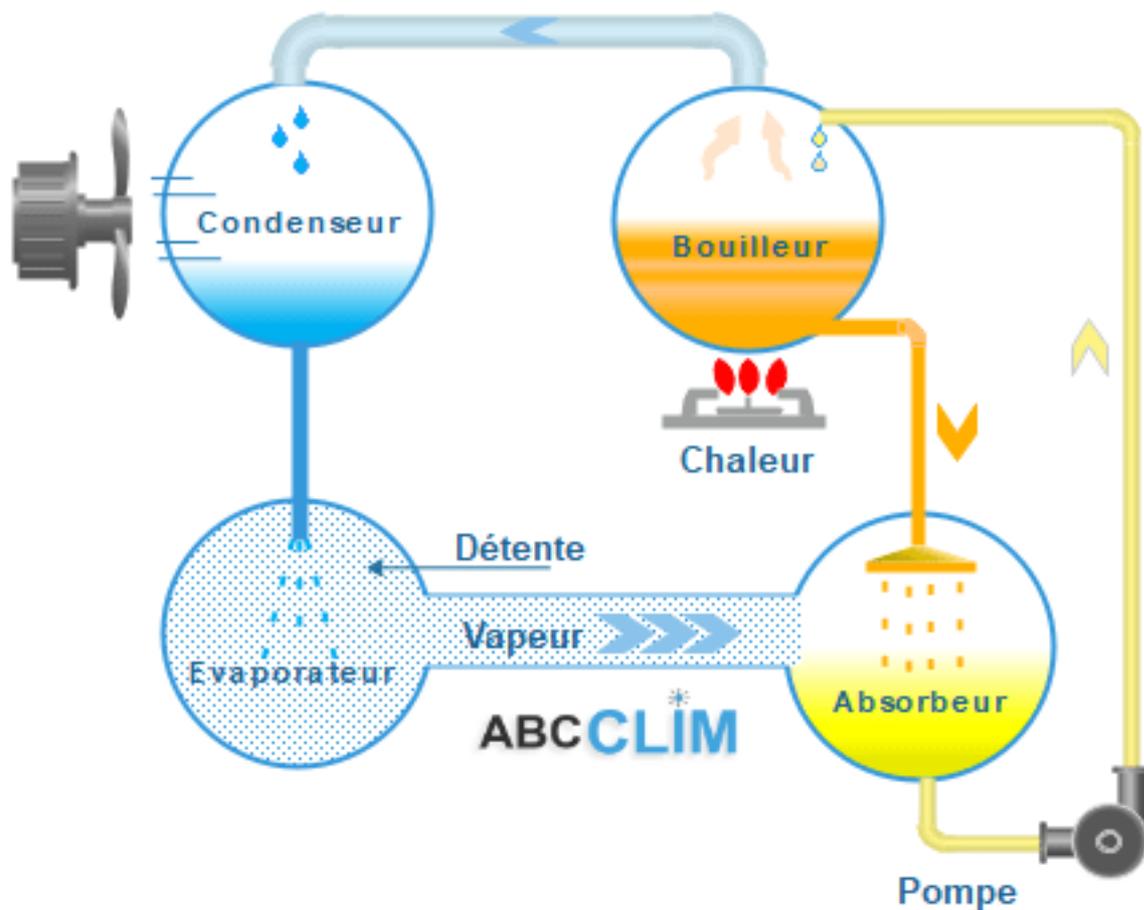
Le groupe frigorifique à absorption est constitué également de quatre éléments :

- a) Le **concentrateur/bouilleur** : c'est le générateur du groupe froid. Son rôle est de séparer le frigorigène de la solution absorbante grâce à la chaleur. Ce processus a lieu sous haute température. Lorsque le frigorigène est libéré, il est récupéré sous forme de vapeur.
- b) Le **condenseur** : il récupère la vapeur issue du concentrateur qui va alors être condensée jusqu'à ce que le frigorigène devienne un liquide à haute pression. En parallèle la chaleur est rejetée à l'extérieur.
- c) **L'évaporateur** : ici le fluide frigorigène s'évapore en absorbant la chaleur environnante, refroidissant ainsi l'espace souhaité.
- d) **L'absorbeur** : c'est un réservoir, à l'intérieur duquel une solution absorbante pauvre en frigorigène est continuellement pulvérisée. Le liquide absorbe le frigorigène, ce qui entraîne une raréfaction de la vapeur et l'aspiration d'une nouvelle masse de frigorigène provenant de l'évaporateur. Dans l'absorbeur, la vapeur de frigorigène est absorbée par une solution absorbante, souvent de l'eau. Cette absorption du frigorigène par la solution libère de la chaleur, qui est généralement dissipée dans l'environnement ou utilisée pour préchauffer la solution absorbante avant son retour au concentrateur pour compléter le cycle.

---

<sup>4</sup> Lorsque une substance est libérée à partir d'une autre.

Figure 2 : ABC Clim, 2000, <https://www.abcclim.net/absorption.html>



D'après D. Ayat (2018) le groupe froid à absorption connaît un processus pendant lequel la vapeur de frigorigène est aspirée par l'intermédiaire d'un liquide absorbant qui présente une forte affinité pour ce frigorigène. La vapeur est ainsi absorbée dans tout le volume du liquide absorbant. L'absorption du frigorigène par la solution absorbante est exothermique<sup>5</sup>, ce qui nécessite l'utilisation d'un échangeur de refroidissement.

Cependant, leur développement a été limité par l'essor des systèmes à compression, les confinant à des applications spécifiques.

---

<sup>5</sup> La réaction produit de la chaleur qui va entrainer une augmentation de la température environnante

### 3.2 Les groupes frigorifiques à adsorption

Les systèmes à adsorption utilisent également de la chaleur, mais cette chaleur est principalement utilisée pour désorber le fluide frigorigène adsorbé, généralement par chauffage direct du matériau adsorbant.

D'après C. Hacini (2019), dans ce système la vapeur de frigorigène est capturée à la surface d'un solide adsorbant. Cette étape qui s'appelle l'absorption libère beaucoup de chaleur. Selon D. Ayat (2018), le groupe frigorifique à adsorption est composé des éléments suivants :

- a) **L'adsorbeur** : Pendant l'adsorption, le fluide frigorigène est piégé à la surface de l'adsorbant, un matériau solide ayant une forte affinité avec le fluide. Cette étape entraîne un important dégagement de chaleur ainsi un **échangeur interne** est nécessaire afin de refroidir le système.
- b) **L'évaporateur** : il a le même rôle que dans les autres systèmes de refroidissement. Il permet de capter les calories afin de refroidir l'espace souhaité. C'est la partie permettant le refroidissement.

Contrairement aux systèmes de production continue de froid, les systèmes à adsorption fonctionnent de manière intermittente. L'extraction du frigorigène adsorbé se fait par chauffage, plaçant ainsi ces systèmes dans la catégorie des systèmes au moins tri-thermes. Ils sont encore peu utilisés en pratique.

### 3.3 Les groupes thermochimiques

Les groupes froids thermochimiques utilisent l'énergie thermique pour déclencher des réactions chimiques qui génèrent du froid. Cette énergie peut être l'électricité, l'énergie solaire ou le gaz naturel par exemple. D'après A. Pubill (2017), les groupes thermochimiques reposent sur les principes de deux transformations physico-chimiques réversibles : la sorption entre un solide et un gaz et le changement d'état entre un liquide et un gaz.

La sorption permet de capturer et de libérer le gaz réfrigérant pour créer un cycle de refroidissement. En effet, au cours de ce processus un matériau solide, dit adsorbant, absorbe un gaz, tel que de la vapeur d'eau ou un gaz réfrigérant, à des températures et pressions spécifiques. Cette absorption de gaz peut être utilisée pour générer du froid lorsqu'elle est associée à d'autres processus thermodynamiques, tels que la désorption et la condensation.

Un cycle de fonctionnement comprend deux phases alternées : une phase de production autonome de froid suivie d'une phase de régénération du système grâce à une source de chaleur externe. Étant donné que ces deux phases ne se produisent pas simultanément, ces technologies sont particulièrement adaptées aux applications nécessitant un stockage de froid avec une capacité à produire du froid à la demande.

Ces systèmes sont composés de plusieurs éléments :

- L'**évaporateur/condenseur** : durant cette étape du processus, le fluide frigorigène change d'état en se condensant ou en se vaporisant ;
- Le **réacteur/adsorbeur** : ici un matériau solide actif absorbe ou désorbe le frigorigène gazeux de manière réversible

## *Conclusion*

Pour conclure, ce premier chapitre a voulu établir une fondation solide pour comprendre les bases théoriques et pratiques des installations frigorifiques. À travers la définition, le fonctionnement, et les modèles théoriques comme la machine de Carnot, nous avons pu établir une compréhension complète de ce que sont les installations frigorifiques et de leur importance. L'interaction entre la théorie et les applications pratiques a été mise en lumière par des discussions approfondies sur la mise en œuvre et l'optimisation de ces systèmes dans des contextes réels, soulignant leur rôle crucial dans la préservation de la qualité des produits et dans la gestion efficace de l'énergie. Ce chapitre sert de prélude à une exploration plus approfondie des technologies spécifiques et des considérations environnementales qui seront abordées dans les chapitres suivants.



## Chapitre 2 : Les technologies existantes

Le chapitre suivant plonge dans l'univers des technologies existantes mettant en lumière la diversité des systèmes et des fluides frigorigènes utilisés pour répondre aux exigences de refroidissement.

Cette partie détaillera les différents types de fluides frigorigènes, de ceux qui sont fortement réglementés en raison de leur potentiel de déplétion de l'ozone et leur impact sur le réchauffement global, comme les CFC et les HCFC, aux alternatives plus écologiques telles que les HFC, les HFO et les fluides naturels comme le CO<sub>2</sub> et l'ammoniac. Nous explorerons les critères de sélection de ces fluides basés sur de multiples facteurs tel que leur performance, leur sécurité, leur impact environnemental et leur conformité avec les réglementations internationales que nous étudierons par la suite.

### *1. Fluides frigorigènes*

Les fluides frigorigènes se caractérisent par leur capacité à avoir, sous pression atmosphérique, une température d'évaporation extrêmement basse. Son rôle principal est d'assurer le transfert de chaleur en absorbant la chaleur en dessous de la température ambiante par évaporation, puis en la restituant au-dessus de la température ambiante par liquéfaction. Ces échanges de chaleur sont rendus possibles par les changements d'état du fluide frigorigène, notamment l'évaporation et la condensation. (Djalila, 2018).

Les substances appauvrissant la couche d'ozone (SAO) sont à l'origine du phénomène connu sous le nom de "trou dans la couche d'ozone", qui a été découvert à la fin de l'année 1985. Ce processus de dégradation de l'ozone stratosphérique entraîne une diminution de l'efficacité du filtrage des rayons ultraviolets émis par le soleil. Ces substances sont principalement des gaz à effet de serre (GES). Afin de mesurer leur impact, des mesures de caractérisation de leur potentiel d'appauvrissement de la

couche d'ozone et de leur potentiel de réchauffement global (PRG) ont été mis en place.<sup>6</sup>

À partir de l'indice, PRG, nous pouvons classer les fluides frigorigènes en fonction de leur impact environnemental :

- a) **CFC** (Chlorofluorocarbures) : ils ont été interdits progressivement en raison de leur contribution à l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique. Ils sont interdits depuis 2010.
- b) **HCFC** (Hydrochlorofluorocarbures) : ils sont une version modifiée des CFC, contenant également de l'hydrogène en plus du chlore, du fluor et du carbone. Ils ont été utilisés comme alternatives partielles aux CFC en raison de leur moindre potentiel de destruction de la couche d'ozone. Ils ont été interdits en 2010.
- c) **HFC** (Hydrofluorocarbures) : Ils ont été utilisés comme alternatives aux CFC et aux HCFC en raison de leur faible potentiel de destruction de la couche d'ozone. Cependant, ils restent polluants, c'est pour cela qu'ils visent à être interdits d'ici 2030.
- d) **Naturels** : le CO<sub>2</sub> ou l'ammoniac sont des fluides frigorigènes naturels, non-issus de la pétrochimie. Cela signifie une indépendance économique vis-à-vis de l'oligopole tenu par les trois entreprises productrices de fluides frigorigènes HFC. Et une neutralité carbonique durable pour l'environnement.

Les fluides frigorigènes CO<sub>2</sub> et ammoniac sont désormais les plus prescrits par l'expert frigoriste. En effet, cela se présente comme étant le meilleur compromis économique-environnemental à l'heure actuelle.

## 2. CO<sub>2</sub>

Les refroidisseurs à gaz CO<sub>2</sub> se présentent comme des alternatives vertes cruciales pour remplacer les HFC. Également appelé R-744, il est naturel, inoffensif et offre une alternative écologique. Toutefois, dans la course vers une technologie plus

---

<sup>6</sup> Ministère de la transition énergétique, 2024, Substances à impact climatiques, les fluides frigorigènes, 12/02/2024, consulté le 7 mars 2024.

respectueuse de l'environnement, il est impératif d'accéder à des données fiables sur les performances réelles de ces systèmes. Assurer une conception et une mise en œuvre réussies est essentiel pour éviter des dommages injustes à la réputation de la technologie et de ses acteurs. Ainsi, des simulations ont été menées pour estimer l'efficacité du cycle thermodynamique, en appliquant diverses règles théoriques et empiriques à la capacité thermique nominale des refroidisseurs à gaz CO<sub>2</sub>. Une comparaison a été établie entre un modèle certifié et un modèle non certifié.<sup>7</sup>

D'après Bénédicte Weiss en 2018, actuellement, cette alternative est plus coûteuse que les HFC à fort potentiel de réchauffement global (PRG). En 2012, Carrefour a inauguré le premier supermarché réfrigéré au CO<sub>2</sub> en France. Bien que l'enseigne ait signalé un surcoût d'investissement de 25 %, elle a atténué cette donnée en mettant en avant les économies générées par l'amélioration de l'efficacité énergétique de la nouvelle installation. Par ailleurs, les coûts des solutions alternatives devraient diminuer à terme, en raison des effets de série. Contrairement aux prédictions, l'élimination des CFC par le protocole de Montréal a stimulé l'industrie. En outre, on observe que les coûts des HFC à fort PRG ont tendance à augmenter à mesure que l'échéance de la directive F-Gas approche : face au risque de pénurie et alors que toutes les installations ne sont pas encore converties à l'utilisation d'autres fluides, la tension sur le marché s'accroît.

### *3. Eau glycolée*

Selon l'expert frigorifique interrogé lors de l'entretien exploratoire, l'eau glycolée est un fluide caloporteur, c'est-à-dire un fluide chargé de transporter la chaleur entre plusieurs sources de température. On l'appelle eau glycolée puisqu'elle contient du glycol, un alcool empêchant qu'elle ne gèle ainsi elle peut circuler dans les tuyaux d'une installations frigorifiques à des températures négatives.

Le choix du fluide caloporteur approprié repose sur plusieurs considérations importantes. Tout d'abord, le point de gel du fluide est crucial, car il doit rester liquide à

---

<sup>7</sup> La RPF (revue pratique du froid et du conditionnement d'air), 2024, Étude de cas : Performance des refroidisseurs à gaz CO<sub>2</sub>, 12/01/2024, consulté le 17/03/2024.

des températures de fonctionnement basses. De plus, la capacité calorifique du fluide peut également influencer le choix, car l'utilisation d'un fluide ayant une forte capacité calorifique peut permettre de réduire le débit et/ou l'écart de température entre le retour et la réinjection tout en maintenant constante la puissance géothermique extraite. Également, la viscosité du fluide caloporteur est fondamentale, en effet plus celle-ci est élevée, moins de puissance pour qu'il circule sera nécessaire. Il est donc important de considérer la viscosité à des températures proches de  $-5^{\circ}\text{C}$ , qui peuvent être celles rencontrées en hiver. (Moch, 2006)

D'après l'entretien exploratoire réalisé avec l'expert frigorifique, l'eau glycolée est un fluide caloporteur complétant une installation frigorifique. Elle est compatible avec n'importe quel fluide frigorigène. Son utilisation est judicieuse lorsqu'on veut optimiser les performances d'une installation notamment pour des larges surfaces (exemple : hypermarchés) et des zones où le climat est très chaud. En effet, l'eau glycolée permet d'économiser de l'énergie sur le long terme où les systèmes vont fonctionner de manière plus efficace en termes d'énergie.

### *Conclusion*

Pour conclure, le deuxième chapitre a détaillé les diverses technologies et fluides frigorigènes utilisés dans les installations frigorifiques, mettant en évidence l'évolution technologique et la réponse aux défis environnementaux. La discussion sur les fluides frigorigènes a été particulièrement instructive, exposant les défis liés à la sélection de substances qui minimisent l'impact environnemental sans compromettre la performance. Ce chapitre a pour objectifs d'enrichir notre compréhension des options disponibles mais a également préparé le terrain pour une discussion sur les implications réglementaires et la durabilité, qui sont cruciales pour l'avenir de l'industrie frigorifique que nous allons aborder dans le chapitre suivant.

## Chapitre 3 : Durabilité environnementale et réglementations

Ce chapitre s'attaque aux aspects cruciaux de la durabilité environnementale et des réglementations qui encadrent l'industrie des installations frigorifiques. Cette section explore comment les impératifs écologiques influencent les pratiques actuelles et futures dans le secteur du refroidissement, mettant en lumière les efforts mondiaux pour réduire l'impact environnemental des technologies frigorifiques.

Nous commencerons par examiner la responsabilité sociale des entreprises (RSE) dans le contexte du secteur frigorifique, en discutant de la manière dont les entreprises intègrent des considérations environnementales dans leurs stratégies opérationnelles et leurs interactions avec les parties prenantes. Par la suite, ce chapitre détaille les accords internationaux et les protocoles qui visent à limiter les émissions de substances nocives et à contrôler l'utilisation des fluides frigorigènes à fort potentiel de réchauffement global. Nous explorerons l'impact de ces réglementations sur les pratiques industrielles et la manière dont elles façonnent l'évolution des technologies de réfrigération vers des alternatives plus respectueuses de l'environnement. Enfin, nous aborderons les règlements européens, en particulier le règlement F-Gaz de l'Union européenne, et leur influence sur le marché des installations frigorifiques, soulignant les défis et opportunités que ces réglementations présentent pour les professionnels du secteur.

### *1. Responsabilité sociale des entreprises*

La responsabilité sociale des entreprises (RSE) désigne l'intégration volontaire par les entreprises des préoccupations sociales et environnementales dans leurs activités commerciales et leurs relations avec leurs parties prenantes.<sup>8</sup>

Le Sénat ajoute à cette définition la notion d'intérêt général notamment à travers la réponse à des crises telles que la pandémie de Covid-19. Par ailleurs, la RSE se traduit par des actions concrètes telles que la reconversion de la production pour fournir des

---

<sup>8</sup> Commission des Communautés Européennes, 2001, Livre vert - Promouvoir un cadre européen pour la responsabilité sociale des entreprises, 18/07/2001, consulté le 16 mars 2024.

biens essentiels, l'accueil de personnels soignants, ou la fabrication de matériel médical. La RSE émerge comme un modèle économique financièrement rémunérateur, économiquement résilient et socialement apprécié, répondant aux attentes des consommateurs, des salariés et des actionnaires. Elle devient même un avantage comparatif pour l'économie nationale. Les entreprises sont de plus en plus appelées à assumer leur responsabilité sociale, non seulement par les parties prenantes telles que les consommateurs, les salariés et les actionnaires, mais aussi par les pouvoirs publics, qui encouragent leur implication dans la réalisation des objectifs de développement durable définis par l'ONU. La RSE est également encouragée par des initiatives législatives telles que celles adoptées en France depuis 2001, qui imposent aux entreprises, en particulier les grandes entreprises, des obligations de publication d'informations non financières.<sup>9</sup>

D'après le livret vert (2001), être socialement responsable implique de dépasser les obligations légales en investissant davantage dans le capital humain, l'environnement et les relations avec les parties prenantes. Bien que la RSE ne soit pas un substitut à la réglementation, elle peut conduire à une meilleure performance économique et à une croissance accrue, notamment en améliorant l'engagement des employés, la productivité, la réputation de l'entreprise et son accès aux financements. La RSE est pertinente pour toutes les entreprises, quelle que soit leur taille ou leur secteur d'activité, et son impact financier mérite une évaluation plus approfondie à travers des recherches conjointes impliquant les entreprises, les pouvoirs publics et les institutions académiques.

## *2. Accords nationaux*

En 1985, une découverte alarmante a secoué le monde scientifique : un trou dans la couche d'ozone a été repéré au-dessus de l'Antarctique (Kefaf, 2017). Ce phénomène a déclenché un premier signal d'alarme, provoquant une réaction de préoccupation à l'échelle mondiale. Cette découverte a rapidement capté l'attention des experts mettant en lumière les conséquences dévastatrices des activités humaines

---

<sup>9</sup> Commission des Communautés Européennes, 2001, Livre vert - Promouvoir un cadre européen pour la responsabilité sociale des entreprises, 18/07/2001, consulté le 16 mars 2024.

sur l'environnement. En conséquence, une prise de conscience planétaire a émergé concernant les impacts de nos actions sur la santé de la Terre. <sup>10</sup>

D'après Consortium MobilAir la pollution atmosphérique se définit comme la présence dans l'air d'un ensemble de substances nocives, telles que les particules fines, les oxydes d'azote, le dioxyde de soufre, les composés organiques volatils et d'autres polluants, qui sont émis par diverses sources telles que les véhicules, les industries, les centrales électriques, et les activités humaines en général. Cette pollution altère la qualité de l'air et peut avoir des effets néfastes sur la santé humaine, les écosystèmes et le climat.

A. Berger met en évidence le lien essentiel entre la découverte du trou dans la couche d'ozone, les travaux des lauréats du prix Nobel de chimie de 1995 et les actions prises pour protéger la couche d'ozone et l'environnement dans son ensemble. En effet, il met en lumière le travail novateur réalisé par les chercheurs Paul Crutzen, Mario Molina et Frank Sherwood Rowland dans les années précédentes. Ces scientifiques ont été parmi les premiers à identifier les chlorofluorocarbures (CFC) comme étant responsables de la destruction de la couche d'ozone stratosphérique. Ils ont démontré comment les molécules de CFC, une fois libérées dans l'atmosphère, pouvaient réagir avec les rayons ultraviolets du soleil, libérant du chlore qui attaque ensuite les molécules d'ozone. Ensuite, l'auteur de l'article explique comment leurs recherche a abouti à une prise de conscience mondiale croissante des dangers posés par les CFC sur la couche d'ozone et, par conséquent, sur la santé humaine et l'environnement.

Rapidement, de nouveaux accords ont été rédigé. Ils visent à garantir la préservation de l'environnement en limitant l'impact néfaste des activités humaines sur le climat et la couche d'ozone en incitant les gouvernements mondiaux a mettre des réglementations en place. Les acteurs sont alors incités à adopter des pratiques et des équipements moins destructeurs de l'environnement, en tenant compte des exigences réglementaires en constante évolution (Kefaf, 2017).

---

<sup>10</sup> Ministère de la transition énergétique, 2024, Substances à impact climatiques, les fluides frigorigènes, 12/02/2024, consulté le 11 mars 2024.

## **2.1 Protocole de Montréal**

Ainsi, le protocole international de Montréal a vu le jour en 1987, il a été rédigé et signé dans le but de protéger la couche d'ozone stratosphérique. Pour répondre à cet objectif plusieurs mesures ont été prise : réduire la production et la consommation de substances appauvrissant la couche d'ozone notamment les fluides frigorigènes CFC et HCFC. Parallèlement, le protocole encourage et promut la recherche et le développement de technologies de remplacement sûres et respectueuses de l'environnement pour les substances réglementées.

## **2.2 Convention-cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques**

La Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) est un traité international adopté lors du « Sommet de la Terre à Rio » et entré en vigueur en 1994. Son objectif principal est de lutter contre les changements climatiques en stabilisant les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation dangereuse du système climatique. La CCNUCC encourage la coopération internationale pour atténuer les émissions de gaz à effet de serre et s'adapter aux effets des changements climatiques. Elle établit un cadre pour les négociations internationales sur le climat et organise des conférences annuelles, connues sous le nom de Conférences des Parties (COP), où les pays membres discutent et négocient des actions pour faire face aux défis climatiques mondiaux.

Une journée internationale de la protection de la couche d'ozone a été déclarée le 16 septembre.

## **2.3 Protocole de Kyoto**

En 1997, le protocole de Kyoto est négocié et rédigé lors de la troisième Conférence des Parties (COP3) à la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Il étend les efforts internationaux de protection

de l'environnement au-delà de la couche d'ozone, en fixant des objectifs contraignants de réduction des émissions de gaz à effet de serre pour les pays industrialisés et en introduisant des mécanismes de flexibilité pour faciliter la mise en œuvre de ces objectifs. En effet, il établit des objectifs chiffrés contraignants de réduction des émissions de gaz à effet de serre pour les pays industrialisés. Ces chiffres sont basés sur des pourcentages de réduction par rapport à ses émissions de GES historiques, souvent sur une année donnée ou une moyenne sur une période spécifique précédant l'entrée en vigueur du protocole. Par ailleurs, il introduit des mécanismes de flexibilité qui permettent aux pays de remplir leurs obligations de réduction des émissions en investissant dans des projets durables. Le Protocole de Kyoto établit un mécanisme de conformité pour surveiller et évaluer la conformité des pays avec leurs engagements de réduction des émissions.

## **2.4 Accord de Paris**

*« L'UE sera climatiquement neutre d'ici 2050. »<sup>11</sup>*

L'accord de Paris (2015) assure la continuité des engagements écrits dans les précédents protocoles. Il a été adopté en 2015 lors de la COP21 et apporte des nouveaux éléments significatifs. Il établit un cadre universel et ambitieux qui engage tous les pays à agir. Tout d'abord, contrairement au protocole précédent, l'Accord de Paris engage tous les pays, qu'ils soient développés ou en développement, à prendre des mesures pour limiter les émissions de gaz à effet de serre. Également, désormais il repose sur des contributions nationales volontaires et déterminées au niveau national plutôt que sur des objectifs de réduction fixés de manière générale. Par ailleurs, chaque pays soumet un plan décrivant ses objectifs et ses stratégies pour lutter contre le changement climatique. Finalement, le nouveau protocole vise un objectif désormais plus ambitieux qui est de limiter le réchauffement climatique de 1,5°C.

Cet accord pour être mis en pratique doit viser des objectifs qui nécessitent une transformation économique et sociale, basée sur les données scientifiques les plus

---

<sup>11</sup> Conseil européen, 2024, « Accord de Paris sur le changement climatique », 3 janvier 2024, consulté le 17 mars 2024.

fiables disponibles. L'Accord de Paris repose sur un cycle quinquennal d'actions climatiques de plus en plus ambitieuses entreprises par chaque pays. D'ici la fin de 2020, les pays devaient avoir présenté leurs plans d'action climatique, connus sous le nom de contributions nationales déterminées (NDC).

Dans sa contribution déterminée au niveau national (CDN) mise à jour, l'Union européenne rappelle les étapes qui ont conduit à sa révision depuis la ratification de l'Accord de Paris en octobre 2016. À l'époque, la CDN contenait un objectif de réduction des gaz à effet de serre (GES) d'au moins 40 % d'ici à 2030 par rapport aux niveaux de 1990. Suite aux orientations définies par le Conseil européen le 11 décembre 2020, l'UE a présenté une CDN actualisée comportant un objectif de réduction renforcé, d'au moins 55 %. Cet objectif a ensuite été rendu juridiquement contraignant par la loi européenne sur le climat, adoptée le 30 juin 2021.<sup>12</sup>

### *3. Règlements européens*

Comme on l'a vu précédemment, un cadre international a été mis en place à travers diverses conventions, accords et protocoles. Pour que ces-derniers soit appliqués et respectés, des réglementations européennes ont été mises en place.

Le règlement européen (UE) n°517/2014 également appelé **règlement F-Gaz**, c'est une réglementation clé de l'Union européenne concernant les gaz à effet de serre fluorés dont entre autres les fluides frigorigènes. Il a été adopté en 2014 et vise à réduire les émissions de ces gaz. Pour respecter cet objectif il établit des restrictions sur la production, l'importation, la vente, l'utilisation et l'élimination des gaz à effet de serre fluorés. Par ailleurs, ce règlement établit des exigences spécifiques pour la manipulation, l'installation, l'entretien et la surveillance des équipements contenant des gaz à effet de serre fluorés, y compris les équipements de réfrigération et de climatisation. Ces réglementations visent à respecter les objectifs à propos des fluides

---

<sup>12</sup> Conseil de l'Union Européenne, 2023, « Accord de Paris: le Conseil transmet la CDN actualisée au nom de l'UE et des États membres », 17 octobre 2023, consulté le 17 mars 2024.

frigorigènes, dans l'UE, en favorisant l'utilisation de solutions plus respectueuses de l'environnement et en limitant les risques pour la couche d'ozone et le climat. <sup>13</sup>

En 2023, la Commission européenne saluait l'accord provisoire conclu à ce-jour entre le Parlement européen et le Conseil concernant le renforcement des règles visant à réduire massivement les émissions de gaz à effet de serre (GES) fluorés et de substances appauvrissant la couche d'ozone. Cette avancée s'inscrit dans la continuité de la législation de l'UE existante, qui limitait déjà considérablement l'utilisation et les émissions de ces gaz. Les règlements approuvés aujourd'hui contribueront à éviter l'émission supplémentaire de près de 500 millions de tonnes de ces gaz d'ici à 2050. Cette initiative soutient l'objectif de l'Union européenne de réduire d'au moins 55 % ses émissions d'ici 2030 et favorisera l'atteinte de la neutralité climatique d'ici 2050.

Les nouvelles réglementations visent à promouvoir l'adoption de solutions de substitution respectueuses du climat, à stimuler le marché mondial et à aider les autres pays à effectuer cette transition. Ces règlements contribueront à limiter l'élévation de la température mondiale conformément à l'accord de Paris, et montrent la voie à suivre au niveau international en matière d'ambition climatique, allant au-delà des engagements de l'amendement de Kigali au protocole de Montréal.

Au sein de l'UE, les gaz fluorés représentent actuellement 2,5 % des émissions totales de gaz à effet de serre (GES). Le règlement renforcé sur les gaz fluorés vise à réduire de près de 300 millions de tonnes équivalent CO<sub>2</sub> les émissions de ces gaz d'ici à 2050. L'accord renforce le système de quotas pour les hydrofluorocarbones (HFC), les gaz fluorés les plus couramment utilisés, représentant environ 90 % des émissions de gaz fluorés. L'utilisation des HFC devrait diminuer de 95 % d'ici 2030 par rapport à 2015 et être éliminée d'ici 2050. À partir de 2025, le quota annuel de HFC alloué par la Commission sera vendu à 3 euros par tonne équivalent CO<sub>2</sub>.

---

<sup>13</sup> Ministère de la transition énergétique, 2024, Substances à impact climatiques, les fluides frigorigènes, 12/02/2024, consulté le 13 mars 2024.

L'utilisation de substances appauvrissant la couche d'ozone dans de nouveaux équipements est déjà interdite au sein de l'UE. En introduisant de nouvelles mesures visant les produits dans lesquels ces substances étaient utilisées légalement dans le passé, l'UE entend éviter l'émission équivalente de 200 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> et de 32 000 tonnes de substances appauvrissant la couche d'ozone d'ici à 2050. (Commission Européenne, 2023)

### *Conclusion*

Pour conclure, ce troisième chapitre a abordé l'impact des réglementations et des standards environnementaux sur le secteur des installations frigorifiques, en mettant en lumière la manière dont les entreprises et les politiques s'adaptent pour répondre aux exigences de durabilité. L'analyse des divers accords internationaux, des protocoles, et des règlements a montré un engagement croissant envers la réduction de l'empreinte écologique des systèmes frigorifiques. Ce chapitre a également souligné l'importance de la responsabilité sociale des entreprises dans la promotion de pratiques durables qui vont au-delà des obligations légales pour véritablement transformer l'industrie. En conclusion, les discussions de ce chapitre réaffirment que l'avenir des installations frigorifiques dépendra de plus en plus de leur capacité à intégrer des solutions innovantes et respectueuses de l'environnement, alignées sur des politiques réglementaires strictes et des attentes sociétales en matière de durabilité.

## Partie 2 : Les fondements de la prise de décision

**A**près avoir établi une base théorique solide dans la première partie, nous explorons ici comment les cadres théoriques influencent concrètement les choix des professionnels dans leur rôle de conseil.

La problématique centrale que nous adressons est la suivante : Dans quelles mesures les perceptions des fluides frigorigènes naturels façonnent-elles la prise de décision des maîtrises d'œuvre dans leur rôle de conseil ?

En s'appuyant sur des théories telles que celle du comportement planifié, du sense-making, et de l'acceptabilité des nouvelles technologies, ce segment examine les processus par lesquels les normes, attitudes et contrôles perçus influencent les décisions en matière de fluides frigorigènes. Ce chapitre fait le pont entre la théorie et la pratique, en évaluant comment les professionnels du froid intègrent les préoccupations environnementales, réglementaires, et économiques dans leurs recommandations et choix de solutions frigorifiques. L'objectif est de démontrer que la compréhension des perceptions et attitudes envers les fluides frigorigènes naturels est essentielle pour influencer efficacement les choix technologiques et stratégiques dans un secteur de plus en plus concerné par les questions de durabilité et de conformité réglementaire. En identifiant clairement les enjeux et les motivations derrière les choix des maîtres d'œuvre, nous espérons éclairer les pratiques futures et encourager l'adoption de solutions innovantes et respectueuses de l'environnement dans l'industrie frigorifique.

Ce segment vise à démêler le processus complexe par lequel les décideurs, influencés par diverses théories psychologiques et contextes sociaux, optent pour des solutions spécifiques. En s'appuyant sur des cadres théoriques tels que la théorie du comportement planifié, le sense-making, et la théorie d'acceptabilité des nouvelles technologies, cette partie propose une analyse des motivations, des attitudes et des facteurs environnementaux qui façonnent les décisions dans le domaine frigorifique. Ces perspectives permettent de comprendre non seulement les choix individuels et

organisationnels mais aussi les dynamiques sociales et économiques qui influencent ces décisions.

## Chapitre 1 : Cadrage théorique

Ce chapitre examine les structures conceptuelles qui informent et guident les choix des concepteurs et des utilisateurs dans l'industrie frigorifique. En s'appuyant sur des cadres bien établis, nous analysons comment les intentions et les actions sont influencées par les attitudes individuelles, les normes sociales, et le sentiment de contrôle. Nous explorons également comment les décideurs font du sense-making dans des situations complexes et comment la théorie d'acceptabilité des nouvelles technologies aide à comprendre l'adoption des innovations technologiques. Ces cadres théoriques ne servent pas seulement à décrire des processus, mais aussi à prédire et influencer efficacement les comportements dans des environnements professionnels et sociaux.

Le cadre théorique fournit le contexte conceptuel dans lequel le problème de recherche est étudié. Il s'appuie sur les théories, les concepts et les modèles existants dans le domaine concerné. Le cadre théorique est structuré sur les trois théories suivantes.

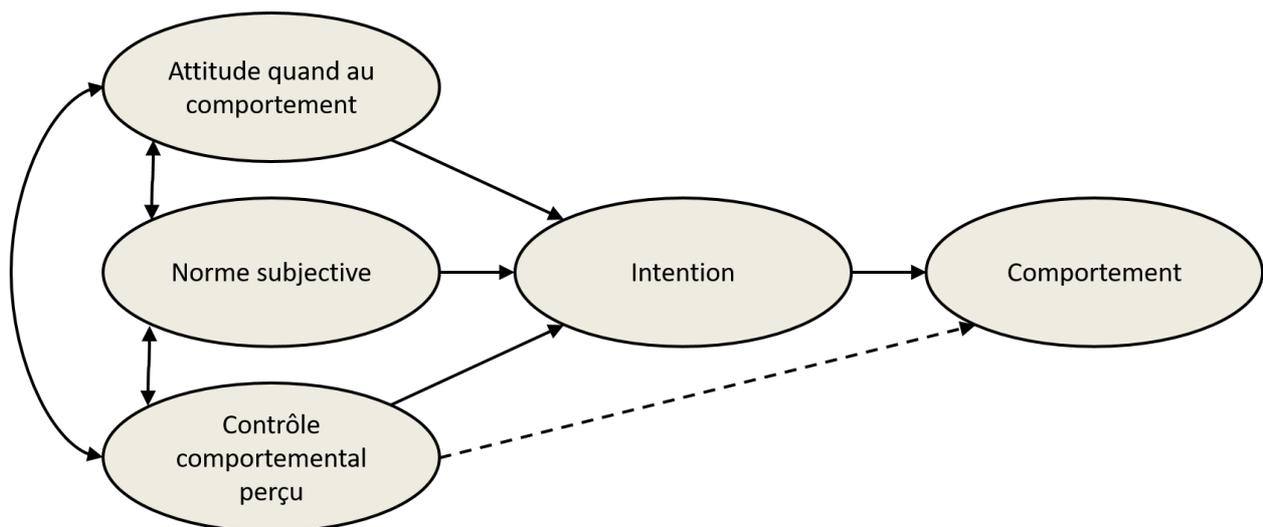
### *1. Théorie du comportement planifié*

La théorie du comportement planifié est développée par le psychologue américano-israélien I. Azjen en 1991. Elle postule que nos actions sont motivées par notre intention de les accomplir, laquelle est influencée par trois principaux facteurs : nos attitudes à l'égard du comportement, les normes sociales perçues et le sentiment de contrôle sur le comportement.

Selon cette théorie, le comportement est considéré comme étant sous le contrôle de la volonté. Ainsi, l'intention déclarée, qui exprime verbalement la volonté de l'individu, est étroitement liée à l'action elle-même. De ce fait, le comportement dépend de l'intention, laquelle repose à la fois sur l'attitude envers le comportement et les normes sociales perçues par l'individu. Dans cette optique, l'intention devient le prédicteur déterminant du comportement, et on dit que ce dernier est planifié. Cette théorie est considérée comme le facteur décisif du comportement. Pour comprendre ces

dynamiques, il est crucial de prendre en compte les différents contextes d'utilisation. Ainsi, H. Kefi examine en 2010 comment la théorie du comportement planifié peut être utilisée pour évaluer l'acceptabilité des systèmes d'information en mettant en lumière l'influence des facteurs sociaux dans cette analyse. Elle adapte la théorie du comportement planifié en y intégrant deux variables démographiques, l'âge et le genre. Elle souligne l'insuffisante utilisation de la théorie dans les travaux empiriques, malgré son rôle prépondérant dans des modèles plus couramment utilisés tels que le modèle d'acceptabilité des nouvelles technologies. La théorie semble être capable de mesurer à la fois l'adoption initiale et la continuité d'utilisation. Par ailleurs, l'auteure réfute toute idée sexiste selon laquelle les femmes seraient moins à l'aise que les hommes avec les outils technologiques, mais confirme l'effet de l'âge sur le respect des normes sociales dans l'entreprise.

Figure 3 : La théorie du comportement planifié (Ajzen, 1991)



#### *Attitudes à l'égard du comportement*

L'attitude vis-à-vis du comportement reflète les sentiments ou le degré d'évaluation favorable ou défavorable d'une personne à l'égard d'un comportement, ce sont des évaluations subjective. (Ajzen, 1991) Par exemple, cela peut se traduire par l'attitude envers le risque de ne pas utiliser le préservatif. Cela inclut les perceptions positives ou négatives de l'efficacité, de l'importance et des conséquences de l'utilisation de

préservatifs. Ces évaluations incluent également les perceptions positives ou négatives de l'impact du comportement sur les résultats personnels ou sociaux. (Assande, 2011)

Par ailleurs, l'influence des croyances agit sur l'attitude envers le comportement, ainsi que par l'évaluation de ces conséquences (Ajzen, 1991). Puisque dans le cas de l'utilisation des préservatifs, les attitudes sont influencées par les croyances des individus sur les avantages ou les inconvénients de leurs utilisations et par l'évaluation de ces conséquences (positives ou négatives) (Assande, 2011). D'autre part, M. Ross-Plourde et al. ont examiné en 2017 les diverses attitudes des pères en relation avec leur engagement envers les soins des enfants. De manière significative, la quasi-totalité des résultats concordent pour indiquer que des attitudes plus favorables à la participation des pères aux soins sont associées à un engagement paternel plus important. Au cours de leur étude, les auteurs ont conclu que les attitudes peuvent prendre plusieurs formes, notamment les croyances essentialistes, l'idéologie de genre et les attitudes par rapport au rôle de père.

### *Normes subjectives*

Selon I. Ajzen (1991), les normes sociales perçues font référence à la perception de la pression sociale subie par une personne pour se conformer à certaines attentes concernant un comportement spécifique. Ces normes peuvent être des attentes ou des encouragements de la part de la famille, des amis, des collègues ou de la société en général. Par ailleurs, elles peuvent être soit des normes descriptives (perception de ce que les autres font réellement), soit des normes injonctives (perception de ce que les autres jugent comme approprié ou désapprouvé).

Les normes comportementales auxquelles les pères se réfèrent durant leur paternité jouent un rôle déterminant dans leur engagement paternel. Cependant, aucune des études répertoriées n'examinent explicitement la perception du père quant à ce qui est considéré comme la norme en matière de comportements paternels, ni dans quelle mesure la perception de normes plus générales prônant l'égalité dans la division des tâches parentales peut influencer l'engagement paternel (Ross-Plourde et al., 2017).

## *Sentiment de contrôle sur le comportement*

Le contrôle comportemental perçu quant à lui, renvoie à la facilité ou à la difficulté perçue pour accomplir un acte, exprimant la perception relative à la faisabilité personnelle du comportement concerné. Ces concepts sont exprimés en termes de croyances, correspondant aux informations vraies ou fausses sur l'environnement (Assande, 2011).

Autrement dit, il se réfère à la perception qu'une personne a de sa capacité à réaliser avec succès un comportement spécifique (Ajzen, 1991). Cela comprend à la fois la perception de la facilité ou de la difficulté à accomplir le comportement mais également la confiance en ses propres capacités à surmonter les obstacles. En effet, cela peut être la perception par les individus de leur capacité à utiliser des préservatifs dans différentes situations. Mais aussi de la facilité ou de la difficulté à obtenir, à utiliser et à discuter de l'utilisation de préservatifs avec un partenaire (Assande, 2011). C'est pourquoi A. Assande en 2011 défend l'important de comprendre ces variables comportementales pour concevoir des interventions efficaces visant à promouvoir l'utilisation du préservatif et à réduire les risques de maladies sexuellement transmissibles.

Par ailleurs, une étude montre une corrélation positive entre la perception par les pères de leurs compétences parentales et leur engagement. En effet, l'étude a examiné les facteurs internes aux hommes, à savoir la perception de compétence ou d'efficacité parentale des pères. Ainsi, plus les pères ont confiance en leurs compétences parentales, plus ils sont impliqués auprès de leurs enfants. Ici, l'utilisation de la théorie du comportement planifié pour prédire l'engagement des pères dans leur rôle parental souligne l'importance des attitudes, des normes sociales, du contrôle perçu et des intentions des pères dans leur implication parentale. Ces recherches offrent des données sur les motivations sous-jacentes à l'implication paternelle. (Ross-Plourde et al., 2017)

En 2020, J-L. Pernin formule deux nouvelles variables potentiellement prédictives de l'intention comportementale : la confiance et la valeur perçue. Cela permettrait

d'améliorer la capacité de la théorie du comportement planifié à prédire les comportements et de l'adapter en fonction des différents sujets étudiés. Ainsi, dans son ouvrage il expose comment la confiance dans la procédure du dépistage par mammographie joue un rôle important. En effet, un manque de confiance envers les services hospitaliers peut avoir un impact négatif sur le comportement de dépistage. Si les patientes doutent de la crédibilité de ces services, elles peuvent être moins enclines à y participer. Par ailleurs, cette confiance permet à la douleur associée à l'examen et l'intimité dévoilée d'être plus facilement vécues à travers la bienveillance des professionnels de santé. Cette étape est d'autant plus cruciale pour établir la confiance des femmes dans la procédure.

En 2008, J-C. Giger a examiné de manière critique la capacité prédictive, causale et falsifiable de la théorie du comportement planifié. Il souligne son applicabilité à un large éventail de comportements sociaux, en raison de sa capacité à prédire et à expliquer le comportement en se basant sur plusieurs facteurs. Il met en avant l'importance de déterminer la valeur prédictive des attributs ou des caractéristiques pour anticiper les comportements futurs.

D'après A. Assande en 2011 suggère l'existence de variables entre l'intention d'agir et l'action elle-même, conduisant à la réalisation de comportements « anti-intentionnels ». En d'autres termes, l'intention peut perdre son influence autonome sur le comportement. Les attentes des hommes seraient davantage prédictives de leur participation que les attentes des femmes à leur égard. Et il existerait des différences entre les attentes prénatales quant à la division des tâches de soins entre les conjoints et la répartition réelle de ces tâches. (Ross-Plourde et al., 2017).

## *2. Le sense-making*

### *La prise de décision*

Le sense making peut être analysé dans le cadre spécifique de la prise de décision. J. Baxter en 2015 étudie la gouvernance scolaire en Angleterre où les gouverneurs doivent naviguer à travers une variété de sources d'informations pour prendre des décisions éclairées. Les membres du conseil d'administration se livrent à des activités de construction de sens pour comprendre leurs rôles, en se concentrant sur des domaines qu'ils jugent importants tant pour les opérations quotidiennes que pour répondre aux normes de responsabilité. L'examen des identités des membres du conseil d'administration est une approche précieuse pour comprendre leurs processus de construction de sens. Par ailleurs, ils relient les activités de construction de sens à leur recherche de satisfaction au travail et cherchent à acquérir des connaissances pour atténuer la dissonance cognitive. Également, l'analyse des réponses suggère que bien qu'ils recherchent activement des informations pour maintenir leur motivation et leur identité, des tensions surgissent concernant les niveaux de responsabilité et l'attente de correspondre aux connaissances des professionnels rémunérés.

### *La définition du sens*

Le sense making est ici utilisé pour explorer et donner du sens à l'évolution du concept d'innovation à travers l'histoire. B. Godin (2016) traite de l'évolution du concept d'innovation en explorant le sense making. Il met en lumière comment le sens et la perception de l'innovation ont évolué au fil du temps, reflétant les changements sociaux, politiques et économiques.

Le processus de sense making est implicite dans la reconnaissance par l'auteur d'une lacune dans la littérature historique concernant le concept d'innovation. Il souligne la nécessité de comprendre et de donner du sens à cette évolution historique pour mieux appréhender le concept d'innovation dans son contexte.

D'autre part, le sense making permet d'examiner de manière critique l'utilisation contemporaine du terme innovation et ses implications sociales. Le sense making

permet d'expliquer comment la perception de l'innovation a évolué au fil du temps, reflétant les valeurs et les préoccupations changeantes de la société. Il s'agit de comprendre comment les connotations de l'innovation ont changé, passant d'une vision négative à une vision positive associée au progrès et à l'utilité. Dans la discussion sur l'utilisation des mots comme armes linguistiques, le sense making est présent dans l'analyse de la façon dont les mots, y compris "innovation", sont sélectionnés et utilisés pour influencer les perceptions et les émotions des gens. Il s'agit de comprendre comment le langage est utilisé pour créer du sens et façonner les attitudes envers l'innovation et ceux qui l'initient.

En explorant la transformation de l'innovation en un mot à la mode associé à des solutions toutes faites pour les problèmes socio-économiques, le processus de sense making est impliqué dans la critique de cette tendance. Il s'agit de comprendre comment l'innovation est devenue un concept vague et surutilisé, dépourvu d'un examen critique de ses véritables implications et de son efficacité.

F. Palpacuer publie en 2009 sur l'approche institutionnelle de la management d'entreprise. Le sense making est intégré dans les actions et les stratégies des organisations pour comprendre, réagir et influencer les réalités sociales, économiques et environnementales dans le contexte de l'industrie vestimentaire mondiale. En effet, le sense making joue un rôle crucial dans le contexte des campagnes des ONG<sup>14</sup> dans les chaînes d'habillement mondiales. Les organisations émergentes cherchent à comprendre et à donner un sens aux défis des conditions de travail dans les pays à bas coûts, tout en promouvant des solutions plus durables. Au cours des années 1990, de nouvelles organisations dédiées à la promotion de formes de développement plus durables dont l'amélioration des conditions de travail des ouvriers du textile dans les pays à bas coûts ont émergé.

Par ailleurs, l'auteure explore comment les ONG utilisent le sense making pour comprendre et influencer les pratiques de management d'entreprise. Les campagnes de sensibilisation sont utilisées pour susciter une prise de conscience et influencer les

---

<sup>14</sup> Organisations Non Gouvernementales, financées essentiellement par des dons privés et qui se consacre à l'action humanitaire.

décisions des marques mondiales, démontrant ainsi le processus de sense making dans la formulation d'arguments et de revendications.

*« Les campagnes de sensibilisation ont joué un rôle central dans la fondation de ces institutions [...] et continuent de fournir le principal levier par lequel ces ONG peuvent exercer une pression dans les discussions avec les marques mondiales » (Palpacuer, 2009)*

Par ailleurs, elle révèle comment les ONG interprètent les actions des entreprises, identifient les normes et valeurs sous-jacentes et mobilisent des stratégies de plaidoyer pour promouvoir des pratiques de gouvernance plus responsables dans le secteur de l'habillement mondial. Les organisations ont adopté une approche de réseau pour mieux appréhender les dynamiques de l'industrie du textile à travers un processus de sense making dans l'adaptation aux nouvelles réalités économiques et sociales. Sans oublier, la collaboration internationale inter-organisationnelle illustrant le sense making. À travers le réseau créé, les organisations peuvent partager leurs connaissances, leurs retours d'expériences et leurs ressources pour mieux comprendre et résoudre les problèmes communs.

Finalement, ces différents articles soulignent la nécessité pour les acteurs de comprendre et d'interpréter les informations et les valeurs dans leurs domaines respectifs pour influencer les décisions et les pratiques.

### *3. La théorie d'acceptabilité des nouvelles technologies*

Cette théorie est issue du TAM (Technology Acceptance Model) de Davis (1989). Elle développe que les intentions d'utilisation sont conditionnées à travers deux variables principales : l'utilité perçue et la facilité d'utilisation perçue. Bon nombre d'études empiriques proposent diverses versions du TAM, enrichies par l'ajout d'autres variables. (Sagnier et al., 2019)

Depuis les années 1980, l'accent a été mis sur l'usage et l'utilisateur des technologies, dépassant ainsi la vision passive de l'utilisateur comme simple récepteur. De nombreuses études ont exploré les différentes façons dont les utilisateurs s'approprient, détournent ou rejettent les technologies. Ces recherches, issues de diverses disciplines, examinent les usages à travers différentes méthodologies, impliquant souvent les utilisateurs finaux. Elles visent à évaluer la qualité de ces usages, à comprendre leurs différentes dimensions et formes, ainsi qu'à analyser leurs impacts sur divers aspects de la vie. Les technologies de l'information et de la communication (TIC) sont désormais des outils incontournables dans divers aspects de la vie sociale, domestique et professionnelle. Cependant, malgré leur développement continu, il est essentiel de comprendre pourquoi certaines technologies sont acceptées tandis que d'autres sont rejetées. Cette interrogation souligne l'importance de comprendre la relation entre l'homme et la technologie dans des contextes spécifiques. L'objectif est de servir l'usage et l'utilisateur, en fournissant des recommandations pour optimiser la conception et faciliter l'appropriation des dispositifs technologiques. Une attention particulière a été portée à la compréhension des fondements psychologiques de l'acceptation technologique, avec l'émergence du concept d'« acceptabilité » pour rendre compte des processus psychologiques liés à l'adoption des technologies. (Dubois, Bobillier-Chaumon, 2009)

D'après F. Terrade (2009), la théorie de l'acceptabilité des nouvelles technologies peut être comprise comme l'approche visant à comprendre et à prédire dans quelle mesure une nouvelle technologie sera acceptée et adoptée par les individus. Elle vise à mieux comprendre comment les individus réagissent aux nouvelles technologies et comment ces réactions peuvent être prédites et influencées par divers facteurs sociaux et

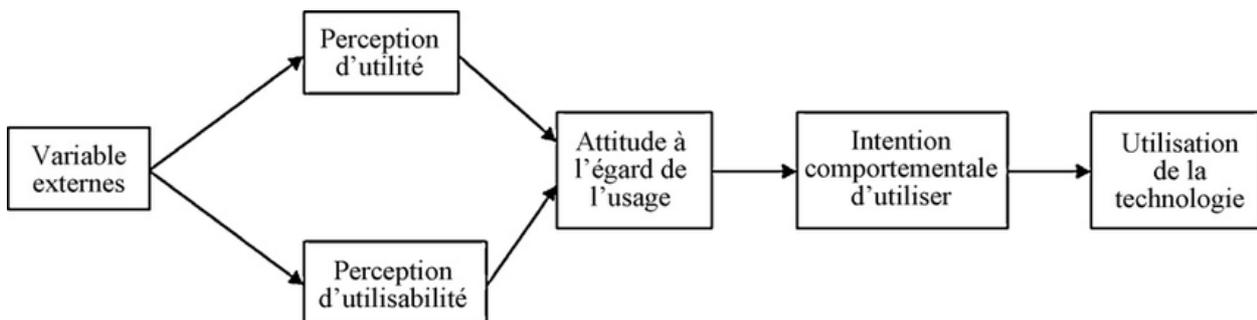
contextuels. Cette théorie met l'accent sur l'importance du contexte social dans lequel évoluent les individus, ainsi que sur la prédiction des usages et l'évolution des normes sociales au fil du temps. La théorie revêt une importance capitale de part son outil permettant de comprendre et de prédire dans quelle mesure les nouvelles technologies seront acceptées et adoptées par les utilisateurs. (Barcenilla, Bastien, 2009) Les normes sociales et les attentes peuvent être interprétées différemment selon les différents modèles d'acceptabilité, ce qui peut influencer de manière significative l'acceptabilité perçue d'une technologie. Ainsi, l'adoption d'une nouvelle technologie peut être conditionnée par divers facteurs contextuels, tels que les contraintes de l'environnement social, les normes culturelles et les interactions sociales. La théorie de l'acceptabilité des nouvelles technologies prend en compte l'importance du contexte social, la prédiction des usages et l'évolution des normes sociales dans la compréhension et la prédiction des comportements d'utilisation.

Elle implique la considération des facteurs sociaux intervenant dans la prise de décision d'utiliser ou non une nouvelle technologie, tels que les contraintes contextuelles, l'influence sociale et les perceptions individuelles. En outre, elle suggère que l'acceptabilité des nouvelles technologies peut varier en fonction du contexte dans lequel elles sont utilisées, ainsi que de l'évolution des normes et des attitudes sociales à leur égard. La théorie d'acceptabilité des nouvelles technologies vise à comprendre et à prédire dans quelle mesure une nouvelle technologie sera acceptée et adoptée par les utilisateurs. (Terrade, 2009)

D'après l'article de J. Barcenilla et C. Bastien paru en 2009, la théorie d'acceptabilité des nouvelles technologies est en pleine évolution, tant d'un point de vue théorique que méthodologique. Ils évoquent l'évolution des approches de « l'expérience utilisateur » et leurs implications pour l'ergonomie. Ils proposent deux options pour l'ergonomie : continuer à se concentrer sur les aspects ergonomiques traditionnels ou envisager de nouvelles collaborations avec les approches de l'expérience utilisateur. L'émergence de ces approches, axées sur l'expérience vécue par les utilisateurs lors de l'interaction avec les produits ou systèmes techniques, oblige l'ergonomie à repenser ses contributions et sa place dans ce nouveau champ de recherche. Face à cette évolution, deux options sont présentées pour l'ergonomie. D'une part, elle peut

choisir de continuer à se concentrer sur les aspects traditionnels de l'ergonomie, tels que l'analyse des tâches et des activités cognitives. D'autre part, elle peut envisager de nouvelles collaborations avec les approches de l'expérience utilisateur, afin d'intégrer davantage les aspects liés à l'expérience vécue par les utilisateurs dans la conception des technologies.

Figure 4 : Théorie d'acceptabilité des nouvelles technologies (Davis, 1989)



### *Environnement social*

Pour prédire avec précision l'acceptabilité d'une nouvelle technologie, il est impératif de prendre en compte le contexte social dans lequel évoluent les individus puisque ce facteur joue un rôle central. Cette considération du contexte social permet d'affiner la prédiction des comportements d'utilisation des nouvelles technologies et de mieux comprendre les motivations et les comportements des individus à l'égard de l'adoption des nouvelles technologies. Contrairement à ce qu'avancé I. Ajzen en 1991, l'étude montre la nécessité de définir les usages des nouvelles technologies en fonction du contexte, soulignant ainsi l'importance de considérer les facteurs sociaux dans les modèles d'acceptabilité.

Un lien direct a été établi entre la mise en place des modèles d'acceptabilité et la prédiction des usages des nouvelles technologies. (Terrade, 2009)

Le contexte social dans lequel évoluent les individus est à considérer lorsque le but est de prédire l'acceptabilité des nouvelles technologies. En effet, l'adoption d'une

technologie peut varier en fonction des normes et des attentes sociales dans différents milieux culturels ou professionnels. Les utilisateurs peuvent réagir différemment à une même technologie en fonction de leur contexte social, ce qui peut influencer son adoption. Par exemple, une application de méditation pourrait être largement acceptée dans une culture où la pratique de la méditation est répandue, mais peut être moins bien accueillie dans une culture où elle est moins courante. (Barcenilla, Bastien, 2009)

L'acceptabilité des technologies est influencée par des facteurs socio-organisationnels spécifiques, en plus des critères d'utilité et d'utilisabilité. Il est donc nécessaire de considérer le contexte organisationnel dans l'étude de l'acceptabilité des dispositifs technologiques, en examinant leur usage comme une construction sociale collective. (Dubois, Bobillier-Chaumon, 2009)

### *Normes culturelles*

Une technologie qui viole les normes culturelles ou les valeurs traditionnelles d'une société risque d'être moins acceptée, même si elle est fonctionnellement efficace. Par exemple, un service de rencontres en ligne pourrait être perçu de manière positive dans une culture où les rencontres en ligne sont courantes et acceptées, mais pourrait être rejeté dans une culture où les rencontres traditionnelles sont privilégiées.

La théorie d'acceptabilité des nouvelles technologies prend également en compte le développement des approches de l'expérience utilisateur et leur impact sur les pratiques de l'ergonomie. Elle propose différentes options pour intégrer ces approches, notamment en continuant à se concentrer sur les aspects ergonomiques traditionnels ou en envisageant de nouvelles collaborations avec les approches de l'expérience utilisateur.

### *Interactions sociales*

La théorie d'acceptabilité considère l'évolution des normes sociales dans le temps comme un facteur d'influence de la prédiction des comportements d'utilisation des nouvelles technologies. (Terrade, 2009) Les interactions sociales influencent

également l'acceptabilité des nouvelles technologies. Par exemple, les recommandations et les expériences partagées par les pairs peuvent avoir un impact significatif sur la perception d'une technologie. Si une technologie est largement adoptée et approuvée par le cercle social d'un individu, il est plus probable qu'il l'adopte à son tour. De plus, les interactions sociales peuvent jouer un rôle dans la diffusion de l'innovation : si une technologie est promue et soutenue par des leaders d'opinion ou des influenceurs, elle aura plus de chances d'être adoptée par d'autres. (Barcenilla, Bastien, 2009)

Dans leur article L. Saglietto et F. Charest (2021) évoquent l'importance de proposer une expérience client exceptionnelle tout en suscitant un nouvel engagement de la part des consommateurs envers les nouvelles technologies afin de les faire accepter. Elles explorent les stratégies de communication utilisées par les entreprises et les concepteurs de technologies pour influencer la perception et l'adoption des innovations technologiques, mettant en évidence l'importance de messages clairs et persuasifs. Également, elles mettent en évidence la nécessité de mettre en place des stratégies de communication visant à favoriser l'acceptabilité des innovations technologiques. Cela implique une communication et une éducation culturelle plus large auprès du grand public et du milieu des affaires. Ensuite, le rôle des innovations technologiques dans la construction de la distanciation sociale et leur contribution potentielle au bien-être collectif joue un rôle important. En effet, les innovations technologiques peuvent être mieux acceptées lorsqu'elles sont perçues comme contribuant au bien-être collectif plutôt que simplement à des fins commerciales.

Afin d'atteindre une véritable acceptabilité sociale, l'engagement des centres commerciaux et des instances réglementaires doit être durable et aller au-delà d'une simple acceptation sociale obtenue par des campagnes d'informations ponctuelles. Cela nécessite un investissement dans une sensibilisation continue aux nouvelles technologies et à leurs implications sociales. Les auteurs estiment que convaincre du bien-fondé des innovations technologiques permet de les rendre acceptables.

À travers cette approche de l'acceptabilité des nouvelles technologies, les auteurs mettent l'accent sur l'expérience client, les stratégies de communication, le rôle des

innovations dans la distanciation sociale et le bien-être collectif, ainsi que sur la nécessité d'un engagement durable pour garantir une acceptabilité sociale à long terme.

Dans la théorie d'acceptabilité des nouvelles technologies, il est important de considérer à la fois les aspects fonctionnels et sociaux dans la conception et l'adoption des technologies en fournissant. Ils synthétisent les connaissances existantes sur ce sujet, en examinant les approches et les facteurs qui influencent la réception sociale des innovations technologiques, y compris la confiance, la perception des risques et les attentes sociétales. Il est nécessaire d'avoir une vue d'ensemble critique et d'identifier les orientations émergentes. Des réflexions sur l'ergonomie des logiciels, l'approche symbiotique de la relation humain-technologie, les dimensions psychosociales de l'acceptabilité dans les environnements professionnels, ainsi que l'impact du cadre social sur les attitudes et les comportements des utilisateurs sont des facteurs fondamentaux. (Dubois, Bobillier-Chaumon, 2009)

Les chercheurs C. Sagnier et al. ont mené une recherche en 2019 basée sur la prédiction des intentions d'utilisation de la réalité virtuelle en exploitant différentes variables. D'une part, les résultats confirment que le TAM est adapté pour expliquer les intentions d'utilisation de la réalité virtuelle. Les études empiriques montrent que l'utilité perçue et la facilité d'utilisation perçue sont des prédicteurs significatifs des intentions d'utilisation. D'autre part, d'autres variables telles que le plaisir, le sentiment d'auto-efficacité en informatique, les attitudes, l'engagement émotionnel et les émotions positives ont également des effets plus ou moins directs sur les intentions d'utilisation.

Il est important de noter que l'acceptabilité d'une technologie ne se résume pas à ses dimensions connexes. Par exemple, une technologie peut être très immersive sans être nécessairement acceptable. La recherche menée par C. Sagnier et al. en 2019 sur l'acceptation de la réalité virtuelle met en évidence une gamme variée de facteurs influençant cette acceptation, tels que les attentes individuelles, les expériences préalables, les avantages perçus, les obstacles rencontrés, la facilité d'utilisation de

l'interface, les normes sociales, les sensations physiques et émotionnelles, ainsi que les facteurs socio-culturels. Ils soulignent l'importance de comprendre cette combinaison complexe de facteurs pour favoriser l'adoption des nouvelles technologies.

Tout comme les autres articles examinent différents aspects de l'acceptabilité des nouvelles technologies, l'étude de M-D. Turki (2020) met en lumière des éléments spécifiques qui façonnent l'attitude des individus envers la publicité mobile. Elle diversifie et enrichit le catalogue d'aspects en relevant la pertinence de la publicité, la crédibilité de la source, l'interactivité, la personnalisation et la confiance dans la confidentialité des données. Ainsi, cet article élargit notre compréhension des facteurs qui influent sur la perception et l'adoption des innovations technologiques dans le domaine de la publicité mobile. Par ailleurs, il enrichit notre compréhension de l'acceptabilité des nouvelles technologies en mettant en évidence un autre domaine où le contexte social et les attitudes individuelles jouent un rôle crucial. Cette inclusion souligne l'importance de prendre en compte une gamme diversifiée de facteurs pour comprendre et promouvoir l'adoption réussie des nouvelles technologies.

La théorie d'acceptabilité des nouvelles technologies vise à mieux comprendre comment les individus réagissent aux nouvelles technologies et comment ces réactions peuvent être prédites et influencées par divers facteurs sociaux et contextuels. Elle cherche à déterminer les contributions de l'ergonomie et d'autres disciplines connexes dans l'analyse et la conception des nouvelles technologies, en tenant compte des besoins, des attentes et des comportements des utilisateurs. (Barcenilla, Bastien, 2009)

## *Conclusion*

Pour conclure, ce chapitre, à travers des théories psychologiques et des modèles comportementaux, permet d'éclairer les processus de prise de décision dans le secteur frigorifique. En se penchant sur des théories comme celle du comportement planifié et le sense-making, ainsi que sur la théorie d'acceptabilité des nouvelles technologies, nous avons pu articuler comment les concepteurs et les opérateurs évaluent et choisissent parmi différentes options technologiques. Ces théories nous montrent que les décisions techniques ne sont pas seulement le résultat de calculs objectifs, mais sont également façonnées par des facteurs humains et sociaux complexes. En identifiant et en analysant ces dynamiques, ce chapitre contribue à une meilleure compréhension des forces qui motivent les choix technologiques et favorise le développement de stratégies plus adaptées et efficaces pour la mise en œuvre des technologies frigorifiques dans un monde de plus en plus réglementé et conscient des enjeux environnementaux.

## Chapitre 2 : Hypothèses

Ce chapitre aborde la phase critique de formulation des hypothèses, essentielle à la progression de notre étude sur les influences régissant les choix des maîtres d'œuvre relatifs aux fluides frigorigènes dans les installations frigorifiques. En s'appuyant sur les discussions théoriques et la problématique énoncée précédemment, ce segment propose des hypothèses destinées à être de manière empirique afin de confirmer ou infirmer leur véracité. Elles sont développées pour explorer spécifiquement comment les perceptions des fluides frigorigènes naturels façonnent la prise de décision des maîtrises d'œuvre dans leur rôle de conseil. À travers ce cadre, nous examinons les relations potentielles entre les variables étudiées, comme les impacts des réglementations environnementales, des pressions sociales et des convictions personnelles sur les décisions professionnelles.

### 1. Hypothèse 1

**Le contexte juridico-environnemental conduit les concepteurs à choisir des fluides frigorigènes naturels quitte à impliquer des coûts d'investissements initiaux plus élevés.**

La théorie d'acceptabilité des nouvelles technologies évoque trois facteurs dont l'un d'entre eux est l'environnement social. (Terrade, 2009) Depuis, la découverte du trou dans la couche d'ozone, de nombreuses réglementations ont été décidées comme on l'a vu précédemment dans la revue de littérature. Cet environnement fortement impacté par le développement durable subi depuis quelques dizaines d'années des changements nécessaires afin de repenser nos activités humaines les plus polluantes. Les réglementations sur les fluides frigorigènes en font partie puisque la plupart qui étaient utilisés à l'heure de cette triste découverte étaient pour la plupart à fort PRG. L'environnement juridique du froid a dû s'adapter pour remédier à ce phénomène et répondre aux nouveaux besoins environnementaux ainsi les fluides frigorigènes naturels sont apparus comme la solution.

Le second facteur est les normes perçues. (Ajzen, 1991) L'environnement a changé comme les normes sociales générées par les nouvelles réglementations. En effet, elles ont une incidence considérable sur la décision de la maîtrise d'oeuvre à implanter des installations frigorifiques avec des fluides frigorigènes naturels. En imposant ce nouveau fluide comme la future généralité, petit à petit les professionnels vont se mettre à l'implanter et il va devenir la norme dans le milieu du froid générant de manière d'autant plus forte l'influence sur les autres professionnels.

En réglementant les fluides frigorigènes de sorte à privilégier les fluides naturels, l'incitation des gouvernements va générer une augmentation de l'utilisation de ces fluides naturels, ainsi ils vont devenir la nouvelle norme. Ce facteur va d'autant plus renforcer cette influence et généralisation l'implantation et l'utilisation des fluides frigorigènes naturels.

Par ailleurs, une troisième théorie peut nous amener à cette hypothèse. Le sense making vise à comprendre, réagir et influencer les réalités sociales, économiques et environnementales. (Palpacuer, 2009) Comme pour les nouvelles organisations émergentes qui cherchent à saisir et donner du sens à des activités humaines, il serait intéressant de comprendre le sens des réglementations internationales et européennes qui peuvent être perçues comme contraignantes dans le milieu professionnel du froid. On pourrait traduire le sens des réglementations comme un moyen de chercher à favoriser des formes de développement plus durables notamment en remplacer les fluides frigorigènes pétrochimiques par des naturels.

Dans le processus de décision, les concepteurs interprètent et donnent du sens au contexte juridico-environnemental. Ils reconstruisent la signification des fluides frigorigènes naturels dans le cadre des enjeux environnementaux actuels, ce qui les amène à valoriser ces solutions malgré les coûts plus élevés.

La perception de l'utilité et de la facilité d'usage des fluides frigorigènes naturels, couplée à une évaluation positive de leur impact environnemental, augmente leur acceptabilité. La législation environnementale agit comme un facteur externe qui renforce l'acceptabilité perçue, malgré les barrières financières initiales.

## 2. Hypothèse 2

**Les perceptions négatives des fluides frigorigènes à fort PRG incitent les concepteurs à choisir des alternatives plus durables, plus écologiques et économiquement plus fiables.**

Désormais, les concepteurs sont incités à se tourner vers des fluides frigorigènes à faible PRG. Cette évolution réglementaire a eu un impact significatif sur la perception des fluides frigorigènes traditionnels, souvent perçus négativement en raison de leur impact environnemental. Selon la théorie du comportement planifié, les attitudes négatives envers les fluides à fort PRG, combinées à la perception de normes sociales favorisant la durabilité et la capacité perçue à adopter des alternatives plus écologiques, poussent les concepteurs à opter pour des solutions respectueuses de l'environnement. (Ajzen, 1991)

La popularité croissante des technologies telles que les installations frigorifiques utilisant le CO<sub>2</sub> s'explique également par une meilleure compréhension de leur utilité, de leur facilité d'installation, et de leur conformité aux normes environnementales et sociales. Enfin, les concepteurs, en utilisant le processus de sense-making, réévaluent les réglementations et les exigences du marché, renforçant ainsi leur intention de se tourner vers des fluides frigorigènes naturels. (Palpacuer, 2009)

En effet, plusieurs théories évoquent les facteurs influençant un comportement dont la théorie du comportement planifié et la théorie d'acceptabilité des nouvelles technologies.

Tout d'abord, la théorie du comportement planifié évoque les attitudes des individus à l'égard de tel ou tel comportement comme un facteur important. (Ajzen, 1991) En effet, les individus peuvent avoir une perception négative sur l'utilisation des fluides frigorigènes pétrochimiques en raison de leur impact carbonique. Dans un premier temps, les fluides frigorigènes à fort PRG profite d'une mauvaise image générée par la réglementation européenne F-Gaz puisque cette-dernière vise la neutralité carbonique

selon un calendrier spécifique. Cela est impossible avec les fluides frigorigènes pétrochimiques. L'utilisation de ces-derniers ayant un PRG relativement faible sont encore tolérés mais la neutralité carbonique n'étant impossible avec eux, ils sont amenés à disparaître.

Également, de part l'incitation réglementaire de plus en plus de professionnels se dirigent vers des installations frigorifiques avec CO<sub>2</sub> par exemple. Ce comportement risque de se multiplier laissant de côté les fluides pétrochimiques. La théorie du comportement planifié relève un autre facteur impliquant un comportement, c'est le contrôle perçu sur celui-ci. (Ajzen, 1991) En effet, la production de fluides frigorigènes pétrochimiques est détenue par un oligopole pouvant se passer des accords conditionnant le marché des fluides. Celui des fluides naturels étant beaucoup plus accessibles, les prix stables sont plus sécurisants pour les maîtrises d'oeuvre et d'ouvrage. Les nouvelles technologies comme le CO<sub>2</sub> nécessite une formation pour être installé et un coût d'investissement plus lourd, cependant, lorsque ces facteurs seront généralisés et épongés ils deviendront des perceptions positives pour les professionnels devenant des perceptions négatives pour les fluides pétrochimiques. En ce sens, les installations frigorifiques au CO<sub>2</sub> ont, par ailleurs, des compresseurs plus compactes que les autres ainsi ils prennent moins de place.

La théorie d'acceptabilité des nouvelles technologies comprend elle aussi de nombreux facteurs : l'utilité perçue, la facilité d'utilisation perçue, l'environnement social, les normes culturelles et les interactions sociales. (Terrade, 2009)

L'utilité perçue d'un fluide frigorigène pétrochimique est dorénavant fortement compromis par les réglementation et par sa durabilité dans le temps. Les maîtrises d'oeuvre ne veulent pas préconiser un équipement qu'il faudra remplacer dans quelques années. D'autant plus que les fluides frigorigène tel que le CO<sub>2</sub> sont plus efficace dans le temps, les réparations sont moins lourdes et moins régulières.<sup>15</sup> Par ailleurs, l'implantation de ces fluides même si elle reste relativement facile en terme d'installation purement technique devient difficile de part les prix fortement influencés par l'oligopole. Ainsi, la maîtrise d'oeuvre va désormais plus se diriger vers des fluides

---

<sup>15</sup> Entretien exploratoire.

naturels dont les prix sont stables plutôt que sur des fluides polluants avec des prix en accordéon. Par ailleurs, la négativité associée aux fluides à fort PRG affecte leur acceptabilité, poussant les concepteurs vers des technologies perçues comme plus bénéfiques pour l'environnement. La perception de l'utilité des alternatives durables, tant d'un point de vue environnemental qu'économique, favorise leur adoption.

Selon la théorie du comportement planifié, l'attitude négative envers les fluides à fort PRG, associée à la perception d'une norme sociale favorisant la durabilité, et la croyance en la capacité de mettre en œuvre des alternatives écologiques motivent les concepteurs à opter pour des solutions plus vertes. (Ajzen, 1991)

La prise de conscience des impacts négatifs des fluides à fort PRG sur l'environnement conduit les concepteurs à reconsidérer leur utilisation. À travers un processus de sense-making, ils réévaluent les options disponibles en privilégiant celles qui s'alignent mieux avec les valeurs environnementales.

### 3. Hypothèse 3

#### **L'oligopole détenant le marché des fluides frigorigènes pétrochimiques polluants incitent la maîtrise d'oeuvre à se diriger vers d'autres alternatives.**

L'oligopole contrôlant le marché des fluides frigorigènes pétrochimiques incite les concepteurs à chercher des alternatives plus flexibles et durables. La prise de conscience des risques liés à une dépendance envers un petit nombre d'entreprises stimule une attitude favorable envers la diversification. Les alternatives moins monopolisées et plus durables sont perçues comme offrant une plus grande indépendance, ce qui est encouragé par une prise de conscience environnementale croissante.

La théorie d'acceptabilité des nouvelles technologies soutient cette transition, mettant en lumière la perception négative des pratiques monopolistiques et des impacts environnementaux des fluides pétrochimiques, qui diminue leur acceptabilité. Par conséquent, les solutions offrant une indépendance accrue gagnent en popularité, et les concepteurs, à travers un processus de sense-making, optent pour des solutions alignées avec les valeurs environnementales émergentes. (Terrade, 2009)

La prise de conscience des risques associés à la dépendance envers un oligopole incite à une attitude favorable envers la diversification. Les normes industrielles évoluant vers plus de durabilité et la perception d'une capacité à adopter des alternatives renforcent cette tendance. Par ailleurs, les concepteurs réévaluent la situation du marché à travers un processus de sense-making, identifiant les risques liés à la dépendance et les opportunités offertes par les alternatives. Cette réévaluation conduit à une préférence pour les solutions moins monopolisées et plus durables. (Palpacuer, 2009)

En effet, d'après la théorie d'acceptabilité des nouvelles technologies également, la préoccupation concernant les pratiques monopolistiques affecte négativement l'acceptabilité des fluides pétrochimiques. En contraste, les alternatives sont perçues

comme offrant une plus grande indépendance et sont donc plus facilement acceptées, encouragées par une prise de conscience environnementale croissante.

#### 4. Hypothèse 4

### **La stabilité tarifaire proposée par les fluides frigorigènes naturels est un avantage pour la maîtrise d'oeuvre.**

Tout d'abord, la stabilité tarifaire des fluides frigorigènes naturels représente un avantage économique décisif pour les concepteurs, malgré des coûts d'investissement initiaux potentiellement plus élevés. Cette perception de stabilité économique à long terme, soutenue par des normes sociales valorisant la durabilité et une capacité de gestion améliorée des coûts opérationnels, renforce la motivation des concepteurs à adopter des fluides naturels. Ils peuvent justifier économiquement leur choix malgré l'investissement initial à travers la durabilité. La perception de l'utilité économique et environnementale de ces technologies augmente leur acceptabilité, rendant leur adoption plus probable face à des réglementations strictes et des pressions environnementales croissantes.

Par ailleurs, la stabilité tarifaire est confirmée par la théorie du comportement planifié où la décision des concepteurs d'opter pour des fluides frigorigènes naturels, en dépit de coûts initiaux potentiellement plus élevés, est motivée par leur attitude positive envers la stabilité économique à long terme. Cette attitude est renforcée par les normes subjectives, qui valorisent la durabilité et la responsabilité économique, ainsi que par un sentiment de contrôle perçu sur les coûts opérationnels futurs grâce à la prévisibilité des dépenses liées aux fluides naturels. (Ajzen, 1991)

Également, face à l'instabilité des prix des fluides frigorigènes synthétiques et aux incertitudes réglementaires, les concepteurs tentent d'évaluer les alternatives. La stabilité tarifaire des fluides naturels émerge comme un facteur clé dans cette réévaluation, permettant une meilleure planification financière et un alignement avec les objectifs de durabilité à long terme. Ce processus aide à construire une justification économique solide pour le choix de fluides naturels.

Une nouvelles fois, la perception de l'utilité des fluides frigorigènes naturels est influencée non seulement par leur impact environnemental mais aussi par leur stabilité

tarifaire, laquelle est vue comme un avantage économique significatif. Cette perception renforce l'acceptabilité de ces technologies, car elles offrent une solution viable à la fois écologiquement et économiquement. Les concepteurs sont ainsi plus enclins à adopter des fluides naturels, perçus comme étant en harmonie avec les principes de durabilité économique et environnementale. (Terrade, 2009)

En intégrant ces trois théories, les concepteurs peuvent être vus comme faisant un choix éclairé en faveur des fluides frigorigènes naturels, non seulement guidés par des considérations environnementales mais aussi par des considérations économiques à long terme. Cette décision est le résultat d'une évaluation approfondie des coûts et bénéfices, influencée par des facteurs externes (réglementations et normes industrielles), des croyances internes (perceptions de la stabilité économique et des avantages environnementaux), et un processus de sense-making qui contextualise et donne du sens à ces éléments dans un cadre de prise de décision rationnelle et durable.

### *Conclusion*

Cette partie a pour objectif une exploration approfondie des théories et modèles qui sous-tendent la prise de décision dans le secteur des installations frigorifiques, en particulier en ce qui concerne le choix des fluides frigorigènes. À travers diverses théories, nous avons pu mettre en lumière les complexités des processus décisionnels qui sont influencés par une combinaison de facteurs personnels, sociaux et contextuels. Cette analyse a révélé que les décisions ne sont pas seulement le résultat de calculs rationnels mais sont également profondément ancrées dans les perceptions, les normes sociales et les contraintes réglementaires. Finalement, cette partie souligne l'importance de comprendre ces fondements théoriques pour mieux guider les politiques, les pratiques et les innovations technologiques dans le domaine frigorifique, en vue de promouvoir des choix plus durables et économiquement viables dans le futur.



## Partie 3 : Méthodologie et terrain d'exploration hypothétiques

La troisième partie de cette étude se consacre à l'élaboration d'une méthodologie de recherche approfondie et à la définition du terrain d'exploration, visant à tester les hypothèses formulées précédemment. Cette partie permet de structurer l'approche qualitative envisagée, permettant ainsi de capturer les nuances des perceptions et des comportements des maîtres d'œuvre face aux fluides frigorigènes naturels.

Nous explorerons les méthodes de collecte de données et d'analyse qui permettront de répondre de manière à la problématique de recherche : dans quelle mesure les perceptions des fluides frigorigènes naturels façonnent-elles la prise de décision des maîtres d'œuvre dans leur rôle de conseil ? Cette approche méthodologique vise non seulement à valider les hypothèses mais également à comprendre les dynamiques sous-jacentes influençant les décisions dans le secteur frigorifique.



## Chapitre 1 : Méthodologie hypothétique

**C**e premier chapitre décrit en détail la méthodologie hypothétique adoptée pour explorer les perceptions des maîtrises d'œuvre concernant les fluides frigorigènes naturels. L'exploration méthodologique pour valider ou infirmer les hypothèses relatives aux perceptions des fluides frigorigènes naturels s'appuie sur une approche qualitative. Afin de valider ou infirmer les hypothèses présentées précédemment, l'étude qualitative semble la plus adaptée pour ce faire. Par son biais, on pourra récolter un large champ d'informations pouvant être précieuses pour cette recherche. Cette approche est privilégiée pour sa capacité à révéler la complexité des perceptions, des motivations, et des attitudes des participants dans un contexte bien spécifié, offrant ainsi un éclairage précieux sur la problématique étudiée.

Une approche qualitative est sélectionnée pour sa capacité à fournir une compréhension profonde et nuancée des motivations, attitudes et comportements des participants dans un contexte spécifique. Nous expliquerons comment les entretiens semi-directifs, centrés sur des spécialistes du froid, permettront de révéler les dynamiques complexes à l'œuvre dans les décisions de conseil liées à l'utilisation de fluides frigorigènes respectueux de l'environnement. Cette exploration méthodologique vise non seulement à valider ou infirmer les hypothèses établies mais aussi à fournir une richesse de données qualitatives essentielles pour répondre à la problématique de recherche.

### *1. Approche qualitative*

L'étude qualitative est une approche de recherche qui vise à comprendre les nuances, les motivations, les attitudes et les perceptions des participants dans un contexte spécifique, sans nécessairement quantifier les résultats. Elle se concentre sur la qualité des données recueillies plutôt que sur leur quantité. Dans leur étude, Y. Chochard et E. Davoine (2015) utilisent l'étude qualitative pour évaluer l'impact de la formation managériale sur les participants d'une manière approfondie et contextuelle. Cependant, cette approche peut être utilisée également pour compléter d'autres méthodes d'évaluation, telles que l'analyse quantitative, en fournissant une

compréhension plus profonde et nuancée de l'impact de la formation managériale sur les individus et les organisations. L'étude qualitative permet de mettre des mots sur des expériences subjectives non-retranscrivables à travers des questionnaires. Elle permet de comprendre des théories de l'esprit. (Thévenet et al., 2019)

Dans son étude P. Paillé utilise l'étude qualitative pour explorer de manière plus générale, en se concentrant sur les différentes approches, postures et méthodes utilisées dans la recherche qualitative. Cela lui permettrait de discuter des différentes postures de recherche en méthodologie qualitative, telles que l'ethnographie, la phénoménologie, la théorie ancrée, etc. Il pourrait expliquer les caractéristiques de chaque posture, ses implications philosophiques et méthodologiques, ainsi que ses applications dans différents domaines de recherche. (Paillé, 2006)

La recherche qualitative, par sa nature exploratoire, permet d'accéder à des données riches et nuancées qui ne seraient pas saisissables via des méthodes quantitatives. Cette démarche est essentielle pour comprendre les motivations profondes, les croyances et les attitudes qui sous-tendent les comportements des individus. Elle offre la possibilité de saisir des nuances et des complexités dans les perceptions des participants, ce qui est crucial pour répondre à notre problématique de recherche.

La pertinence de l'approche qualitative pour notre étude est appuyée par des travaux antérieurs dans des domaines variés, démontrant sa capacité à fournir des insights profonds sur les comportements humains et les prises de décision. Par exemple, l'utilisation de l'étude qualitative par Y. Chochard et E. Davoine (2015) a permis de révéler l'impact complexe de la formation managériale sur les individus, en soulignant l'importance de contextes spécifiques et des expériences personnelles.

## **1.1 Collecte de données**

Pour collecter les données des entretiens semi-directifs seront mis en place basés sur un guide d'entretien. Cette étude sera menée avec des spécialistes du froid travaillant dans des bureaux d'études fluides. Cette méthode vise à explorer en profondeur les perceptions, les expériences et les attitudes des experts concernant les

fluides frigorigènes naturels et les réglementations environnementales qui influencent le secteur du froid. (Chochard, Davoine, 2015) La sélection des participants se fera à travers une approche ciblée, visant à inclure une variété d'experts du froid, tels que des ingénieurs en réfrigération, des concepteurs d'installations frigorifiques, des techniciens, et des décideurs au sein des entreprises du secteur. Les participants potentiels seront identifiés via des réseaux professionnels. Nous viserons à conduire des entretiens avec une dizaine d'experts.

La collecte des données se fera principalement à travers des entretiens semi-directifs avec des spécialistes du froid issus de bureaux d'études spécialisés. Cette méthode qualitative profonde permettra d'explorer les perceptions et expériences des experts vis-à-vis des fluides frigorigènes naturels. Le choix des participants, basé sur une approche ciblée, vise à garantir une diversité de points de vue et d'expertises, enrichissant ainsi la qualité et la profondeur de l'analyse.

La structuration des entretiens autour d'un guide préétabli permet de maintenir une certaine flexibilité, encourageant les participants à partager librement leurs pensées tout en s'assurant que tous les sujets pertinents sont abordés. La variété des modes de réalisation des entretiens (en présentiel, par téléphone, ou via visioconférence) assure une flexibilité logistique tout en garantissant la qualité des données recueillies.

Les entretiens semi-directifs seront structurés autour d'un guide d'entretien préalablement élaboré. Ce guide comprendra des questions ouvertes conçues pour encourager les participants à partager leurs expériences, perceptions et opinions. Les thèmes abordés incluront l'utilisation des fluides frigorigènes, les défis et opportunités liés aux réglementations environnementales, et les perspectives d'avenir pour les technologies du froid.

Les entretiens se dérouleront via des plateformes de visioconférence, par téléphone ou en présentiel en fonction de la situation géographique des experts et des contraintes logistiques. Chaque entretien durera en moyenne 45 minutes. Avec l'accord des participants, les entretiens seront enregistrés pour faciliter leur transcription et leur analyse ultérieure. La confidentialité et l'anonymat des participants seront assurés tout au long du processus de recherche.

Les enregistrements audio des entretiens seront transcrits verbatim. Les transcriptions seront ensuite relues en parallèle avec les enregistrements audio pour corriger les éventuelles erreurs et omissions. Pour garantir l'anonymat des participants, tous les identifiants personnels seront supprimés ou modifiés dans les transcriptions. Les données transcrites constitueront la base de l'analyse qualitative.

Un formulaire de consentement éclairé sera présenté aux participants, expliquant l'objectif de l'étude, la manière dont les données seront utilisées, et les mesures prises pour protéger leur confidentialité.

Cette approche méthodologique pour la collecte de données via des entretiens semi-directifs vise à assurer une exploration rigoureuse et éthique des perceptions et expériences des experts du froid.

## **1.2 Analyse des données**

Une fois les entretiens semi-directifs réalisés, l'étape suivante consiste en l'analyse qualitative de ces données. Cette section vise à décrire la méthodologie qui va être employée pour analyser les transcriptions des entretiens réalisés avec les experts du froid, en mettant l'accent sur l'identification des thèmes, des motifs et des perceptions clés relatifs aux fluides frigorigènes et aux pratiques environnementales dans le secteur du froid. Cette analyse thématique permettra d'identifier les schémas, les thèmes et les tendances émergents dans les réponses des participants. (Chochard, Davoine, 2015)

Avant de commencer l'analyse, toutes les transcriptions seront relues par le chercheur pour se familiariser avec le contenu et commencer à identifier des idées et des motifs préliminaires. Cette immersion dans les données est essentielle pour développer une compréhension intuitive du matériel (Braun & Clarke, 2006).

L'analyse thématique sera employée comme méthode principale pour organiser et interpréter les données. Elle implique l'identification, l'analyse et le rapport des motifs (thèmes) au sein des données. Les thèmes seront définis et nommés en fonction de leur pertinence par rapport aux objectifs de recherche et de leur capacité à capturer quelque chose d'important en relation avec la question de recherche. Cette approche est flexible et permet une analyse riche et détaillée des points de vue des participants. (Braun & Clarke, 2006)

Tout au long du processus d'analyse, une réflexion critique sera maintenue pour examiner les biais potentiels et les suppositions. Cela inclut une attention particulière à la manière dont les propres perspectives du chercheur peuvent influencer l'interprétation des données (Malterud, 2001).

Cette méthodologie d'analyse de données vise à assurer une exploration rigoureuse des entretiens semi-directifs avec les experts du froid, permettant de dégager des informations nuancés sur les pratiques environnementales et les choix de fluides frigorigènes dans le secteur.

L'analyse des données recueillies s'appuiera sur une méthode d'analyse thématique, permettant de dégager des motifs et des thèmes pertinents par rapport aux objectifs de recherche. Cette approche méthodique et réflexive favorise une compréhension approfondie des données, en mettant en lumière les perceptions et les attitudes des experts du froid vis-à-vis des fluides frigorigènes naturels.

### **1.3 Interprétation des résultats**

L'objectif de cette section est d'interpréter les résultats obtenus en contextualisant les entretiens dans le cadre théorique établi et en explorant leur signification en relation avec les objectifs de recherche et les questions posées.

Les chercheurs interprètent les résultats qualitatifs en tenant compte du contexte et des expériences des participants. Ils examinent les récurrences, les divergences et les similarités dans les données pour tirer des conclusions sur le thème abordé et son impact sur les participants. (Chochard, Davoine, 2015) Il est important de considérer

les expériences et les points de vue des personnes autistes, ainsi que les perspectives des professionnels qui sont acteurs dans l'environnement. Ils examinent les schémas, les contradictions et les similarités dans les données pour tirer des conclusions afin de concevoir les théories de l'esprit et comment cela peut influencer leur interaction sociale et leur compréhension du monde. (Thévenet et al., 2019)

L'interprétation des données analytiques se fera en les contextualisant au sein du cadre théorique établi, permettant ainsi une exploration riche et nuancée des significations et implications des résultats obtenus. Cette étape est cruciale pour lier les données empiriques aux questions de recherche et aux objectifs de l'étude.

### **1.4 Discussion et implications**

Cette section vise à discuter les principaux résultats issus de l'analyse des entretiens avec les experts du froid, en les mettant en perspective avec la littérature existante, et à explorer les implications de ces résultats pour la théorie et la pratique. Les résultats qualitatifs permettent de mettre en évidence des détails et des leçons apprises. Ils permettent également de discuter des limites de l'étude et de suggérer des orientations pour la recherche future. (Chochard, Davoine, 2015)

La discussion des résultats, en les confrontant aux travaux existants dans le domaine, permettra de souligner les contributions originales de l'étude et ses implications pour la théorie et la pratique. Cette réflexion sur les résultats et leur portée offre un moment critique pour identifier les limites de l'étude et esquisser des pistes pour des recherches futures.

### *2. Observations*

Dans le cadre de cette recherche, il pourrait être intéressant d'examiner la problématique au cours du stage que je réaliserais dans un bureau d'études tous corps d'état et grandes cuisines pendant trois mois.

La méthodologie adoptée pour cette recherche repose sur une démarche qualitative, centrée sur l'observation et l'analyse des interactions, des discours et des pratiques des maîtrises d'œuvre concernant les fluides frigorigènes naturels. Cette approche permet de saisir la complexité des perceptions et leur impact sur les décisions professionnelles. Par ailleurs, elle apporte un regard différent à celui perçu au travers des entretiens semi-directifs.

Pendant le stage, des observations non-participatives seront menées pour noter les discussions, les décisions, et les recommandations liées aux fluides frigorigènes naturels. L'analyse des données recueillies s'appuiera sur la méthode de l'analyse de contenu thématique. Cette méthode permettra de catégoriser les données en thèmes relatifs aux perceptions des fluides frigorigènes naturels et leur influence sur les décisions de conseil.

Les participants à cette étude comprendront les ingénieurs, les chefs de projet, et les conseillers techniques du bureau d'études. Ces professionnels ont été sélectionnés en raison de leur rôle clé dans les décisions de conception et de conseil. Les observations se dérouleront principalement au siège du bureau d'études, ainsi que sur certains sites de projets, lorsque cela sera possible. Cette immersion permettra de saisir le contexte réel de travail et de décision des professionnels impliqués.

En conclusion, cette démarche méthodologique et ce terrain d'exploration permettront de comprendre comment les perceptions des fluides frigorigènes naturels façonnent les pratiques de conseil au sein d'un bureau d'études spécialisé.

Les observations réalisées dans le cadre du stage fourniront un complément essentiel aux données recueillies via les entretiens, permettant d'ancrer l'analyse dans la pratique quotidienne des professionnels du froid. Cette démarche d'immersion dans le milieu professionnel des bureaux d'études tous corps d'état et grandes cuisines enrichit la compréhension des enjeux liés aux fluides frigorigènes naturels et leur gestion.

## *Conclusion*

En conclusion, ce chapitre a établi la conduite d'une recherche qualitative hypothétique centrée sur l'étude des perceptions des maîtrises d'œuvre vis-à-vis des fluides frigorigènes naturels. Grâce à l'emploi d'entretiens semi-directifs et à une sélection méticuleuse des participants, cette méthode permettra de plonger au cœur des expériences et des opinions des experts, offrant ainsi des insights précieux sur les facteurs qui influencent leurs décisions. L'approche méthodologique choisie est essentielle pour garantir que les données collectées sont à la fois pertinentes et suffisamment profondes pour permettre une analyse détaillée et une interprétation fiable, ce qui est crucial pour adresser efficacement la question de recherche.

## Chapitre 2 : Terrain d'exploration

Le deuxième chapitre décrit le terrain d'exploration envisagé pour cette étude, en mettant l'accent sur les bureaux d'études fluides. Ce chapitre détaille le contexte dans lequel les données seront collectées, les participants à l'étude, ainsi que les méthodes et les périodes de collecte des données. L'objectif est de comprendre les dynamiques actuelles et futures dans le secteur du froid, spécialement en ce qui concerne les décisions et les pratiques autour des fluides frigorigènes dans le contexte des innovations technologiques et des réglementations environnementales. Cette exploration se veut cruciale pour saisir comment les maîtrises d'œuvre naviguent entre les exigences technologiques et environnementales dans leurs recommandations et pratiques quotidiennes.

### *1. Contexte de l'étude*

Dans le cadre hypothétique de cette étude qualitative, nous envisageons d'explorer les dynamiques actuelles et futures au sein du secteur du froid, en mettant l'accent sur la maîtrise d'œuvre dans des bureaux d'études frigorifiques. L'objectif est de comprendre les perspectives, les décisions et les pratiques autour des fluides frigorigènes dans le contexte des évolutions technologiques et des réglementations environnementales. Le secteur du froid joue un rôle crucial dans de nombreux domaines, allant de la conservation des aliments à la climatisation, en passant par les processus industriels. Cependant, il se trouve également à l'intersection de défis significatifs liés à l'efficacité énergétique, aux impacts environnementaux des fluides frigorigènes, et aux exigences réglementaires croissantes. Dans ce contexte, les experts frigorifiques en maîtrise d'œuvre dans les bureaux d'études ont un rôle central dans la navigation entre les innovations technologiques et les contraintes environnementales. Leur expertise et leurs décisions ont un impact direct sur la durabilité des systèmes de réfrigération conçus et mis en œuvre.

Au cours de cette étude, divers objectifs seraient visés : l'identification des facteurs qui influencent la sélection des fluides frigorigènes par les experts, comprendre comment les réglementations actuelles et futures concernant les fluides frigorigènes et

l'efficacité énergétique affectent les pratiques de conception et de mise en œuvre dans le secteur. Finalement, découvrir les perceptions des experts sur les tendances émergentes, les innovations technologiques, et les défis à venir dans le domaine de la réfrigération.

Ce terrain d'exploration hypothétique fournira des détails et éléments précieux sur les dynamiques actuelles au sein du secteur du froid et sur la manière dont les professionnels naviguent entre les exigences technologiques, environnementales, et réglementaires.

Ce contexte d'étude offre une base solide pour la conception et la réalisation d'une recherche qualitative approfondie dans le domaine du froid, en se concentrant sur la perspective cruciale des experts frigorifiques en maîtrise d'œuvre. Il met en lumière les enjeux significatifs à l'intersection de la technologie, de l'environnement, et des politiques.

## *2. Description du terrain*

Dans le cadre de cette étude hypothétique, nous envisageons d'explorer les dynamiques, perceptions et décisions des experts frigorifiques dans le contexte des bureaux d'études fluides. L'objectif est de comprendre comment ces professionnels naviguent dans l'écosystème des fluides frigorigènes, notamment en réponse aux défis environnementaux et aux réglementations en constante évolution. Ce terrain d'exploration offre une opportunité de saisir les réflexions critiques et les approches innovantes adoptées par les experts pour concilier les exigences techniques, économiques et écologiques dans la conception et la mise en œuvre des systèmes de réfrigération.

Le secteur du froid est à la croisée des enjeux environnementaux majeurs, notamment en raison de l'impact des fluides frigorigènes sur le réchauffement global. Comprendre les décisions des experts frigorifiques permet de mettre en lumière les pratiques durables et les innovations potentielles. Les changements législatifs et réglementaires influencent profondément les choix technologiques dans le domaine frigorifique.

Examiner comment les bureaux d'études s'adaptent à ces cadres fournit des éléments sur la flexibilité et la résilience du secteur. L'évolution rapide des technologies de réfrigération invite à une réévaluation continue des meilleures pratiques et des standards dans le domaine. L'étude cherche à analyser cette dynamique d'innovation.

### *3. Les participants*

L'approche envisagée pour ce terrain d'exploration hypothétique implique des entretiens semi-directifs avec des experts frigorifiques travaillant en tant que maîtrise d'œuvre dans des bureaux d'études. Cette méthode permettra une exploration en profondeur des expériences, des perceptions, et des attitudes des participants vis-à-vis des enjeux clés identifiés.

### *4. Période et durée de l'étude*

La période du terrain d'exploration hypothétique s'étalera sur les années 2024 et 2025 au cours desquelles des stages seront réalisés notamment en bureau d'étude tous corps d'état et grandes cuisines.

## *Conclusion*

Ce chapitre a mis en lumière le cadre dans lequel la collecte de données sera réalisée, précisant le rôle central des experts frigorifiques dans les bureaux d'études face aux enjeux de sélection des fluides frigorigènes. L'examen du terrain d'exploration a permis de définir les paramètres essentiels pour une étude approfondie, depuis le choix des participants jusqu'à la périodisation de la recherche. Les résultats attendus de cette exploration contribueront significativement à notre compréhension des influences externes et internes sur les pratiques professionnelles dans le secteur du froid, offrant des perspectives précieuses pour l'élaboration de recommandations pratiques et stratégiques adaptées aux défis du développement durable et de la transition énergétique dans l'industrie frigorifique.



## Conclusion générale

Cette recherche s'est attachée à explorer un sujet d'une importance croissante dans le secteur de la réfrigération : l'influence des perceptions des fluides frigorigènes naturels sur la prise de décision des maîtrises d'œuvre. À travers une revue de littérature et un entretien exploratoire, cette étude entamé le début d'une recherche pour comprendre comment ces professionnels, en tant que conseillers clés, orientent leurs recommandations et décisions en matière de technologies frigorifiques en faveur du développement durable.

Les résultats de cette recherche mettent en lumière la complexité des facteurs influençant les perceptions des maîtrises d'œuvre vis-à-vis des fluides frigorigènes naturels. Parmi ces facteurs, les réglementations environnementales, la performance technique et économique des solutions, ainsi que les considérations éthiques et sociales, jouent un rôle prépondérant. En dépit des défis rencontrés, notamment liés au coût initial plus élevé et à la nécessité d'une expertise technique spécifique, l'intérêt croissant pour les fluides frigorigènes naturels témoigne d'une prise de conscience significative des enjeux environnementaux.

La revue de littérature a également révélé que, bien que la transition vers des fluides frigorigènes naturels soit en marche, plusieurs obstacles persistent. Ces obstacles sont principalement d'ordre technique, économique et réglementaire. Toutefois, elle a aussi mis en évidence un potentiel d'accélération de cette transition, sous l'effet conjugué d'une réglementation plus stricte, d'une meilleure information et formation des acteurs, ainsi que d'une sensibilisation accrue des clients finaux aux enjeux du développement durable.

Sur la base de ces constatations, il apparaît clairement que les maîtrises d'œuvre ont un rôle crucial à jouer dans l'orientation du secteur vers des solutions plus respectueuses de l'environnement. Leur capacité à conseiller et à orienter les choix technologiques représente un levier d'action important pour favoriser l'adoption de fluides frigorigènes naturels et, par extension, pour contribuer à la réduction de l'impact environnemental du secteur du froid.

Les implications de cette recherche sont multiples. Elles concernent non seulement les maîtrises d'œuvre et les autres professionnels du secteur, mais aussi les décideurs politiques, les organismes de formation et les consommateurs.

En termes de perspectives futures, cet état de l'art compléter par l'entretien exploratoire avec un expert du froid vise à être poursuivi à travers des entretiens semi-directifs intégrés à une étude qualitative. Elle sera complétée par des observations lors du stage de trois mois en première année de master. Ce mémoire a mis en avant l'importance de comprendre les perceptions et les pratiques des maîtrises d'œuvre face aux fluides frigorigènes naturels, dans le contexte plus large des efforts de lutte contre le changement climatique et de promotion du développement durable. Mais également, de comprendre pourquoi ces réglementations ont été mises en place et de remonter à leurs origines. L'évolution rapide des technologies et des réglementations appelle à une veille continue et à une adaptation constante des pratiques professionnelles.

En conclusion, cette recherche souligne les défis et les opportunités associés à ces fluides et les enjeux auxquels font face les professionnels des bureaux d'études répondants aux projets.

## Bibliographie

BOUKREDIME Sara, 2017, *Evaluation des performances d'une machine frigorifique hybride à absorption/éjection*. Mémoire de master énergétique et environnement en sciences et technologies, Université Badji Mokhtar Annaba, Annaba - Algérie, p. 6-8.

HACINI Chaima, 2019, *Calcul des performances d'une machine frigorifique à compression de vapeur utilisant les fluides R22 et R234a*. Mémoire de master énergétique en sciences et technologies, Université Badji Mokhtar Annaba, Annaba - Algérie, p. 4-10.

FALLAHSOHI Hossein, 2011, *Modélisation dynamique des échangeurs diphasiques, appliquée aux groupes frigorifiques contrôlés par une commande avancée*, Thèse de doctorat en énergie et systèmes, Lyon, ECAM, p. 34-

BOUNOUIOUA Ahmed Saber, 2009, *Modélisation d'une machine frigorifique d'une machine frigorifique à compression mécanique*, Mémoire de magister, Centre Universitaire de Oum EL Bouagh, Oum El Bouaghi - Algérie, p. 16-18.

AYAT Dajalila, 2018, *Etude exergétique d'une machine frigorifique*, Mémoire de master énergétique en sciences et technologie, Université Badji Mokhtar Annaba, Annaba - Algérie,

BOURENANE Menad, CHENDER Samir, 2021, *Etude expérimentale d'un module thermoélectrique avec réalisation d'une application à effet Peltier*, Mémoire de master en électromécanique, Université Mouloud MAMMERI De Tizi-Ouzou, Tizi-Ouzou - Algérie, p. 15-17.

PUBILL Aleix, 2017, *Procédé thermochimique de production de froid de forte puissance pour application mobile. Etude et caractérisation de la dynamique du*

système, Thèse de doctorat énergie de l'environnement en sciences de l'ingénieur, Université de Perpignan, Perpignan, p. 27-30.

KHELLAF Nabil, 2017, *Performances des systèmes frigorifiques trans-critiques utilisant le CO2 comme fluide frigorigène*, Thèse de doctorat génie climatique en réfrigération et climatisation, énergie et environnement, Université des Frères Mentouri Constantine 1, Constantine - Algérie, p. 5-7.

MOCH Xavier, 2006, *Etude théorique et expérimentale d'échangeurs géothermiques hélicoïdaux: Production de chaud et de froid par pompe à chaleur, et dimensionnement d'installations*, Thèse de docteur en énergétique et génie des procédés, Université de Grenoble, p.

Commission des Communautés Européennes, 2001, *Livret vert - Promouvoir un cadre européen pour la responsabilité sociale des entreprises*, Belgique - Bruxelles.

LAMURE Élisabeth, LE NAY Jacques, 2020, *Responsabilité sociétale des entreprises (RSE) : une exemplarité à mieux encourager - Sénat*, France, Sénat.

Nations Unies (UNFCCC), 1994, Conférences des parties (COP) sous la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC).

BERGER André, 1996, « Trou d'ozone et prix Nobel 1995 de chimie », *La Météorologie*, mars 1996, n°13, pages 63 à 72.

Consortium MobilAir, 2022, « Le projet MobilAir, un dispositif interdisciplinaire inédit pour lutter contre la pollution atmosphérique », Consortium MobilAir, *Le projet MobilAir, un dispositif interdisciplinaire inédit pour lutter contre la pollution atmosphérique*. Presses universitaires de Grenoble, 2022, pages 5 à 9.

WEISS Bénédicte, 2018, « La grande glaciation des HFC », *Alternatives Économiques*, vol. 377, n°3, 2018, pages 48 à 48.

Nations Unies (UNEP), 1987, Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, Montréal.

Nations Unies (UNFCCC), 1997, Protocole de Kyoto sous la convention-cadre des Nations-Unies sur les changements climatiques, Kyoto.

Nations Unies (UNFCCC), 2015, Accord de Paris sous la convention-cadre des Nations-Unies sur les changements climatiques, Le Bourget, COP21.

BAXTER Jacqueline, 2015, « Making sense of school governing in England: Sources of information and challenges », *Recherche & formation*, janvier 2015, n°78, pages 51 à 68.

AJZEN Icek, 1991, « The theory of planned behavior », *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, décembre 1991, vol. 50, n°2, pages 179-211.

KEFI Hajer, 2010, « Mesures perceptuelles de l'usage des systèmes d'information : application de la théorie du comportement planifié », *Humanisme et entreprise*, février 2010, n°297, pages 45 à 64.

GODIN Benoît, 2016, « Making sense of innovation: from weapon to instrument to buzzword », *Quaderni*, février 2016, n° 90, pages 21 à 40.

PALPACUER Florence, 2009, « For an institutional approach to corporate governance: Making sense of NGO campaigns in global apparel chains », *Revue de l'organisation responsable*, vol. 4, n°1, 2009, pages 5 à 18.

ASSANDE Adom, 2011, « Variables comportementales du consommateur de préservatifs : L'approche par la théorie du comportement planifié », *La Revue des Sciences de Gestion*, vol. 252, n°6, 2011, pages 99 à 107.

TURKI Mouna Damak, 2020, « Les facteurs explicatifs de l'attitude envers la publicité mobile : proposition et validation d'un modèle conceptuel », *Recherches en Sciences de Gestion*, vol. 136, n°1, 2020, pages 137-158.

PERNIN Jean-Louis, 2020, « Le dépistage par mammographie en France dans la théorie du comportement planifié : bénéfice collatéral, confiance, valeur perçue et comportements périphériques », *Sciences sociales et santé*, janvier 2020, vol.38, pages 39 à 66.

ROSS-PLOURDE Mylène, PIERCE Tamarha, DE MONTIGNY Francine, 2017, « Recension méthodique des déterminants de l'engagement paternel selon la théorie du comportement planifié », *Les Cahiers Internationaux de Psychologie Sociale*, 2017, n°114-115, pages à 131 à 156.

TERRADE Florence, PASQUIER Hélène, REERINCK-BOULANGER Juliette, GUINGOUAIN Gérard, SOMAT Alain, 2009, « L'acceptabilité sociale : la prise en compte des déterminants sociaux dans l'analyse de l'acceptabilité des systèmes technologiques », *Le travail humain*, avril 2009, vol. 72, pages 383 à 395.

BARCENILLA Javier, BASITIEN Christian, 2009, « L'acceptabilité des nouvelles technologies: quelles relations avec l'ergonomie, l'utilisabilité et l'expérience utilisateur ? », *Le travail humain*, avril 2009, vol. 72, pages 311 à 331.

SAGLIETTO Laurence, CHAREST Francine, 2021, « Technologies innovantes et communication d'acceptabilité », *Communication & organisation*, janvier 2021, vol. 59, pages 263 à 277.

DUBOIS Michel, BOBILIER-CHAUMON Marc-Éric, 2009, « L'acceptabilité des technologies : bilans et nouvelles perspectives », *Le travail humain*, avril 2009, vol. 72, pages 305 à 310.

SAGNIER Camille, LOUP-ESCANDE Émilie, VALLERY Gérard, 2019, « Acceptabilité de la réalité virtuelle : une revue de la littérature », *Le travail humain*, 2019, vol. 82, pages 183 à 212.

THEVENET Marion, MACHABERT Régine et GEORGIEFF Nicolas, 2019, « Pour une conception intersubjective des théories de l'esprit dans l'autisme : résultats d'une recherche-action en méthodologie qualitative. », *La psychiatrie de l'enfant*, février 2019, volumes 62, p. 395-416.

CHOCHARD Yves et DAVOINE Éric, 2015, « La méthode d'analyse de l'utilité : une méthode d'évaluation qualitative et contextualisée du ROI de la formation managériale », *Recherches en sciences de gestions*, mars 2015, n° 108, p. 133 à 158.

PAILLÉ Pierre, 2006, « *La méthodologie qualitative : Postures de recherche et travail de terrain* », Collection U, p. 240.



## Table des annexes

Annexe A : Guide d'entretien _____	88
Annexe B : Retranscription entretien avec un expert frigorifique - 08/03/2024 _____	91

## Annexe A : Guide d'entretien

### 1. Introduction

- Remerciements
- Notifier l'anonymat
- Demande d'autorisation d'enregistrement vocal
- Notifier la liberté de refuser de répondre à certaines questions et d'interrompre l'entretien à tout moment
- Demander s'il y a des questions
- Présentation du master MIRC, de l'ISTHIA, de la recherche et de mon parcours

### 2. L'interrogé

- Pouvez-vous m'expliquer votre parcours professionnel ?

### 3. La conception d'une installation frigorifique en études

- Quelles sont les étapes concernant la prescription d'un groupe froid ?
- Quels sont les critères vous permettant de déterminer le groupe froid adaptés aux besoins du client ?
- Pouvez-vous m'expliquer à quels impératifs vous devez répondre lorsque vous répondez à un appel d'offre ?
- Quels éléments vont être déterminants dans votre expertise ? Certains ont-ils plus de poids ?
- Quels sont les principaux types de groupes frigorifiques que vous êtes amenés à implanter ?  
Pouvez-vous me les décrire brièvement ?
- Au vue de la multitude de groupes froids existants, pensez-vous avoir été amené à tous les prescrire au moins une fois au cours de votre carrière ?
- Quelles sont les applications typiques des groupes frigorifiques électriques, et comment se distinguent-ils des autres types de groupes froids en termes de performances et d'efficacité énergétique ?
- Pour les groupes frigorifiques cryogéniques, quelles sont les conditions d'utilisation les plus courantes ?
- Avez-vous en tête des tendances émergentes ou des innovations dans le domaine des technologies de groupes froids ?

## 4. Les fluides frigorigènes et caloporteurs

- Quels sont les principaux types de fluides frigorigènes que vous implantez dans les systèmes de réfrigération et de climatisation ?
- Quels sont vos critères de sélection lorsque vous préconisez des fluides frigorigènes neutres en carbone ?
- Dans quel cadre implantez-vous des groupes froids à circuits ouverts ? Quelles sont les conditions ?
- De quelle manière le PRG des fluides frigorigènes impacte-t-il votre expertise quant à l'implantation d'un groupe froid ?
- Dans quel type de projet êtes-vous amené à préconiser de l'eau glycolée ?  
Quels sont vos critères de sélection ?
- Quels sont les défis potentiels associés à l'utilisation de l'eau glycolée, tels que la corrosion, la viscosité ou d'autres problèmes de compatibilité ?  
Comment ces défis sont-ils généralement surmontés dans la pratique ?

## 5. Les réglementations concernant le froid

- Quelles sont les principales réglementations nationales vous impactant dans l'implantation de groupes frigorifiques ?
- De quelle manière vous impactent-elles ?
- Comment les traduisez-vous dans vos projets ?
- Quels sont les défis les plus courants auxquels vous êtes confronté pour vous y conformer ?
- Quelles sont les exigences en matière de sécurité pour les systèmes frigorifiques, et comment faites-vous pour vous assurer de vous y être conformé ?
- Comment les réglementations en matière d'efficacité énergétique influent-elles sur la conception et l'utilisation des systèmes de réfrigération et de climatisation ?
- Comment les réglementations et les normes environnementales influent-elles sur l'utilisation de l'eau glycolée dans les systèmes de réfrigération et de climatisation ?
- Connaissez-vous des initiatives ou des programmes innovants visant à promouvoir des pratiques durables dans l'industrie frigorifique ?

- Avez-vous en tête des exemples de bonnes pratiques en matière de gestion des fluides frigorigènes pour réduire les émissions et promouvoir la durabilité environnementale ?

## 5. Conclusion

- Remerciements

## Annexe B : Retranscription entretien avec un expert frigorifique - 08/03/2024

A : Super. Il faut juste que je dise que l'entretien est anonyme. S'il y a des questions auxquelles vous ne voulez pas répondre, c'est tout à fait possible et on peut interrompre l'entretien à tout moment.

E: D'accord.

A : Voilà. Sinon on avait déjà un petit peu échangé sur mon parcours et sur le master que je suis en train de faire. Est-ce que vous voulez que je revienne un peu plus là-dessus ?

E : D'accord.

A : Alors, donc, je suis à l'ISTIA. Je l'ai intégré l'année dernière dans une licence professionnelle ingénierie hôtelière et de restauration.

E : Ok.

A : J'ai effectué mon alternance, au sein du bureau d'études grande cuisine à AC2R, donc en région parisienne. Et puis, la licence, moi, je suis arrivée là un petit peu par hasard, puisque avant, j'avais fait un bac économique et social. Ensuite, j'ai fait un BTS tourisme. Et en fait, j'ai découvert la restauration en travaillant en tant que serveuse à l'étranger, en Irlande. Là, j'ai décidé de continuer un master, en MIRC, Management et ingénierie de la restauration collective, puisque l'ingénierie me plaît beaucoup. Et puis, le master me permettait d'approfondir un peu plus les connaissances. Et donc, je vais réaliser mon stage de première année au sein du bureau d'études, Euclide avec M. Vié. Et qui vous passe le bonjour, d'ailleurs.

E : Il faut qu'on s'appelle, d'ailleurs, pour la petite histoire, on a un dossier technique en commun. Je ne sais pas si vous en avez parlé.

A : Oui, un petit peu.

E : Voilà. Donc, là, le dossier, la phase des CE, donc, il avait terminé. Il y a eu la consultation des entreprises et on a été retenus.

A : D'accord.

E : Donc, on est en phase de démarrage de chantier.

A : D'accord. Donc, voilà pour mon parcours. J'ai axé ma recherche sur les flux de frigorigènes et les groupes froids et par rapport aux réglementations qui impactent l'implantation de ces groupes froids. Donc, pour l'instant, j'ai réalisé une revue de littérature. Alors, je me suis renseignée sur le sujet, qu'est-ce qu'un groupe froid, sur les multitudes de types de groupes froids qui existent. Bon, bien sûr, je ne les connais pas tous. J'ai essayé de voir ce qui se faisait, de voir qu'est-ce qu'un groupe froid et sous quel type il se présente. Et voilà, je me suis renseignée également sur les flux de frigorigènes qu'on avait déjà vus l'année dernière quand j'étais en alternance. Puisque j'avais eu des interventions de spécialistes du froid. Et c'est là que, justement, que j'ai commencé à m'intéresser au froid et aux réglementations. C'était un domaine qui m'intéressait bien. Donc, voilà, j'ai axé ma recherche là-dessus. Et puis, donc, sur les réglementations, j'ai vu un petit peu d'où venaient les réglementations, pourquoi elles étaient là et d'essayer de comprendre, de démêler un petit peu tout ce... Tout ce... Comment dire ? Tout ce sujet un peu complexe.

E : D'accord.

A : Voilà.

E : Je vous laisse avancer. Vous voulez que j'intervienne ? Comment souhaitez-vous qu'on fasse après ? Quand vous parlez de groupe froid, qu'est-ce que c'est un groupe froid pour vous ? Comment vous le... Quelles sont les différentes technologies que

vous connaissez ? Et je vais peut-être vous corriger ou... Vous donner quelques infos de plus, suivant ce que vous avez vu. Dites-moi un petit peu où vous en êtes et j'essaie de vous guider là-dessus déjà. D'accord. Alors, ok. Ah oui, alors... Au moins, vous souhaitiez... Vous avez déjà préparé quelque chose et vous souhaitiez suivre un déroulé, me poser des questions, ou quelqu'un, on fait comme vous voulez, c'est pas un souci.

A : Oui, bon, après, j'avais préparé une trame parce que c'est ce qu'on allait...

E : Je suis votre trame. D'accord.

A : Après, moi, du moment que l'important, c'est d'échanger sur les sujets. Je me suis dit, ça pourrait être intéressant, peut-être que vous me reparliez un petit peu de votre parcours. Vous l'aviez déjà fait par téléphone la dernière fois...

E : Je suis désolé, ça a coupé, j'ai pas entendu. Que je vous reparle de...

A : De votre parcours professionnel. Alors, en ce qui me concerne, bon, j'ai 57 ans, on va dire, déjà. J'ai 57 ans. J'ai toujours travaillé dans le froid. Moi, j'ai commencé mon parcours par un baccalauréat F3, à l'époque, ça s'appelait comme ça, c'était électrotechnique.

E : D'accord. Il n'y avait pas de bac pro à l'époque, c'était ou un BEP, CAP, ou des bacs, un bac. Moi, c'était un baccalauréat technique, donc F3 électrotechnique, c'est-à-dire que ça consiste à apprendre toutes les règles concernant les machines de tournage, etc. Ce sont les moteurs, la régulation, les automatismes, c'était ça, ce baccalauréat. Après, donc, j'ai eu le baccalauréat en 85. Après ce baccalauréat, j'ai fait un an de fac de sciences, j'ai fait quelque chose qui s'appelait à l'époque un Dug SSM, séance et structure de la matière. Alors là, par contre, c'est quelque chose qui était assez costaud en enseignement. On travaillait sur quelque chose qui était nouveau pour moi à l'époque, qui était donc la thermodynamique, puisque c'était déjà abordé en SSM.

A : D'accord.

E : J'ai abandonné au bout d'un an parce que je me sens, enfin, c'était pas mon truc, la fac, clairement, et j'ai des amis qui avaient déjà fait un BTS de froid, qui avaient déjà fait un BTS de froid et climatisation, ça s'appelait comme ça à l'époque. J'ai donc candidaté, j'ai été retenu pour faire mon BTS de froid. J'ai fait donc ça de 86 à 88. Donc avec un BTS de froid et climatisation, ça, ça s'est passé, c'était sur Nantes à l'époque. Et suite à ça, j'ai commencé à travailler dans le monde du froid. Je suis rentré par la petite porte, c'est-à-dire que j'ai travaillé chez un installateur à faire d'abord du montage et du dépannage. J'ai fait ça jusqu'à l'époque, une année et demie, jusqu'à l'armée. Passage obligatoire à l'époque pour les jeunes. Un an d'armée où je suis tombé dans des ateliers. Alors après, je vous le fais court. Mais je suis tombé dans des ateliers de dépannage, justement, chaud et froid, où ils recrutaient des jeunes qui faisaient ce genre de formation pour les utiliser après sur les ateliers de dépannage. Parce qu'ils avaient des structures pour faire du dépannage au niveau de l'armée, au niveau de tout ce qui était restauration dans les casernes. En sortant de l'armée, j'ai retravaillé dans le monde du froid toujours, en faisant toujours du terrain. C'était sur du froid embarqué, sur des véhicules, sur du camion. C'était une technologie qui était petite. C'était quelque chose de nouveau. C'était pas ma tasse de thé. Et je suis parti suite à ça. Donc, je suis resté six mois dans l'entreprise. C'était sur Limoges. Et je suis parti après tenter ma première expérience, on va dire, en bureau d'études chez un installateur qui était à Toulouse, qui s'appelait FCS31, la société qui fait partie maintenant du groupe MCI. C'est en zone de Thibault. Donc, j'ai travaillé là-bas avec un premier contrat en CDD. Puisque je remplaçais le fils du patron. Au niveau du bureau d'études. Suite à ça, j'ai eu des contacts dans une boîte concurrente qui s'appelait Froid et Machines, qui était un installateur Bonnet, qui est devenu après Bonnet, Cidelsem Industries, Bonnet, Cidelsem, Grande Cuisine. Ce sont des gens qui faisaient de la cuisine professionnelle, du supermarché et un peu d'avocat alimentaire. Donc, j'ai travaillé chez eux quand j'étais embauché. Le deal à l'époque, ça avait été de travailler pendant une période. Donc, on va dire indéterminé et d'abord sur le terrain, c'est-à-dire que j'ai recommencé à refaire du dépannage, des choses comme ça et de façon progressive, passer au bureau d'études. Je suis resté dans cette société

pendant six ans à peu près. J'étais sur Toulouse, toujours. Et donc, au sein d'une équipe au bureau d'études. Et au niveau du bureau d'études, il y avait une équipe qui travaillait sur du froid. J'en faisais partie, on était deux. Et deux qui travaillaient sur du chaud, c'est-à-dire la cuisine professionnelle, un domaine que vous devez connaître un petit peu. Donc, ça m'a permis de découvrir l'univers de la cuisine professionnelle et j'ai eu envie de changer un petit peu. J'ai travaillé, j'ai quitté cette société après 5 ou 6 ans pour aller travailler dans un bureau d'études qui faisait de l'ingénierie en restauration. Ça doit vous parler. Et ce bureau d'études s'appelait Renfort Consultant à l'époque. C'était Monsieur Paul, Michel Paul.

A : Ah oui, ok.

E : Voilà. Donc, j'ai travaillé chez Michel Paul pendant deux ans avec un petit jeune qui était à côté de moi qui s'appelait Gaël Tarit.

A : D'accord, ok.

E : Que vous devez connaître également.

A : Oui, oui.

E : Voilà. Qui est maintenant le dirigeant de Gamma Conception. Donc, je suis resté deux ans. On s'est apporté nos connaissances respectives avec Gaël. Lui dans la partie ingénierie et moi dans la partie plus technique. Donc, on a fait un grand bout de chantier au sein de EFC. Après, pour des raisons personnelles, je suis reparti sur ma région natale qui est donc le Limousin. J'ai travaillé dans une société qui s'appelait Equipe 3 Jules qui était un installateur qui faisait la peau du froid et la cuisine professionnelle. Et au bout de deux ans, cette société a connu des difficultés financières. Elle a déposé le bilan et elle a été rachetée par une société qui s'appelait 16 Brons. Vous avez peut-être entendu parler. Et 16 Brons est devenu au jour d'aujourd'hui, Dalkia 3 Solutions. Ça marche beaucoup. Donc, je suis resté chez eux, mais pareil, alors là, j'ai eu différentes fonctions, chargé d'affaires d'abord, ensuite

responsable d'agence sur Limousin, 16 Brons. Je suis parti de cette société il y a 15 ans pour repartir chez le concurrent, ce qui était Axima réfrigération. Et là, j'ai commencé donc à faire et à la fois chargé d'affaires et après responsable d'agence. Et j'ai quitté cette société il y a un an maintenant pour rejoindre une petite société qui est indépendante et qui s'appelle la Post Service. Et cette société Post Service fait partie du groupe CYCLEF, qui est un groupe, on va dire maintenant, c'est un groupe non indépendant, d'autant plus indépendante. C'est un groupe qui représente quand même à l'heure actuelle 1 500 personnes à peu près. D'accord. Donc, ma fonction à l'heure actuelle. Donc, je suis responsable d'Axima. On a créé une petite agence sur Limoges et on est en train de développer une petite agence avec pas mal de clients qui m'ont suivi, pas mal d'anciens collègues qui m'ont suivi. Donc, voilà mon parcours. Mon parcours est à la fois technique à la base et commercial sur la fin.

A : D'accord.

E : Et j'ai toujours officié dans le domaine du froid, principalement dans le domaine du froid. En réfrigération commerciale, un tout petit peu en agroalimentaire. Et je n'ai pas touché au froid industriel. C'est une autre technologie, un petit peu différente. Et c'est un autre domaine. Ça, c'est un autre métier. Je n'ai pas fait celui-là.

A : D'accord. Ok. Très bien, très bien. En fait, ma première question par rapport à ce que j'ai pu voir, c'était vous dans un projet. En fait, comment vous allez? Par quelles étapes vous allez passer? Je me doute qu'il y a forcément des facteurs que vous devez prendre en compte. Et j'aurais aimé voir avec vous, en fait, comment ça se passe? Comment vous faites pour prescrire en fait un coup en fonction du projet, en fonction de la demande du client et des exigences environnementales?

E : Alors, la marche à suivre, c'est de définir déjà les besoins, c'est-à-dire que je n'appelle pas ça un groupe froid, j'appelle ça une installation frigorifique. D'accord. Il y a une petite nuance. Ce n'est pas un produit de paquet qu'on achète dans le commerce qu'on pose. Chaque installation est propre et doit répondre à des besoins bien particuliers. Oui, je m'explique. La première des choses, c'est de demander à un client s'il a déjà un plan d'implantation de ses chambres froides, de ses locaux de

travail. C'est la première des choses. S'il n'a pas, certes, je suis en mesure de le faire. Sinon, il y a des bureaux d'études. Comme vous allez voir avec Cédric Vié, il y a des bureaux d'études qui sont là pour ça. Principalement pour déjà commencer par définir une implantation, une marche en avant, une circulation. Quelque chose qui soit conforme à la réglementation sanitaire. Dans le cadre de cuisine ou autre. De toute façon, les règles sont les mêmes. Donc, la première des choses, c'est de demander à un client s'il a un plan. S'il a un plan, on travaille sur son plan. S'il n'a pas de plan, soit on est en mesure aussi de réaliser et de lui proposer quelque chose. Soit il fait appel à un bureau d'études qui définit déjà lui-même les besoins du client en termes de surface et en termes de marchandement. À partir de là, la partie équipement frigorifique, à partir du moment où il y a un plan de défini, on est censé faire des bilans thermiques pièce par pièce en fonction des besoins du client. C'est-à-dire que si je suis dans des cas d'école, ça veut dire qu'une chambre froide, quand vous faites un bilan thermique, le bilan thermique d'une chambre froide, il y a plein de lignes au niveau du bilan thermique qui interviennent. La première, c'est des déperditions par les parois. La première, c'est d'avoir... dans l'espace, si vous voulez, des dimensions. De combien il fait 2 mètres par 2, 30 mètres par 2, j'en sais rien. Telle hauteur. Est-ce que le sol est isolé ou pas isolé ? Comment c'est fait ? On parle de ça. On parle déjà de première étape sur un bilan thermique, déperdition par les parois. Deuxième question.

E : Pardon ?

A : Non, je disais d'accord.

E : La deuxième chose, c'est dans les postes dans un bilan thermique, c'est des apports produits. C'est-à-dire qu'une chambre froide, vous avez calculé vos déperditions. Vous lui demandez ensuite quels sont les apports. Combien ils rentrent, quelle quantité de produits ils rentrent tous les jours. Sous quelle forme, à quelle température. Ça, c'est la deuxième partie. C'est la partie apports produits. Donc ça amène des calories. Troisième partie, quand vous prenez un bilan, je le fais schématiquement. En réalité, la deuxième, déjà, elle se décompose en plusieurs parties après. Troisième partie, c'est par exemple les apports ventilateurs. C'est-à-dire quand vous mettez des airs qui diffusent le froid, il y a des ventilateurs. Ça, ça vous

amène des calories. Donc, il faut en tenir compte quand vous faites votre bilan. Ensuite, vous avez les ouvertures de portes et les introductions d'air, intempestives. C'est-à-dire qu'une chambre froide que vous ouvrez le matin, vous chargez, vous fermez, vous ne touchez pas de la journée, il n'y aura pas le même renouvellement d'air qu'une chambre froide que vous ouvrez tous les cinq minutes. Une chambre froide jour, par exemple, qui donne sur une cuisine qui est chaude. Vous voyez ce que je veux dire ?

A : Oui.

E : Il y a tous ces paramètres-là qui vont prendre en ligne de compte. Il y a éventuellement, dans le cadre d'un labo, les apports qui sont dus aux machineries. Quand vous êtes dans un labo, un labo préparation froide, vous pouvez avoir un trancheur, vous pouvez avoir plein de choses, plein d'appareils tournants et électriques qui amènent des calories. Vous avez également des gens qui travaillent dedans. Une personne qui travaille dégage les calories. Donc ça, ça fait partie de la partie de bilan. C'est toujours la partie de bilan. Maintenant, avec des LED, ça amène moins de chaleur. Mais avant, vous aviez des tubes fluos et tout. Ça avait une certaine quantité de chaleur. Vous avez après, dans le cadre de labos, des renouvellements d'air. La législation impose un renouvellement d'air de 25 mètres cubeur par occupant. Donc il y a une VMC. Ça, dans les labos, il faut en tenir compte. Vous avez tous ces paramètres-là. Quand vous les mettez tous au bout d'une ligne, si on suit la procédure, avant de diminuer, vous faites vos bilans pour toutes vos pièces. Quand vous avez le bilan frigorifique qui est habillé pour toutes vos pièces, vous arrivez à une puissance frigorifique 2. C'est-à-dire ce qu'il faut enlever à cette pièce pour la maintenir à la température que vous souhaitez. C'est pour ça que je pense qu'il serait bon qu'on arrive à se voir, malgré tout. Parce que là, c'est très abstrait par téléphone, tout ça. Quand vous avez fait votre bilan thermique pièce par pièce, vous arrivez à... Je dis n'importe quoi... Je vais pas dire n'importe quoi. Je vais dire 40 kilowatts, le bilan. 40 kilowatts, ça, c'est la puissance frigorifique que vous êtes censés installer. C'est-à-dire que votre installation frigorifique, elle comporte quelque chose dans une pièce qui fait du froid. Ça s'appelle un évaporateur. Vous avez quelque chose qui produit le froid dans ces évaporateurs. Mais ça peut être un groupe frigorifique, une centrale

frigorifique, peu importe. Il y a un réseau de tubes entre les deux et de la régulation. Pour pouvoir déterminer les besoins dans une cuisine, on part toujours d'un plan, d'un bilan. Un bilan, une puissance. Une puissance, on sélectionne les évaporateurs et les compresseurs, d'ailleurs. Et donc une centrale et tout ça, tout ce qui va derrière. Ça, c'est la première démarche. Quand vous montez un projet, quand un bureau d'études monte un projet, c'est ce qu'il fait. Il définit avec le client les besoins. Une fois qu'il a les besoins, il définit les moyens à mettre en oeuvre, c'est-à-dire le matériel à installer. Une installation frigorifique, c'est pas un groupe froid. C'est pas un cube qu'on pose quelque part. C'est plein. Alors, je parle dans le cadre d'une petite cuisine centrale. Imaginez une petite cuisine centrale, vous allez avoir une dizaine de postes. Vous allez avoir une chambre B.O.F., une chambre légumes, une chambre viande, une chambre surgelée. Vous allez avoir après des labos. Légumerie. Vous allez avoir de la préparation froide. Vous arrivez sur votre zone de production chaude.

Donc, je vous disais, une fois que vous avez dimensionné votre équipement, il y a plusieurs choix techniques qui vont s'imposer. Après, il va falloir dimensionner la machine ? Qu'est ce que ce soit le fluide de frigorigène, la puissance frigorifique sera la même. La base ça c'est les bilans, la détermination des besoins. Ensuite il y a un choix technique à faire et ça c'est à voir avec les clients. Comment on fait du froid ? En réalité, c'est pour ça que je voudrais, si vous pouvez, qu'on se rende compte, vous amèneriez voir différentes installations. Quand on fait du froid dans une pièce, en réalité on ne fait pas de froid, on ne fait que transporter les calories qu'il y a dans cette pièce-là vers l'extérieur. Imaginez-vous un radiateur, on va dire, on appelle ça un radiateur, des tuyaux qui partent de ce radiateur qui vont vers le groupe qui est à l'extérieur. Cet appareil qui est à l'intérieur, ça s'appelle un évaporateur, capte les calories qu'il y a dans votre local, piège la chaleur là-dedans et via le flux de frigogène, il évacue vers l'extérieur. Vous prenez votre frigo, vous avez la maison, votre réfrigérateur. Vous regardez votre réfrigérateur, à l'intérieur, il y a soit une plaque froide qui est au fond, soit un petit truc avec un ventilateur. Et vous avez un truc qui fait du bruit derrière votre frigo, ça s'appelle un compresseur. Et derrière, il y a comme une grille qui ressemble à une sorte de radiateur. En réalité, imaginez-vous dans une enceinte close, vous piègez les calories dans ce local, dans cette ambiance. Le fluide vous aide à les transporter et vous les rejetez. Et vous faites le bruit vers l'extérieur.

A : D'accord.

E : Le machine de bruit, c'est un cycle. C'est composé donc à minima d'un évaporateur, d'un compresseur, d'un condenseur, c'est ce qui jette la chaleur dehors, et d'un étendeur. Et c'est quelque chose qui fonctionne en circuit fermé, quel que soit le fluide employé.

A : D'accord.

E : D'accord ? Mais c'est très théorique, c'est pour ça, vous serez à côté, je vous ferai un petit cours en matière de changement.

A : D'accord. J'avais une question par rapport à ça. J'ai vu dans des revues qu'il existait des groupes ouverts. Donc ça, il n'y a pas de...

E : Ça, c'est une technologie compresseur. Vous avez du compresseur semi-hermétique et hermétique.

A : D'accord.

E : Vous allez le voir. Et ça, c'est la technologie même de compresseur. Qu'il soit le fluide employé, je dirais, pratiquement, vous pouvez avoir... C'est la même technologie pratiquement. C'est la même technologie, mais c'est un peu différent. Mais les compresseurs ouverts, ça existe encore, mais c'est plutôt des puissances. Les semi-hermétiques, c'est sur des puissances intermédiaires. Et les petits groupes hermétiques, c'est tout ce qui est petites puissances.

A : D'accord. Mais des installations frigorifiques avec des circuits ouverts, donc avec les fluides frigorigènes qui vont s'évaporer à l'extérieur, ça, ça se... Qui vont s'évaporer à l'extérieur. Qui vont être rejetés à l'extérieur. Et c'est rejeté, mais ce n'est pas le circuit ouvert.

A : D'accord.

E : C'est un circuit fermé, c'est le fluide qui permet de piéger les calories d'un côté pour le rejeter à l'extérieur. C'est toujours ça.

A : D'accord.

E : Ce n'est pas le circuit ouvert. Le circuit frigorifique en lui-même, c'est quelque chose qui est fermé. C'est-à-dire que vous avez des réseaux de tubes. Vous avez sur... Imaginez-vous... Si je vous le montrais, vous comprendrez. Un site frigorifique, c'est forcément quelque chose qui est fermé et hermétique. Par contre, le principe, c'est de prendre les calories à l'intérieur pour les rejeter à l'extérieur. Ça, c'est le principe même de n'importe quel site frigorifique. Mais ce n'est pas... Ce n'est pas ouvert à ça. Ce n'est pas ouvert à ça. Les machines frigorifiques fonctionnent dans un circuit fermé. C'est un site. Mais il faudrait que je vous l'explique de visu. Vous apprendrez à y aller mieux la chose, je pense. Hum... Pour en venir à la première question, comment on prescrit un eau de croix, la première étape, c'est de déterminer les bilans. La deuxième étape... Alors ça, pour déterminer les bilans, ça veut dire que ça passe par un entretien avec l'utilisateur. Qu'est-ce que l'utilisateur a besoin ? Comment il veut faire ? Quelles sont ses contraintes ? Ça peut être des contraintes, ça peut être des températures d'introduction plus ou moins élevées. Plus on fait des produits chauds dans une pièce, plus les quantités d'énergie arrivent avec le... Euh... Vos bilans, si ces bilans terminent sur une chambre froide, ce sont des bilans qui sont faits sur une période de fonctionnement de 24 heures. Si c'est une civile d'enregistrement rapide, c'est la durée du cycle d'enregistrement qui intervient, vous voyez. Hum... Les bilans déterminent une puissance, et une puissance détermine un outil, une... détermine des appareils que vous allez installer derrière. La deuxième question, à l'heure actuelle, en raison des contraintes environnementales, la deuxième question à poser au client, c'est... Je vais expliquer quels sont les fluides qui peuvent être potentiellement employés dans son cas de figure. C'est-à-dire qu'au jour de nos enduits, il y a une réglementation qui s'appelle la F-Gaz, qui définit le potentiel de réchauffement de chaque fluide. Et au jour d'aujourd'hui, il y a une réglementation sur des fluides de type HFC, c'est-à-dire... Les HFC, c'est pareil, c'est un peu compliqué par téléphone, mais tous les fluides sont

classés en fonction de GWP, C'est-à-dire, les HFC, c'est pareil, c'est un peu compliqué par téléphone, mais tous les fluides sont classés en fonction de GWP, vous avez dû entendre parler peut-être, c'est ça ?

A : Oui, ça j'ai... Je me suis renseigné.

E : Au jour d'aujourd'hui, la réglementation, elle tend, année après année, à faire baisser un tas d'autorisations, à autoriser les installateurs, enfin, à obliger les installateurs plutôt à avoir des installations avec des GWP le plus bas possible. Pour vous donner une idée, on parle de fluides comme le R404A, vous avez vu, on entend parler, celui-là.

A : Oui.

E : C'était un fluide qui était utilisé jusqu'aux années, on va dire, 2020. Au jour d'aujourd'hui, il est interdit sur les installations de fluides qu'il y a un GWP de 3922. Là, des réglementations, la réglementation de la HFC, elle a évolué d'année en année, en interdisant les installateurs de mettre des fluides à partir au départ, un GWP supérieur à 2500. De 2500, on est descendu à 1500. Et tout ça, il y a une espèce de calendrier, il faudra qu'on le regarde ensemble, il y a un calendrier qui tend, les utilisateurs et les installateurs, à faire des installations moins, c'est pas polluantes, le mot, mais avec un potentiel de réchauffement climatique le plus bas possible. Ok. Pour ce faire, il y a des fluides, on va dire, issus de la chimie, des fluides chimiques qui ont été élaborés de façon plus ou moins houleuse, parce qu'il y a quand même des contraintes, c'est-à-dire que, soit vous restez sur une famille, on va dire qu'on appelle les HFC, soit avec, qui ont donc différents GWP, soit vous allez sur des nouvelles générations de fluides qui ont des GWP plus bas, soit après vous allez sur des fluides naturels, et les fluides naturels, vous arrivez sur des GWP extrêmement bas. Les GWP les plus faibles qui existent à l'heure actuelle, il y a deux fluides, c'est l'ammoniaque et le CO<sub>2</sub>, et vous arrivez avec des installations qui ont des GWP de haut. Le zéro n'existe pas parce que l'échelle va de zéro à 5000 et quelques, les fluides les plus polluants. Et donc, au jour d'aujourd'hui, la deuxième question à poser aux clients, c'est une, par rapport à la réglementation, je prends les termes de 40 kW, on va dire qu'à l'heure actuelle, au jour

d'aujourd'hui, une installation qui a une puissance frigorifique supérieure à 40 Kw, vous ne pouvez plus la faire avec des fluides de type HFC. Ce n'est pas possible.

A : D'accord.

E : Donc, il y a deux questions qui vous restent derrière. Soit vous vous lancez sur des installations avec du CO<sub>2</sub>, soit après des installations en eau glycolée, par exemple. C'est un deuxième choix technique. Mais le but étant, au jour d'aujourd'hui, en tant que conseil, en tant que bureau d'étude, le but étant de faire des installations avec des GWP les plus faibles possibles. Donc, je vais un peu vite là aujourd'hui, mais je pense que c'est une première approche que vous ayez.

A : Oui, oui.

E : Dans l'ordre, pour votre première question, c'est comment prescrire un groupe froid ? Un, définir les besoins du client en termes de puissance. Deux, l'orienter vers un choix technique du fluide que vous allez employer. Et ça, ça vous permet, vous, de définir la typologie de l'équipement frigorifique que vous allez mettre en œuvre. Mais pour moi, je ne parle pas de groupe froid.

A : Oui.

E: Quand on parle de groupe froid, pour moi, j'entends le produit fini. Normalement, ce n'est pas comme ça que ça marche.

A : D'accord.

E : Il y a des contraintes après à prendre en compte. La première question, c'est comment prescrire un groupe froid ? Un : définir les besoins du client en termes de puissance. Deux : l'orienter vers un choix technique du fluide que vous allez employer. Et ça, ça vous permet, vous, de définir la typologie de l'équipement frigorifique que

vous allez mettre en œuvre. Pour moi, je ne parle pas de groupe froid. Pour moi, j'entends le produit fini. Alors non, ce n'est pas comme ça que ça marche.

A : D'accord.

E : Il y a des contraintes après à prendre en compte. On a parlé des contraintes environnementales. Il y a un autre problème. Il faut savoir qu'une machine frigorifique va dégager de la chaleur. Quand vous la mettez, elle rejette les calories à l'extérieur, l'environnement extérieur. Mais il faut en tenir compte. C'est-à-dire que suivant la configuration des bâtiments que vous allez voir, il y a des endroits où vous ne pouvez peut-être pas mettre de condenseurs ou de gaz couleur parce qu'il y a des habitations qui sont trop près. Ça fait du bruit. Oui. Vous voyez ce que je veux dire ?

A : Oui.

E : Donc après, il y a la réglementation. Deux, il y a les contraintes environnementales, c'est-à-dire les nuisances sonores, les contraintes techniques du bâtiment parce que tous ces équipements dont on parle, sur quelque chose d'un peu gros en termes de puissance, mais c'est un bois. On ne peut pas installer, moi je ne sais pas, je vous dirais n'importe quoi, mais imaginez-vous une petite maison avec un toit traditionnel. On ne peut pas installer quelque chose qui fait 4 tonnes sur le toit si ce n'est pas prévu pour. Vous voyez ?

A : Oui.

E : Donc après, il y a une définition des contraintes techniques pour la mise en œuvre des équipements. Ça, ça fait partie du boulot quand on prescrit un groupe froid. Un, qu'est-ce que veut le client ? On définit un matériel. Deux, quelles sont les contraintes ? On va dire les contraintes réglementaires, ça on les maîtrise mieux, ça nous explique au client. Les contraintes environnementales, c'est le client qui va nous lire. C'est lui qui va nous dire, attention, ces maisons, elles sont à 30 mètres. Attention, mon toit ne supporte pas, je ne peux pas mettre des trucs dessus. Vous voyez ce que

je veux dire ? Quand vous allez au bout de tout ça, vous arrivez à essayer de trouver une solution adaptée aux besoins. Et il y aura donc dans les contraintes environnementales et dans les contraintes réglementaires, le choix du fluide. Soit on fait des petites installations avec des fluides, des HFC qui sont encore des GWP suffisamment faibles, soit on fait des installations avec des fluides comme par exemple l'isobutane, le propane, mais ce sont des fluides qui sont classés A2L, donc qui sont inflammables. Donc, suivant la classification du bâtiment, on peut ou pas les employer. Soit vous passez sur des installations avec des fluides comme le CO2, soit vous faites une installation à eau glacée, mais il vous faudra une production de froid extérieur, à quoi vous la faites tourner ? Et il y a les contraintes de poids et tout ce que je vous ai dit. Donc tout ça, c'est des... C'est des étapes à franchir pour pouvoir prescrire quelque chose et définir une installation.

A : D'accord.

E : Je ne sais pas si j'ai été assez clair.

A : Ah si, si.

E : Si j'ai répondu à vos questions.

A : C'était très clair. Du coup, ça me fait venir sur ma deuxième question. Parmi les installations frigorifiques que vous êtes amené à prescrire et à installer, est-ce qu'il y a un type d'installation frigorifique? Qui est, on va dire, qui va être plus régulièrement installé? J'ai vu notamment qu'il y avait des installations frigorifiques à compression mécanique. Est-ce qu'il y a des groupes froids qui sont plus utilisés aujourd'hui que d'autres? Ou alors c'est vraiment du sur-mesure et du cas par cas et ça dépend de...

E : Dans nos domaines, je dirais que c'est du cas par cas. Bien sûr, ce n'est pas un produit paquet, contrairement à ce que beaucoup pensent que ce n'est absolument pas ça. Je vous dis, un des choix, ça va être sur la nature du fluide à utiliser. Ce sera la

première des questions à poser. Mais après, ce n'est pas un produit paquet. C'est pour ça que quand vous parlez de groupes froids, ça me dérange un petit peu.

A : Oui, ce n'est pas le...

E : On parle d'installation frigorifique.

A : D'accord.

E : Pour moi, un groupe froid, c'est comme si vous alliez chez Darty acheter un frigo.

A : Oui, oui, je vois ce que vous voulez dire.

E : Ce n'est absolument pas ça. C'est absolument... C'est tout sauf ça.

A : D'accord. Et lorsque vous... Lorsqu'il y a le choix du fluide frigorigène, donc il y a le... Vous avez parlé de la taille de l'espace à réfrigérer. C'est quoi les critères qui vont faire qu'on choisit le fluide frigorigène ?

E : Oui. Alors après, il y a des habitudes de travail aussi. Il y a ce fameux GWB. On va en parler un petit peu quand même. Au jour d'aujourd'hui, en France, le GWB, il y a une réglementation qui autorise, alors c'est dégressif, d'année vers année, ils tendent à baisser ce GWB. C'est-à-dire que légalement, je vais faire simple, au jour d'aujourd'hui, une installation au 404A, c'est interdit. L'installateur n'a pas le droit de faire une installation au 404A.

A : D'accord.

E : Parce que le GWB est trop gros. Ça, c'est la réglementation. On va dire le second effet qui se coule de ce GWB, ça, ça n'a pas été avoué, mais c'est ce qui nous attend, c'est la fameuse taxe carbone. L'État français arrivera, ça, c'est une évidence, quand, je ne sais pas, c'est assez proche, arrivera à taxer les utilisateurs en fonction du type

de fluide qui est utilisé. Alors, ils ne vont pas le taxer sur l'installation même, ils taxeront les utilisateurs après sur la partie maintenance. C'est-à-dire qu'au fur et à mesure du temps, il y aura peut-être des fuites, il y aura peut-être des appoints de fluide à faire. Et chaque fois qu'il y aura un appoint, il y aura une taxe carbone qui sera prélevée, alors, quelle forme, je ne sais pas, mais qui sera plus ou moins importante en fonction du fluide. Si vous avez un GWB faible, un GWB, le chiffre correspond à un rejet en tonnes équivalentes CO2. Imaginez-vous que, je dis n'importe quoi encore une fois, que prochainement, l'État dise, ben voilà, on est à 10%. 10 euros de tonnes équivalentes CO2. Ben, 10 euros, ça veut dire que sur le prix du fluide, vous allez, quand vous avez un GWB de 1, vous allez payer 10 en plus. D'accord ? 10 en plus sur l'unité, sur le kilo. Si vous avez un fluide qui est un GWB de 150 ou de 100, ce n'est plus 10 que vous allez payer. Ça va être, ça va être donc 100 fois plus, 100 fois 10, c'est-à-dire 1000.

A : D'accord.

E : Donc, il y a une incidence financière, c'est-à-dire que dans les années à venir, c'est ce qui risque de nous pendre au nez, les utilisateurs auront tout intérêt à utiliser des fluides avec un GWB le plus petit possible. Sinon, ils seront forcés, ils vont payer quelque part une taxe carbone tous les ans, chaque fois qu'ils seront obligés de faire des apports sur la restauration. Donc, ça, ça, en tant que conseil, il ne faut pas, il ne faut pas se voiler la face. Il faut expliquer aux clients, c'est s'expliquer.

A : Oui, parce que c'est forcément quelque chose qui va rentrer dans l'impératif du budget sur le long terme.

E : Bien sûr.

A : Allô ?

E : Allô ?

A : Oui, je disais que c'est, oui, c'est quelque chose qui va être dans le budget. Ça va être quelque chose à prendre en compte sur le long terme.

E : Après, si vous voulez, quel que soit l'exploitant, il va faire des travaux, il a un budget d'investissement. D'accord, qu'il y ait X millions d'euros pour mener à bien son projet. Tous les ans, il a un budget fonctionnement. Je fais le parallèle avec une chaudière. Au jour d'aujourd'hui, on sait très bien que les chaudières fioul dans les habitations. Déjà, ça va être interdit. Mais ceux qui en ont, ils ne vont pas les changer comme ça. Par contre, le prix du fioul, vous avez dû voir comme moi, qu'à la pompe, il augmente. C'est le même principe, c'est mécanique. Il va se passer la même chose. C'est de l'énergie. À l'heure actuelle, une installation frigorifique, c'est de l'énergie que l'on consomme. C'est-à-dire qu'à un moment, tout le monde a intérêt à avoir une installation qui soit la plus performante et qui soit la plus efficace possible.

A : Oui, c'est sûr. Du coup, à l'heure actuelle, c'est quel type de fluide frigorigène vous implantez le plus ?

E : Majoritairement sur des installations de moyenne puissance, on fait des installations avec du CO2.

A : D'accord.

E : Même sur des puissances, même sur des petites puissances. Maintenant, il existe, même pour les petites puissances, avant, ça commençait sur des installations de moyenne importance et de grosses capacités. Tout dépend de domaine, encore une fois. Quand vous parlez de la logistique, un entrepôt ne se fera pas forcément avec du CO2, il se fera avec une machine, par exemple, à l'ammoniaque, qui est placée à l'extérieur, qui reproduira de l'eau, et vous serez en eau glycolée sur vos postes, parce que vous avez des grosses inerties, des gros volumes. Dans le cadre d'une cuisine. Vous n'avez pas de grosses puissances, mais vous avez une multitude de petits postes, et une solution glycolée, par exemple, apporte à des contraintes techniques,

c'est-à-dire que, ne serait-ce que les réseaux, ils n'ont pas du tout la même taille et le même froid. Vous voyez ce que je veux dire ? C'est des technologies différentes. Majoritairement, à l'heure actuelle, sur des installations de taille moyenne, petites ou moyennes, maintenant, beaucoup, beaucoup, beaucoup de dossiers sortent avec des machines CO2.

A : D'accord.

E : Il y a un autre intérêt. Les machines CO2, dans la technique, c'est des machines où vous travaillez avec des pressions de service beaucoup plus élevées à l'intérieur. Ça veut dire que, physiquement, les compresseurs à puissance égale sont beaucoup plus petits. Ça veut dire que s'ils sont plus petits sur le plan énergétique, sur le plan électrique, ils consomment moins.

A : D'accord.

E : Donc, il y a un intérêt. Je peux vous faire un parallèle. On fait beaucoup de supermarchés. Vous alliez faire vos courses dans des magasins il y a 5 ans, 7 ans. Vous rentriez dans vos magasins, toutes les vitrines étaient ouvertes, il faisait froid dans les allées, et vous aviez des machines au 404 qui ronronnaient dans les salles des machines. C'était des gros compresseurs. Là, à l'heure actuelle, sur des tailles de magasins, le client qui décide de changer ses vitrines et de technologie, passé avec du CO2, ça, nous, ici, on a pu vérifier. En mettant des portes sur les vitrines, par exemple, et en passant sur une machine CO2, on est à l'aise à moins de 30%. Donc, à l'heure actuelle, le coût de l'énergie fait qu'il faut se pencher sur des solutions qui soient économiquement viables. Le CO2 offre de bons résultats. Je n'ai pas dit que c'était la solution idéale, parce qu'il y a des contraintes aussi, mais c'est une des solutions. Après, c'est un choix d'entreprise, c'est un choix aussi. Il faut avoir des techniciens qui connaissent la technologie. Même si la technologie en elle-même est assez vieille, c'est quelque chose qui est apparu sur le marché récemment. Les premières installations de CO2 qu'on a pu réaliser, nous, c'est en 2010, alors que ça existait dans d'autres domaines avant. Mais ça s'est démocratisé à partir de 2010. Et les premières

installations de transcritique, c'est-à-dire tout le CO2, on va dire que c'est 2015. Donc, c'est pas très très vieux, non plus.

A : Oui, c'est vrai que c'est... Ouais, ça va faire 10 ans.

E : Il y a une petite dizaine d'années, mais il y a plein de choses qui ont contribué à ça. Ce qui a contribué à cet essor, c'est d'une part la réglementation de F-gaz, qui a fait que... Et la deuxième chose, c'est le coût de l'énergie, qui a fait que le prix aussi.

A : D'accord, oui. Et du coup, pour vous, c'est quoi les inconvénients du CO2 ?

E : Avantages : Faible coût énergétique, meilleur rendement électrique, meilleur abaissement des consommations électriques. Inconvénients : on travaille avec des pressions élevées donc plus de contraintes mécaniques sur les équipements. Et ça nécessite une manœuvre qualifiée. Voilà. Par contre, les règles, si elles sont respectées, comme on fait dans les installations, ça marche comme 10 ans, maintenant.

A : D'accord.

E : En termes de SAV, je vous dis, j'ai suffisamment de recul là-dessus. Les installations un petit peu vieilles, les frigorifiques, les installations étaient en caravre, quoi, avec les conditions. Donc, l'installation de CO2, maintenant, même si c'est très chaud dehors, il n'y a aucun souci. Aucun souci.

A : D'accord.

E : Donc, avantages, coût énergétique plus faible. Inconvénients, nécessite une manœuvre qualifiée et on travaille avec des pressions élevées. Voilà.

A : D'accord.

E : Après, dangereux, c'est pas plus dangereux que le reste.

A : Oui.

E : En termes de réglementation, il faut savoir, quand je vous ai parlé de l'ammoniaque, l'ammoniaque est un truc naturel aussi. Il y a des CWP très bas. Par contre, en termes de réglementation, tous les bâtiments classés en ERP, donc vous avez du public et des gens qui travaillent, vous ne pouvez pas avoir des circuits en ammoniaque en détente directe dans les locaux. L'ammoniaque, c'est mortel.

A : Oui. D'accord. Et ça demande du coup un personnel qualifié ? Parce que la structure de l'installation frigorifique est différente ?

E : Oui. Elle est différente. Non, elle est la même, mais ça nécessite une mise en œuvre beaucoup plus soignée.

A : D'accord. Et donc, pour vous, le CO<sub>2</sub>, ça reste une bonne solution pour...

E : Pour l'instant, oui. D'accord. Pour l'instant, oui, parce que ça reste un fluide naturel, pas cher. Contrairement à tous les fluides, tous les autres fluides, HFC y compris, sont issus de produits pétroliers. Cet extrait, la molécule de base, c'est le méthane, CH<sub>4</sub>. Comme c'est des produits pétroliers qui sont faits par les chimistes, il y a des brevets. Il faut juste savoir que les brevets... Oui. Il faut juste savoir que les brevets sont déposés. Et tant que les brevets sont déposés, ceux qui veulent faire sont obligés de payer. Donc là, il y a une spéculation qui a existé ces dernières années, qui a fait, par exemple, cette spéculation que le prix du fluide frigorigène au kilo était devenu, mais c'était de l'or. Pour vous donner une idée, les installations au 404, le 404 s'est vendu entre 120 et 150 euros du kilo.

A : Oui.

E : C'est carrément prohibitif. Donc, là, demain, les fluides qui sont mis sur le marché, c'est au bon vouloir des gens qui les ont mis. Il faut savoir que dans le monde, il y a à

peu près quatre entreprises qui les fabriquent. J'aime autant vous dire qu'ils savent se protéger entre eux.

A : Oui.

E : Donc, si vous voulez, pour moi, ce type d'installation, avec ce qui s'est passé depuis 25 ans, je dirais que les utilisateurs ont compris, ils ont compris qu'ils étaient des vaches à lait. Au niveau des véhicules, on nous incite à l'heure actuelle à rouler en tout électrique. Les anciens véhicules thermiques avec les moteurs essence et diesel vont être bientôt prohibés. Quand vous voyez le prix du baril brut, ça coûte une fortune. Ça coûte très cher. Les raffineries prennent de l'argent, l'État prend de l'argent. Ça devient prohibitif. Tout le monde essaie de trouver des solutions alternatives pour que ça coûte moins cher. Il se passe exactement la même chose sur les installations climatiques. Soit vous mettez dans le carcan des fluides issus de produits pétroliers, et donc vous êtes dans l'univers des chimistes, et là, vous êtes à la merci de leur bon vouloir. Soit vous essayez de trouver des énergies et des fluides alternatifs qui ont un coût de revient plus faible. C'est tout.

A : D'accord. Oui, donc aujourd'hui, les technologies les plus... Les plus prometteuses, ce serait le CO<sub>2</sub> et puis l'ammoniaque.

E : L'ammoniaque aussi, sur les grosses puissances. Sur la grosse puissance et de la logistique de l'entrepôt et des choses comme ça, l'ammoniaque, c'est une très bonne solution. Le prix coûterait, l'ammoniaque. Il y a juste une contrainte, là, c'est réglementaire au niveau de la sécurité. C'est que vous ne pouvez pas l'employer par an. Vous regardez maintenant tous les petits frigos ménagers, des trucs comme ça, ils sont faits, ils tournent avec de l'isobutane.

A : D'accord.

E : Vous regardez sur les trucs, l'isobutane, le R290 et le R600A, ça a des GWP très faibles. Par contre, ça a une gros inconvénient, c'est inflammable. Donc, en termes de

réglementation, à partir du moment où vous avez X kilos dans un volume de, vous n'avez pas forcément le droit d'utiliser. C'est un fluide, pourtant, qui a un GWP très faible. Après, je vous dis, il y a deux solutions techniques. Après, l'ammoniaque 3, il y a l'ammoniaque. Et ça, ça... Il ne peut pas être utilisé en fluide direct dans une installation où il y a du public. Après sinon, une installation ammoniaque eau glycolée. Donc, l'ammoniaque refroidit l'eau et l'eau. L'ammoniaque est dehors dans une machine et l'eau circule dans tous les échangeurs. Ça, ça peut. Mais ça a un coût énergétique plus élevé que le CO<sub>2</sub>. Au jour d'aujourd'hui, le CO<sub>2</sub>, c'est un des meilleurs rendements frigorifiques électriques.

A : D'accord.

A : Mais bon, on est en 2024. Ce qui se passera en 2030, peut-être que les chers ingénieurs de tous côtés vont m'ouvrir là-dessus. Ça va peut-être bouger, on ne le sait pas. Il n'y a rien de figé.

A : Oui, c'est vrai que... Oui, puis c'est vrai que là, les réglementations, ça s'actualise pratiquement tous les ans par rapport à ça, de ce que j'ai regardé.

E : Il y a des calendriers, les calendriers a des arrêts de production de tel ou tel type de fluide et des préconisations pour remplacer par tel ou tel type de fluide avec leurs avantages et les inconvénients. Mais en toute, c'était à cause des utilisateurs eux-mêmes, à l'heure actuelle, en ont un petit peu marre de servir de vache à lait parce qu'ils en ont marre de beaucoup payé. Donc, ils cherchent à installer des installations qui soient à la fois économiques et énergétiques et qui puissent être pérennes donc une quinzaine d'années.

A : Oui, d'accord. Maintenant, j'aimerais du coup en savoir un peu plus sur l'eau glycolée. On avait vu ça dans l'installation frigorifique de la cuisine centrale de Blagnac. Et je voulais savoir un petit peu, donc, à quoi ça... comment ça fonctionne.

E : Pareil. L'eau glycolée, imaginez-vous qu'une installation à détente directe, ce qu'on appelle à détente directe, vous avez, je reviens toujours à mon évaporateur, il faudrait vraiment qu'on arrive à ce rencontrer. Vous avez un évaporateur qui est dans une pièce, deux tubes qui s'en vont, qui vont sur un groupe à l'extérieur. Quand vous êtes en détente directe, ça peut être du 448 qui passe dedans, c'est un gaz, un HFC. Ça peut être du CO<sub>2</sub>. Si c'est de l'eau glacée qui passe dedans, il y a quelque chose en plus. C'est-à-dire que votre groupe qui est dehors, lui, il marche avec un gaz. Ça peut être de R 290. Ça peut être n'importe quoi comme gaz, mais il est dehors. Il refroidit de l'eau. Et c'est cette eau qui passe dans votre batterie qui est dans votre pièce. C'est-à-dire que vous avez un fluide intermédiaire par rapport à une installation à détente directe.

A : D'accord.

E : Mais le principe de fonctionnement est le même. Physiquement, quand vous regardez, vous aurez un évaporateur dans votre pièce. Les tubes, au lieu d'être plus petits, ils seront plus gros. Et au lieu que ce soit du CO<sub>2</sub> ou n'importe quoi qui se passe dedans, ça sera de l'eau. Mais cette eau, elle est refroidie par une machine qui est dehors.

A : D'accord.

E : Et avec un fluide frigorigène aussi. L'eau glycolée, mettez-vous dans la tête que c'est un fluide caloporteur. C'est-à-dire que votre eau, elle piège vos calories à l'intérieur de votre pièce. Elle les ramène sur la machine et cette machine refroidit cette eau. C'est des circuits fermés.

A : D'accord.

E : Donc en fait, c'est... Sur le plan énergétique, c'est moins... C'est plus pratique. C'est plus pratique. Donc à partir d'une certaine puissance, il est judicieux des fois de faire des installations en eau glycolée. Parce que ça permet après... Enfin, je vous

parle... Là, c'est trop compliqué de vous expliquer comme ça. Mais à partir d'une certaine puissance, ça devient économiquement rentable de faire des installations en eau glycolée. Sur de la petite puissance, ça vous coûtera 15 à 20 % plus cher. Pour obtenir le même résultat. Mais le principe de fonctionnement est le même. Sauf que c'est pas un fluide qui traverse la batterie, c'est de l'eau. Et cette eau, il faut la refroidir malgré tout avec un groupe qui est à l'extérieur.

A : D'accord. Et l'eau glycolée, ça peut être... Du coup, ça peut être installé avec n'importe quel fluide frigorigène en complément ?

E : Oui. Au niveau de la production, oui.

A : D'accord. Ok. Donc c'est pas considéré par contre comme un fluide frigorigène. C'est vraiment un fluide caloporteur qui vient être en... Qui vient travailler en équipe avec un fluide frigorigène à côté.

E : Exactement. D'accord. C'est exactement ça. On va dire qu'il y a deux circuits et deux étages. Il y a celui que vous voyez à l'intérieur du bâtiment. Oui, ça sera un fluide frigorigène directement. Ça sera de l'eau. Glycolée, pour ne pas geler. Il circule sur un groupe qui est installé à l'extérieur. Et dans ce groupe-là, vous aurez ce qui s'appelle un échangeur. D'un côté, vous aurez un fluide frigorigène tartampion qui refroidira cette eau. C'est tout.

A : D'accord. Ok.

E : Je ne sais pas si... C'est pas facile par téléphone, mais... Je ne sais pas si vous voyez un petit peu... Si on arrive à se voir, je vais essayer de vous faire voir différentes installations où je veux le dixième qu'il faut mieux.

A : D'accord. Déjà, le fait de pouvoir poser toutes ces questions, ça quand même permet d'éclaircir pas mal de points. Surtout, notamment sur l'eau glycolée, que je n'avais pas vraiment saisi le mécanisme. Donc, non, franchement, déjà, ça m'a permis

de comprendre plus de choses. Et c'est vrai que moi, si c'est possible... J'aimerais bien pouvoir visiter des groupes froids, si c'est possible.

E : Si vous voulez me faire plaisir, installation frigorifique.

A : Ah oui, installation frigorifique. Je vais... Ça va rentrer. Il faut juste que je prenne le réflexe de...

E : Le groupe froid, ça me fait penser à un bloc qu'on pose quelque part. C'est pas ça. Chaque installation est définie en fonction de besoin.

A : Oui.

E : Je parle sur des puissances de moyenne importance. Mais ce que vous allez voir avec Cédric Guier, ça va être... C'est le cas. Il aura des dossiers de cuisine. C'est pas un produit paquet. C'est pas un produit paquet qu'on installe. Je mets un frigo dans une pièce et ça fait du froid. Non, pas comme ça.

A : Non, puis c'est vrai qu'en plus, ce que vous me dites, ça correspond vraiment à ce que j'ai pu regarder. C'est vrai que ça a plus de sens de dire installation frigorifique que groupe froid. C'est vrai que le groupe froid, ça nous renvoie vraiment à...

E : Le groupe frigorifique, c'est pas... C'est un composant. Une installation frigorifique, elle englobe la production de froid, le froid extérieur, une centrale frigorifique, un groupe indépendant, ce que vous voulez, un échangeur, des réseaux de tuyauterie, de la régulation. Une installation frigorifique, ça englobe tout ça. Oui, c'est un ensemble... C'est un ensemble. Quand vous construisez une installation, il y a des contraintes techniques à prendre en compte. Ça peut être la structure du bâtiment, l'environnement, les voisinages, il y a plein de choses à voir.

A : D'accord. Alors, moi, là, pour mes questions que j'avais, je pense que j'ai fait à peu près le tour, en tout cas de celles que j'avais en tête pour aujourd'hui.

E : N'hésitez pas. Je vous dis, moi, je vous encourage vivement si c'est possible. Par contre... Bon, j'ai un emploi du temps qui est un peu compliqué. Si vous le souhaitez, je vous le propose. C'est trois heures de train, on va dire, si vous faites un train. Ça s'organise. Je vous fais voir différentes installations. On passe un petit moment au bureau. Je vous explique sur le papier, voilà comment c'est fait. On va voir. Et je vous le remontre sur le papier. Vous verrez, vous aurez une vision des choses.

A : D'accord. Oui, moi, je serais bien preneuse.



## Table des figures

Figure 1 : ABC Clim, 2000, <a href="https://www.abcclim.net/le-circuit-frigorifique.html">https://www.abcclim.net/le-circuit-frigorifique.html</a>	17
Figure 2 : ABC Clim, 2000, <a href="https://www.abcclim.net/absorption.html">https://www.abcclim.net/absorption.html</a>	21
Figure 3 : La théorie du comportement planifié (Ajzen, 1991)	40
Figure 4 : Théorie d'acceptabilité des nouvelles technologies (Davis, 1989)	49



# Table des matières

Épigraphe _____	5
Remerciements _____	6
Avant-propos _____	7
Introduction générale _____	9
Partie 1 : Installations frigorifiques _____	11
Chapitre 1 : Qu'est-ce qu'une installation frigorifique ?	13
1. Définition et mise en place	13
1.1 Définition _____	13
1.2 Mise en place d'une installation frigorifique _____	14
2. Groupes frigorifiques électriques	15
2.1 Groupes frigorifiques à compression mécanique _____	16
2.2 Les groupes frigorifiques thermoélectriques / à effet Peltier _____	18
3. Groupes frigorifiques thermiques	19
3.1 Les groupes frigorifiques à absorption _____	19
3.2 Les groupes frigorifiques à adsorption _____	22
3.3 Les groupes thermochimiques _____	22
Conclusion	23
Chapitre 2 : Les technologies existantes	25
1. Fluides frigorigènes	25
2. CO <sub>2</sub>	26
3. Eau glycolée	27
Conclusion	28
Chapitre 3 : Durabilité environnementale et réglementations	29
1. Responsabilité sociale des entreprises	29
2. Accords nationaux	30
2.1 Protocole de Montréal _____	32

2.2 Convention-cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques _____	32
2.3 Protocole de Kyoto _____	32
2.4 Accord de Paris _____	33
3. Règlements européens	34
Conclusion	36
Partie 2 : Les fondements de la prise de décision _____	37
Chapitre 1 : Cadrage théorique	39
1. Théorie du comportement planifié	39
2. Le sense-making	44
3. La théorie d'acceptabilité des nouvelles technologies	47
Conclusion	54
Chapitre 2 : Hypothèses	55
1. Hypothèse 1	55
2. Hypothèse 2	57
3. Hypothèse 3	60
4. Hypothèse 4	62
Conclusion	63
Partie 3 : Méthodologie et terrain d'exploration hypothétiques _____	65
Chapitre 1 : Méthodologie hypothétique	67
1. Approche qualitative	67
1.1 Collecte de données _____	68
1.2 Analyse des données _____	70
1.3 Interprétation des résultats _____	71
1.4 Discussion et implications _____	72
2. Observations	72
Conclusion	74
Chapitre 2 : Terrain d'exploration	75
1. Contexte de l'étude	75

2. Description du terrain	76
3. Les participants	77
4. Période et durée de l'étude	77
Conclusion	77
Conclusion générale _____	79
Bibliographie _____	81
Table des annexes _____	87
Table des figures _____	119
Table des matières _____	121
Résumé _____	124
Abstract _____	124

## Résumé

Ce mémoire de première année de master explore l'impact des perceptions des fluides frigorigènes sur la prise de décision des maîtrises d'œuvre dans leur rôle de conseil, particulièrement dans le contexte de la transition vers des technologies durables. Cette recherche vise à comprendre comment ces perceptions influencent les choix technologiques dans l'industrie frigorifique dans le secteur des grandes cuisines. Une approche qualitative hypothétique prévoyant des entretiens et des observations permettrait d'analyser la complexité des facteurs réglementaires, technologiques, et sociétaux qui guident ces décisions. Trois parties structurent le mémoire : la première traite des technologies existantes et leur impact environnemental, la deuxième, des fondements de la prise de décision et la troisième, de la méthodologie et du terrain d'exploration. Cette étude vise à éclaircir les dynamiques derrière la sélection des fluides frigorigènes, soulignant l'importance de la compréhension des perceptions pour orienter les conseils donnés dans le secteur frigorifique.

Mots clés : Ingénierie - fluides frigorigènes - développement durable - réglementations - maîtrise d'oeuvre

## Abstract

This thesis explores the impact of refrigerant fluid perceptions on project management decision-making in their advisory role, particularly in the context of transitioning towards sustainable technologies. It tries to understand how these perceptions influence technological choices in the refrigeration industry. The research utilizes an hypothetic qualitative approach, planning interviews and observations to analyze the complexity of regulatory, technological, and societal factors that guide these decisions. The thesis is structured into three parts: the first deals with existing technologies and their environmental impact, the second with the foundations of decision-making and the third with methodology and exploratory fieldwork. The thesis aims to clarify the dynamics behind the selection of refrigerant fluids, highlighting the importance of understanding perceptions to guide advice given in the refrigeration sector.

Keywords : Engineering - professional kitchen - refrigerant fluids - sustainability - regulations

