

LA CLIMATISATION DE CONFORT DANS LES BATIMENTS RESIDENTIELS ET TERTIAIRES

**Avril
2020**

ETAT DES LIEUX 2020

RAPPORT FINAL



FAITS & CHIFFRES

REMERCIEMENTS

*Nous souhaitons remercier **Madame Céline Laruelle**, qui a piloté la réalisation de cette étude.*

Nos remerciements vont également aux personnes ayant contribué à la réalisation de cette mission, et notamment :

Albane Gaspard, ADEME

Fabien PICGIRARD et Mariana MARTEL, animateurs SARE Outre-mer pour leurs contributions sur les DOM

Nicolas ANDREAU, Enertech pour son travail sur la vérification du modèle

Nos remerciements vont également aux personnes ayant relu tout ou partie des livrables réalisés :

Gilles AMOZ, directeur

Florence CLEMENT

Maryline VIALLES

Nous remercions également toutes les personnes, dont la liste figure en annexe de ce rapport, ayant accepté de nous accorder des entretiens ayant contribué à la réalisation de cette étude,

CITATION DE CE RAPPORT

CODA Stratégies, 2021, La climatisation de confort dans le bâtiment. 110 pages.

Cet ouvrage est disponible en ligne <https://librairie.ademe.fr/>

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'oeuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME
ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 2020MA000156

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par : Jean Claude Migette et Silviya Yordanova

Coordination technique - ADEME : LARUELLE Céline - Ingénieur

Direction/Service : Service Bâtiment

SOMMAIRE

RÉSUMÉ.....	7
ABSTRACT	8
1. CONTEXTE DU PROJET	9
1.1. Le développement de la climatisation : une tendance inéluctable ?	9
1.2. Des impacts environnementaux significatifs	10
2. MÉTHODOLOGIE	14
2.1. La recherche documentaire	14
2.2. Un programme d'entretiens avec des experts et professionnels du secteur.....	15
2.3. Une enquête auprès de 1200 ménages (800 + 400).....	15
2.4. La modélisation des consommations énergétiques et des émissions de GES	17
2.4.1. La modélisation des consommations énergétique.....	17
2.4.2. La méthode d'estimations des émissions de GES liées aux fluides frigorigènes.....	18
3. UN ETAT DES LIEUX DE LA CLIMATISATION DANS LES SECTEURS RESIDENTIEL ET TERTIAIRE	20
3.1. La situation dans le secteur résidentiel	20
3.1.1. Type de logements et équipements pris en compte.....	20
3.1.2. Les marchés de la climatisation : un dynamisme soutenu et une accélération récente 21	
3.1.2.1. Les données compilées par UNICLIMA	22
3.1.2.2. Le marché de la climatisation mobile	23
3.1.3. Diffusion et usages de la climatisation : les enseignements de l'enquête réalisée auprès des ménages	25
3.1.3.1. Présentation de l'enquête réalisée.....	25
3.1.3.2. Le taux de pénétration des équipements de climatisation et ses déterminants	26
3.1.3.3. Les projets d'équipement.....	29
3.1.3.4. Processus d'équipement et comportement d'achat	30
3.1.3.5. Les usages.....	36
3.1.3.6. Des résultats cohérents avec certains travaux récents.....	38
3.1.4. Eléments sur la demande en climatisation résidentielle dans les DOM	39
3.1.4.1. Le taux de climatisation dans les DOM	39
3.1.4.2. Les usages : le cas de La Réunion.....	40
3.2. La situation dans le secteur tertiaire	41
3.2.1. Le marché des équipements de climatisation.....	41
3.2.2. La diffusion de la climatisation dans les segments tertiaires	42
3.2.2.1. Problématique et méthode d'évaluation de la situation dans le secteur tertiaire 42	
3.2.2.2. Le segment des bureaux	43
3.2.2.3. Le segment des commerces.....	45
3.2.2.4. Le segment de la santé.....	47
3.2.2.5. Le segment des cafés, hôtels restaurant	48
3.2.2.6. Les autres segments du tertiaire	49
3.2.2.7. Le développement de la climatisation dans le secteur tertiaire : Synthèse	50
3.2.2.8. La situation spécifique des DOM.....	51

4. CONSOMMATION ENERGETIQUE ET EMISSIONS DE GES DE LA CLIMATISATION DE CONFORT DANS LE BATIMENT : QUEL BILAN EN 2020 ?	53
4.1. Les consommations énergétiques des systèmes et leur impact	53
4.1.1. La méthode d'évaluation des consommations	53
4.1.1.1. La structure et la logique de construction du modèle	53
4.1.2. L'évaluation des consommations dans le secteur résidentiel	61
4.1.2.1. L'évaluation des surfaces climatisées	61
4.1.2.2. Les consommations d'énergie associées à la climatisation résidentielle	62
4.1.3. Les consommations du secteur tertiaire	63
4.1.3.1. Présentation générale des consommations du secteur tertiaire	64
4.1.3.2. Le secteur des bureaux	66
4.1.3.3. Le secteur du commerce	69
4.1.3.4. Le secteur de la santé	71
4.1.3.5. Le secteur Cafés, Hôtels Restaurant (CAHORE)	73
4.1.3.6. La consommation énergétique associées à la climatisation dans les autres secteurs tertiaires	75
4.2. Les émissions de GES associées à l'utilisation des fluides frigorigènes	75
4.2.1. Le contexte réglementaire	76
4.2.2. La méthode d'estimation des émissions de GES liées aux fluides frigorigènes	78
4.2.2.1. Présentation Générale de la méthode d'évaluation	78
4.2.2.2. L'évaluation des stocks de gaz frigorigènes	78
4.2.2.3. Les émissions lors de la fabrication et de la mise en service des équipements	79
4.2.2.4. Les émissions en cours de vie des équipements	80
4.2.2.5. Les émissions en fin de vie des équipements	81
4.2.2.6. L'évaluation des émissions en tonnes équivalent CO ₂	81
4.2.3. Les émissions de GES associées aux fluides frigorigènes : bilan 2020	82
4.2.3.1. Le stock de gaz intégrés aux équipements de climatisation	82
4.2.3.2. Les émissions de gaz frigorigènes	83
4.2.3.3. L'impact de la climatisation sur le réchauffement climatique : les émissions en tonnes équivalent CO ₂	87
5. CONCLUSION / PERSPECTIVES	91
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	93
INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES	97
SIGLES ET ACRONYMES	101
ANNEXE 1: LISTE DES ORGANISMES ET PERSONNES INTERVIEWES	102

RÉSUMÉ

Les marchés de la climatisation ont connu au cours des dernières années une croissance soutenue qui a conduit à une progression constante des taux d'équipement. Pour les ménages, l'enquête réalisée à l'été 2020 a constaté un taux d'équipement de 25%. Dans le secteur tertiaire, toutes activités confondues, la proportion de surfaces climatisées est évaluée à 40 %, avec de fortes variations entre les différents secteurs.

Cet essor de la climatisation s'accompagne de la montée de la problématique de son impact environnemental. En effet, Les équipements de climatisation agissent sur le climat principalement travers les consommations énergétiques des systèmes, et via les émissions de GES des fluides frigorigènes chargés dans les équipements.

Pour le secteur résidentiel, les consommations d'énergie de la climatisation sont évaluées à environ 5 TWh en 2020. Pour le secteur tertiaire elles ont été estimées à près de 11 TWh. Le cumul de ces consommations énergétiques génère, via la production énergétique nécessaire, des émissions de CO₂ évaluées à 0,9 millions de tonnes annuelles en 2020.

Les fluides frigorigènes, principalement en raison des fuites des systèmes et de leur récupération partielle en fin de vie des équipements, génèrent l'équivalent de 3,5 Millions de tonnes de CO₂ annuellement.

Ce sont donc finalement environ l'équivalent de 4,4 Millions de tonnes de CO₂ qui sont émises annuellement par la climatisation en France.

Les évolutions technologiques permettent d'envisager une amélioration du bilan environnemental des équipements et systèmes de climatisation. Mais la prise de conscience des utilisateurs, les conduisant à privilégier un usage raisonné des systèmes, constitue indéniablement une priorité pour les prochaines années. Augmenter la température d'ambiance dans un local climatisé, limiter l'usage de la climatisation aux périodes de fortes chaleurs et adopter les « bons gestes » conduisent immédiatement à des réductions très importantes des consommations énergétiques associées à ces systèmes.

ABSTRACT

The air conditioning markets have experienced sustained growth in recent years which has led to a steady rise in equipment rates. For households, the survey carried out in summer 2020 found an equipment rate of 25%. In the tertiary sector, all activities combined, the proportion of air-conditioned areas is estimated at 40%, with strong variations between the different sectors.

This rise in air conditioning is accompanied by the rise in the issue of its environmental impact. Air conditioning equipment acts on the climate mainly through the energy consumption of the systems, and via the GHG emissions of the refrigerants charged in the equipment.

For the residential sector, air conditioning energy consumption is estimated at around 5 TWh in 2020; for the tertiary sector, it was estimated at nearly 11 TWh. The accumulation of these energy consumption generates, via the necessary energy production, CO₂ emissions estimated at 0.9 million tonnes per year in 2020.

Refrigerants, mainly due to system leaks and their partial recovery at the end of equipment life, generate the equivalent of 3.5 million tonnes of CO₂ annually.

Overall emissions of air conditioning systems therefore amount to approximately the equivalent of 4.4 million tonnes of CO₂ annually in France.

Technological developments make it possible to envision an improvement in the environmental performance of air conditioning equipment and systems. But user awareness, leading them to favour reasoned use of systems, is undeniably a priority for the coming years. Increasing the ambient temperature in an air-conditioned room, limiting the use of air conditioning during periods of high heat and adopting the good practices immediately lead to very significant reductions in energy consumption associated with these systems.

1. Contexte du projet

Le réchauffement climatique est désormais très largement admis, notamment parce qu'il se traduit par des vagues de chaleur de fréquence, de durée et d'amplitude croissantes. Les acteurs économiques, ménages et entreprises, ont intégré cette nouvelle réalité et y adaptent leurs comportements et leur stratégie d'équipement.

Parmi les stratégies déployées, la mise en place de systèmes de climatisation est souvent privilégiée. Du point de vue de l'utilisateur ces systèmes ont l'avantage de garantir un résultat en termes de maintien d'une température de consigne, de s'adapter aux modes constructifs actuels et, en raison de la modicité relative des coûts de l'énergie, notamment en France, de ne pas occasionner des dépenses d'exploitation trop importantes.

Mais si ces systèmes apparaissent pour les utilisateurs une réponse à l'évolution des conditions climatiques, ils en sont également un facteur en raison des émissions de gaz à effet de serre générées, des consommations énergétiques associées et des phénomènes de réchauffement local direct dans les zones à forte densité de système.

La présente étude a pour objectif de décrire le plus précisément possible le développement actuel des systèmes de climatisation et d'en apprécier les effets directs et indirects sur l'environnement et le climat.

1.1. Le développement de la climatisation : une tendance inéluctable ?

Les marchés de la climatisation connaissent des évolutions heurtées en raison de l'impact des conditions climatiques sur les comportements d'équipements. Ceci vaut surtout pour le secteur résidentiel (et notamment pour les climatiseurs mobiles) alors que les marchés d'équipements du secteur tertiaire sont surtout impactés par la conjoncture dans le bâtiment et par les transferts entre technologies. Si l'on observe l'historique des marchés on peut ainsi noter par exemple qu'à la suite de la canicule de 2003, les climatiseurs fixes résidentiels avaient vu leurs ventes progresser et approcher les 500 mille unités pour ensuite redescendre à 300 mille unités. Après une période de relative stabilité, la multiplication des épisodes caniculaires a conduit à une progression constante de la climatisation résidentielle. Alors que les ventes de systèmes fixes résidentiels s'étaient stabilisées autour de 350 000 unités annuelles, elles ont constamment progressé depuis 2014-2015 et ont dépassé pour la première fois les 800 000 unités.¹

Cette croissance du marché conduit à une progression constante des taux d'équipement, tant dans le secteur tertiaire que pour le logement. C'est dans ce second secteur que l'évolution apparaît toutefois la plus spectaculaire. Ainsi, alors que le taux de climatisation des ménages était évalué en 2016/2017 à 11% par l'INSEE et à 14% par une enquête réalisée par la R&D d'EDF², la même enquête réalisée par EDF à fin 2019 faisait ressortir un taux d'équipement de 22%. Pour sa part l'enquête réalisée à l'été 2020 par CODA Stratégies pour la présente étude, a fait ressortir un taux d'équipement de 26% cohérent avec les données récoltées par EDF environ un an avant.

Ces taux moyens cachent évidemment de fortes disparités selon les régions et, pour le tertiaire, selon les sous-secteurs d'activité. Même au sein d'un même secteur les disparités peuvent être importantes : hôtels luxe vs. hôtels courants, grandes surfaces alimentaires vs. commerces spécialisés, etc.

Par ailleurs les technologies utilisées diffèrent grandement selon l'activité utilisatrice. Dans le secteur tertiaire des technologies spécifiques sont disponibles pour certaines activités (par exemple les « Roof Tops » pour le secteur commercial et la logistique. Les activités de bureaux situées au cœur de zones d'activité de grandes métropoles recourent de manière significative à des réseaux froids collectif (l'exemple le plus typique étant constitué par les réseaux froids de Paris ou de La Défense). Pour le petit tertiaire en revanche, les solutions de type VRV-DRV s'imposent de manière dominante. Pour ce qui concerne le logement, le poids des climatiseurs mobiles (évalué par l'enquête réalisée par CODA Stratégies à plus de 40% du parc d'équipements climatisés vaut d'être noté dans la mesure où ces équipements apparaissent particulièrement énergivores.

¹ D'après les données du syndicat professionnel Uniclimate. Ces statistiques sont présentées de manière plus détaillée au paragraphe 3.1.2

² Enquête budget des ménages 2017- INSEE. « La climatisation des logements résidentiels : laisser faire ou encadrer intelligemment ? » - EDF R&D 2020

Dans le tertiaire, les décideurs techniques cherchent à réduire les consommations énergétiques associées à la climatisation, qui dépassent désormais largement celles générées par le chauffage. Par ailleurs, les différentes réglementations thermiques imposent des limites au recours à la climatisation et incitent les prescripteurs et les décideurs à chercher des solutions alternatives : conception bioclimatique privilégiant le confort d'été reposant sur le développement d'occultations solaires, le recours au rafraîchissement nocturne, etc.

Cependant, les responsables immobiliers considèrent dans leur grande majorité que s'ils peuvent limiter le recours à la climatisation, ils ne sont pas en mesure de se passer de ces systèmes. Dans le tertiaire de bureau par exemple, la densification des surfaces (alors que l'on tablait sur un ratio de 20m² par salariés il y a 15 ans ce ratio est désormais de 11 m²), la multiplication des équipements sources de chaleur (PC, écran, serveurs...) les faibles déperditions thermiques, conduisent à accroître les apports internes et le besoin de rafraîchissement. Selon les responsables interviewés par CODA Stratégies, les bureaux doivent désormais être rafraîchis dès lors que la température extérieure dépasse 10 à 12°.

Si des alternatives à la climatisation existent (conception bioclimatique, rafraîchissement et surventilation nocturne, mise en place de protection solaire, etc.) les entretiens réalisés dans le cadre de cette étude et d'autres travaux menés antérieurement démontrent que les responsables techniques des locaux tertiaires n'envisagent pas dans leur grande majorité de se priver du recours à la climatisation à court terme.

L'éco conception :		
	Permet de réduire le recours à la climatisation : 70 - 80%	Se substitue à la climatisation : 20 - 30%
Pourquoi ?	✓ Croissance des apports internes ✓ Densification des espaces de travail ✓ Productivité des collaborateurs en période chaude ✓ Périodes de canicule de plus en plus fréquentes	✓ Performance du bâti ✓ Solutions alternatives (boucle eau tempérée....) ✓ Sensibilisation des utilisateurs
Promoteurs	60 - 70%	20-30 %
Investisseurs	80 % +	20 % -
Grands PO	80 %	20 %
BET	60 - 70%	30-40%

Figure 1 : L'écoconception des bâtiments et son impact sur le recours à la climatisation : la vision des décideurs immobiliers du secteur tertiaire.

Source : Veille technologique tertiaire – Etude réalisée par CODA Stratégies pour GRDF en 2018

Dans le secteur résidentiel, le développement de la climatisation se nourrit également de la réversibilité des systèmes. Ainsi, les PAC air/air sont assez souvent installées pour se substituer aux traditionnels convecteurs électriques et apportent en de surcroît la fonction rafraîchissement. Les PAC air/eau qui étaient traditionnellement cantonnées à des fonctions de chauffage des locaux sont désormais plus souvent utilisées en rafraîchissement. Ce mouvement devrait s'accélérer au cours des prochaines années, notamment parce que les industriels développent des émetteurs susceptibles de diffuser du chaud et du froid, à l'inverse des traditionnels radiateurs de chauffage central.

Le réchauffement climatique conduit donc à considérer que des dispositifs de rafraîchissement des locaux seront difficilement contournables au cours des prochaines années. Les modèles climatiques développés par Météo France notamment, conduisent à prévoir des pointes de chaleur très importantes et réparties différemment : le Nord et le Nord Est de la France seraient appelés à connaître des épisodes caniculaires encore plus violents que ceux observés dans les régions sous influence océanique et méridionale. Dans ces conditions, les disparités entre les taux de climatisation observées entre les différentes zones climatiques (avec des taux beaucoup plus importants dans le Sud Est de la France) pourraient être remises en cause.

1.2. Des impacts environnementaux significatifs

Les équipements de climatisation impactent l'environnement de différentes manières.

En premier lieu, les **fluides frigorigènes** chargés dans les équipements **contribuent fortement à l'émission de GES**. Les fluides actuels, s'ils n'ont plus d'impact significatifs sur la couche d'ozone, contribuent à l'effet de serre. Cet effet est mesuré à travers leur PRG (Pouvoir de Réchauffement Global) qui mesure l'impact relatif de ces fluides par rapport à l'émission d'une quantité équivalente de CO₂ dans l'atmosphère. Ainsi, par exemple, le fluide R-410 A largement présent dans les équipements de

climatisation les plus vendus (Systèmes à Débit Réfrigérant Variable - DRV dans le tertiaire, PAC air eau dans le résidentiel...) affiche un PRG de 2038 : un kilo de ce fluide émis dans l'atmosphère ayant donc un pouvoir de réchauffement sur 100 ans 2038 fois supérieur à la quantité équivalente de CO₂.

Cet impact est désormais bien cerné et a été pris en compte par les différents accords internationaux sur le climat. Pour ce qui concerne plus spécifiquement l'Europe et la France, la réglementation européenne « F-GAS » 517/2014/UE adoptée en 2014 s'est fixée pour objectif de diviser par 5 les émissions de GES liées aux fluides frigorigènes à l'horizon 2030 en particulier via une régulation du secteur de la réfrigération et de la climatisation à travers des normes de plus en plus sévères. Pour la France, le Décret 2015 1790 du 28/12/2015 a retranscrit en droit français la réglementation F-Gas.

Sur ce point la présente étude s'attache à établir un bilan à date des émissions de GES associées à l'utilisation des fluides frigorigènes et envisage les évolutions susceptibles d'intervenir sous l'effet de la réglementation, de l'amélioration des pratiques et de l'évolution technologique.

Les équipements de climatisation agissent sur l'environnement et le climat également à travers **leurs consommations énergétiques**. Cet effet est plus ou moins important selon le mix énergétique national et selon la capacité à gérer intelligemment les systèmes de climatisation (par exemple en recourant à du stockage de froid permettant d'effacer ces équipements aux heures de pointe). L'examen des courbes de charge des équipements de climatisation résidentielle (notamment aux USA où ils sont très répandus) démontre que ceux-ci sont activés au moment du retour du travail, et induisent alors un déficit d'offre d'électricité qui doit être pallié par la mise en service des équipements de production complémentaires, qui sont souvent les plus émetteurs de GES. Un phénomène relativement proche est observé dans les DOM COM français pour la climatisation résidentielle. Le fort développement de ces systèmes induit une pointe de consommation en soirée, un effet d'autant plus pénalisant que les systèmes de production énergétiques insulaires demeurent actuellement fortement carbonés.

Cette étude s'attache donc à évaluer les consommations énergétiques des systèmes de climatisation tant dans les secteurs tertiaires que résidentiels. Seule la « climatisation confort » est prise en compte, les usages de la climatisation pour la gestion de process industriels ou pour la production en salle blanche par exemple n'étant pas intégré dans le champ de l'étude.

Enfin, un dernier impact est associé au **réchauffement local produit par les unités extérieures des climatiseurs**. Cet impact est différent selon le type de système mis en œuvre, il sera moindre dans le cas des climatisations centralisées que lorsque sont utilisés massivement des systèmes individuels, par exemple des « climatiseurs de fenêtre » qui génèrent une grande densité de caissons externes. Le développement de réseaux urbains de froid peut sans doute contribuer à atténuer de manière sensible ce phénomène, en gérant mieux les rejets calorifiques, en récupérant éventuellement la chaleur fatale produite par les groupes froid et en procédant à du stockage inter saisonnier. En France, par exemple, le réseau déployé par IDEX dans la ZAC Merida de la métropole niçoise, illustre ce type de démarche.



Les évolutions réglementaires et technologiques ont conduit à des progrès significatifs de la performance des équipements. Les estimations présentées ci-dessous, émanant d'un offreur de systèmes, indiqueraient une amélioration globale de l'efficacité des systèmes de climatisation allant de 22% à 32% selon le type de systèmes. Actuellement, un climatiseur individuel générerait l'émission de l'équivalent de 3,7 tonnes de CO₂ sur son cycle de vie, une quantité passant à 14,1 tonnes dans le cas d'un climatiseur pour les petits bâtiments tertiaires et commerciaux.

Outre les **progrès associés au changement de fluides réfrigérants**, l'**amélioration du rendement** et la baisse des consommations énergétiques induite sont de nature à réduire l'impact environnemental des équipements. L'amélioration des rendements énergétiques et des SEER³ des systèmes des matériels (APF – Annual Performance Factor dans le graphique ci-dessous) et la réduction des consommations

³ Seasonal Efficiency Energy Ratio (Taux de rendement énergétique saisonnier) : mesure le rapport entre l'énergie froid produite par le système (en kWh froid) et l'énergie électrique consommée (en kWh électrique). Le ratio est mesuré en faisant fonctionner le système selon un mix normé de conditions de températures extérieures

énergétiques globale (liée à l'amélioration des rendements des compresseurs) sont notamment à l'origine de ces progrès.

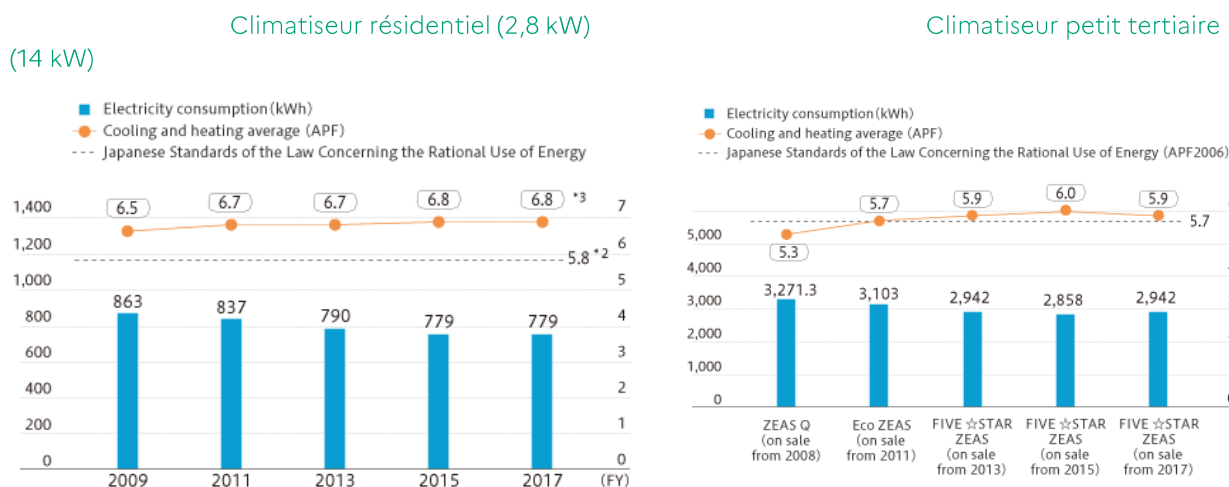


Figure 2 Amélioration des rendements et baisse des consommations énergétiques : les données présentées par un fabricant (climatiseur 2,8 kW & 14 kW)

Source DAIKIN - https://www.daikin.com/csr/environment/climatechange/air_conditioner.htm

Cette progression de la performance des systèmes est indéniable au cours des dernières années. Il convient cependant de la nuancer en prenant en compte le fait que les rendements affichés par les offreurs correspondent à des situations moyennes, par exemple pour l'Europe. Les rendements effectivement observés seront ainsi plus faibles dans les pays du sud de l'Europe, pour lesquels les systèmes fonctionnent à des températures extérieures souvent très élevées, que dans les pays plus tempérés ou nordiques. Par ailleurs, les utilisateurs de ces systèmes sont supposés vertueux, notamment parce qu'ils recherchent à obtenir des températures d'ambiance relativement élevées (27° dans la norme européenne), or l'enquête menée par CODA Stratégies a montré que les températures de consigne retenues étaient en moyenne autour de 22-23°. Cet écart dans les températures de consigne génère bien évidemment des différences très significatives de consommation énergétique.

Au-delà des performances génériques des systèmes, l'enquête et les interviews réalisées par CODA Stratégies démontrent que les comportements des utilisateurs sont au cœur de l'impact environnemental des systèmes de climatisation, ce qu'un de nos interlocuteurs a résumé plaisamment : « Les occupants veulent 26° en hiver et 19° en été ! ».

Dans ces conditions, il est difficile de considérer que l'amélioration des performances théoriques des systèmes puisse se traduire mécaniquement par une baisse de leur impact environnemental, un affichage d'une consommation plus faible pouvant par exemple encourager un usage accru (effet rebond).

Par ailleurs, de l'avis des experts interviewés, l'accroissement des performances des systèmes traditionnels atteint désormais ses limites. Les principaux progrès apportés au cours des dernières années ont concerné les compresseurs, avec la généralisation de la technologie « Inverter », qui repose sur une régulation variable de la vitesse de rotation des moteurs se substituant à la régulation « tout ou rien » précédente. Ceci permet d'adapter en permanence la puissance électrique utilisée au besoin en froid du site climatisé et in fine de réduire la consommation électrique. Les progrès attendus pour les prochaines années sont moins disruptifs et apporteront des gains relatifs plus faibles. C'est à partir de ces considérations que des **technologies alternatives** sont désormais considérées. Les voies de développement en cours concernent notamment⁴ :

- Le remplacement des fluides frigorigènes actuels par des gaz à impact beaucoup plus limité en termes de GES (propane...). Cette substitution est déjà bien engagée, notamment pour ce qui concerne la climatisation mobile. Ces gaz sont toutefois plus coûteux et posent des problèmes de conformité à la réglementation anti-incendie existante dans les immeubles.
- La remise en cause du principe actuel de la climatisation (compression/détente de fluide) et le développement de systèmes à absorption solaire par exemple, qui reposent sur l'utilisation de la

⁴ Cf. ADEME, La Lettre Recherche n°22, Mars 2018.

chaleur solaire pour initier un cycle compression détente sans recourir à la force mécanique d'un compresseur. Ce principe ancien commence à se traduire dans des offres industrielles mais à des coûts et des performances pour l'instant non compétitifs avec les systèmes traditionnels. Ces systèmes sont cependant actuellement encore insuffisamment matures pour constituer une alternative aux technologies traditionnelles.

- Le recours à l'autoconsommation d'EnR pour l'alimentation des systèmes,
- Etc.

Le développement de ces systèmes alternatifs se conçoit en priorité dans un contexte de développement de l'écoconception et de l'écorénovation des bâtiments (cf. figure 3).

Par ailleurs, le recours à des réseaux de froid se substituant à l'installation d'équipements décentralisés présente plusieurs avantages : une moindre dispersion des équipements et donc un meilleur contrôle de la gestion des fluides frigorigènes, la possibilité plus importante de recourir à des sources d'énergie renouvelable et à des méthodes de refroidissement naturel (par exemple 75% du refroidissement du réseau de La Défense sont réalisés via les eaux de la Seine) et l'absence de phénomène de surchauffe urbaine.

Certaines études visent ainsi à démontrer une performance environnementale des réseaux de froid très largement supérieure à celle des systèmes de climatisation d'immeuble classiques.

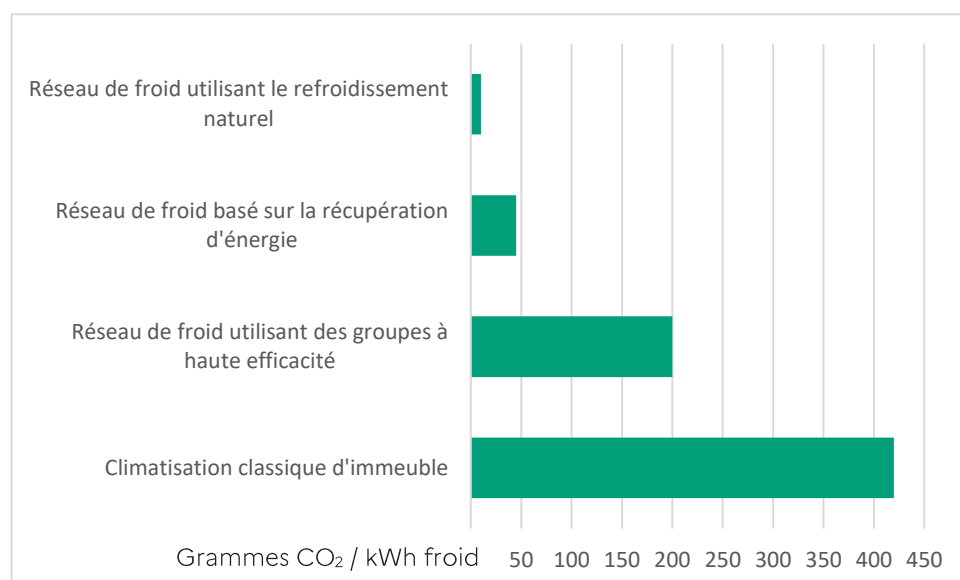


Figure 3 : Comparaison des émissions de CO₂ (g/kWh) de différentes solutions de refroidissement
Source : Euroheat & Power, cité par CEREMA, <http://reseaux-chaleur.cerema.fr/reseaux-de-froid>

Si ces estimations doivent faire l'objet d'un examen critique (notamment en raison des progrès des systèmes décentralisés classiques), elles n'en démontrent pas moins le potentiel d'amélioration associé aux réseaux de froid. Evidemment, ceux-ci ne peuvent s'implanter de manière généralisée et concernent exclusivement les zones urbaines denses. Il existe aujourd'hui 23 réseaux de froid en France, qui est dans ce domaine parmi les pays les plus avancés en Europe. A 94% la production de froid (1 TWh) de ces réseaux est absorbée par le secteur tertiaire. Sur la base des données disponibles (puissance produite, nombre de bâtiments raccordés...), on peut estimer à 8 à 10 millions de m² les surfaces climatisées par le biais des réseaux de froid. Ce type de dispositif ne couvre donc aujourd'hui que moins de 1% des besoins de climatisation dans le secteur tertiaire (la base de données de CODA Stratégies évalue à plus de 1 Md de m² les surfaces tertiaires totales), mais sans doute une proportion plus importante si l'on ne considère que les immeubles de bureaux.

Les développements précédents permettent de cerner la problématique de l'impact environnemental des systèmes de climatisation. In fine, les effets de ces systèmes dépendront de la combinaison de différents paramètres :

- L'ampleur du changement climatique,
- Le développement des taux de climatisation dans les secteurs résidentiels et tertiaire
- La performance technique des systèmes,
- L'évolution du mix énergétique et le poids des énergies carbonées en son sein,

- La qualité de la conception et de la réalisation des bâtiments professionnels et des logements
- La sensibilité des utilisateurs à l'impact environnemental des systèmes et leur capacité à adopter les « bons gestes ».

Cette étude a vocation à présenter la dynamique résultant de l'interaction de ces différents paramètres et ainsi d'être en mesure de présenter trois grandes séries de résultat :

- Un **état des lieux du développement** de la climatisation dans les secteurs résidentiels et tertiaire en 2020.
- Une **estimation des consommations énergétiques** associées à ces systèmes.
- Une **évaluation des émissions de Gaz à Effet de Serre** résultant de leur usage.

2. Méthodologie

Afin d'atteindre les objectifs assignés à ce projet, CODA Stratégies a mis en place une méthodologie reposant sur quatre moyens principaux : une recherche documentaire approfondie, la réalisation d'un programme d'entretiens avec des experts et professionnels du secteur, la mise en œuvre d'une enquête auprès d'un échantillon représentatif des ménages français et enfin, s'appuyant sur les différents éléments collectés à l'occasion de ces recherches, la réalisation d'un outil de modélisation des consommations énergétiques et des émissions des GES associées aux systèmes de climatisation

2.1. La recherche documentaire

La recherche documentaire s'est appuyée sur la consultation d'études existantes, sur la communication technique et économiques des industriels et sur les statistiques disponibles, tant auprès des sources publiques officielles (INSEE...) que des syndicats professionnels représentatifs.

Ces recherches ont permis de mettre en évidence une relative richesse des travaux réalisés sur la thématique de la climatisation et de ses consommations énergétiques, notamment au niveau européen. Ces travaux ont pu servir de référence et ont également alimenté la construction du modèle d'estimation des consommations et des émissions de GES. Ces travaux sont référencés dans la bibliographie qui figure en fin de ce rapport.

CODA Stratégie s'est également appuyée sur des travaux réalisés par le cabinet à l'occasion d'autres études.

On pourra citer à cet égard une étude réalisée en 2018 pour le compte de l'ADEME, GRDF et RTE en 2016 qui s'appuyait sur une enquête réalisée auprès d'un échantillon de 800 entreprises utilisatrices de bureaux et de locaux commerciaux et avait notamment pour objectif de déterminer les taux de climatisation observés.

Par ailleurs CODA Stratégies a mobilisé la « base de données européenne sur les bâtiments professionnels » développée pour son usage propre ainsi que pour ses clients. Cette base de données se caractérise par deux éléments majeurs :

- Une approche très segmentée, privilégiant une démarche « Bottom Up » pour déterminer les parcs de bâtiments. Ainsi, à titre d'exemple, la catégorie commerce est sous segmentée dans cette base en six sous catégories. Les données globales du secteur (surface, énergie consommée...) sont une agrégation des données recueillies pour chacun des sous segments, qui peuvent être très hétérogènes en termes de surface, de choix constructifs, et de consommations énergétiques.
- Les bâtiments pris en compte dans la base sont affectés aux différentes catégories, en considérant leur nature, et non le code APE de leurs occupants. Ainsi, par exemple, les cabinets médicaux seront classés dans les locaux de bureaux et non dans les bâtiments de santé, en considérant que leurs caractéristiques les rapprochent davantage de ce type de construction que des cliniques ou hôpitaux.
-

2.2. Un programme d'entretiens avec des experts et professionnels du secteur

Un important programme d'entretiens a été réalisé afin de recueillir les éléments nécessaires à la réalisation de cette étude. Les profils sollicités ont été les suivants :

- Des offreurs de systèmes afin d'évaluer la répartition du marché entre les différents types de systèmes actuellement et à moyen terme, de recueillir des éléments sur les performances des systèmes dans les conditions réelles d'utilisation, de déterminer le poids des systèmes non conventionnels à moyen et long terme.
- Des gestionnaires et concepteur de réseaux de froid urbain afin d'évaluer le poids des réseaux de froid urbain actuellement et leurs perspectives d'évolution à moyen et long terme (nombre d'utilisateurs par catégories, puissance de froid produite, surfaces climatisées). Et de mieux connaître les choix technologiques retenus par les promoteurs de ces installations.
- Des bureaux d'étude, des installateurs et des mainteneurs. L'objectif de ces entretiens a été de valider les besoins en froid dans les bâtiments de logements et tertiaire selon leurs catégories et leur performance énergétiques et de connaître et discuter les hypothèses retenues pour les calculs thermiques : température de consigne, durée d'utilisation, consommation énergétique des groupes froids, systèmes VRV, etc., d'évaluer le développement actuel, à moyen terme et l'impact de la conception bioclimatique, etc.
- Des experts techniques, afin de valider les hypothèses de rendement, de consommation et d'émission des systèmes de climatisation, de discuter les écarts entre performances conventionnelles et réelles, etc..
- Des responsables techniques et décideurs secteur tertiaire : promoteurs, facility manager, foncières, grands propriétaires occupants. Ces entretiens ont eu pour objectif de valider les taux actuels de climatisation et les évolutions envisagées. Ils ont permis également d'évaluer la sensibilité et l'appétence pour des solutions alternatives mais également de valider des ratios techniques (consommation, besoin en froid...).
- Des responsables techniques et décideurs de la filière logement, avec la volonté de faire le point sur les taux actuels de climatisation dans le neuf et l'existant et de discuter des arbitrages entre éco-conception et recours à la climatisation.
- Des responsables d'énergéticiens afin d'évaluer la politique menée par ces acteurs pour favoriser et/ou maîtriser l'usage de la climatisation, promouvoir des équipements plus vertueux et encourager les bons gestes. Ces acteurs ont également été sollicités pour apprécier le poids de la consommation énergétique associé à la climatisation.

Il convient de mentionner qu'un nombre significatif de ces entretiens ont été réalisés dans les DOM COM et plus spécifiquement à la Réunion et en Guyane afin d'évaluer l'état de développement de la climatisation dans ces territoires et les spécificités relatives à son usage et aux consommations associées.

La liste complète des personnes interviewées figure en annexe de ce rapport.

2.3. Une enquête auprès de 1200 ménages (800 + 400)

Afin d'apprécier le recours et les modalités d'usage de la climatisation par les ménages deux vagues d'enquêtes ont été réalisées par Internet au cours de l'été 2020 :

Une première vague a porté sur un échantillon de 800 ménages représentatifs de la population française notamment par rapport aux critères de localisation géographique, de mode d'habitat, de catégories socio professionnelles. Cette vague visait à évaluer les taux d'équipements en climatisation et leurs déterminants et à apprécier les modes d'utilisation, les critères de choix, les attentes des ménages en matière de climatisation.

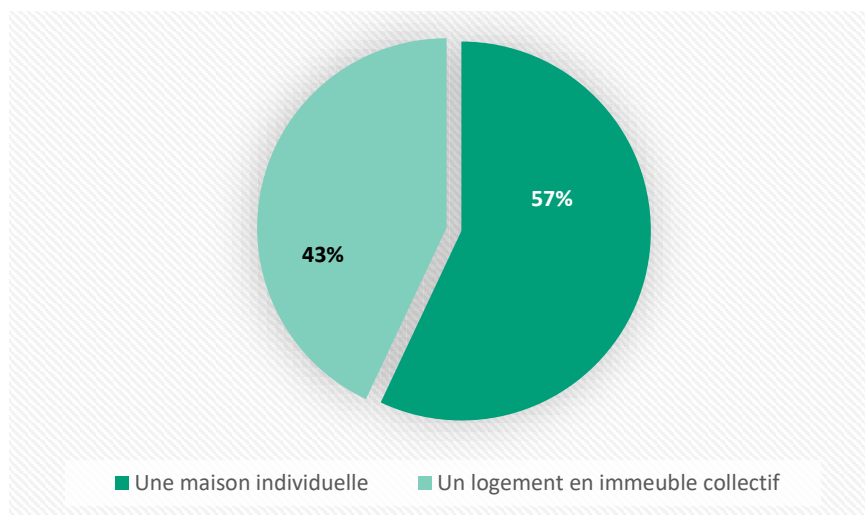


Figure 4 L'échantillon de la première vague d'enquête réparti selon le mode d'habitat

Si le mode d'habitat joue un rôle très important sur le recours à la climatisation, avec un taux beaucoup plus important observé au sein des maisons individuelles, l'appartenance socio professionnelle est également un critère significatif. Le taux d'équipement observé par l'enquête est ainsi de 37% parmi les professions libérales, cadres et professions intellectuelles contre 26% en moyenne.

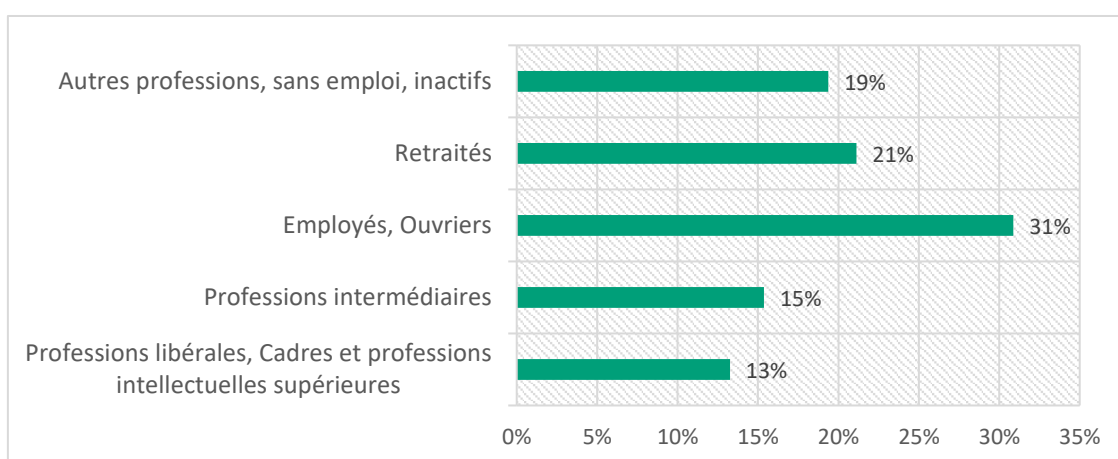
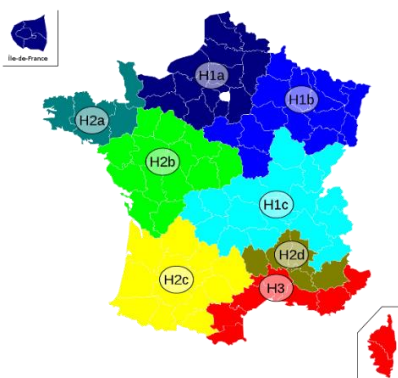


Figure 5 : l'échantillon de la première vague d'enquête réparti par CSP

Mais le critère principal de recours à la climatisation demeure la localisation géographique. Ainsi le taux de climatisation atteint 47% en zone H3 alors qu'il n'est que de 11% en zone H2A. Il était donc nécessaire d'assurer à chacune des zones climatiques un poids dans l'échantillon représentatif de son poids réel.



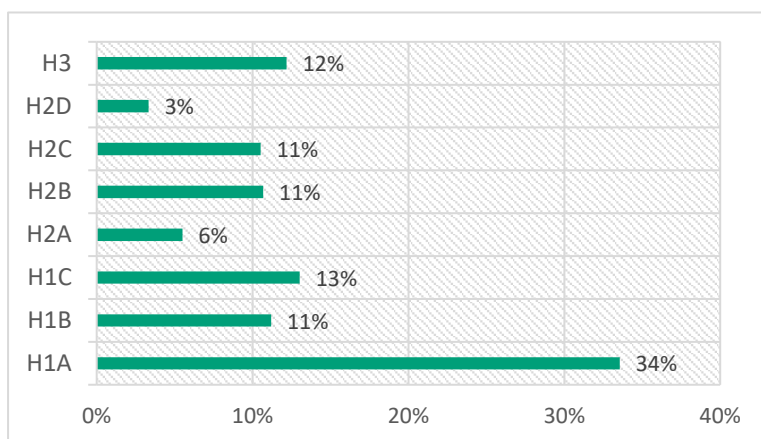


Figure 6 : l'échantillon de la première vague d'enquête réparti par zone climatique

La seconde vague d'enquête a visé exclusivement des possesseurs de systèmes de climatisation, afin d'approfondir la connaissance des parcs d'équipements et de leurs usages. Cette seconde vague a été motivée par le présupposé d'un taux de climatisation faible (estimé autour de 10% lors du lancement de l'étude) qui ne permettait pas de disposer de données robustes quant à la nature et à l'usage des systèmes sur la base d'une enquête auprès d'un échantillon représentatif. Dans cette seconde vague l'échantillon a visé à la représentativité de la population des ménages équipés de climatiseurs et non de la population en général. Cela s'est traduit par exemple en termes d'équipements possédés.

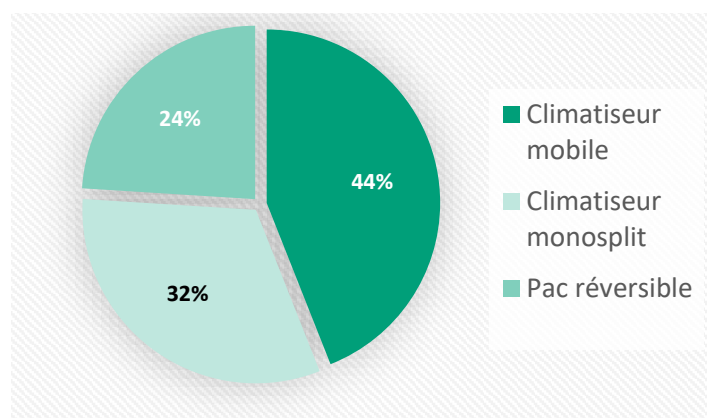


Figure 7 : L'échantillon de la seconde vague d'enquête réparti par type d'équipement possédé.

2.4. La modélisation des consommations énergétiques et des émissions de GES

Sur la base de l'ensemble des éléments recueillis un modèle d'évaluation des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre a été réalisé. La méthodologie précise de réalisation de ces modèles est décrite dans les §4.1.1 et §4.2.2. Par ailleurs un document spécifique décrivant le fonctionnement et le paramétrage du modèle est disponible. On présente donc dans ce point les grands principes d'élaboration du modèle développé.

2.4.1. La modélisation des consommations énergétique

Classiquement, les modèles permettant d'évaluer les consommations énergétiques des systèmes de climatisation (ou de chauffage) s'appuie sur l'évaluation des surfaces climatisées à un moment T, auxquelles sont appliquées un ratio de consommation au m², permettant ainsi d'évaluer une consommation globale.

L'outil développé dans le cadre de cette étude, s'il s'appuie également sur la prise en compte des surfaces climatisées, se différencie de ces travaux en ce qu'il ne considère pas le ratio de consommation par m² comme un paramètre donné mais comme un résultat du modèle résultant d'un paramétrage des

conditions climatiques, du comportement des utilisateurs et des spécificités techniques des bâtiments et des équipements.

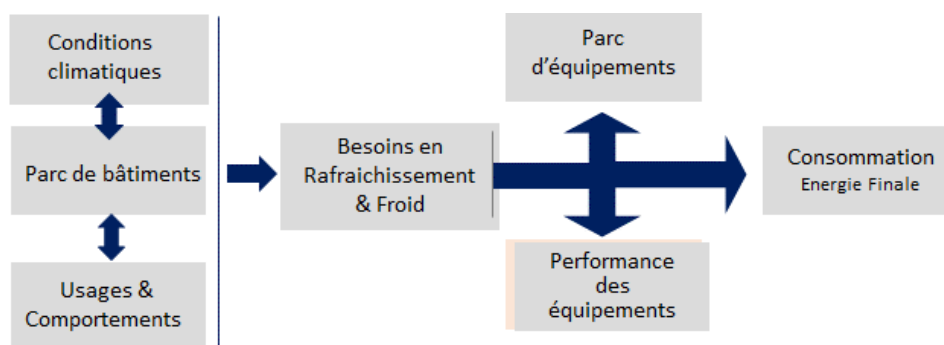


Figure 8 L'organisation générale du modèle d'évaluation des consommations énergétiques des systèmes de climatisation

L'outil développé s'appuie en premier lieu sur des bases de données décrivant le parc de bâtiment tertiaires et de logements en surface et en nombre. Une évaluation des taux actuels de climatisation dans les secteurs résidentiel et tertiaire, ainsi que la diffusion des différentes technologies permettent d'évaluer ensuite les surfaces climatisées par type de technologie sur la période considérée.

Parallèlement les besoins en froid par type de bâtiment sont définis en considérant les échanges entre l'enveloppe du bâtiment et le milieu extérieur, les apports solaires liés aux vitrages et les apports internes (occupation, éclairage, bureautique...).

Les conditions climatiques sont considérées par zone climatique en France (8 zones) et pour chacun des DOM considérés. A partir de relevés sur un échantillon de stations météo, elles permettent d'évaluer un nombre d'heures annuelle dépassant les différents seuils de température générant le recours à la climatisation.

L'évaluation des consommations est réalisée en considérant les besoins en froid aux différents seuils de température qui sont transformées en consommations énergétique via les EER des équipements de climatisations. Des hypothèses d'EER pour chacune des technologies sont établies à partir des données disponibles et des entretiens réalisés.

2.4.2. La méthode d'estimations des émissions de GES liées aux fluides frigorigènes

En Europe et spécifiquement en France des travaux réguliers sont menés afin d'évaluer les émissions de GES associées aux fluides frigorigènes.⁵ Nous nous sommes inspirés des méthodes d'évaluation utilisées par ces travaux, qui reposent de manière générale sur une séquence de 6 étapes, décrites dans la figure suivante.

. Pour évaluer les émissions de gaz dans l'atmosphère, ces travaux considèrent plusieurs sources d'émissions :

- Lors de la fabrication et de la mise en service des équipements (en usine ou sur le site)
- En cours de vie de l'équipement, soit en raison de fuites (« émissions fugitives ») soit lors d'opérations de maintenance (vidange des équipements et remplacement par des fluides neufs)

En fin de vie de l'équipement, en considérant la part des fluides qui n'est ni détruite ni recyclée.

⁵ Il convient notamment de citer :

Inventaires des émissions des fluides frigorigènes, réalisé par MINES ParisTech – Armines – 2016

Observatoire des gaz fluorés – Données 2019 – ADEME Octobre 2020

Evaluation and impact assessment for amending regulation N°517/2014 on fluorinated green-house gases Oko Insitut – Mai 2021. Certains de ces documents nous ont été aimablement transmis par l'AFCE (Alliance Froid Climatisation Environnement).

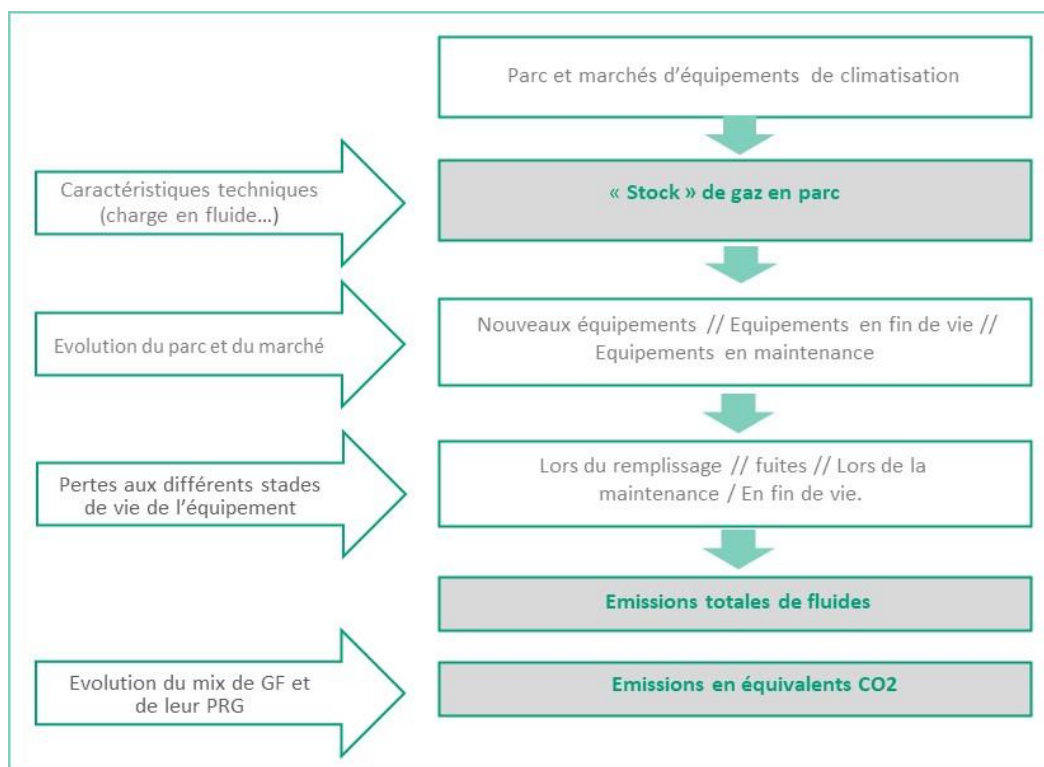


Figure 9 La méthode d'évaluation des émissions de GES associées aux fluides frigorigènes.

3. Un état des lieux de la climatisation dans les secteurs résidentiel et tertiaire

3.1. La situation dans le secteur résidentiel

3.1.1. Type de logements et équipements pris en compte

Afin d'évaluer le développement de la climatisation dans le secteur résidentiel et d'assurer une cohérence des données obtenues avec les travaux menés par ailleurs par l'ADEME, il est apparu nécessaire de retenir les grandes catégories de logements prises en compte dans les travaux de l'Agence, à savoir les maisons individuelles et les appartements. La catégorie « Autres logements », n'est pas prise en compte à ce stade de l'étude. Elle comprend selon l'INSEE, les logements-foyer, les chambres d'hôtel, les habitations de fortunes et les pièces indépendantes disposant de leur propre entrée. Cette catégorie apparaissant très hétérogène, il paraît difficile de déterminer des taux moyens de diffusion de la climatisation, ainsi qu'une consommation énergétique moyenne associée à cet usage. Les logements vacants ne sont également pas pris en compte dans cette étude. Leur poids est actuellement important, de l'ordre de 10% du parc (3,1 millions de logements au premier janvier 2019 selon l'INSEE pour la France hors Mayotte).

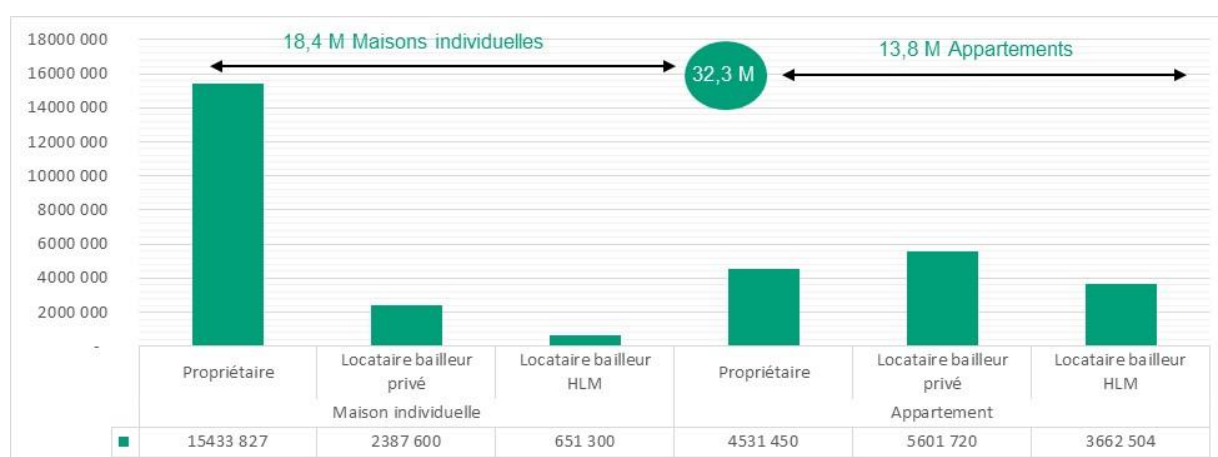


Figure 10 : Le parc de logement par type et statut d'occupation en 2017 – Source INSEE – Recensement au premier Janvier 2017 – Champ Résidences principales et secondaires, France Métropolitaine et DOM COM.

Les conditions climatiques ont évidemment une forte influence sur les taux d'équipements en climatisation et les usages des équipements. Dans ces conditions, il apparaît nécessaire de prendre en compte la répartition du parc de logements de manière assez fine, en distinguant huit zones climatiques et cinq départements d'outre-mer. Si la prise en compte des disparités climatiques est incontournable, certains entretiens réalisés dans le cadre de cette étude ont montré que la plupart des zones climatiques étaient désormais concernées par l'essor de la climatisation, en raison de la généralisation des vagues de chaleur estivales.

« Les achats pour les climatiseurs mobiles se font essentiellement lorsque la température ne descend plus la nuit, principalement dans les appartements en centre urbains. Nous constatons une forte demande en région parisienne, lyonnaise, dans l'est, il n'y a plus que l'extrême nord du pays, la Normandie et la Bretagne qui restent à l'écart » Entretien Grande Surface de Bricolage

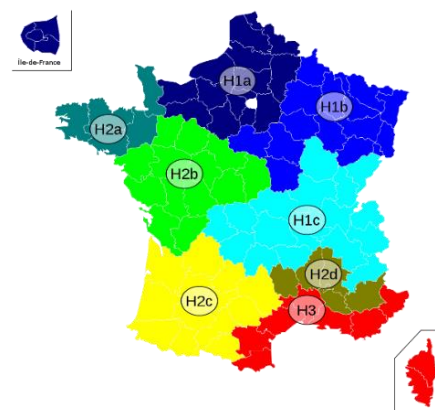
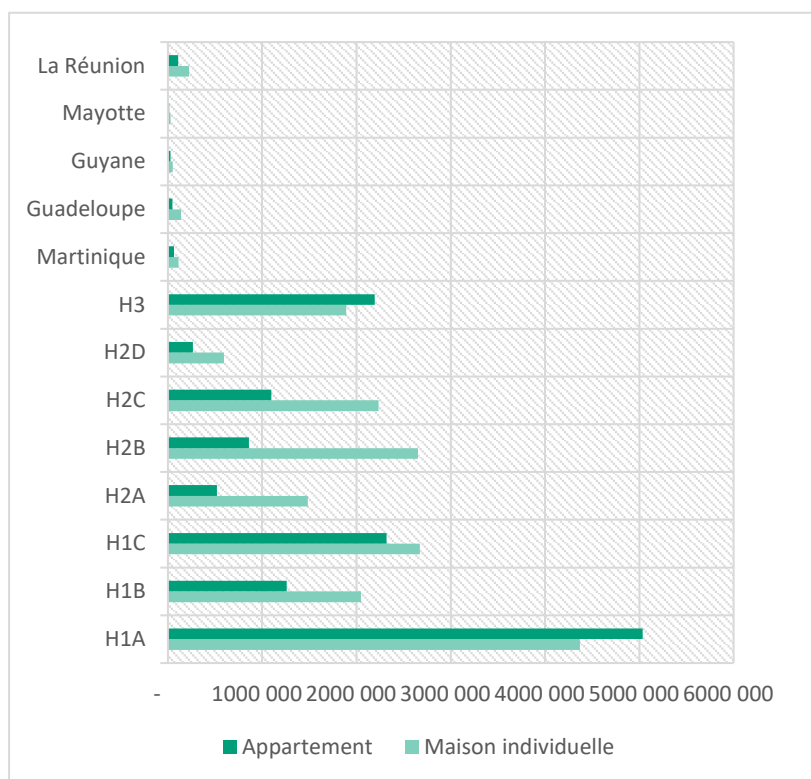


Figure 11 Le parc de logements par type et localisation géographique – Source INSEE – Recensement au premier janvier 2017 – Champ Résidences principales et secondaires, France Métropolitaine et DOM COM.

Le poids dans le parc de logements des zones H1a, H1b et H1c et le développement prévisible de la climatisation dans ces zones constituent donc incontestablement des facteurs de croissance du marché à terme.

Les équipements pris en compte au titre de la climatisation dans le secteur résidentiel sont les suivants :

- PAC Air- Air, climatiseurs mono et multisplits
- PAC Air- Eau (qui sont utilisées selon les industriels pour des fonctions de rafraîchissement, lorsqu'elles sont connectées par exemple à des planchers chauffants – rafraîchissants)
- Les climatiseurs de fenêtres (installés en aplomb d'une fenêtre avec une unité extérieure en façade), un produit désormais en voie de marginalisation
- Les climatiseurs mobiles.

3.1.2. Les marchés de la climatisation : un dynamisme soutenu et une accélération récente

Le marché de la climatisation résidentielle voit coexister la climatisation fixe et mobile. Dans le premier cas, la réglementation impose la pose par des professionnels, notamment afin de maîtriser la mise en œuvre des fluides frigorigènes et d'éviter des pertes importantes lors des opérations d'installations et de maintenance. Ce segment de marché est donc bien structuré et les industriels qui y concourent sont représentés par un syndicat professionnel très actif, UNICLIMA, qui réalise notamment un suivi statistique précis des ventes réalisées. L'installation de climatiseurs mobiles ne fait pas l'objet d'une telle réglementation, car les fluides étant chargés en usine et cantonnés dans l'appareil, il n'y a pas de raccordement entre différents modules lors de l'installation et donc pas de risques de dispersion de fluides dans le milieu environnant. Il n'existe pas de suivi statistique émanant d'un syndicat professionnel pour ces équipements, des évaluations du marché étant réalisées par certains cabinet d'étude, sans toutefois donner lieu à publication.

3.1.2.1. Les données compilées par UNICLIMA

UNICLIMA est le syndicat professionnel regroupant notamment les industriels et « metteurs sur le marché » des équipements de climatisation. UNICLIMA regroupe des industriels et des « metteurs en marché » d'équipements de climatisation, de chauffage et de traitement d'air. Le syndicat fédère 86 sociétés ou groupes, et 330 sites dont 75 usines. Les entreprises adhérentes emploient 21 400 personnes. Sur un chiffre d'affaires total de 6.6 Mds d'euros, la climatisation représente 1.8 Md. Les adhérents d'UNICLIMA ont une part de marché de 92% pour ce qui concerne la climatisation et de 95% pour les pompes à chaleur. Globalement la représentativité du syndicat est très importante, avec un taux de couverture du marché de 92% par ses adhérents. Ce taux varie selon le type d'équipement pris en compte et est particulièrement élevé pour la climatisation résidentielle (évaluée par le syndicat à 98%). Sur le segment résidentiel, les statistiques publiées par UNICLIMA donnent donc une image très fidèle de l'évolution du marché.

Le graphique ci-dessous fait très nettement apparaître l'impact sur le marché de la canicule de 2003 qui s'est traduit par une envolée des ventes en 2004. La situation s'est ensuite normalisée et pendant une dizaine d'années, au-delà des variations conjoncturelles, on n'observe pas de tendance claire de croissance du marché sur le moyen terme. Une rupture intervient incontestablement en 2015, avec une croissance des ventes de près de 20%. En 2017 le niveau exceptionnel de 2004 est légèrement dépassé et la croissance se poursuit à un très bon rythme au cours des trois dernières années. Sur la base des chiffres des 8 premiers mois de l'année, le marché des PAC Air/Air pourrait dépasser pour la première fois les 800 000 unités en 2020

L'évaluation du marché de la climatisation par UNICLIMA

UNICLIMA a confié à l'association PAC & CLIM Info la compilation des statistiques de ventes de ses adhérents. Ceux-ci reportent de manière anonyme leur chiffre de ventes sur une plateforme indépendante qui en assure ensuite l'agrégation. Les données publiées concernent la période de janvier à août et de janvier à décembre. Les quantités vendues correspondent à des produits mis sur le marché, c'est-à-dire vendus par les industriels aux distributeurs, il peut donc exister un décalage avec les achats réels des utilisateurs. Seule la France Métropolitaine est couverte par les statistiques UNICLIMA. La représentativité des données publiées est en moyenne de 92% pour la climatisation, un taux qui varie de 60% pour les groupes froids à 98% pour la climatisation résidentielle. UNICLIMA n'introduit pas de correctif et ses chiffres ne décrivent donc pas le marché dans son ensemble

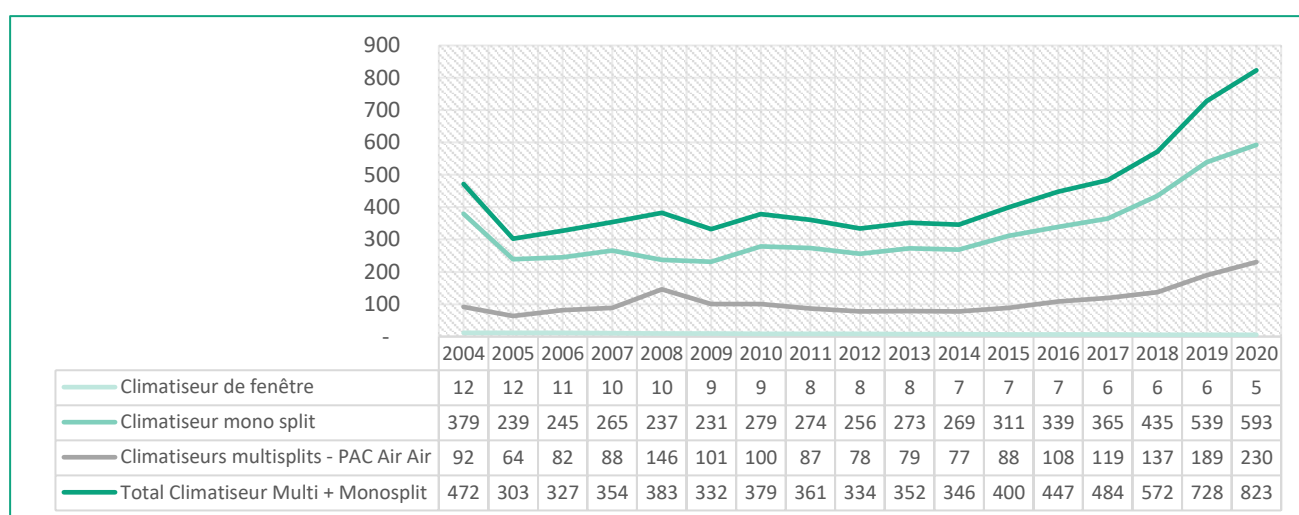


Figure 12 : les statistiques de ventes des adhérents d'UNICLIMA (2004-2015 – en milliers)

La croissance observée au cours des dernières années est imputable en grande partie à la multiplication des épisodes caniculaires et à leur allongement. Il convient cependant de noter que la motivation d'équipement des ménages n'est pas uniquement liée à la volonté de disposer d'un équipement produisant du froid.

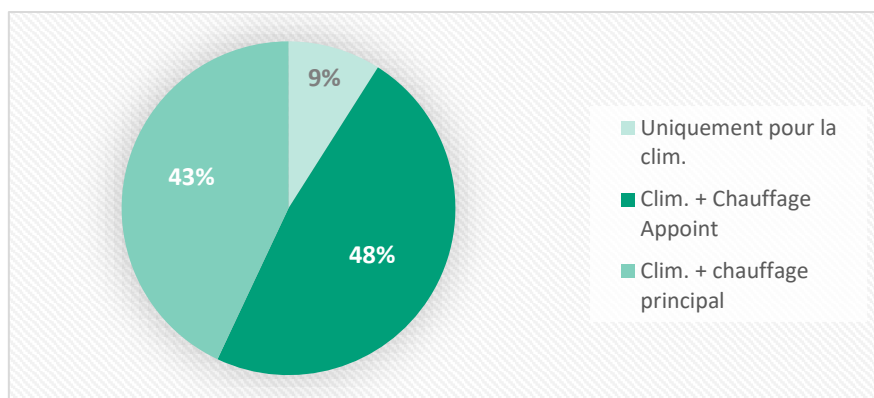


Figure 13 Les motivations d'achat des clients d'une grande enseigne de bricolage - Données Communiquées par une enseigne de GSB- Enquête réalisée auprès de 270 acquéreurs d'équipements fixes de climatisation

Désormais les équipements vendus sont systématiquement réversibles (la proportion d'équipements réversibles était déjà de 83,4% en 1985 et atteindrait 100% désormais selon Uniclimate). Une enquête réalisée par une grande enseigne de bricolage auprès de sa clientèle confirme ce point : seuls 9% des clients de l'enseigne achetant un climatiseur mono ou multisplit le font uniquement pour produire du froid en été.

3.1.2.2. Le marché de la climatisation mobile

Le suivi statistique du marché des climatiseurs n'est pas assuré par Uniclimate, dont les membres ne sont pas des acteurs significatifs de ce marché. PAC & Clim info a suivi ce marché jusqu'en 2004 et a cessé de publier des statistiques depuis cette date. Les données disponibles depuis sont issues de l'institut GFK mais sont réservées au client de cet institut.

Les interviews réalisés par CODA Stratégie (notamment auprès de la grande distribution de bricolage) ont permis d'obtenir un certain nombre de données relatives à ce marché :

- La distribution des produits de ce type est principalement assurée par la GSB (grande surface de bricolage) avec 50% du marché, les autres canaux de distribution étant constitués par les grandes surfaces alimentaires et les multispécialistes (distribution électroménager, TV, Informatique, etc.).
- Sur les huit premiers mois de l'année 2020 les ventes totales de climatiseurs mobiles se sont élevées à 426 000 équipements (sur cette base CODA Stratégies a évalué le marché total pour 2020 à 460 080 unités). En 2019, les ventes s'étaient élevées selon GFK à 400 000 unités.

Entre 2000 et 2008 selon les données d'origine PAC & Clim Info disponibles les ventes annuelles se sont élevées à 370 000, avec une pointe à 700 000 unités vendues en 2004, en conséquence de la canicule de l'année précédente.

Le marché des climatiseurs mobiles apparaît très thermosensible et les années connaissant des épisodes caniculaires sont le théâtre d'une croissance considérable des achats d'impulsion, comme en témoigne la figure suivante. Il convient de noter que ces achats réalisés dans l'urgence se portent principalement sur les ventilateurs pour des raisons financières évidentes.

Chiffre d'affaires enregistré entre les semaines 18 et 26 2017 ; progression en CA sur la période.
© GfK July, 2017

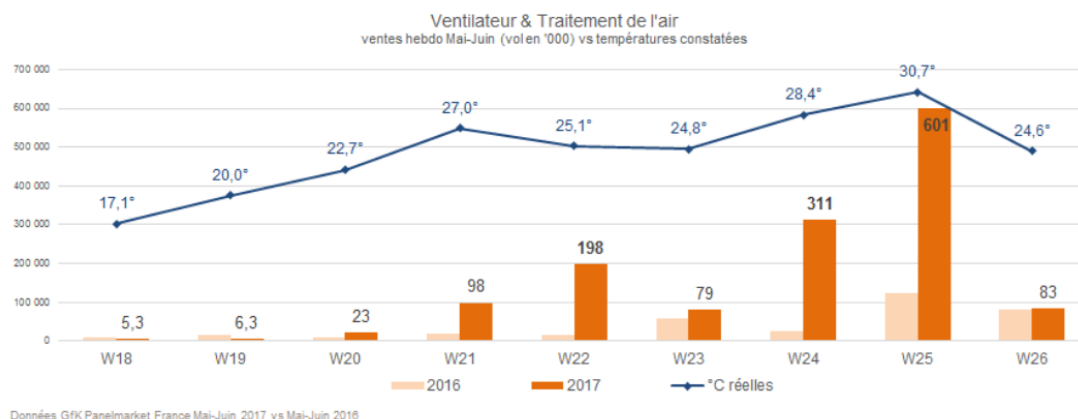


Figure 14 : Comparaison des ventes de climatiseurs mobiles et de ventilateurs pendant les mois de mai et juin 2016 et 2017 (Vague de chaleur en mai – juin 2017) Source GfK, <https://www.gfk.com/fr/press/electromenager-la-meteo-booste-les-ventes>

Sur la base des données disponibles au moment de la rédaction de ce rapport CODA Stratégies a reconstitué les séries de ventes de climatiseurs mobiles pour les périodes 2000-2008 et 2019-2020 et en appliquant un taux de croissance moyen entre 2008 et 2019, corrigé de variations conjoncturelles calquées sur celles des climatiseurs monosplits. Des interlocuteurs ont été sollicités pour obtenir des données réelles sur la période 2008-2018, en fonction de leurs réponses, des correctifs pourraient être apportés à ces données.

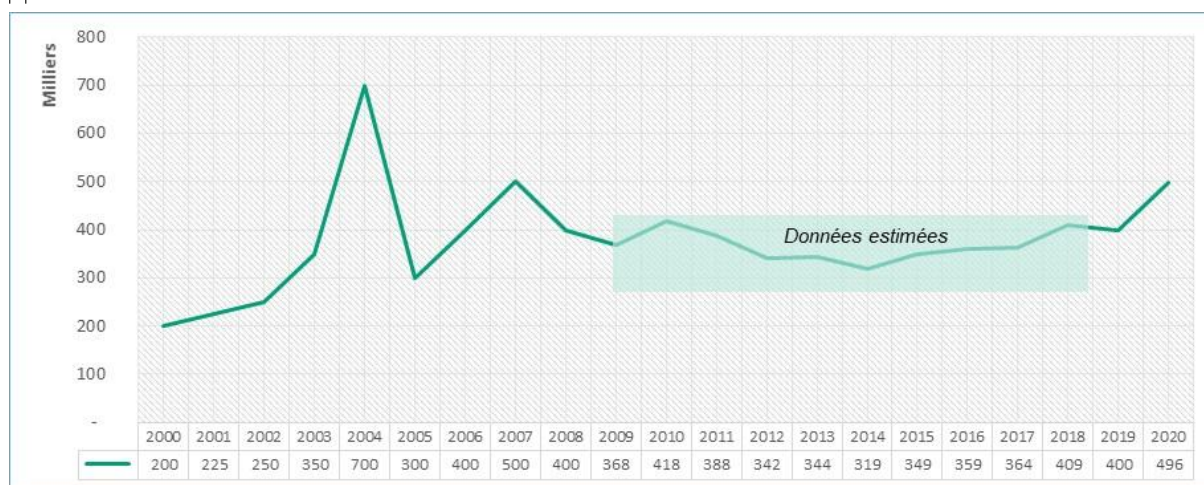


Figure 15 Le marché des climatiseurs mobiles en France : Données réelles et estimées - Source PAC & Clim Info (2000-2008) GfK citée lors des interviews (2019-2020), estimations CODA Stratégies (2009-2017)

Nota Pour la période 2009-2017, CODA Stratégies a appliqué dans un premier temps le taux de croissance moyen constaté entre les deux dernières années connues (2008 et 2019), puis par rapport à cette tendance, des correctifs conjoncturels ont été appliqués en se basant sur le marché des climatiseurs monosplits connus à travers les statistiques UNICLIMA (par exemple si, en année n, le marché des monosplits a été inférieur de 10% par rapport à la tendance observée sur ce marché, le même correctif a été appliqué au marché des climatiseurs mobiles). Dans un premier temps, nous avons tenté d'utiliser les données Eurostat en valeurs disponibles sur la période 2009-2017, mais ces données ne nous sont pas apparues suffisamment fiables.

En conclusion, il apparaît donc à ce stade de l'étude, que le marché de la climatisation mobile est un marché dans l'absolu important et dont les ordres de grandeur sont comparables à ceux des climatiseurs monosplits (les quantités vendues de climatiseurs mobiles représentent 80% des ventes de climatiseurs monosplits en 2020). Sur la dernière période cependant les dynamiques de ces deux types de produits tendent à diverger, le taux de croissance annuel moyen observé pour les monosplits étant de 8% pour la période 2008-2020 vs. 1% pour les climatiseurs mobiles. Un transfert entre les deux types de marché est donc probable.

Ce transfert peut s'expliquer par le niveau de service supérieur des climatiseurs fixes : silence de fonctionnement, utilisation réversible plus naturelle, meilleure performance énergétique, prescription des associations de consommateurs qui décommandent l'utilisation d'un climatiseur mobile pour un usage régulier, etc.

La perception des climatiseurs mobiles par une enseigne de GSB

Sur la saison d'été 2020, une forte croissance du marché de la climatisation mobile a été observée, moindre des ventilateurs. En volume la part de la GSB tend à baisser au bénéfice des grandes surfaces alimentaires et des multispécialistes. L'enseigne a choisi de se positionner sur des produits plus haut de gamme, plus coûteux (500-600 €) et la baisse en volume est compensée par l'accroissement de la valeur unitaire des achats. Les achats sont très saisonniers et décollent dès qu'il y a une alerte vague de chaleur de Météo France. L'enseigne réfléchit à des formules de location, pour répondre à certains comportements de clients qui utilisent leur climatiseur pendant les quelques jours de canicule puis le rapportent au magasin dans le cadre des engagements de reprise de l'enseigne. Des produits sans conduit d'évacuation (les calories sont évacuées dans un bac à eau intégré à la machine) devraient être commercialisés par l'enseigne au printemps 2021, si les tests du laboratoire interne sont positifs. Ces produits sont déjà sur le marché italien et devraient être vendus autour de 1000 €. Ils pourraient constituer des alternatives plus crédibles à des monosplits, même si leur autonomie de fonctionnement est limitée à 5-6 heures (nécessité de vider le bac). Entretien avec Leroy Merlin.

Il n'est pas certain cependant que le climatiseur mobile soit appelé à une marginalisation irrémédiable. D'une part, il conserve certains avantages non négligeables en ce qui concerne le prix et évidemment la mobilité. Et d'autre part, il bénéficie d'avancées technologiques continues (meilleur rendement, silence de fonctionnement), voire de rupture technologique à court terme (suppression de la contrainte d'évacuation des calories par conduit).

La perception de la croissance du marché par UNICLIMA

Pour l'année 2020, la situation du marché de la climatisation s'avère contrastée selon les secteurs considérés. Dans le secteur résidentiel le marché sera encore en croissance et devrait dépasser 800 000 unités pour ce qui concerne les PAC. UNICLIMA considère que ce chiffre est d'autant plus remarquable qu'il n'existe aucune incitation publique à ce type d'équipements. Il conviendrait selon le syndicat de prendre en compte le fait que les PAC air/air sont désormais systématiquement utilisées en mode réversible et se substituent à des chauffages électriques traditionnels, en ce sens, elles génèrent globalement des économies d'énergie. Dans le secteur tertiaire, le marché devrait en revanche régresser en 2020.

3.1.3. Diffusion et usages de la climatisation : les enseignements de l'enquête réalisée auprès des ménages

3.1.3.1. Présentation de l'enquête réalisée

Au total 1200 enquêtes ont été réalisées en ligne se répartissant en deux vagues :

- 800 enquêtes auprès d'un échantillon représentatif de la population française (selon les critères région, catégories socio professionnelles et type d'habitat)
- 400 enquêtes plus spécifiquement réalisées auprès de possesseurs d'équipements de climatisation afin de disposer d'un échantillon plus important pour mieux appréhender les comportements des utilisateurs, leurs processus d'achat et le mode d'utilisation de leurs équipements.

Dans les points suivants, on précisera en dessous de chaque donnée si elle est issue de l'enquête réalisée auprès d'un échantillon représentatif (« enquête réalisée auprès de 800 ménages ») ou si elle se réfère à l'échantillon total (« enquête réalisée auprès de 1200 ménages »).

3.1.3.2. Le taux de pénétration des équipements de climatisation et ses déterminants

L'un des enseignements de l'enquête réalisée par CODA Stratégies est le taux de climatisation important constaté en France métropolitaine : 26% des ménages seraient équipés d'un climatiseur fixe ou mobile. Ce taux est beaucoup plus important qu'attendu, mais apparaît cohérent à la fois avec les données de marché disponibles, et avec les résultats d'autres études récentes (cf. point 6 du présent paragraphe).

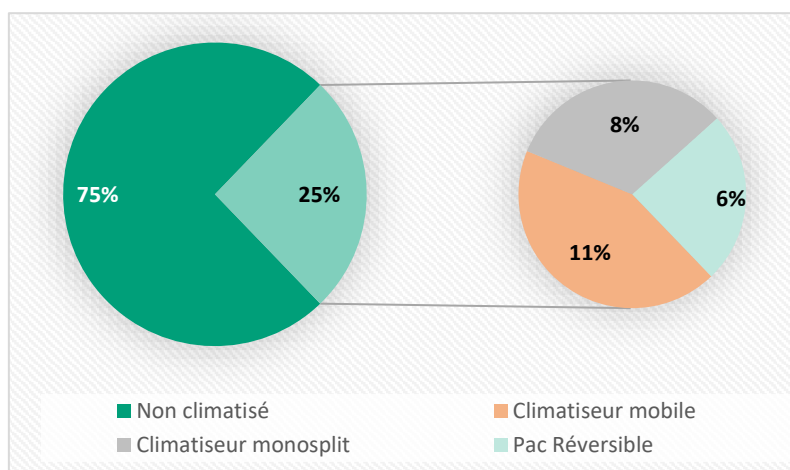


Figure 16 La diffusion des équipements de climatisation –
Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 800 ménages

Il paraît intéressant de rapprocher les résultats de cette enquête des statistiques disponibles sur le marché des équipements de climatisation à destination du secteur résidentiel. Ainsi, si l'on retient une durée de vie moyenne de 15 ans, généralement admise et que l'on admet que tous les appareils installés à une date antérieure à 2005 ont été remplacés et qu'aucun des appareils installés au cours des 15 dernières années ne l'a été, le cumul des ventes sur 15 ans correspond alors au parc installé. Ces hypothèses sont évidemment très simplificatrices et ne sont formulées qu'à titre purement illustratif. Elles permettent néanmoins de comparer le cumul des ventes sur les 15 dernières années (environ 13 millions d'appareils) dont entre 8,5 et 10,3 millions pourraient être installés dans le secteur du logement et le parc de logements en France métropolitaine (31,5 millions). La comparaison entre ces deux grandeurs aboutit à un taux d'équipement compris entre 27 et 32,7%, comparable à celui observé lors de l'enquête. Bien évidemment ces éléments ne constituent pas une preuve de la réalité du taux d'équipement observé lors de l'enquête, mais démontrent du moins que les statistiques disponibles sur le marché n'invalident pas les résultats de l'enquête réalisée.

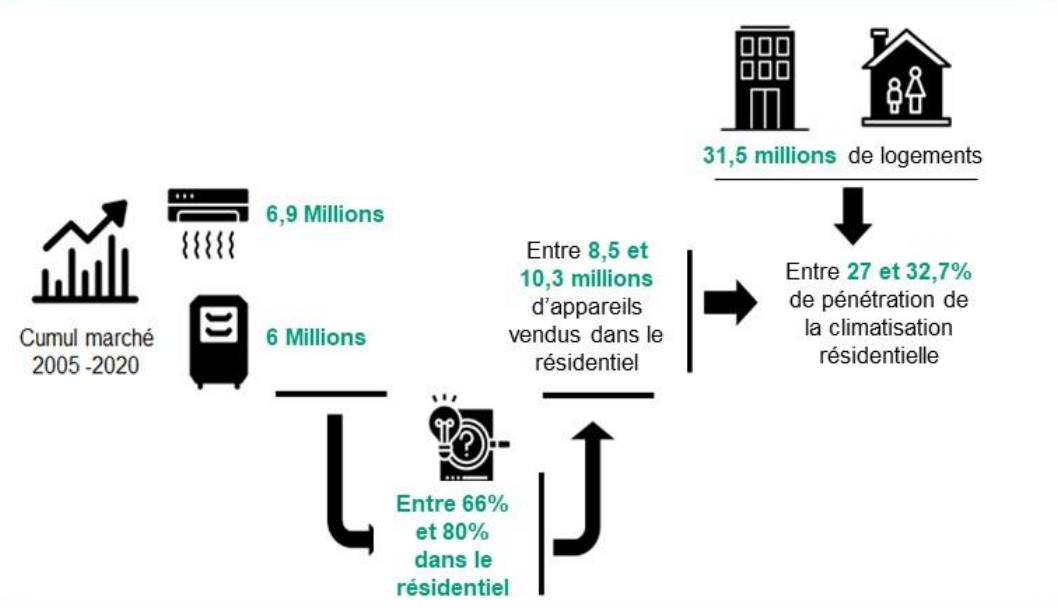


Figure 17 Marché de la climatisation et taux d'équipement constaté : la cohérence des données – Nota : La part du marché résidentiel (entre 66% et 80%) est estimé par CODA Strategies, à partir des différents entretiens réalisés avec les experts, industriels et syndicats professionnels.

Il existe une réelle influence de la situation socioprofessionnelle sur l'équipement en climatisation. Les cadres et professions intellectuelles supérieures sont 37% à déclarer posséder un équipement de climatisation alors que seulement 19% des personnes sans emploi ou inactives déclarent disposer d'une climatisation. La proportion de retraités équipés est supérieure à la moyenne, mais peut être dans des proportions moindre qu'attendu. Cette population n'est pas homogène, et il conviendrait de prendre en compte le niveau de revenu et la fragilité des personnes pour apprécier l'impact du passage à la retraite sur la décision de s'équiper d'une climatisation.

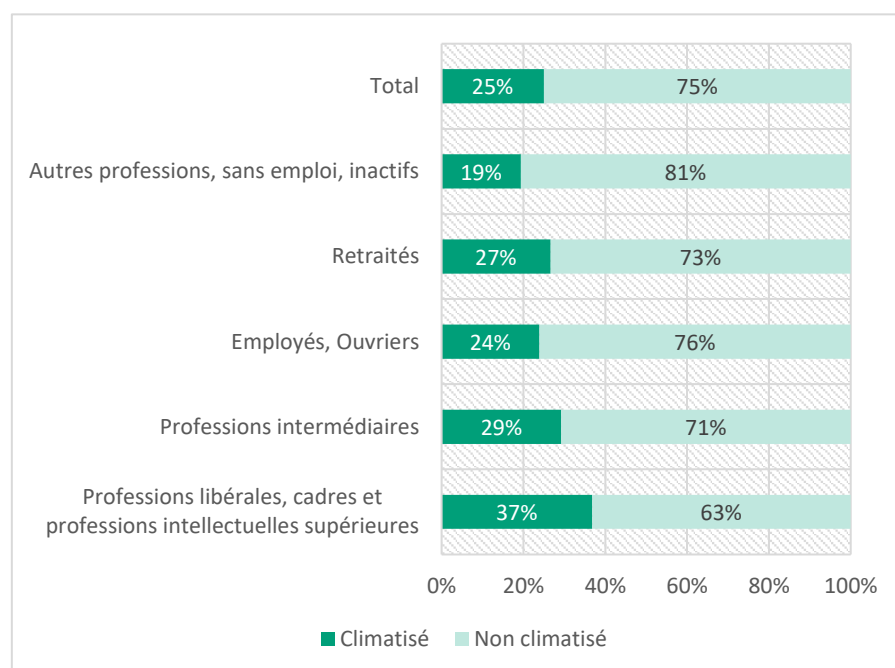


Figure 18 : La climatisation selon la catégorie socio professionnelle

Source : Enquête CODA Strategies auprès de 800 ménages

Avec 31% de taux d'équipement, les maisons individuelles sont largement plus équipées que ne le sont les appartements. Il convient toutefois de noter que les vagues de chaleur sont ressenties encore plus fortement dans les centres urbains et que le taux de climatisation des appartements progresse en conséquence.

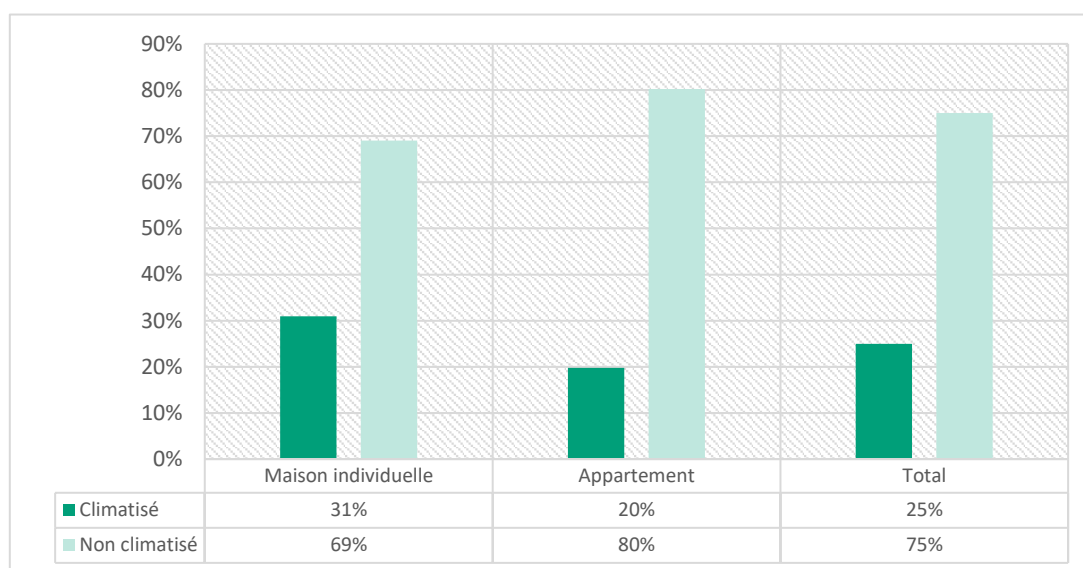
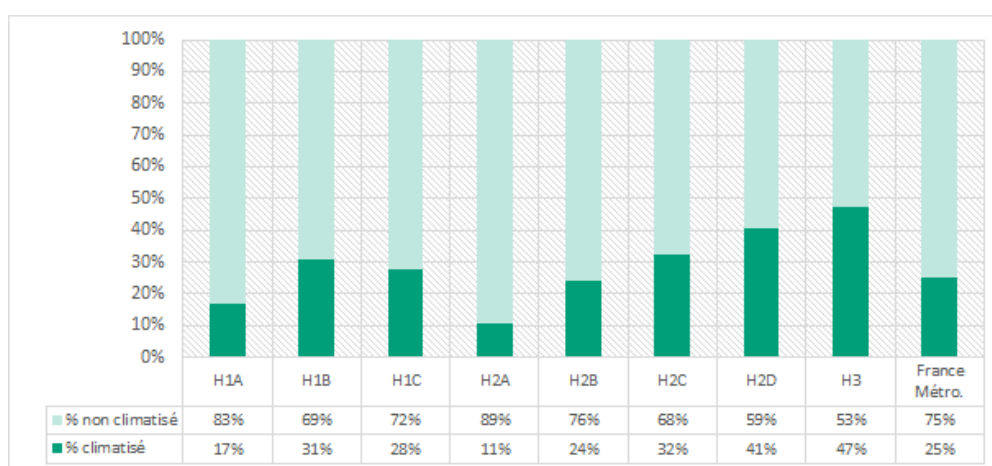


Figure 19 ; La climatisation selon le type de logement –
Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 800 ménages



Le taux d'équipement en climatisation dans les départements d'outre-mer apparaît logiquement plus important que celui observé en métropole. Il serait particulièrement important en Guyane et en Guadeloupe. Les données INSEE disponibles ne permettent pas de savoir si les équipements fixes et mobiles sont pris en compte dans leur totalité ou si seuls les climatiseurs fixes sont considérés. Les interviews réalisés avec différents acteurs du marché dans les DOM montraient une réelle convergence entre les données de l'INSEE et les données recueillies par les acteurs et concernant uniquement la climatisation fixe. Mais dans la mesure où l'enquête INSEE recense l'ensemble des équipements des ménages (électroménager, TV, ...) il paraîtrait logique que l'ensemble des équipements soient pris en compte.

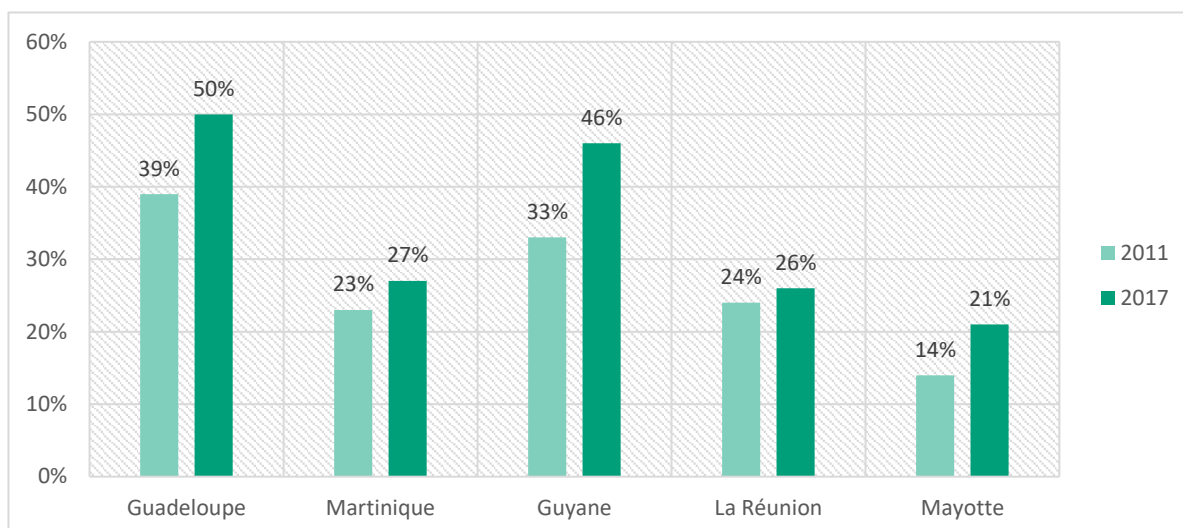


Figure 21 : La situation dans les départements d'outre-mer. Source INSEE – Enquête budget de familles 2017

Les équipements utilisés diffèrent fortement selon le type d'habitat. En logement collectif, la part des climatiseurs mobiles est prépondérante, soit parce qu'il s'agit d'un achat du locataire qui souhaite pouvoir le conserver en cas de déménagement, soit parce que les règles de copropriété peuvent empêcher le propriétaire de réaliser les travaux nécessaires à l'installation d'une climatisation fixe. La marginalisation progressive des climatiseurs de fenêtres est sans doute largement la conséquence des règles de copropriété mais aussi de la réglementation générale.

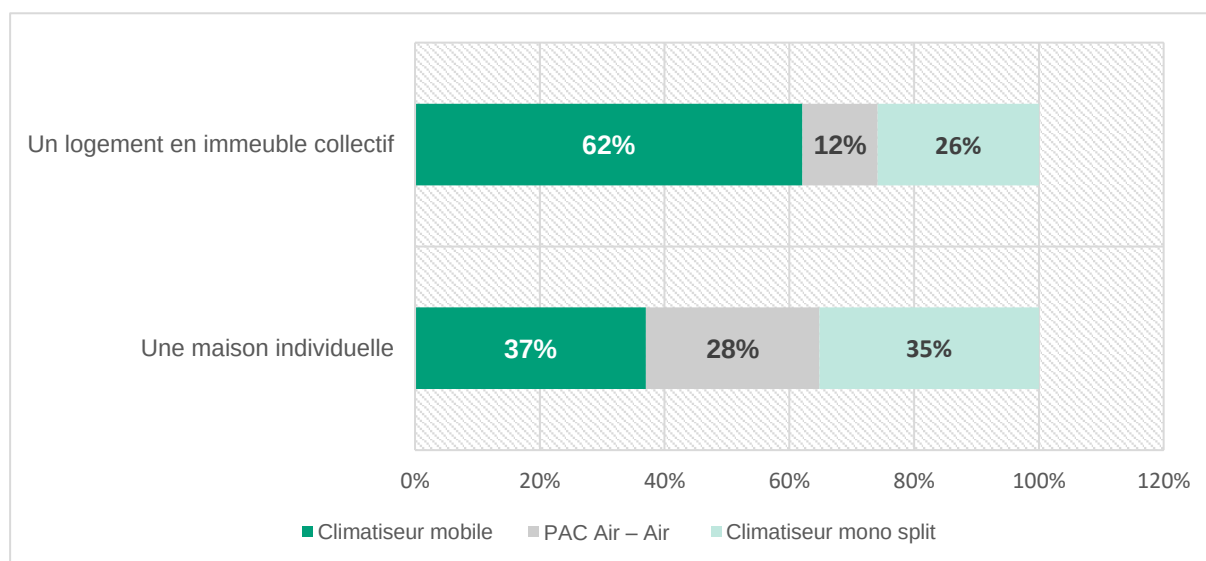


Figure 22 : Le type d'équipement utilisé en fonction du type de logement - Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages Q10. Possédez-vous des équipements vous permettant de rafraîchir votre logement l'été ?

3.1.3.3. Les projets d'équipement

Parmi les ménages non équipés, un quart déclare envisager un achat au cours des deux prochaines années. S'agissant de déclaration d'intention, il est bien évident qu'elles ne se traduiront pas toutes par des investissements réels, néanmoins elles indiquent clairement l'intérêt des ménages pour ce type de produits. Les projets concernent en premier lieu les solutions PAC réversibles / climatiseurs multisplits.

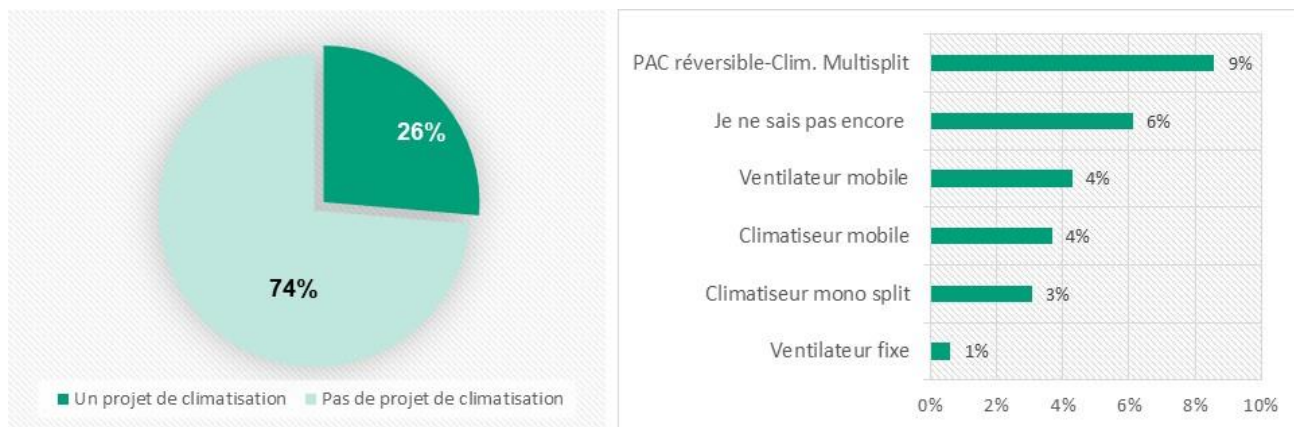


Figure 23 Les projets d'équipement en climatisation - Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 800 ménages

3.1.3.4. Processus d'équipement et comportement d'achat

Les ménages équipés de systèmes de climatisation sont plus nombreux à déclarer avoir mis en œuvre des mesures améliorant le confort thermique passif de leur logement (protection solaire, isolation, brasseur d'air). Cela correspond sans doute au fait que les logements climatisés sont également ceux qui sont les plus exposés à l'inconfort d'été. On observe néanmoins qu'un peu plus de la moitié des ménages équipés en climatiseur n'ont pas mis en place des mesures améliorant la performance thermique passive de leur logement...

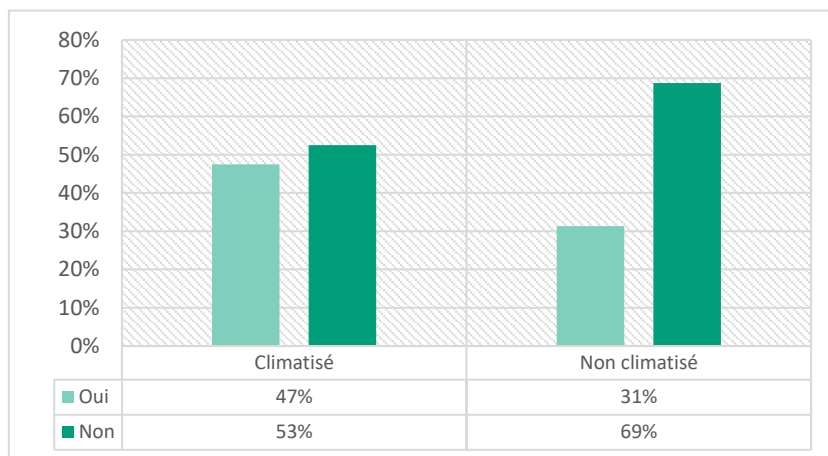


Figure 24 Climatisation et confort thermique passif : les pratiques des ménages - Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages - Q11. Avez-vous pensé à améliorer le confort thermique de votre logement par des mesures passives (protection solaire, isolation, brasseur d'air) ?

Les ménages équipés ont dans leur grande majorité acquis leur équipement sans qu'ils remplacent un équipement de climatisation plus anciens.

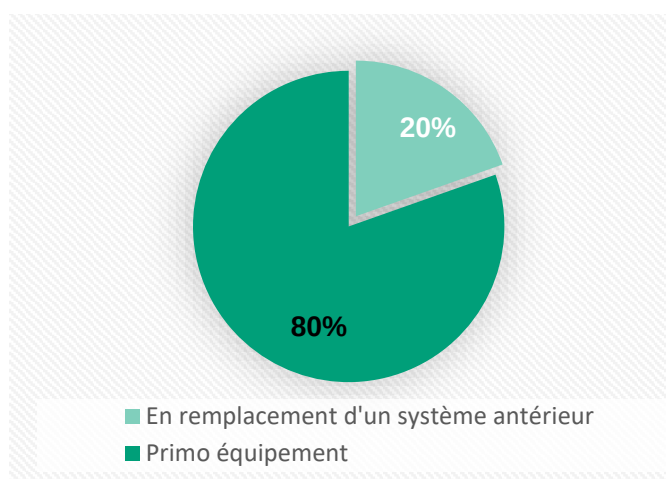


Figure 25 : En majorité, des primo équipements Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages - Q10bis. Avez-vous remplacé votre climatiseur par un système plus récent ?

Au sein de l'échantillon enquêté, les investissements réalisés sont généralement récents : plus de 60% des équipements ont été acquis il y a moins de 5 ans et près d'un tiers au cours des deux dernières années. Ces données confirment le dynamisme du marché et conduisent à penser que le taux d'équipement des ménages devrait continuer à progresser au cours des prochaines années.

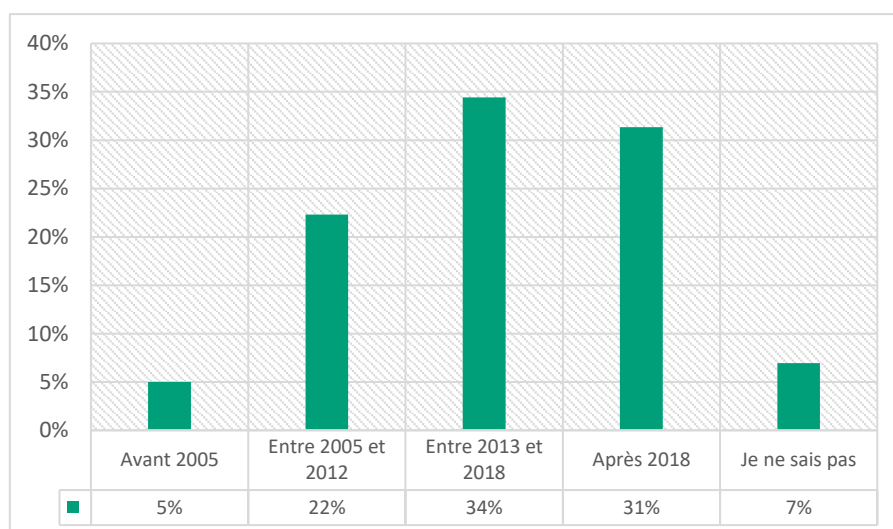


Figure 26 Un équipement souvent récent - Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages - Q15. En quelle année avez-vous acquis votre climatisation ?

	PAC Air-Air - Clim. MS	Climatiseur monosplit	Climatiseur mobile	Ventilateur fixe	Ventilateur mobile
Un installateur spécialisé	56%	59%	10%	25%	15%
Chauffagiste	16%	11%	4%	15%	5%
Société maintenance thermique...	5%	4%	5%	5%	2%
Grande surface de bricolage	8%	10%	29%	20%	23%
Grande surface spécialisée	3%	4%	29%	15%	21%
Grande surface alimentaire	0%	1%	5%	2%	8%
Internet	1%	3%	11%	5%	9%
Autre	10%	7%	6%	11%	17%

Tableau 1 Les canaux d'approvisionnement utilisés. Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages- Q23. Auprès de qui avez-vous acheté votre système de climatisation ?

La souscription d'un contrat de maintenance des équipements achetés est minoritaire et très faible dans le cas d'achat d'un climatiseur mobile. Près de la moitié des utilisateurs de PAC Air/Air souscrivent néanmoins à un tel service.

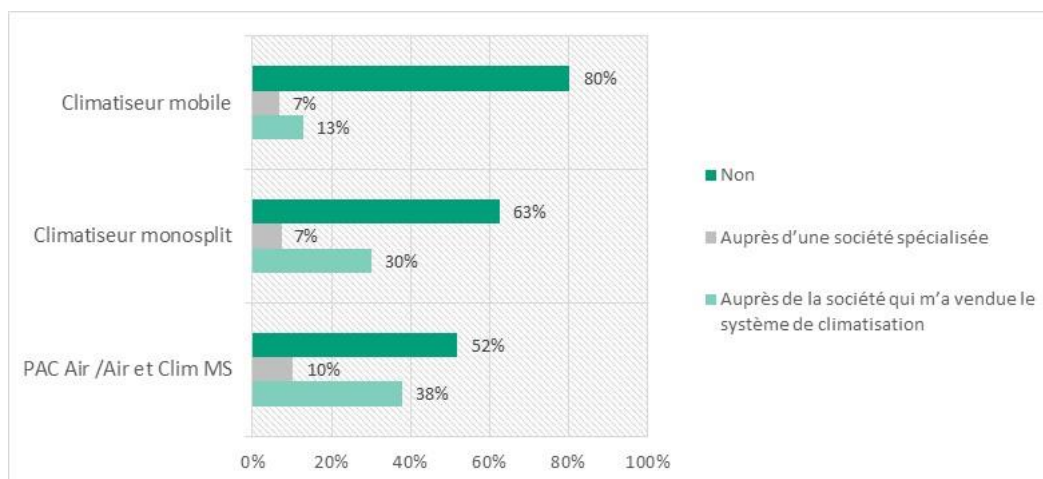


Figure 27 : La souscription d'un contrat de maintenance - Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages. Q24. Avez-vous souscrit un contrat d'entretien pour votre système de climatisation ?

La démarche d'achat varie très significativement en fonction du type d'équipement. Les climatiseurs mobiles sont souvent acquis dans l'urgence, pour faire face à une vague de chaleur. A l'inverse, la démarche d'équipement en systèmes monosplit et a fortiori en PAC réversibles multisplit est beaucoup plus raisonnée, ce qui peut bien évidemment s'expliquer par le prix des systèmes, mais également parce que ceux-ci sont le plus souvent désormais utilisés à la fois pour rafraîchir et pour chauffer le logement, et qu'ils ont donc des conséquences importantes sur le confort global pendant toute l'année et sur la dépense énergétique du logement.

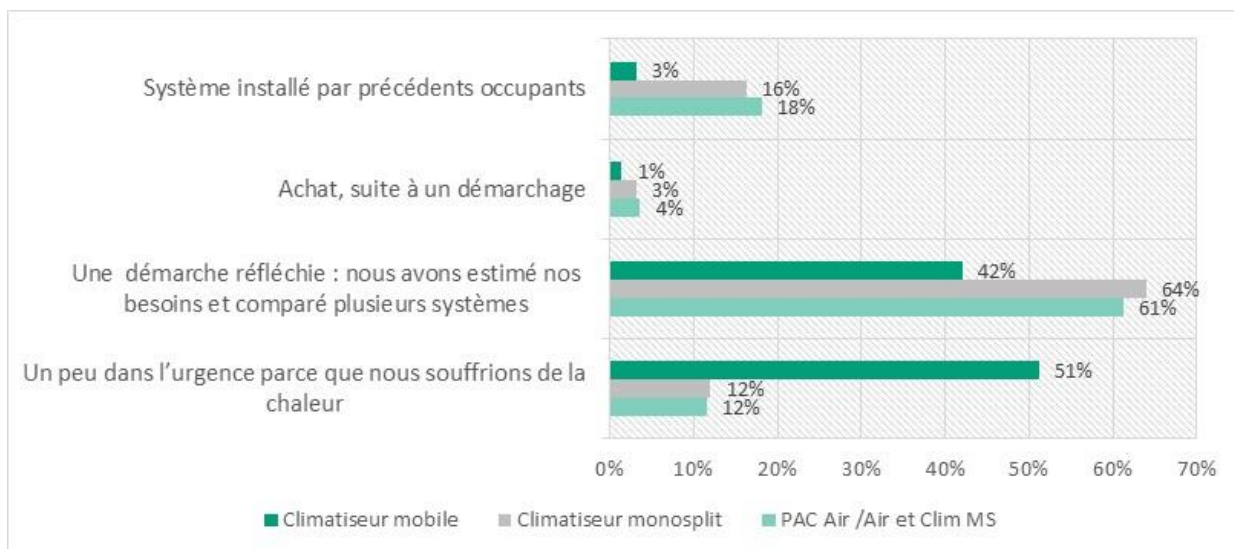


Figure 28 : Le processus d'achat en fonction du type d'équipement Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages. Q25. Comment qualifieriez-vous votre processus d'achat de climatiseur ?

Près de 60% des ménages déclarent s'être informés en préalable à leur achat et Internet a constitué leur principale source. 21% de ceux-ci déclarent par ailleurs s'être tourné vers un conseiller MDE, un taux qui semble élevé par rapport à d'autres observations.

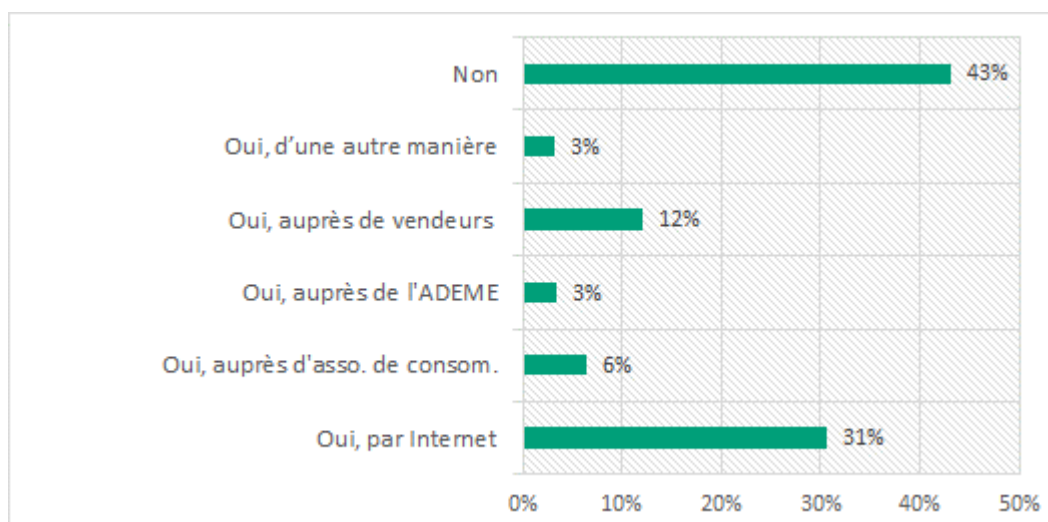


Figure 29 : L'information préalable à l'achat d'un équipement. Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages. Q27. Vous êtes-vous informé(e) sur la performance énergétique et environnementale des équipements de climatisation ?

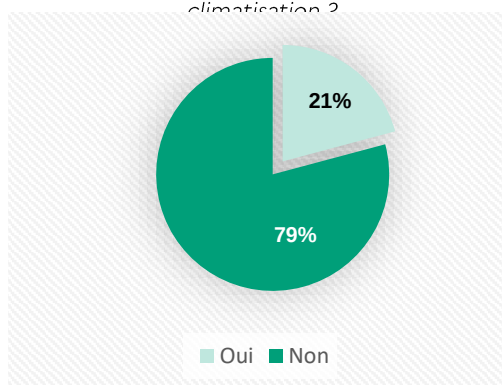


Figure 30 : Le recours aux conseillers en maîtrise de l'énergie Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages. Q26. Vous êtes-vous informé(e) auprès d'un conseiller en maîtrise de l'énergie exerçant dans une association ou une structure locale (Service FAIRE, Agence Locale de l'Energie, Point Rénovation Info Service, Espace Info Energie, etc.) ?

La performance énergétique de l'équipement est connue par 37% de l'échantillon. Lorsque les utilisateurs sont en mesure de communiquer la classe énergétique de leurs équipements, les classes hautes, de A+ à A+++ sont largement majoritaires, représentant plus des 2/3 de l'échantillon. Ces résultats peuvent s'expliquer pour une part par le caractère souvent récent des achats, mais également par le fait que les personnes qui connaissent le mieux la performance environnementale de leur équipement sont celles qui l'ont privilégiée lors de l'achat.

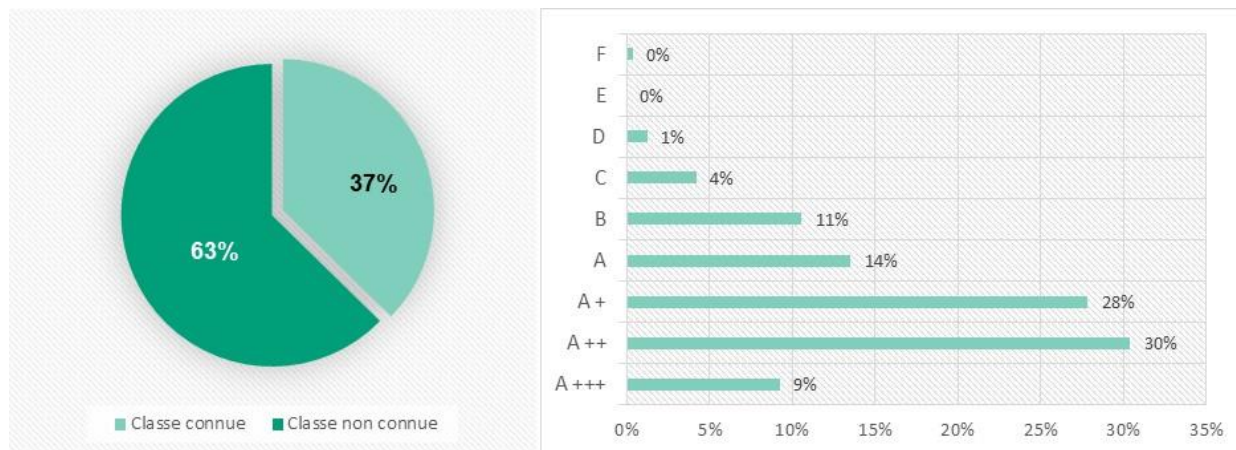


Figure 31 : La connaissance de la performance énergétique de l'équipement. *Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages. Q29. Connaissiez-vous l'étiquette énergétique de votre équipement ? Q30. Quelle était la classe énergétique de votre appareil ?*

Le SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio), qui mesure le rendement des équipements selon le ratio entre l'énergie électrique consommée et la puissance de froid produite dans des conditions climatiques et d'usage prédéfinies, n'est connu que par 10% de l'échantillon. Lorsqu'il est connu, les performances annoncées par les possesseurs sont bonnes, avec près de 40% de l'échantillon annonçant une performance supérieure à 8. Ces données ne sont cependant sans doute pas représentatives de la réalité du marché, en raison de certains biais : les possesseurs des systèmes les plus récents sont sans doute ceux qui connaissent le mieux la performance de leur équipement, les personnes connaissant le SEER, sont celles qui y ont accordé de l'importance et l'ont utilisé comme critère de choix d'un équipement (les 10% de l'échantillon ayant déclaré connaître le SEER sont quasi unanimes à déclarer l'avoir utilisé comme critère d'achat). Dans ces conditions l'histogramme de la figure ci-dessous ne décrit sans doute pas la réalité du parc actuel.

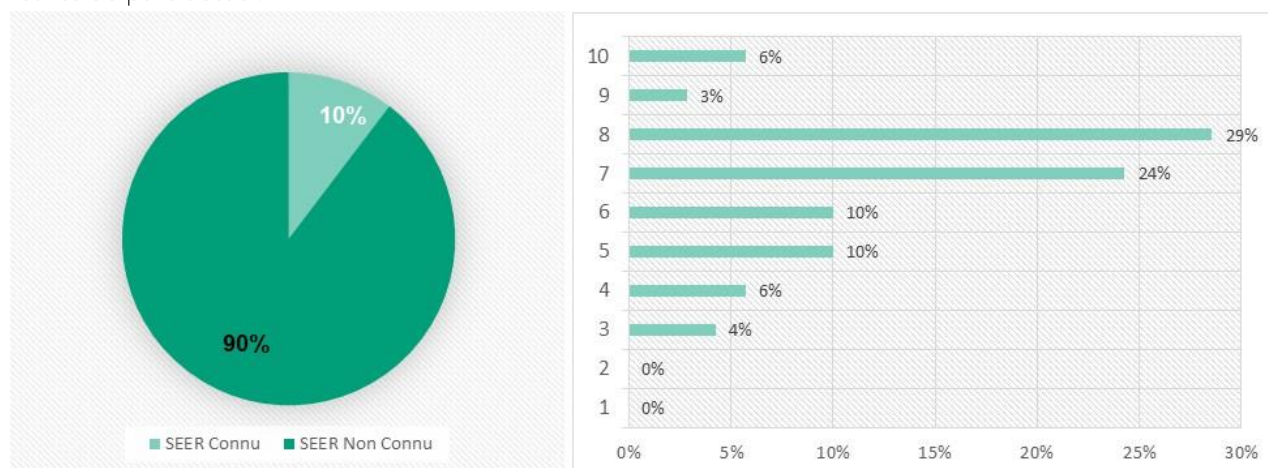


Figure 32 : Le SEER, un indicateur de performance mal connu. *Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages. Q31. Connaissiez-vous le SEER (Seasonal Energy Efficiency ratio – Coefficient d'efficacité énergétique saisonnier) qui qualifie la performance d'un système ? Q31bis. Vous connaissez le SEER de votre équipement, pouvez-vous nous communiquer sa valeur ?*

Au-delà de leur stricte performance environnementale, les utilisateurs n’ont pas une connaissance précise de leur équipement en général. Environ 80% d’entre eux ignorent la nature du fluide frigorigène incorporé dans leur équipement et plus des deux tiers ne connaissent pas sa puissance.

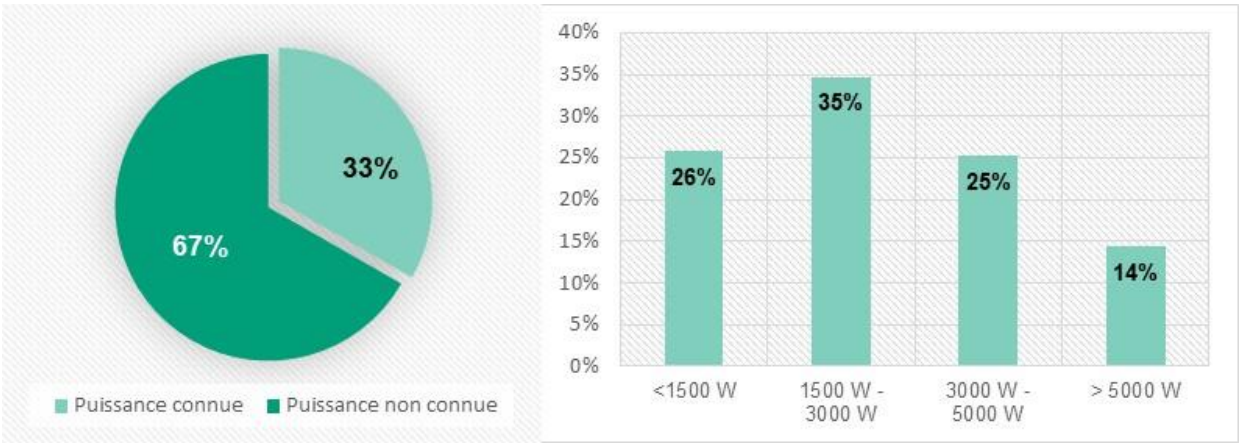


Figure 33 La puissance des climatiseurs installés. *Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages. Q35. Connaissez-vous la puissance de votre système de climatisation ? Q36, Si oui, quelle est sa puissance ?*

L’impact sur l’environnement des équipements de climatisation est jugé négatif ou très négatif par plus de 80% de l’échantillon interviewé, les possesseurs de climatiseurs se montrant un peu plus indulgents dans leur jugement.

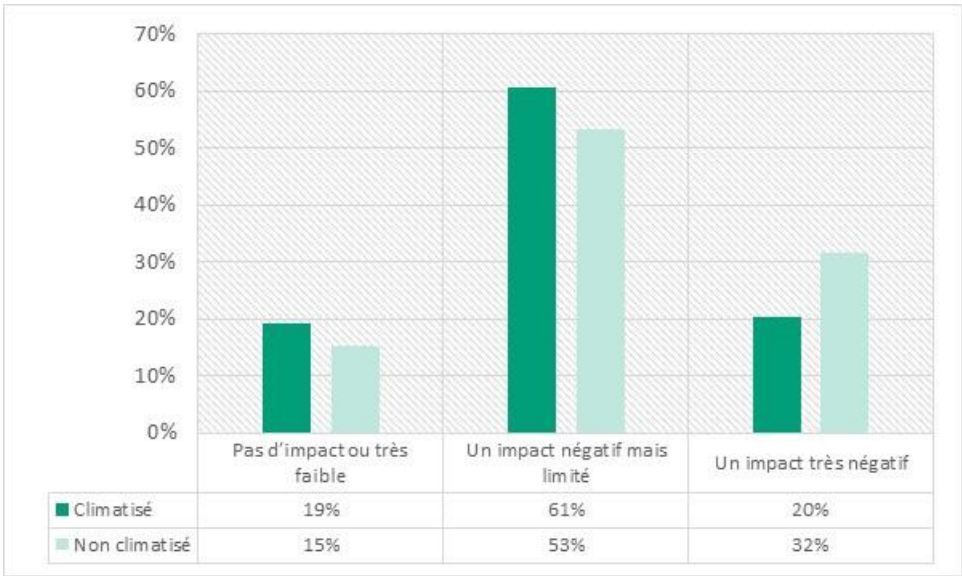


Figure 34 : La perception de l’impact environnemental des systèmes de climatisation. *Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages Q37. Comment définiriez-vous l’impact de la climatisation sur l’environnement et le réchauffement climatique ?*

Finalement, le critère d’achat prioritaire demeure sans surprise le prix de l’équipement, précédant la puissance de refroidissement et la consommation énergétique. Le respect de l’environnement n’est cité le plus souvent qu’au dernier rang des préoccupations. Cependant, le rang moyen assez proche des différents critères de choix démontre une diversité assez importante des critères de choix privilégiés au sein de l’échantillon observé.

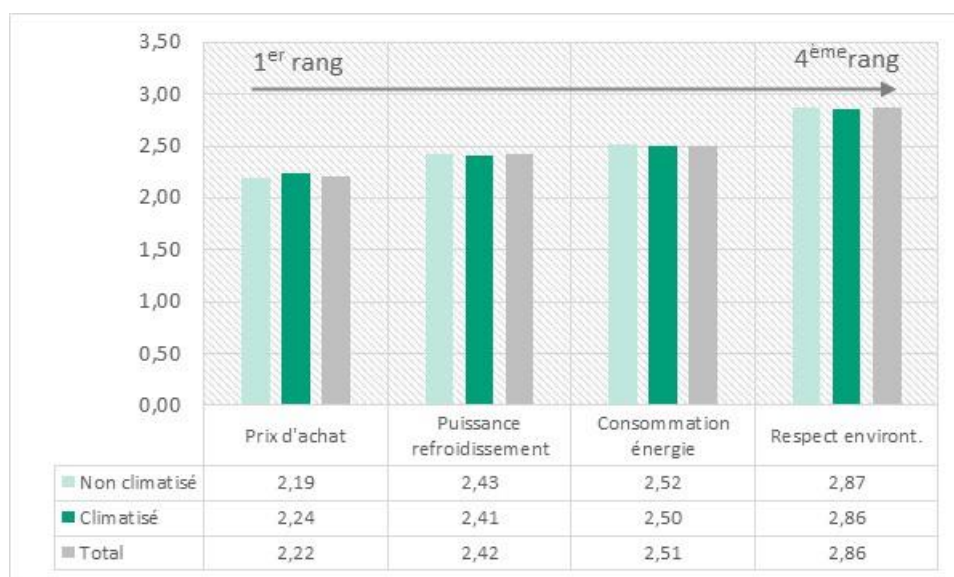


Figure 35 : la hiérarchisation des critères d'achat d'un équipement de climatisation. Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages. Q39. Dans le cas d'un projet d'achat ou de renouvellement de votre climatisation, pouvez-vous classer vos critères de choix ? (De1 : 1er rang, à 4 : 4ème rang)

3.1.3.5. Les usages

Le temps d'utilisation des équipements en fonction de la température extérieure est assez proche pour les différents types d'équipement. L'hypothèse souvent évoquée selon laquelle les climatiseurs mobiles ne seraient utilisés que ponctuellement pour faire face aux quelques jours de vague de chaleur observés certaines années est contredite par l'enquête.

Que l'on considère la période d'utilisation des différents équipements ou la durée quotidienne d'utilisation de ceux-ci en fonction de la température extérieure, les données relevées pour les différents types d'équipements sont effectivement assez proches.

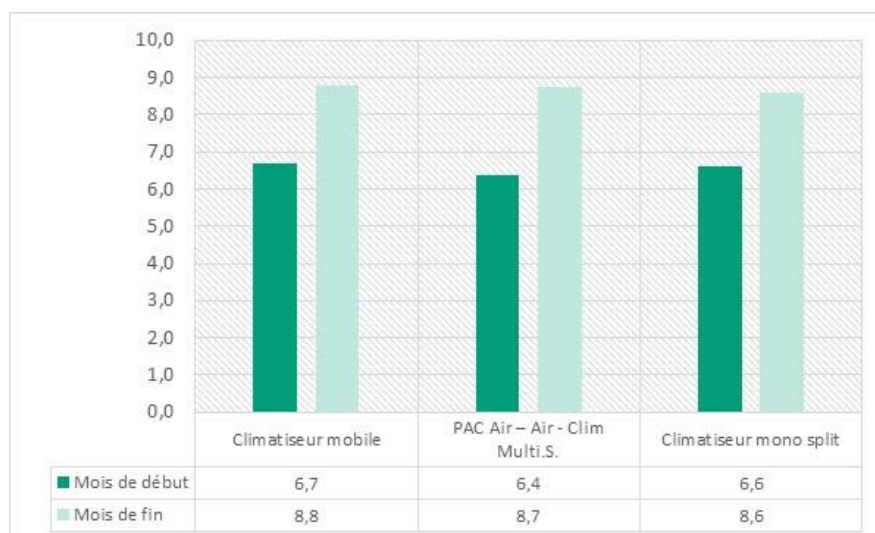


Figure 36 : Mois de mise en service et d'arrêt de la climatisation. Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages. Q17. Généralement, quel est le mois pendant lequel vous commencez à utiliser la climatisation ? Q18 : Quel est le mois pendant lequel vous cessez de l'utiliser ? Nota : 6 = Juin, 7 = Juillet, 8 =Août...)

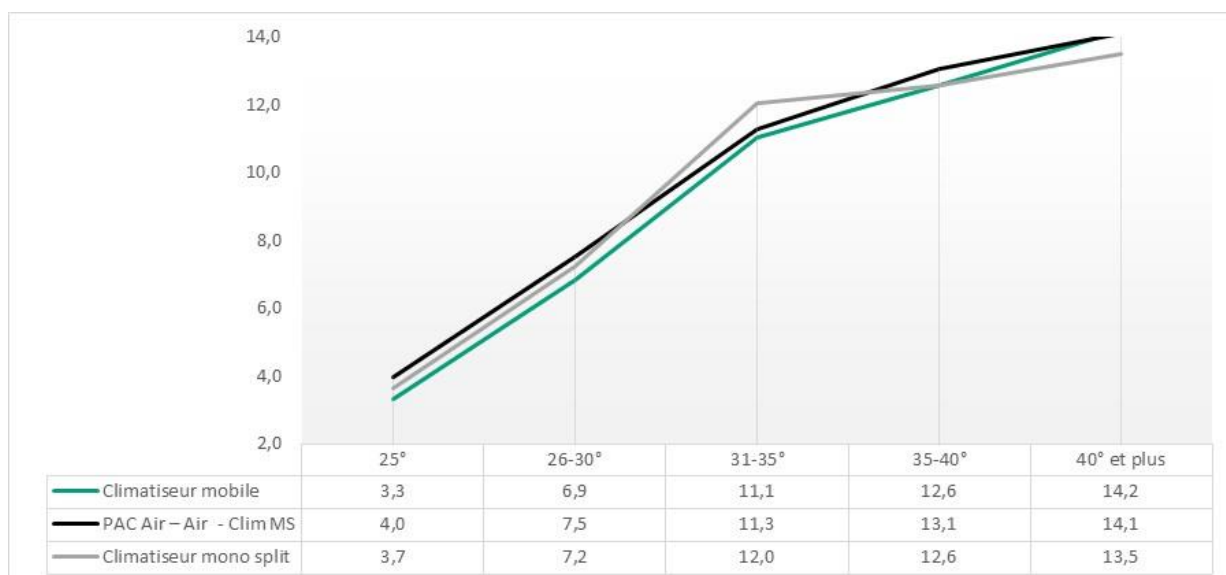


Figure 37 :: Durée quotidienne d'utilisation (en heures) selon la température extérieure observée. *Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages. Q19. Selon la température extérieure dans la journée, quelles sont les heures pendant lesquelles vous utilisez votre équipement de climatisation ?*

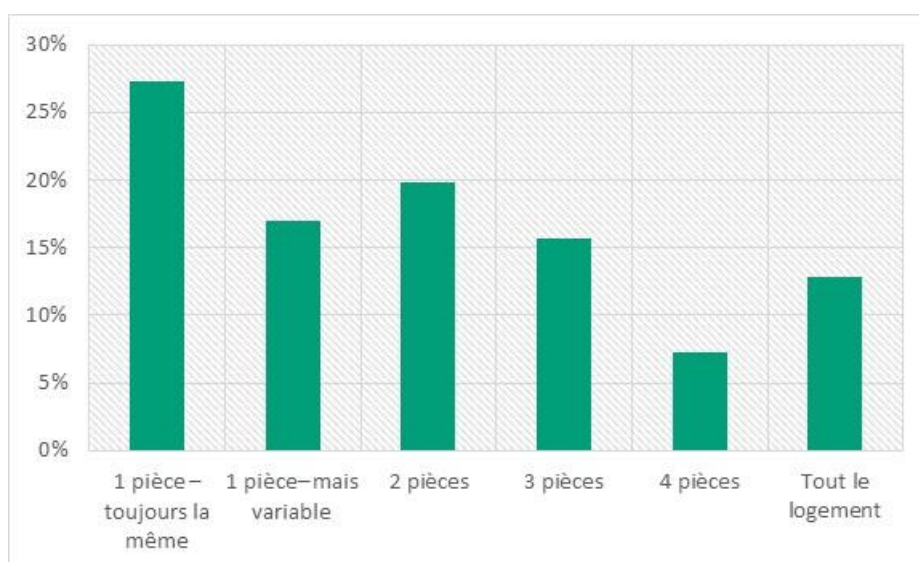


Figure 38: Le nombre de pièces climatisées par les ménages utilisateurs. *Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1 200 ménages*

Les surfaces moyennes climatisées varient selon le type d'équipement pris en compte. Si une grande majorité de climatiseurs mobiles est utilisée pour une surface inférieure à 50m², la surface moyenne desservie par une PAC air-air ressort à près de 70m².

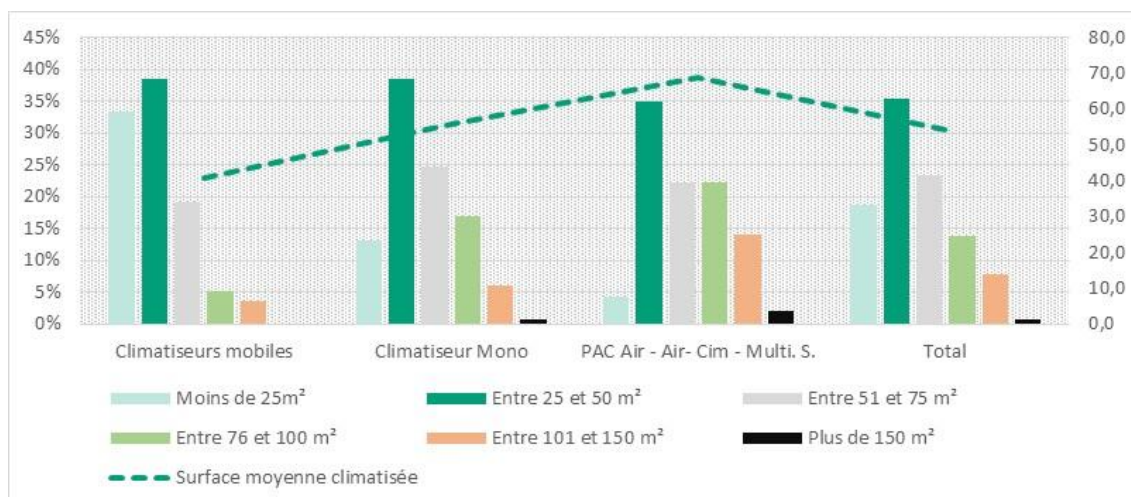


Figure 39 : La surface moyenne climatisée selon le type d'équipement de climatisation Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages. Q16. Quelle est la surface climatisée de votre logement ?

3.1.3.6. Des résultats cohérents avec certains travaux récents.

Les résultats de l'enquête réalisée dans le cadre de cette étude apportent des éléments nouveaux, en particulier s'agissant du taux de climatisation, beaucoup plus élevé que ce qui est généralement présenté (ainsi par exemple les données de l'INSEE font état en 2017 d'un taux de climatisation de 11% en métropole⁶).

Dans ces conditions, il est apparu intéressant de présenter les résultats d'une enquête réalisée par EDF dont la problématique est assez voisine de cette étude.

Cette enquête a été réalisée en ligne en 2019 auprès d'un échantillon de 4 000 ménages pour le compte d'EDF R&D. Certains résultats ont été rendus publics en août 2020⁷, ils font notamment ressortir les points suivants :

- Le taux de climatisation observé sur l'échantillon est de 22%, il s'inscrit en progression de 8% par rapport à une précédente enquête réalisée en 2016 (14%)
- Le taux d'équipement en climatisation (figure 1) est sensiblement plus faible pour les logements collectifs (19 %) que pour les maisons (23 %).
- L'analyse des résultats selon la zone climatique³ montre que le taux d'équipement varie d'un facteur cinq entre la zone H2a, la moins équipée, et les zones H3 et H2d qui comptent respectivement 45 % et 30 % des ménages déclarant posséder au moins une unité de climatisation.
- Avec 8.5% les climatiseurs mobiles représentent plus du tiers du parc
- La consommation associée à la climatisation « froid » est estimée par l'étude à respectivement de 850 kWh, 450 kWh et 475 kWh par unité et par an pour les climatiseurs mobiles, les PAC Air Eau et les PAC Air Air, ces consommations
- Le taux de climatisation est plus important dans les logements construits après 2012 ce que les auteurs interprètent comme la conséquence de la mauvaise prise en compte du confort d'été par la RT 2012.

⁶ Source : Insee, enquête Budget de famille 2017.

⁷ Une synthèse est disponible sur le site équilibre des énergies : <https://www.equilibredesenergies.org/30-07-2020-la-climatisation-des-logements-residentiels-laisser-faire-ou-encadrer-intelligemment>

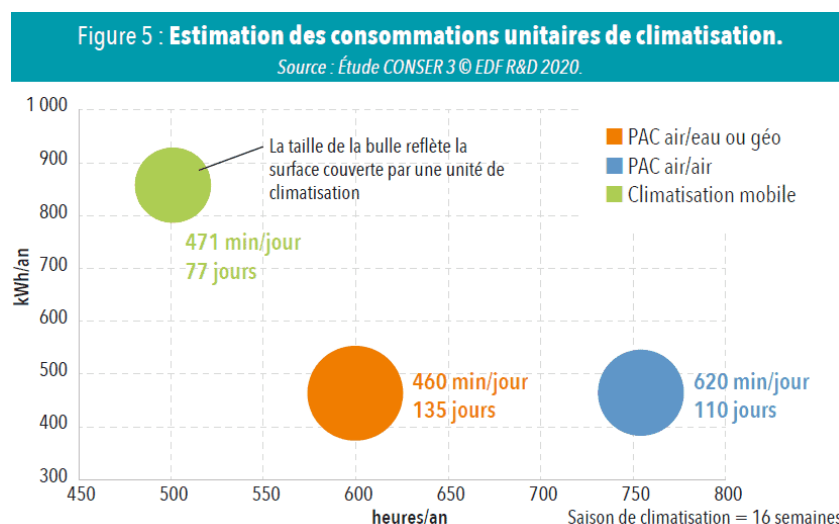


Figure 40 : Extrait de l'étude réalisée par EDF R&D Source EDF R&D <https://www.equilibredesenergies.org/30-07-2020-la-climatisation-des-logements-residentiels-laisser-faire-ou-encadrer-intelligemment>.

Globalement les résultats de cette étude sont donc cohérents avec l'enquête réalisée par nos soins, notamment pour ce qui concerne les taux d'équipement. En effet, les 22% évoqués par l'enquête ont été observée en 2019 et si l'on prolonge les tendances décrites par l'étude (+8% en 3 ans) ou que l'on observe les ventes de climatiseurs sur le marché français (800 000 PAC et 460 000 climatiseurs mobiles), une progression de 3% entre 2019 et 2020 paraît réaliste. Le taux de climatisation que nous observons (26%) est donc assez proche de celui mis en évidence par l'étude EDF (22% + 3%).

Le poids de la climatisation mobile que nous avons identifié comme une problématique importante est également noté dans cette étude, les auteurs insistant sur la faible performance de ces équipements par rapport aux systèmes fixes.

3.1.4. Éléments sur la demande en climatisation résidentielle dans les DOM

L'enquête et les résultats décrits dans les paragraphes précédents ont porté exclusivement sur le territoire métropolitain. La demande dans les DOM apparaît différente en raison des conditions climatiques, d'habitat, démographiques et culturelles spécifiques. La recherche documentaire et les entretiens réalisés ont permis de mettre à jour un certain nombre d'éléments éclairant la situation spécifique de ces territoires.

3.1.4.1. Le taux de climatisation dans les DOM

Les taux de climatisation dans les DOM sont relativement bien connus grâce aux enquêtes sur le budget des familles réalisées par l'INSEE. Le graphique ci-dessous illustre les constats établis pour les différents territoires en 2011 et 2017, dernière année pour laquelle des résultats sont disponibles.

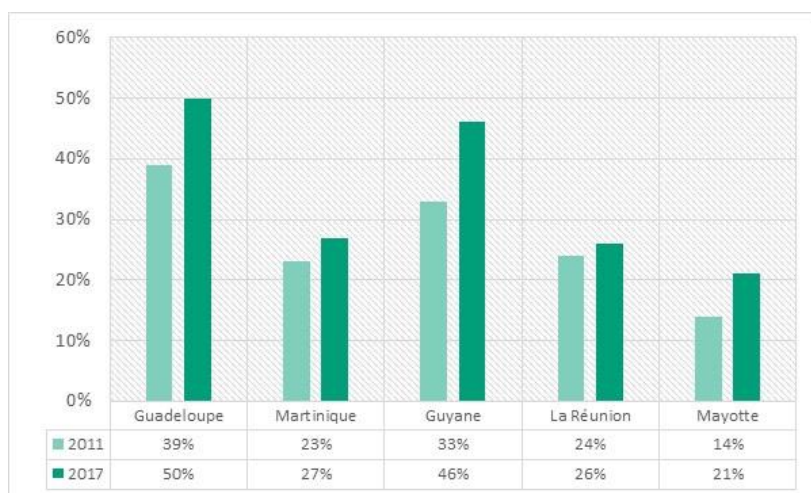


Figure 41 : Le taux de climatisation des ménages dans les DOM

Source : INSEE, enquête Budget de famille 2017

Ces données permettent d'observer des différences très notables entre les différents départements, avec un taux d'équipement très important en Guadeloupe et en Guyane, une très forte croissance à Mayotte, alors que les taux observés à La Réunion apparaissent plus limités et croissent moins rapidement. Les conditions climatiques spécifiques à chaque territoire constituent sans doute l'élément explicatif le plus pertinent de ces disparités. Les interviews réalisées ont indiqué que le recours à la climatisation était justifié tout autant par la volonté de réduire la température dans le logement que de maîtriser le taux d'humidité. Le recours très important à la climatisation en Guyane y trouve sans doute son explication (par ailleurs des matériels à très faible coût importés illégalement sont disponibles sur ce territoire).

3.1.4.2. Les usages : le cas de La Réunion.

EDF a réalisé récemment une étude sur l'équipement électrique à La Réunion, dont une partie importante est consacrée à la climatisation. Cette étude réalisée en mars 2020 s'appuie sur une enquête réalisée auprès d'un panel de 1 000 ménages réunionnais.⁸

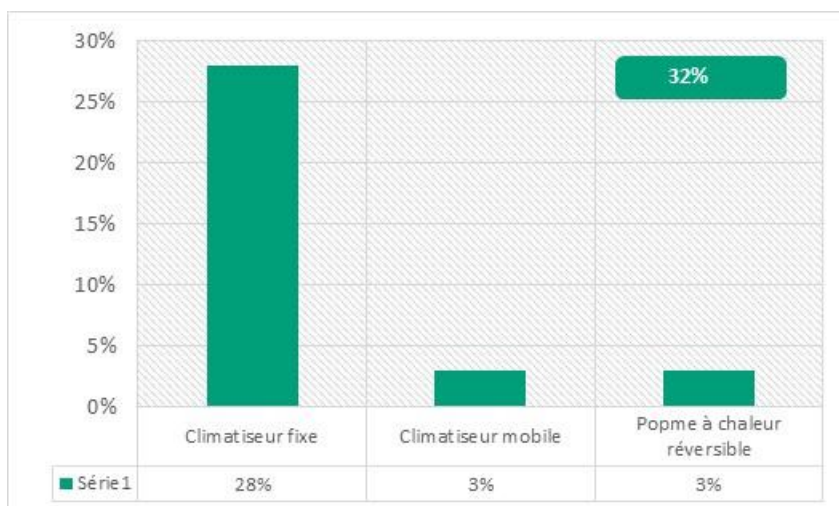


Figure 42 : Le taux de climatisation des ménages réunionnais (2020).

Source EDF : Etude sur la connaissance des usages électriques à La Réunion – 2020

Par rapport aux données fournies par l'enquête budget des familles de l'INSEE, le taux de climatisation aurait donc fortement progressé entre 2017 et 2020, passant de 26 à 32%. Une telle évolution apparaît relativement conforme à ce qui a été observé sur le territoire métropolitain et ne semble pas particulièrement surprenante. On observe en revanche le poids très dominant des climatiseurs fixes, contrairement à la situation sur le territoire métropolitain. La décision d'achat à La Réunion est sans doute moins influencée par la survenue d'épisodes caniculaires, plus favorable à l'achat d'équipements mobiles.

⁸ Etude sur la connaissance des usages électriques à la Réunion – EDF - 2020

Conformément à ce qui est observé en métropole, le recours à la climatisation est très différencié selon la position sociale des ménages : les personnes exerçant une activité professionnelle sont 36% à déclarer recourir à un tel équipement contre 11% pour les personnes au chômage et 33% pour les personnes à la retraite.

Les dispositifs sont installés essentiellement dans les chambres et dans une moindre mesure dans le salon ou les salles à manger. Dans 72% des cas, la surface climatisée représente moins de la moitié de la surface habitable du logement. Lors des interviews réalisées à l'occasion de cette étude, il est apparu que l'un des enjeux de la maîtrise des consommations d'énergie était de cantonner l'usage de la climatisation aux chambres à coucher et son utilisation aux horaires nocturnes, le rafraîchissement du reste du logement pouvant être assuré par des brasseurs d'air. Actuellement la pénétration des brasseurs d'air demeure cependant modeste, avec 11% des ménages équipés (dont 6% qui possèdent également un climatiseur).

L'enquête réalisée par EDF montre également que les climatiseurs sont utilisés en moyenne 4,8 mois par an pendant 6,3 heures par jour en moyenne. En majorité, les utilisateurs recourent à la climatisation en conséquence d'une sensation d'inconfort thermique sans fixer de seuil de température fixe de déclenchement.

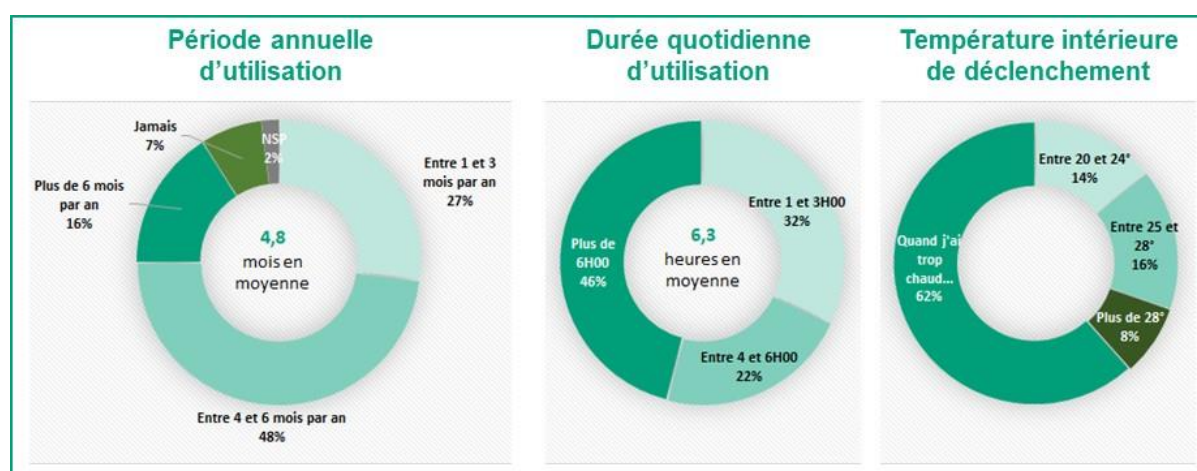


Figure 43 : Les modalités d'utilisation des équipements de climatisation par les ménages réunionnais
Source EDF : Etude sur la connaissance des usages électriques à La Réunion – 2020

3.2. La situation dans le secteur tertiaire

3.2.1. Le marché des équipements de climatisation

Le syndicat UNICLIMA publie chaque année des données précises relatives à l'évolution du marché en volume des équipements de climatisation à destination du secteur tertiaire. Ces données sont particulièrement intéressantes car elles permettent un suivi de l'évolution du marché sur une longue période et sur une base fiable, puisqu'elles reposent sur les déclarations anonymisées de mises sur le marché des adhérents du syndicat.

Quelques précisions doivent être apportées afin de permettre une interprétation correcte des données ci-dessous :

- La représentativité d'UNICLIMA est de 92% pour l'ensemble du marché de la climatisation. Ce taux global recouvre cependant des disparités : 98% du marché pour les PAC Air/air et les systèmes DRV, 60% pour les groupes froids et les Roof Top.
- Les données publiées par UNICLIMA ne sont pas réévaluées pour donner une image globale du marché mais correspondent strictement aux mises sur le marché de ses adhérents.
- Certaines données ne sont plus publiées par UNICLIMA, par exemple dans le cas des Roof Top, pour des raisons de secret statistique (un seul adhérent représente 80% des ventes assurées par les membres du syndicat).
- Les « mises sur le marché » correspondent aux livraisons aux distributeurs et non aux ventes effectivement constatées auprès des clients finaux.
- Les statistiques portent exclusivement sur la France métropolitaine. Les marchés des DOM sont moins connus, même si certaines données ont pu être obtenues lors des entretiens réalisés.

Ces remarques expliquent la discontinuité dans la publication de certaines données, telles qu'elles sont présentées dans le graphique suivant.

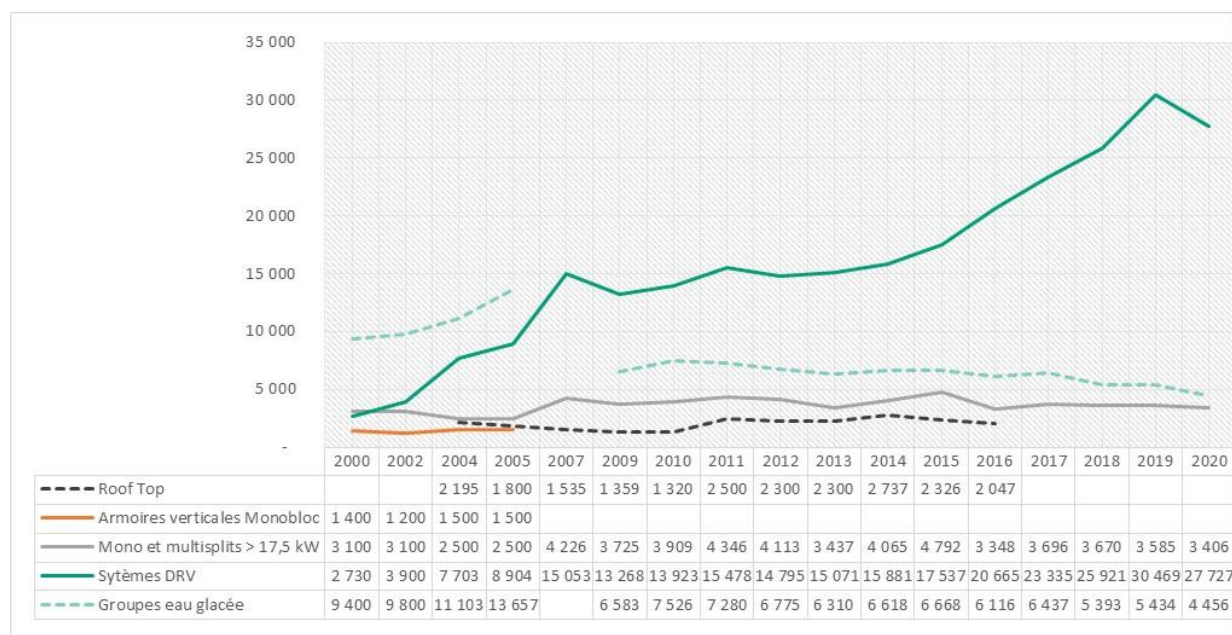


Figure 44 : L'évolution des mises sur le marché des adhérents d'UNICLIMA au cours des vingt dernières années.
Source : UNICLIMA, compilation des données réalisée par CODA Stratégies

Les statistiques publiées font clairement ressortir la très forte montée en puissance des systèmes DRV entre 2000 et 2007 et au cours des 5 dernières années. Cette croissance s'est notamment réalisée au détriment des groupes froid classiques, en raison des avantages spécifiques de la technologie DRV (production simultanée de froid et de chaud, travaux d'installation plus faciles à gérer dans le cas de rénovation (pas de mise en place de réseaux d'eau, possibilité de maintenir l'exploitation des locaux pendant la rénovation), ainsi que les très bonnes performances thermiques de ces systèmes. A terme, le durcissement continu de la réglementation relative aux fluides frigorigènes pourrait toutefois modifier l'équilibre du marché, les groupes froids classiques pouvant faire valoir le confinement des fluides frigorigènes dans l'unité centrale, permettant une meilleure gestion de ceux-ci.

On observe une relative stabilité du marché des Roof Top sur la période couverte par les statistiques d'UNICLIMA. Ces équipements, dédiés à la climatisation des espaces commerciaux et logistiques auraient dû bénéficier de la forte croissance de la construction dans le secteur logistique. Il est probable qu'ils aient subi la concurrence des autres technologies de climatisation.

3.2.2. La diffusion de la climatisation dans les segments tertiaires

3.2.2.1. Problématique et méthode d'évaluation de la situation dans le secteur tertiaire

La méthode de réalisation d'évaluation des consommations associées à la climatisation s'appuie sur des interviews d'experts, les données dont CODA Stratégies dispose en propre (notamment plusieurs enquêtes réalisées auprès de gestionnaires de bâtiments tertiaire) et de données externes, notamment en provenance de l'ADEME, du CEREN et de RTE.

L'évaluation des consommations énergétiques dans le tertiaire et le logement se fait généralement à partir de modèles construits selon la séquence suivante :

Parc de bâtiments ➔ Taux de climatisation ➔ Consommation annuelles par m² ➔ Consommation annuelle

Le parc de bâtiment peut être segmenté de manière plus ou moins fine, avec a minima une typologie en huit sous-secteurs d'activité :

- Bureaux
- Commerces

- Santé
- Cahore (Cafés, Hôtels Restaurants)
- Sport, Loisir, Culture
- Enseignement
- Habitat communautaire
- Bâtiment de transport

La méthode utilisée par CODA Stratégie, qui sera exposée au §4.1.1

, est quelque peu différente dans la mesure où le ratio de consommation annuelle par m^2 est un résultat du modèle et non une variable d'entrée de celui-ci. Il n'en demeure pas moins que la connaissance du parc de bâtiment, sa segmentation et le taux de diffusion de la climatisation demeurent des variables incontournables pour apprécier le niveau de consommation associée à ces équipements.

Dans ces conditions, les paragraphes suivants s'attachent à présenter les données disponibles sur les surfaces tertiaires, et les taux de climatisation observés. Les différences entre les données utilisées lors des évaluations réalisées pour la présente étude et d'autres sources sont présentées et discutées.

Pour l'évaluation des consommations lors de la présente étude, un niveau de segmentation fin a été retenu afin de prendre en compte la diversité des besoins observée au sein d'un même secteur. Ainsi, dans le commerce, il paraît par exemple opportun de différencier les taux de climatisation, les technologies et a fortiori les niveaux de consommation des centres commerciaux, des magasins spécialisés, du commerce de gros, des commerces de proximité, etc. Il en va de même pour les bâtiments de transport, les établissements de santé, le secteur Cahore, etc.

3.2.2.2. Le segment des bureaux

❖ Le parc de bureaux

Le parc de bureaux est estimé par le CEREN à 243 Million de m^2 en 2020. Pour sa part, CODA Stratégies, dans sa base de données « bâtiments professionnels », estime ce même parc à 250 millions de m^2 . La différence entre les deux estimations est donc relativement faible de l'ordre de 2,5%. Il faut cependant noter que les référentiels utilisés ne sont pas totalement homogènes, certains bâtiments étant considérés comme des « bureaux » par CODA alors qu'ils sont affectés à d'autres segments par le CEREN (par exemple les cabinets médicaux).



Figure 45 : Le parc de bureaux (Millions de m^2) : comparaison entre les estimations CEREN et CODA Stratégies et perspectives d'évolution dans le scénario tendanciel (ADEME)- Source : ADEME, CEREN, CODA Stratégies

❖ La diffusion de la climatisation

CODA Stratégies a réalisé plusieurs études et notamment une enquête portant sur 450 sites de bureaux intégrant des questions sur le taux de climatisation. Les résultats de cette enquête, ainsi que les surfaces respectives de chaque sous catégories sont présentés dans la figure ci-dessous. Il est à noter que ce taux est supérieur à certaines autres estimations, notamment celles du CEREN (qui retient un taux de 50%).



Figure 46 : Surface en parc par sous catégories de bureaux et taux de climatisation les estimations de CODA Stratégies

Source : Surface par sous-catégorie de bâtiment : CODA Stratégies, base de données « bâtiments professionnels ». Taux de climatisation : ADEME – RTE – GRDF Consommation énergétique des bâtiments de bureaux et commerces – enquête 450 bureaux -2016, enquête réalisée par CODA Stratégies

Lecture : le taux pondéré de 64% est obtenu par le produit : $(52324 \times 45\% + 54103 \times 52\% + 75825 \times 70\% + 67807 \times 83\%) / \text{surface totale}$.

Il existe donc une différence significative entre les taux de climatisation estimés par CODA Stratégies et les données fournies par le CEREN. Il nous est cependant apparu pertinent de retenir le taux ressortant des enquêtes de CODA Strategies notamment parce qu'il ressort des enquêtes réalisées que la climatisation apparaît désormais comme incontournable lors de la mise en vente ou en location d'un bien : les futurs locataires ou acquéreurs se détournent des bureaux non climatisés. Les interviews réalisés auprès des professionnels montrent par ailleurs qu'en construction neuve, la climatisation est aujourd'hui la norme, avec un taux avoisinant les 100% (à l'exception des bâtiments en conception bioclimatiques qui restent aujourd'hui peu diffusés). Par ailleurs, les investisseurs immobiliers constatent que des surfaces de bureaux non climatisées sont aujourd'hui très difficiles à commercialiser, tant pour les transactions dans le neuf que dans l'existant. Dans ces conditions, les rénovations réalisées intègrent systématiquement un système de climatisation.

Les autres sources que CODA Stratégies a pu identifier mettent également en évidence des taux de climatisation importants. Par exemple, une étude déjà ancienne réalisée par le CREDOC en 2011, mettait en évidence un taux de 49% de bâtiment totalement climatisés et de 20% partiellement climatisés.

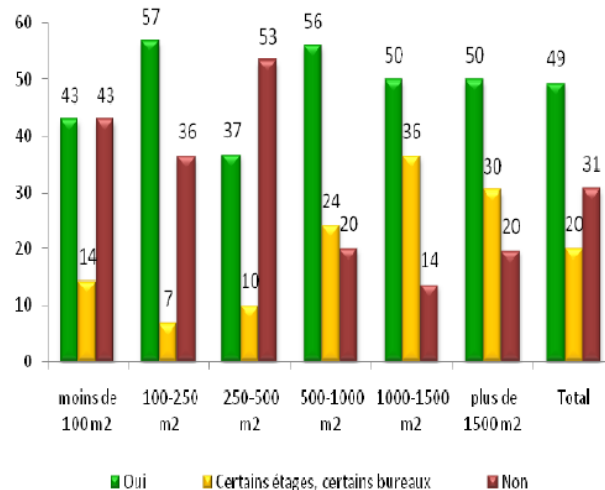


Figure 47 : Les taux de climatisation en 2011 : résultat d'une enquête du CREDOC
 Source : Les usages de l'énergie dans les entreprises du secteur tertiaire – CREDOC 2011. Enquête réalisée auprès de 205 établissements

3.2.2.3. Le segment des commerces

❖ Le parc de bâtiments commerciaux

Un écart de 10% est observé entre les estimations de parc réalisées par CODA Stratégies et celles du CEREN. Cet écart peut s'expliquer en partie par le fait que la comptabilisation des surfaces du CEREN renvoie à la branche commerce, et donc intègre pour une part certains locaux qui ne sont pas considérés par CODA Stratégies comme des locaux commerciaux (par exemple les sièges sociaux des groupes commerciaux). Par ailleurs, dans la base de données de CODA Stratégies, les parkings couverts des centres commerciaux sont affectés à la catégorie « bâtiments de transport », au même titre que les parcs de stationnements publics et privés.



Figure 48 Le parc de commerces : comparaison entre les estimations CEREN et CODA Stratégies et perspectives d'évolution dans le scénario tendanciel (ADEME) - Source : ADEME, CEREN, CODA Stratégies

❖ La diffusion de la climatisation

Le CEREN estime à 37% le taux de surface climatisée dans le secteur commercial. Sur la base des enquêtes réalisées pour le compte de l'ADEME de GRDF et de RTE en 2016, les estimations de CODA Stratégies sont



Figure 49 Surface en parc par sous catégories de commerce et taux de climatisation : les estimations de CODA Stratégies

Sources : Surface par sous-catégorie de bâtiment : CODA Stratégies, base de données « bâtiments professionnels ». Taux de climatisation : ADEME – RTE – GRDF Consommation énergétique des bâtiments de bureaux et commerces – enquête 400 commerces-2016, enquêtes réalisées par CODA Stratégies.

Lecture : le taux pondéré de 64% est obtenu par le produit $(3316 \times 100\% + 12889 \times 77\% + 183425 \times 58\% + \text{etc.}) / \text{surface totale}$.

3.2.2.4. Le segment de la santé

❖ Le parc de bâtiments de santé et d'action sociale

On observe une différence importante entre les données de parc publiées par le CEREN et celles figurant dans la base bâtiments professionnels de CODA Stratégies. Alors que le CEREN estime à 117 Millions de m² la surface chauffée des locaux de la branche santé – social, les estimations de CODA Stratégies s'élèvent à 53 millions de m². Pour une part, ces divergences peuvent s'expliquer par le fait que le CEREN introduit notamment dans son recensement les cabinets médicaux qui ne sont pas considérés par CODA comme des locaux de santé.

Cependant, même en intégrant ces correctifs, les données ne convergent pas de manière satisfaisante. Les 35 000 cabinets médicaux recensés par les statistiques officielles peuvent représenter une surface de l'ordre de 5 à 6 millions de m². Une première estimation grossière conduit donc à accroître les surfaces estimées par CODA Stratégies de quelques millions de m², ce qui ne permet pas de faire converger les données des deux sources considérées.

Il est apparu pertinent de conserver les données de CODA Stratégies dans le souci de maintenir une certaine homogénéité au sein du segment considéré. La catégorie « social et santé » du CEREN fait

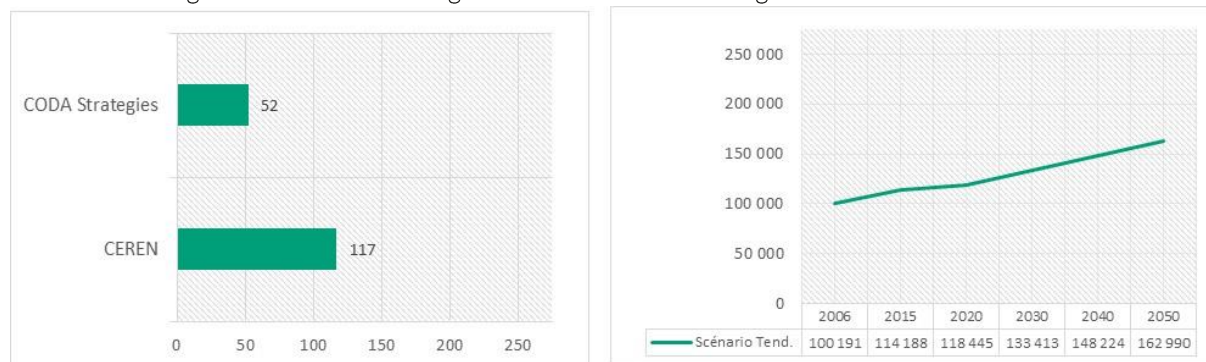


Figure 50 : Le parc de bâtiments de santé et d'action sociale : comparaison entre les estimations CEREN et CODA Stratégies (MM²) et perspectives d'évolution dans le scénario tendanciel (ADEME)
Source CEREN, CODA Stratégies, ADEME

❖ La diffusion de la climatisation

En fonction des enquêtes et données disponibles, les taux de climatisation des différentes catégories d'établissement de santé ont été reconstitués, en différenciant le pourcentage d'équipement par établissement et le taux de surface climatisée. Cette distinction est particulièrement importante en effet dans ce secteur.

En fonction des éléments disponibles, le taux moyen de climatisation a été évalué 41%, supérieur aux ratios retenus par d'autres sources (notamment CEREN et RTE), mais cette différence peut se justifier assez aisément par la différence de périmètre observé. Les établissements de santé, qui pèsent d'un poids plus important au sein du segment « santé » défini par CODA Stratégies sont en effet davantage climatisés que les établissements sociaux.

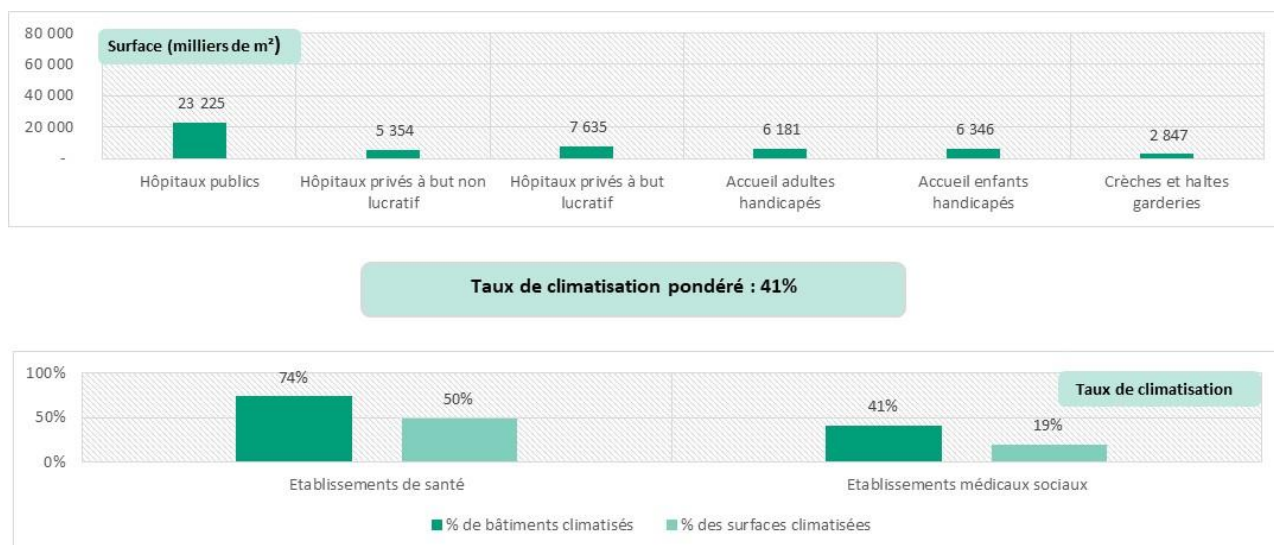


Figure 51 : Surface en parc par sous catégories de bâtiments de santé et taux de climatisation : les estimations de CODA Stratégies

Source : AFSSE – CSTB Enquête auprès de 800 établissements (2004) – CODA Stratégies – Enquête auprès de 100 établissements santé (2015). Les données de 2004 ont été projetées à partir des éléments recueillis par CODA Stratégies (interviews, conférence...).

Lecture : le taux pondéré de 41% est obtenu par le produit : $(23225 \times 50\% + 5354 \times 50\% + \text{etc.}) / \text{surface totale}$

3.2.2.5. Le segment des cafés, hôtels restaurant

❖ Le parc de d'hôtels, cafés restaurants

CODA Stratégies estime à 79 millions le parc de bâtiments « Hôtels, Café, Restaurant ». Cette estimation inclut les résidences hôtelières annuelles et estivales, ce qui n'est pas le cas par exemple des données produites par le CEREN (qui les intègre dans la catégorie « Habitat Communautaire »). L'essentiel de l'écart constaté entre les données produites par CODA et celles des autres sources connues provient de cette différence dans le champ couvert. Les surfaces de ces bâtiments sont importantes, (les capacités d'accueils des résidences de tourisme des villages de vacances et des auberges de jeunesse approchent le million de lits vs. 1.2 million pour les hôtels) ⁹. A l'inverse, ne sont pas intégrées spécifiquement par CODA Stratégies les surfaces des cantines et restaurants d'entreprises, qui sont citées par le CEREN dans la branche CAHORE.

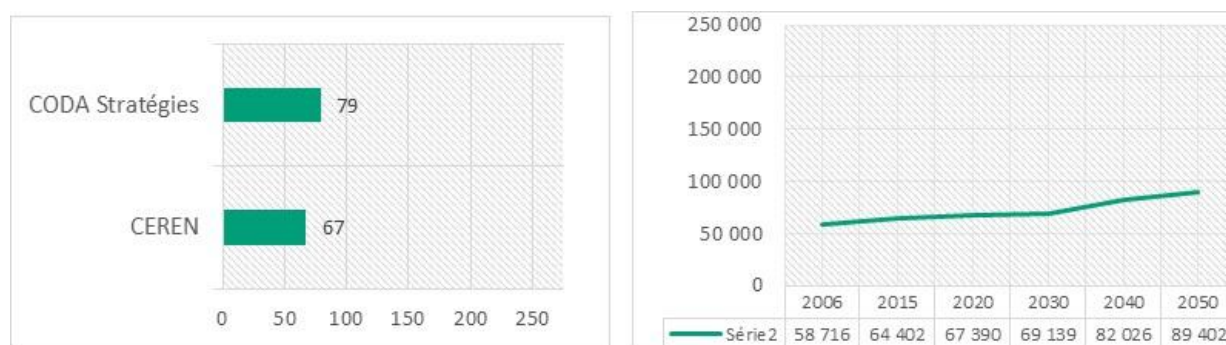


Figure 52 : Le parc de bâtiments d'hôtellerie : comparaison entre les estimations CEREN et CODA Stratégies (MM²) et perspectives d'évolution dans le scénario tendanciel (ADEME)

Source : CEREN, CODA Stratégies, ADEME

⁹ Source Ministère de l'Economie et des Finances, Direction Générale des Entreprises, Memento du Tourisme

❖ La diffusion de la climatisation

CODA Stratégies estime à 46% la proportion de surface climatisée au sein du secteur CAHORE. Ces estimations sont cohérentes avec les autres données disponibles (RTE fait état d'un taux de climatisation de 45% pour le secteur, les données CEREN connues estiment à 50% le taux de climatisation du secteur).

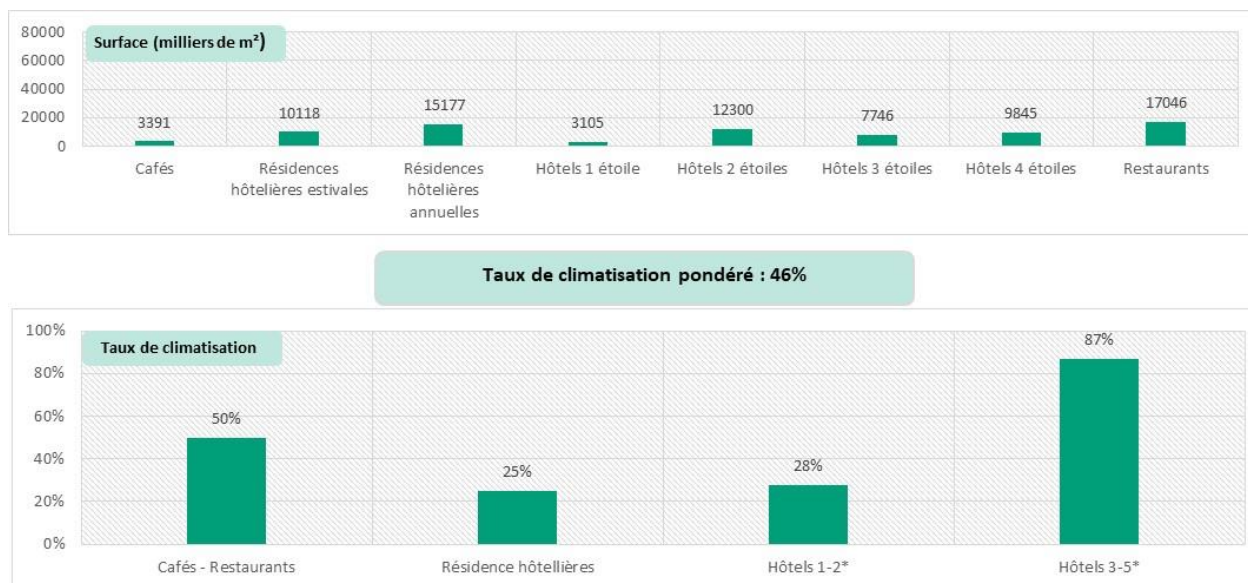


Figure 53 Surface en parc par sous catégories « Cafés, Hôtels, Restaurants » et taux de climatisation : les estimations de CODA Stratégies

Source : Compilation des données disponibles (Syndicat professionnels, rapport développement durable des groupes hôteliers, enquête réalisée par CODA Stratégies pour des industriels de la climatisation et du chauffage

Lecture : le taux pondéré de 46% est obtenu par le produit : $(3391 \times 50\% + 10118 \times 25\% + \text{etc.}) / \text{surface totale}$

3.2.2.6. Les autres segments du tertiaire

En cumulé, les autres secteurs représentent des surfaces climatisées évaluées à 42 millions de m² (vs. 45 millions pour ce qui concerne les évaluations du CEREN). Si l'on compare les estimations utilisées pour la présente modélisation et celles du CEREN, un certain nombre de différences apparaissent, dont certaines s'expliquent par le fait que le CEREN raisonne en termes de branches d'activité alors que les estimations de CODA Stratégies renvoient à la nature des bâtiments.

Les divergences relatives au secteur « Sports, loisirs, culture », sont sans doute les plus difficiles à expliquer. Il convient de noter que les estimations utilisées pour la modélisation de la présente étude, retiennent les surfaces chauffées (vestiaires...) des stades, ce qui pourrait éventuellement expliquer une partie de la différence constatée. (11 millions de m² dans le cas de l'estimation CODA Stratégies). L'un des sous-secteurs importants dans l'estimation de CODA Stratégies est par ailleurs les maisons de la jeunesse, maison de quartier, etc, qui ne sont pas nécessairement prises en compte sous cette rubrique par le CEREN (10 millions de m² dans la base de données CODA Stratégies).

		Sport Loisir Culture	Habitat communautaire	Transport	Enseignement
Surface Totale chauffée (millions m ²)	CEREN (2018)	73	73	26	190
	CODA Stratégies.	98	42	39	169
Taux de clim. 2020	CEREN (2018)	31%	10%	15%	5%
	CODA Stratégies.	19,8%	15%	14%	7%
Surface climatisée (millionsm ²)	CEREN (2018)	23,9	7,5	3,9	9,8
	CODA Stratégies.	19,4	6,3	5,4	11,5

Figure 54 : Surface totales, taux de climatisation et surfaces climatisées dans les secteurs, « sport loisir, culture », « habitat communautaire », « transport » et « enseignement ».

Source Compilation des sources disponible.

Les différences constatées pour l'habitat communautaire s'expliquent par le fait que les résidences de vacances sont incluses par le CEREN dans ce secteur, alors que la base de données de CODA Stratégies les recense au sein de la catégorie « Hôtels ».

Pour ce qui concerne le secteur du transport, les différences constatées s'expliquent pour une large part par le fait que les parkings des centres commerciaux, lorsqu'ils sont couverts, sont recensés par CODA Stratégie dans cette catégorie, alors qu'ils sont a priori intégrés à la branche commerce dans le cas du CEREN.

Enfin, pour ce qui concerne l'enseignement, la base de données de CODA Stratégies s'en tient strictement aux locaux d'enseignement, les locaux administratifs (rectorat, inspection académique...) étant comptabilisés comme des bureaux.

3.2.2.7. Le développement de la climatisation dans le secteur tertiaire : Synthèse

Au total, les surfaces climatisées du secteur tertiaire sont évaluées à environ 370 millions de m², ce qui représente un taux global de 40%.

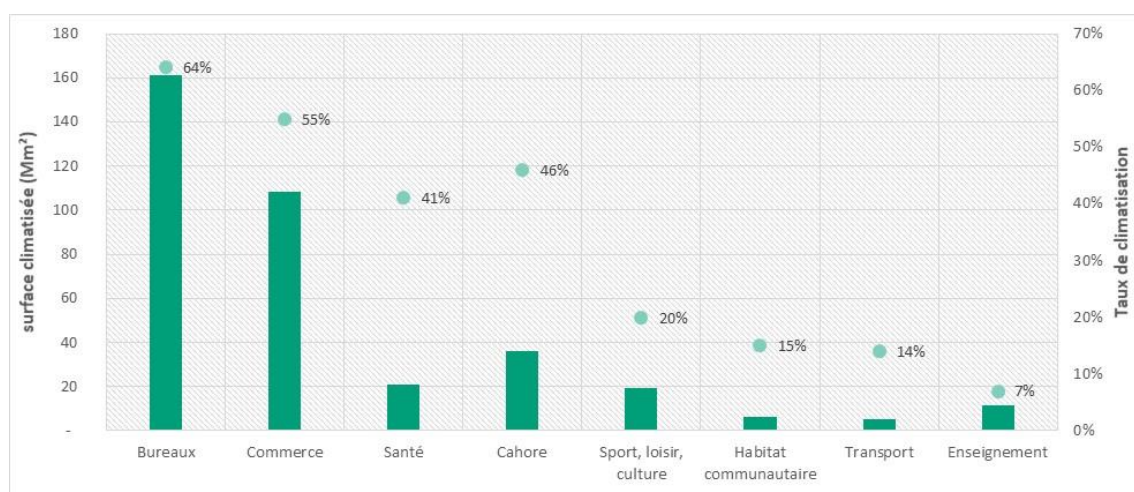


Figure 55 Taux de climatisation et surfaces climatisées dans les différents secteurs tertiaires

Source : CODA Stratégies - Enquête et compilation de données

Les bureaux et le secteur du commerce représentent près des ¾ des surfaces climatisées. Si l'on cumule les quatre secteurs les plus importants, ce sont alors près de 90% des surfaces climatisées qui sont prises en compte.

Le graphique ci-dessus démontre que le potentiel de croissance demeure important, puisque les surfaces les plus équipées le sont pour environ les 2/3 d'entre-elles (bureaux), alors que le potentiel dans des secteurs comme l'enseignement ou l'habitat communautaire demeure très important

Il faut rappeler que les taux présentés dans le graphique ci-dessus renvoient aux surfaces climatisées et non à la présence d'un système de climatisation dans un établissement. Par exemple un établissement d'accueil pour les personnes âgées doit réglementairement disposer d'une pièce climatisée, mais la plus grande partie du bâtiment peut ne pas être équipée. Dans ces conditions la progression de la climatisation se manifeste à la fois par l'équipement de nouveaux établissements et, au sein des établissements équipés, par l'extension des surfaces concernées.

3.2.2.8. La situation spécifique des DOM

Les enjeux des consommations énergétiques dans les DOM sont désormais mieux appréhendés en raison de la réalisation récente d'études et d'audits autour de cette problématique¹⁰. Ces études ont dressé un inventaire du nombre de sites tertiaires notamment sur le territoire de La Réunion, et ont mesuré les consommations énergétiques et la part imputable à la climatisation au sein de celles-ci. Elles ont par ailleurs mis en évidence les déterminants du niveau de consommation observé, les sources de gaspillage énergétique et les bonnes pratiques.

Dans l'optique de la modélisation réalisée, les limites de ces études tiennent à ce qu'elles n'évaluent pas globalement les surfaces tertiaires au sein des territoires concernés (le raisonnement se fait en nombre de sites) et qu'elles s'intéressent exclusivement aux bâtiments climatisés, sans évaluer le taux de climatisation du parc existant.

Afin de disposer d'une évaluation de ces différents éléments, la modélisation réalisée a évalué les surfaces tertiaires totales en s'appuyant sur le nombre de sites recensés (notamment sur le territoire de La Réunion) et en extrapolant les surfaces à l'aide de ratio utilisés sur le territoire métropolitain (par exemple surface moyenne par salarié dans un immeuble de bureau, taille moyenne d'une grande surface alimentaire dans le secteur commerciale, etc.).

Ces extrapolations se sont également appuyées sur les données officielles disponibles et notamment les consommations énergétiques et la population active occupée dans les différents secteurs des DOM. Ces données officielles ont permis de tester la cohérence des résultats obtenus (par exemple proportion de la consommation totale d'énergie associée à la climatisation – cf. Encadré « Les consommations associées à la climatisation dans les DOM : Cohérence des estimations » - § 4.1.3.1)



Figure 56 La consommation d'énergie par secteur dans les DOM

Source : Ministère de la transition Énergétique - Bilans énergétiques des départements d'outre-mer de 2013 à 2019

Les études précitées permettent de disposer de données intéressantes sur la consommation totale et la part de celle-ci associée à la climatisation au sein d'un bâtiment climatisé.

¹⁰ Notamment REX des consommations d'électricité des bâtiments tertiaires à La Réunion et en Guadeloupe, étude réalisée par Artelia, IPSOS et Dom'Energy pour le compte de l'ADEME, d'EDF et de PACTE – Mai 2020 et Etude sur la typologie des bâtiments tertiaires à La Réunion Etude réalisée par ARTELIA pour le compte de l'ADEME, d'EDF et de EIFER – Avril 2012

-	Occupants	m ²	kWh	kWh/m ²	kWh/salarié
Min	0	100	3 314	19	104
Moyenne	40	918	110 926	104	2 867
Médiane	30	680	107 668	104	1 996
Max	243	3 900	563 705	224	12 923

Tableau 2 : Statistiques de consommations électriques annuelles sur un échantillon de 55 sites tertiaires à La Réunion
Source : REX des consommations d'électricité des bâtiments tertiaires à La Réunion et en Guadeloupe, étude réalisée par Artelia, IPSOS et Dom'Energy pour le compte de l'ADEME, d'EDF et de PACTE – Mai 2020

La part de la climatisation dans la consommation totale des bâtiments audités est de 53%, ce qui correspond donc à un ratio moyen de consommation par m² de 55,12 kWh /m²an. Ce ratio est cohérent avec les valeurs issues de la modélisation réalisée ; pour l'ensemble des DOM et pour les bureaux, le modèle aboutit à un ratio de consommation de 51.12 kWh/an/m² (vs. 30,83 kWh/an/m² pour les bureaux situés en France métropolitaine).

4. Consommation énergétique et émissions de GES de la climatisation de confort dans le bâtiment : quel bilan en 2020 ?

L'impact environnemental du développement de la climatisation doit s'analyser à plusieurs niveaux : la consommation énergétique associée au fonctionnement des équipements, les émissions induites en provenance des systèmes énergétique électrique et gazier et les émissions de GES associées à la dispersion des fluides frigorigènes dans l'atmosphère à l'occasion de la production, du fonctionnement et de la fin de vie des équipements.

Cette partie s'attache à établir un bilan de ces différentes composantes de l'impact environnemental global des systèmes de climatisation. Elle présente pour chacune d'entre la méthode d'estimation retenue lors de la réalisation de cette étude et met en perspective les résultats obtenus avec d'autres estimations disponibles.

4.1. Les consommations énergétiques des systèmes et leur impact

4.1.1. La méthode d'évaluation des consommations

L'évaluation des consommations énergétiques de la climatisation dans les secteur résidentiel et tertiaire a été réalisée sur la base d'un outil de modélisation spécifiquement développé à cette occasion. Ce modèle commence par évaluer les consommations de climatisation pour l'année 2020. Il permet ensuite de projeter ces consommations jusqu'à 2050, par tranche de 10 ans. Les données prospectives issues de cette modélisation seront diffusées dans le cadre de l'exercice « prospective énergie ressources » de l'ADEME en novembre 2021. Les paragraphes suivants précisent les principes, les hypothèses et les principaux paramètres de fonctionnement de ce modèle.

4.1.1.1. La structure et la logique de construction du modèle¹¹

Classiquement, les modèles permettant d'évaluer les consommations énergétiques des systèmes de climatisation (ou de chauffage) s'appuie sur l'évaluation des surfaces climatisées à un moment T, auxquelles sont appliquées un ratio de consommation au m², permettant ainsi d'évaluer une consommation globale. L'outil développé dans le cadre de cette étude, s'il s'appuie également sur la prise en compte des surfaces climatisées, se différencie de ces travaux en ce qu'il ne considère pas le ratio de consommation par m² comme un paramètre donné mais comme un résultat du modèle résultant d'un paramétrage des conditions climatiques, du comportement des utilisateurs et des spécificités techniques des bâtiments et des équipements.

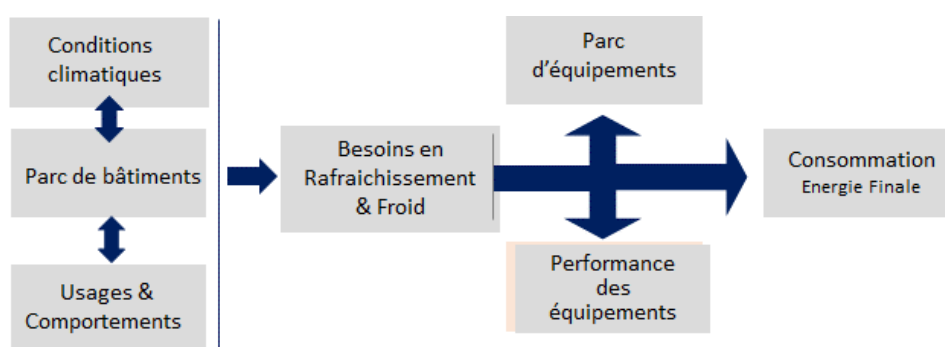


Figure 57 : L'organisation générale du modèle d'évaluation des consommations énergétiques des systèmes de climatisation

¹¹ Un guide utilisateur reprenant une description détaillée du modèle développée, des hypothèses, des paramètres retenus et de son mode d'utilisation sera proposée en accompagnement de l'outil Excel développé.

L'outil développé s'appuie en premier lieu sur des bases de données décrivant le parc de bâtiment tertiaires et de logements en surface et en nombre. Une évaluation des taux actuels de climatisation dans les secteurs résidentiel et tertiaire, ainsi que la diffusion des différentes technologies permettent d'évaluer ensuite les surfaces climatisées par type de technologie sur la période considérée.

Parallèlement les besoins en froid par type de bâtiment sont définis en considérant les échanges entre l'enveloppe du bâtiment et le milieu extérieur, les apports solaires liés aux vitrages et les apports internes (occupation, éclairage, bureautique...).

Les conditions climatiques sont considérées par zone climatique en France (8 zones) et pour chacun des DOM pris en compte. A partir de relevés sur un échantillon de stations météo, elles permettent d'évaluer un nombre d'heures annuelles dépassant les différents seuils de température générant le recours à la climatisation.

L'évaluation des consommations est réalisée en considérant les besoins en froid aux différents seuils de température qui sont transformées en consommations énergétique via les EER¹² des équipements de climatisations. Des hypothèses d'EER pour chacune des technologies sont établies à partir des données disponibles et des entretiens réalisés. L'EER évolue au cours du temps en fonction d'une hypothèse de progrès technologique, mais aussi sur les 10 prochaines années par modification du mix au sein du parc d'équipement des différentes générations de matériels (substitution progressive des équipements de classe A, B et inférieures par des classes A++/A+++ par exemple pour la climatisation résidentielle).

❖ Les parcs de logement et de bâtiment

Les données relatives **au parc de logement** sont celles fournies par l'INSEE à partir du recensement de la population. Le parc de logements étant décrits par l'INSEE sur une base départementale et communales, il est donc possible de le ventiler par zone climatique.

Afin de prendre en compte la diversité des situations et son impact sur les taux d'équipement en climatisation, le parc de logement est réparti par :

- Zone climatique,
- Type de logement : Maison individuelle, appartement, autres
- Type d'occupation : principale / secondaire
- Statut d'occupation : propriétaire, locataire HLM, locataire bailleur privé.

Les hypothèses de croissance du parc de logements sont celles retenues par les différents scénarios ADEME, décrits plus précisément dans la suite de ce rapport.

Le **parc de bâtiments tertiaires** est estimé en utilisant la base de données « Bâtiments professionnels », qui est spécifiquement développée par CODA Stratégies pour ses besoins propres et celui de ses clients. La base est structurée en 9 grands secteurs principaux :

- Bureaux
- Commerces
- Santé
- Cahore
- Sport, Loisir, Culture
- Enseignement
- Habitat communautaire
- Bâtiments de transport
- Datacenter.

Dans la mesure où chacun de ces grands secteurs n'est pas homogène pour ce qui concerne les besoins en climatisation, chacun d'entre eux fait l'objet d'une sous segmentation, ainsi, à titre d'exemple, pour le commerce :

- Centres commerciaux
- Hypermarchés et grands magasins

¹² EER : Energy Efficiency Ratio : Il s'agit du coefficient mesurant le rapport entre la production de froid (en kWh) et la consommation énergétique associé. Le SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) donne une vision de l'efficacité globale d'un système en simulant son fonctionnement sur une année à différentes plages de températures extérieures représentatives des conditions météo réelles.

- Supermarchés
- Petits commerces non spécialisés
- Commerces spécialisés alimentaires
- Commerces spécialisés produits de luxe
- Autres commerces spécialisés
- Réparation automobile
- Concessions automobiles
- Commerce de gros

Le parc de bâtiments tertiaires et les consommations afférentes font également l'objet d'évaluation de la part du CEREN. Les données du CEREN sont généralement utilisées par les pouvoirs publics pour décrire les parcs de bâtiments et les consommations énergétiques associées. Les convergences et divergences entre les estimations de CODA Stratégies et celles du CEREN sont identifiées et discutées par ailleurs dans le rapport. Lorsque des différences significatives sont constatées, des clés de passage entre les données CEREN et celles utilisées à l'occasion de ce travail ont été développées dans le modèle.

❖ Les données climatiques

Les données climatiques ont été collectées sur le site infoclimat.fr, un site associatif qui abrite une base de données très importante à partir d'un maillage du territoire par station météo.

Pour chaque zones climatique (H1A, ...) quatre stations météo ont été sélectionnées et leurs données compilées sur une période de 10 ans :

- Relevé des différents niveaux de températures journalières maximales par mois puis répartition pour chaque mois du nombre de jours dont la température est comprise entre 12,5 et 47,5°.
- Pour chaque niveau de température journalière, établissement d'un profil d'évolution des températures dans la journée afin de connaître les durées observées pour chaque palier (ainsi, lorsque la température maximale atteinte est de 35° par exemple, ce niveau n'est atteint que pendant un laps de temps limité, les autres heures de la journée se répartissant entre des niveaux de température inférieurs).

Au terme de ces relevés, il a été possible de renseigner des tableaux de ce type :

			12,5		Nombre d'heures annuelles aux différents niveaux de température					45		47,5
			12,5	15	25	27,5	30	32,5	35	45	47,5	
H3	2	2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	2020	294	611	344	480	92	55	19	0	0	0
	5	2030	315	653	368	513	99	58	20	0	0	0
	6	2040	360	747	421	587	113	67	23	0	0	0
	7	2050	441	915	515	719	138	82	29	0	0	0

Tableau 3 : Nombre d'heures annuelles aux différents niveaux de température (exemple de la zone H3)

Une projection de l'évolution des durées annuelles pour chaque palier de température a été réalisée. Cette évolution s'est appuyée sur la contribution du bureau d'étude Enertech qui, en s'appuyant sur l'outil Meteonorm, a modélisé les évolutions des températures sur la période 2020-2050.

❖ La diffusion de la climatisation

Dans le **secteur tertiaire**, la diffusion des systèmes de climatisation est différenciée par sous-segment de marché et par région climatique. Les taux 2020 sont évalués à partir d'enquêtes réalisées par CODA Stratégies pour des travaux antérieurs, ainsi qu'à partir des éléments d'information disponibles. Les données utilisées ont été présentées précédemment, au point 3.2.2.

Pour les échéances 2030, 2040 et 2050, les différents scénarios de l'ADEME peuvent impliquer des taux de diffusion différenciés.

Le modèle répartit les surfaces climatisées **par type de système** (cf. tableau ci-dessous : exemple de la diffusion des Roof Top). Une répartition spécifique peut être déterminée pour chacun des scénarios envisagés.

S4 : Pari technique et préservation des modes		Pénétration technologies [% des surfaces climatisées]				France entière	
Technologies		2006	2015	2020	2030	2040	2050
Roof Top		10%	10%	10%	10%	10%	10%
Bureaux		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Commerces		35%	35%	35%	35%	35%	35%
Santé		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cahore		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sport, Loisir, Culture		5%	5%	5%	5%	5%	5%
Enseignement		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Habitat communautaire		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Bâtiment de transport		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Datacenter		0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tableau 4 : répartition des surfaces climatisées par technologie (exemple des Roof Top).

Les types de systèmes envisagés sont les suivants :

- Roof Top
- VRV /DRV
- Groupe froid + Boucle eau glacée
- Absorption solaire
- Réseau eau glacé
- PAC géothermique
- Technologie alternative

Une technologies « alternative » a été prévue afin d'intégrer l'éventuelle introduction dans le temps de nouvelles technologies aux performances très supérieures à celles des systèmes actuels.

Pour ce qui concerne la diffusion dans le secteur du logement, une différenciation est établie par type de logement/statut d'occupation et par région climatique. Les taux 2020 sont évalués à partir de l'enquête en ligne réalisée par CODA Stratégies auprès d'un échantillon représentatif de 800 ménages (décrite précédemment au §2.3) complétée par une enquête visant spécifiquement 400 ménages équipés de système. Les données ont été comparées avec d'autres travaux, notamment une enquête importante réalisée par EDF R&D auprès de 4 000 ménages.

Pour les échéances 2030,2040 et 2050, les différents scénarios de l'ADEME peuvent impliquer des taux de diffusion différenciés.

Le modèle répartit les logements climatisés par type de système, puis en surface climatisée (en fonction d'une hypothèse de nombre de m² climatisés spécifique à chaque technologie). Une répartition spécifique peut être déterminée pour chacun des scénarios envisagés.

Poids des différentes technologies dans les surfaces climatisées par type de logement [%]											
		Climatiseur									Total
		Climatiseur mobile	Monosplit	PAC Air-Air multisplit	Pac Air Elec	Pac Gaz	Réseau Froid	Absorption solaire	Techno alternat. 1	Techno alternat. 2	
Mais. Indiv.	2006	28%	38%	33%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Mais. Indiv.	2015	28%	38%	32%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Mais. Indiv.	2020	28%	38%	30%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Mais. Indiv.	2030	19%	31%	28%	12%	6%	2%	2%	0%	0%	100%
Mais. Indiv.	2040	15%	25%	25%	17%	7%	6%	6%	0%	0%	100%
Mais. Indiv.	2050	11%	20%	22%	22%	8%	8%	11%	0%	0%	100%
Appart. & Autres	2006	53%	15%	32%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Appart. & Autres	2015	53%	15%	32%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Appart. & Autres	2020	53%	15%	32%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Appart. & Autres	2030	49%	15%	32%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	100%
Appart. & Autres	2040	39%	18%	31%	2%	0%	11%	0%	0%	0%	100%
Appart. & Autres	2050	30%	16%	34%	6%	0%	14%	0%	0%	0%	100%

Tableau 5 : répartition des surfaces climatisées par technologie (exemple des Roof Top).

❖ Le comportement des utilisateurs

Dans le secteur tertiaire, le comportement des utilisateurs est appréhendé à partir des températures de consigne choisies (qui peuvent varier entre 20 et 30°) et de la durée d'utilisation des systèmes de climatisation (qui peut varier entre 0 et 24h/jour). Le principe de fonctionnement est le suivant : les profils

d'évolution des températures dans la journée étant renseignés dans le modèle à partir des relevés effectués dans l'échantillon des stations météo représentatives des différentes zones climatiques¹³. Si l'hypothèse de durée d'utilisation de climatisation est par exemple de 16 heures en moyenne, le modèle retiendra pour une température maximale donnée, les 16 heures les plus chaudes de la journée, qui seront celles pendant lesquelles on considérera que la climatisation est en fonctionnement.

Dans le **secteur résidentiel**, le comportement des utilisateurs est appréhendé à partir des températures de consigne choisies, de la durée d'utilisation des systèmes de climatisation et du seuil de déclenchement des systèmes en fonction de la température extérieure.

Les températures de consigne peuvent varier entre 20 et 30°. Selon les scénarios envisagés, pour chaque échéance, une température moyenne de consigne et de déclenchement est retenue en distinguant maison individuelle et appartement. Le tableau suivant présente un exemple de paramétrage des températures de déclenchement/mise en route des systèmes et des températures de consigne.

	Température moyenne de consigne [20° / 22° / 25° / 27° / 30°]						Température moyenne de mise en route [20° / 22° / 25° / 27° / 30° / ...]					
	2006	2015	2020	2030	2040	2050	2006	2015	2020	2030	2040	2050
S4 Pari technique pour préserver les												
Maison individuelle	20	20	20	22	22	22	25	25	25	25	25	25
Appartement et autres	20	20	20	22	22	22	25	25	25	25	25	25

Tableau 6 : Température moyenne de consigne et seuil de déclenchement de la climatisation. Lecture : dans le scénario « pari technique pour préserver les modes de vie modernes », les ménages programment une température de consigne de 20° en 2020 et déclenchent leur climatisation à partir d'une température extérieure de 25°

❖ L'évaluation des besoins en froid

Les conditions climatiques conjuguées au comportement des utilisateurs et aux caractéristiques des bâtiments déterminent un « besoin en froid » auquel devront répondre les équipements installés. L'évaluation de besoin a été réalisée en considérant trois types d'apports calorifiques :

- Les échanges entre l'enveloppe du bâtiment et le milieu extérieur
- Les apports solaires
- Les apports internes.

Les paramètres relatifs aux différents types d'apport ont été établis sur la base des éléments bibliographiques qui ont pu être recueillis. On s'est en particulier référé à la grille d'évaluation élaborée certains offreurs d'équipements permettant de dimensionner les installations.¹⁴

Tant pour ce qui concerne le secteur tertiaire que le secteur résidentiel, les **échanges entre le bâtiment et le milieu extérieur** ont été évalués en considérant spécifiquement les murs extérieurs, les plafonds et toiture et les systèmes de ventilation.

Le niveau de ces apports est variable en fonction de la performance énergétique du bâtiment. Il est apparu lors de la réalisation du modèle que la seule mesure à grande échelle de la performance du bâtiment, à savoir le DPE, ne donnait qu'une vision imparfaite de la réaction d'un local ou d'un logement à des conditions climatiques chaudes. En effet, un bâtiment très performant en hiver peut s'avérer moins performant face à une vague de chaleur (par exemple si l'isolation très importante limite le refroidissement nocturne du bâtiment). Dans ces conditions, si la répartition du parc de bâtiments/logement par niveau de DPE est actuellement prévue par le modèle, elle n'est pas prise en compte, à ce stade, pour différencier les niveaux de besoin en froid.

Les **apports solaires** sont évalués à travers l'utilisation d'un ratio moyen d'apport par m² de vitrage (232.5 watts/ m²), il s'agit d'un ratio couramment utilisé pour dimensionner les installations de climatisation. La surface de vitrage moyenne pour les bâtiments et les logements est exprimée par un ratio (m² de vitrage/m² de plancher) à partir de bâtiments types identifiés.

La variabilité de ces apports en fonction de la période de l'année, de la position du soleil et de la couverture nuageuse a été prise en compte de manière simplifiée à travers un coefficient liant la valeur du ratio précédant et la température extérieure (lorsque la température extérieure baisse, les apports

¹³ Si la température maximale attendue dans la journée est par exemple de 30°, on observera ce niveau seulement pour quelques heures, les autres plages journalières connaissant des températures inférieures.

¹⁴ Une description précise des paramètres utilisés pour déterminer les besoins en froid est présentée dans le guide utilisateur du modèle.

solaires sont considérés comme moindre à partir d'un coefficient inférieur à 1 s'appliquant au ratio de 232,5w/m² précédemment cité).

Les apports solaires devraient diminuer en moyenne au cours du temps (meilleure exposition, protection solaire, vitrages plus performants...). Un coefficient de réduction de ces apports est donc appliqué pour les différentes périodes prises en compte.

Les **apports internes** correspondant à l'occupation du bâtiment et au fonctionnement de l'éclairage et des équipements bureautiques ont été évalués en se référant aux éléments bibliographiques disponibles. Les apports internes sont différenciés selon le type de bâtiment (présence plus ou moins forte d'équipements bureautique, densité d'occupation des locaux...). Ils sont considérés comme très faibles pour le logement.

Les **besoins totaux en froid** sont la somme des trois composantes présentées précédemment (échange entre l'enveloppe du bâtiment et le milieu extérieur, apports solaires via les vitrage et apports internes).

Ils sont définis en fonction des températures extérieures, des températures de consigne, en appliquant des coefficients de performances du bâtiment différenciés par année et par scénario. A titre d'exemple, le tableau suivant présente l'estimation des besoins en froid pour les immeubles de bureaux, tels qu'ils sont retenus par le modèle.

Besoins en froid totaux (apports externes & internes - W per sq m²)									
Segment	Année	T° consigne	T° extérieure						
			3	4	8	9	10	15	17
			12,5	15	25	27,5	30	42,5	47,5
Bureaux	2006	20,0	19,7	21,6	75,0	88,1	101,2	166,7	192,9
	2015	20,0	19,7	21,6	75,0	88,1	101,2	166,7	192,9
	2020	20,0	19,7	21,6	75,0	88,1	101,2	166,7	192,9
	2030	20,0	19,4	21,3	73,8	86,9	100,0	165,5	191,7
	2040	20,0	19,2	21,0	72,9	86,0	99,1	164,4	190,5
	2050	20,0	19,0	20,8	72,2	85,3	98,4	164,0	190,2

Tableau 7 : Les besoins en froid totaux d'un bâtiment en fonction de la température extérieure et de la température de consigne : l'exemple d'un bâtiment de bureau.

Lecture du tableau : pour une température extérieure de 30° et une température de consigné de 20°, le besoin en froid total d'un bâtiment de bureau sera de 101,2 W/m² en 2020 (case en vert dans le tableau).

❖ La performance des équipements

A partir d'un besoin en froid donné, la consommation énergétique de la climatisation sera déterminée par le ratio EER (Energy Efficiency Ratio), qui détermine le rapport entre le froid produit (en Watts) et la consommation électrique (ou gaz) nécessaire à cette production (en Watts).

La performance des équipements a été évaluée à partir de données d'enquête (UFC et EDF pour les systèmes à détente directe, interviews de constructeurs pour les systèmes à boucle d'eau glacée, recherche bibliographique pour les systèmes à absorption...).

Pour l'année 2020, la performance des équipements à détente directe a été évaluée à partir des études notamment réalisées par l'UFC (test d'équipements en chambre climatique), qui a permis de déterminer assez précisément le SEER des équipements de classe A++ et A+++. Nous avons retenu l'hypothèse que ces résultats pouvaient être extrapolés aux équipements à détente directe utilisés dans le tertiaire. Le SEER moyen est calculé à partir d'une estimation du poids de chaque classe d'équipement dans le parc total.

Le tableau suivant présente les paramètres retenus pour l'année 2020, dans le cas des équipements à détente directe.

Situation 2020						
Synthèse données UFC : EER à différents niveaux de T° extérieure - Valeur de consigne 27°						
T° extérieure	25°	30°	35°		SEER évalué	Répartition du parc (2020)
Cat. Eqpnt.						
A+++	10,09	6,51	4,61	Données	8,87	5%
A++	8,83	5,54	3,61	calculées UFC	7,70	5%
A+	7,19	4,56	3,07		6,29	17%
A	5,55	3,58	2,54		4,88	20%
B	4,6	3,0	2,1	Données estimées	4,07	18%
C	4,3	2,8	2,0	(valeur réglementaire minimale)	3,80	15%
D	4,0	2,6	1,8		3,52	10%
E	3,7	2,4	1,7		3,25	10%
F	3,4	2,2	1,5		2,98	
G	3,4	2,2	1,5		2,98	
Pondéré 2020	5,53	3,55	2,47			100%

Tableau 8 : Les valeurs et les variations de l'EER en fonction de la classe d'équipement et de la température extérieure.

Lecture du tableau : pour une température extérieure de 30°, l'EER moyen d'un équipement de classe A+++ sera de 6.51. L'UFC s'est appuyée sur les différents niveaux de températures observées en été en France (nombre d'heures à 25°, 30°, 35°) afin de calculer le SEER des équipements (colonne 6 - 8.87 dans le cas d'un équipement de classe A+++). En fonction d'une évaluation du poids de chaque classe d'équipement dans le parc en 2020 un EER pondéré a été évalué pour les différents niveaux de température (par exemple, en colonne 3, EER = 3.55 pour un niveau de température extérieure de 30°).

Pour les équipements fonctionnant sur boucle d'eau glacée, le modèle utilise des valeurs d'EER en fonction de la température extérieure et des températures de consigne qui ont été fournies par un fabricant d'équipement sur la base des tests de son laboratoire.

La performance moyenne des équipements est censée s'améliorer au cours des périodes à venir en raison d'effets de parc (sortie des équipements les plus anciens et les moins performants remplacés par des équipements modernes) et par des progrès techniques améliorant encore la performance des équipements. Ces évolutions sont prises en compte par le modèle, comme l'illustre le tableau suivant.

L'amélioration de la performance des équipements au cours du temps, telle qu'elle est envisagée par le modèle, est présentée dans le tableau suivant.

S0 - Business as usual		EER des équipements [30 ° ext. - Consigne 27°]						TCAM 2050/2020
		2006	2015	2020	2030	2040	2050	
Roof Top		1,85	2,12	2,50	2,76	2,90	3,05	1,01
VR - DRV + Multisplit		2,68	3,08	3,55	4,32	4,77	5,27	1,01
Sur boucle eau glacée		1,85	2,12	2,50	2,76	2,90	3,05	1,01
Sur Réseau Froid		3,30	3,30	3,30	4,80	5,30	5,90	1,02
Absorption solaire		10,00	10,00	10,00	12,00	15,00	20,00	1,02
Technologie alternative 1		10,00	10,00	10,00	12,00	15,00	20,00	1,02
Technologie Alternative 2		1,00	1,00	1,00	1,34	1,48	1,64	1,02

Tableau 9 : Evolution de l'EER des équipements au cours du temps (pour une température extérieure de 30° et une température de consigne de 27°)

Lecture du tableau : en 2020, l'EER d'un système de type VRV- DRV est de 3.55 pour une température extérieure de 30° et une température de consigne de 27°

❖ Le calcul des consommations énergétiques

Le calcul des consommations énergétiques se fait selon le processus suivant.

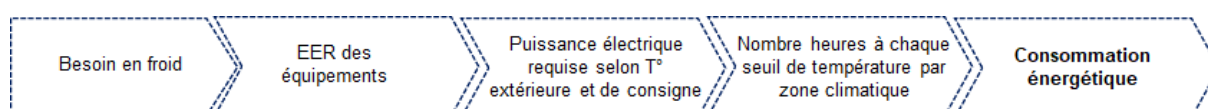


Figure 58 : Principe du calcul du niveau des consommations énergétiques.

La figure suivante illustre la dernière étape des calculs. Il importe de noter que ces calculs sont réalisés en prenant en compte :

- Les surfaces climatisées par type de bâtiment et par zone climatique
- Le poids de chaque technologie sur chacun des sous segments du tertiaire (Roof Top, Eau glacée, VRV, etc) et les performances respectives de ces technologies
- Les hypothèses d'évolution des performances énergétique des équipements au cours du temps ainsi que l'évolution de la performance des bâtiments.

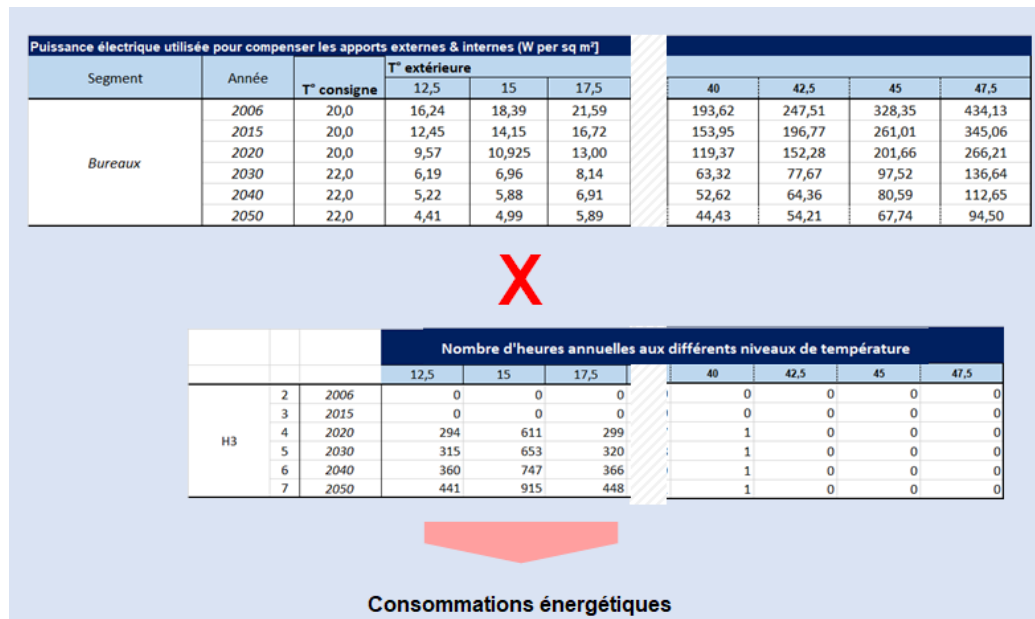


Figure 59 : le calcul des consommations énergétique : besoin de puissance électrique aux différents niveaux de température extérieure et intérieure et conditions climatiques.

4.1.2. L'évaluation des consommations dans le secteur résidentiel

4.1.2.1. L'évaluation des surfaces climatisées

En 2020, les surfaces climatisées dans le secteur du logement ont été évaluées à 473 millions de m² en France métropolitaine, à partir des résultats de l'enquête réalisées auprès des ménages et du parc de logements français. Une très forte progression des surfaces climatisées a été constatée au cours des dernières années, sous l'influence de différents facteurs :

- L'essor très important du marché des systèmes de climatisation notamment induit par la fréquence et l'intensité des vagues de chaleur observées lors des dernières années,
- La substitution de systèmes de chauffage électriques traditionnels par des systèmes de climatisation réversibles utilisées en hiver pour le chauffage et pour la climatisation en été.

Les maisons individuelles présentent les taux de climatisation les plus importants, mais également les surfaces climatisées moyennes les plus grandes, elles pèsent en conséquence d'un poids très important, avec près de 80% des surfaces climatisées.

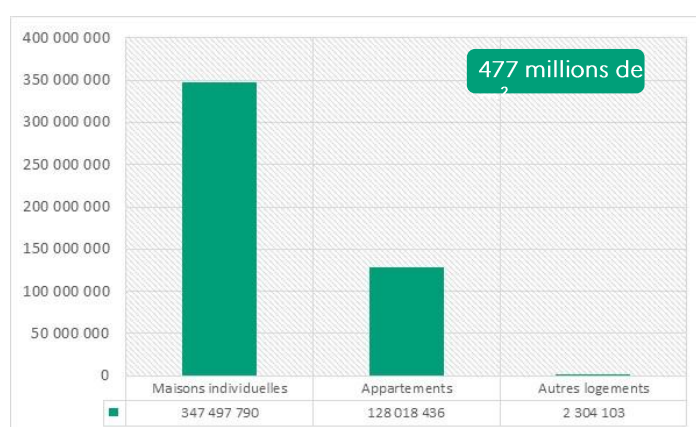


Figure 60 : Les surfaces climatisées dans le secteur du logement en 2020 (m² - France entière)

Si la climatisation concerne en priorité les résidences principales, le poids des résidences secondaires au sein des surfaces climatisées est légèrement supérieur à leur importance au sein du parc total de logement, en raison de leur situation géographique plus souvent dans les zones à climat chaud. Les utilisateurs de systèmes de climatisation sont par ailleurs plus souvent propriétaires de leur logement.

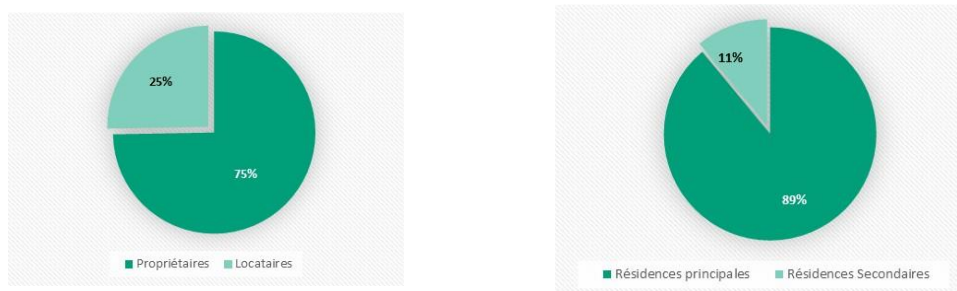


Figure 61 : La répartition des surfaces climatisées selon le statut d'occupation et le type de logement

Le secteur résidentiel se caractérise par l'importance du recours aux climatiseurs mobiles, qui rafraichissent 52% des surfaces des appartements et 28% de celles des maisons individuelles. Ce poids des climatiseurs mobiles est incontestablement un facteur d'accroissement des consommations énergétiques, dans la mesure où les performances de ces équipements sont moindres que celles des autres équipements.

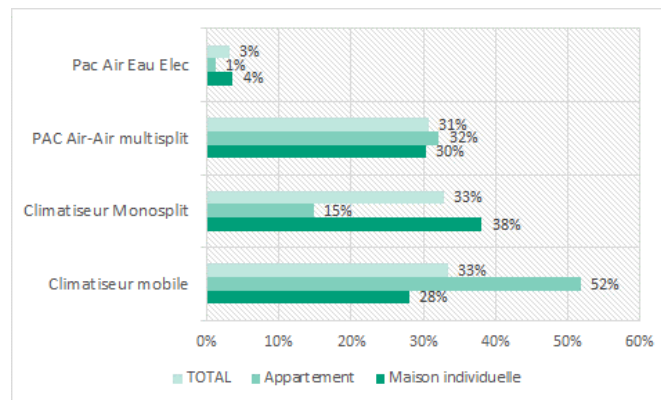


Figure 62 : Répartition des surfaces climatisées par type d'équipement
Source : CODA Stratégie, d'après l'enquête réalisée auprès de 800 ménages

4.1.2.2. Les consommations d'énergie associées à la climatisation résidentielle

Pour l'ensemble de la France, les consommations d'énergie sont évaluées par le modèle à 5,1 TWh en 2020. Les maisons individuelles représentent un peu plus de 73% des consommations énergétiques associées à la climatisation. Les surfaces climatisées dans les maisons individuelles sont plus importantes en moyenne que celles observées dans les appartements. En revanche, les occupants d'appartements utilisent plus souvent des climatiseurs mobiles, des équipements nettement moins performants que les autres catégories de climatiseurs, ce qui tend à accroître le ratio de consommation par m².

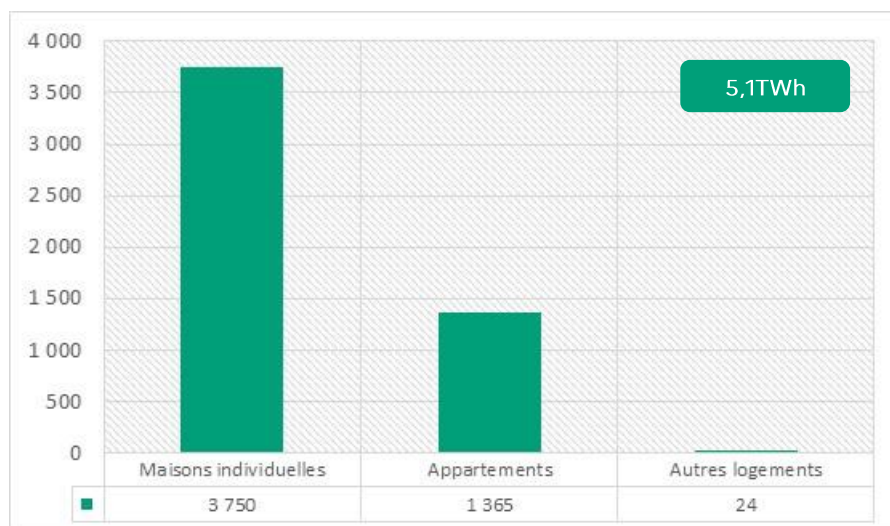


Figure 63 : La consommation énergétique associée à la climatisation résidentielle en 2020 (GWh)

Les résidences principales occasionnent 88% de la consommation énergétique de la climatisation un poids légèrement inférieur à leur importance au sein des surfaces climatisées (les résidences secondaires sont situées en moyenne dans des zones plus chaudes). Les maisons occupées par leur propriétaire représentent également environ 80% de la consommation totale.



Figure 64 : la répartition des consommations associées à la climatisation selon le statut d'occupation et le type de logement.

La zone climatique H3 génère sans surprise les consommations les plus importantes, en raison du taux de diffusion très élevé de la climatisation qui y est observé, mais également des conditions climatiques de cette zone, induisant des durées d'utilisation annuelles importantes. Les DOM dans leur ensemble représentent un peu moins de 8% de la consommation nationale, une proportion largement supérieure à leur poids démographique (3,5% de la population française). Ceci tient bien évidemment à des taux de climatisation supérieurs à ceux observés en France Métropolitaine, ainsi qu'aux conditions climatiques locales.

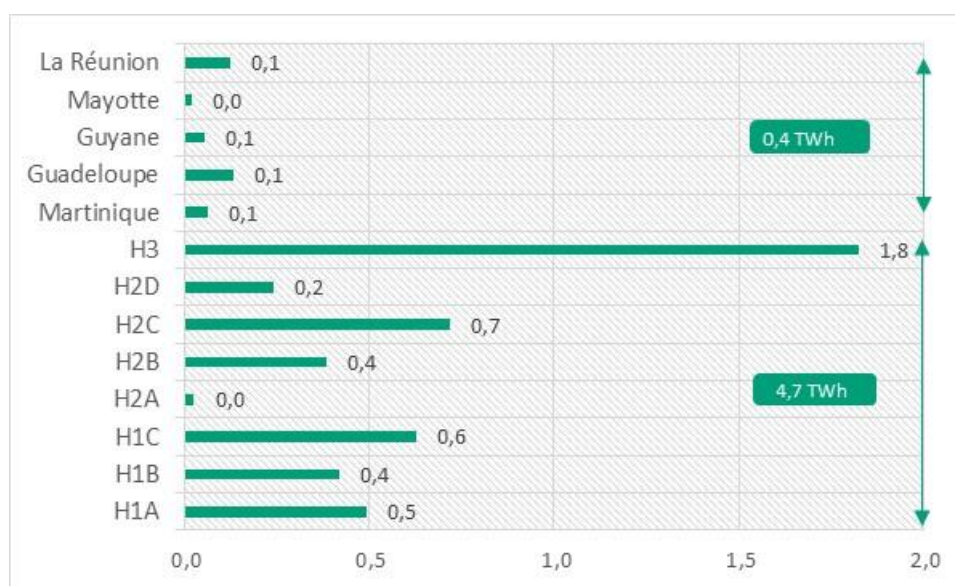


Figure 65 : Répartition de la consommation d'énergie par zone climatique en 2020 (GWh)

4.1.3. Les consommations du secteur tertiaire

Dans le paragraphe suivant, après une présentation générale des consommations de la climatisation dans le secteur tertiaire, les quatre segments du tertiaire représentant les consommations les plus importantes sont présentés spécifiquement, les consommations des autres secteurs étant présentées ensuite globalement.

4.1.3.1. Présentation générale des consommations du secteur tertiaire

❖ Les surfaces climatisées

En 2020, les surfaces climatisées dans le secteur tertiaire ont été estimées à 388 millions de m². Le secteur des bureaux et les commerces représentent près des ¾ des surfaces totales recourant à la climatisation.

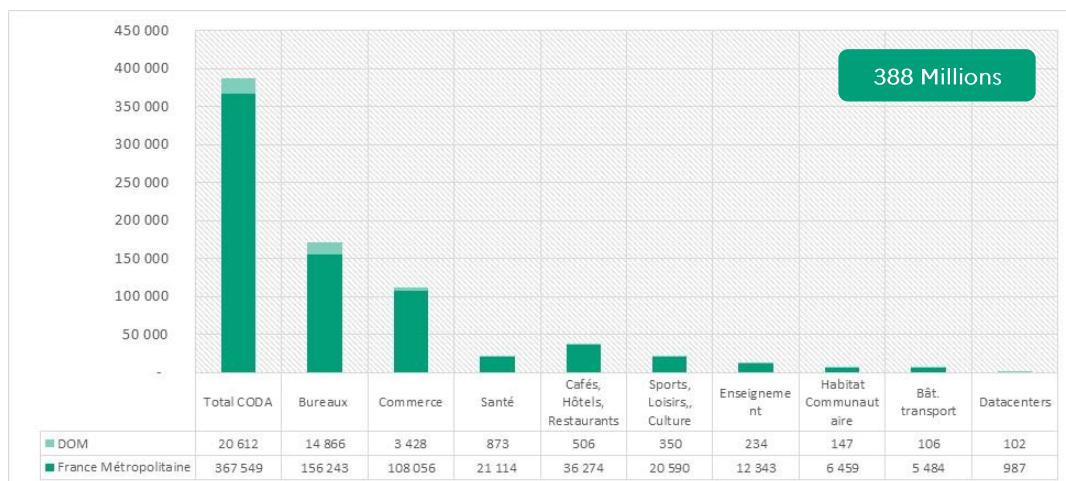


Figure 66 : Les surfaces tertiaires climatisées en 2020 (milliers de m²)

Source Estimation CODA Stratégies d'après les données d'enquête disponibles et les avis d'experts

La zone climatique H1A est de loin celle qui abrite le plus de surfaces climatisées. Ce résultat tient évidemment au poids économique de cette zone ainsi qu'à la moindre différenciation des taux de climatisation par zone climatique dans les activités tertiaires par rapport à ce qui est observé dans le secteur résidentiel. Les DOM représentent 5,3% du total des surfaces climatisées, les taux importants de climatisation qui y sont observés étant compensés par le poids limité des surfaces tertiaires sur ces territoires.

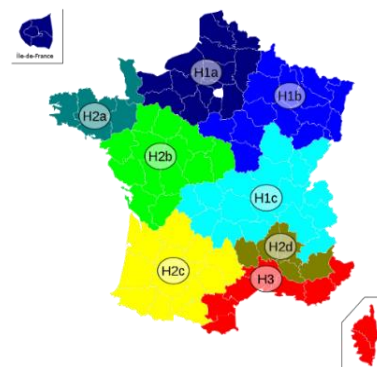
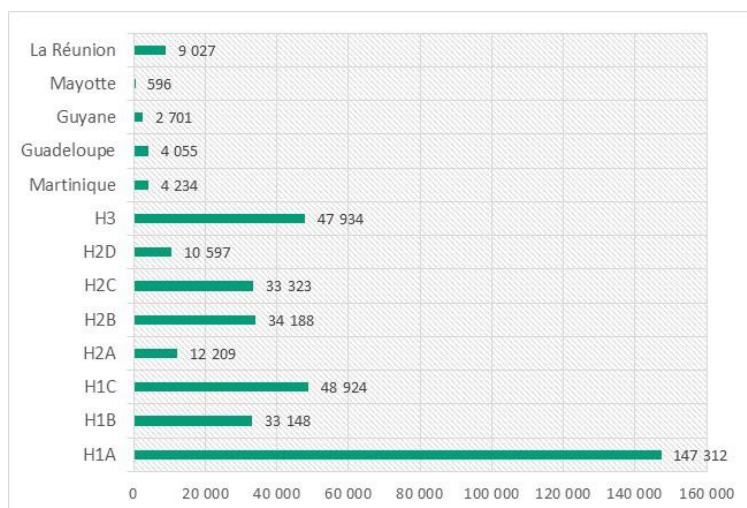


Figure 67 : La répartition des surfaces tertiaires climatisées par zone climatique (milliers de m²)

Source : Estimation CODA Stratégies

❖ Les consommations énergétiques

Les consommations d'énergie totales du secteur tertiaire ont été estimées à 11,5 TWh en 2020. Les bureaux et les commerces représentent environ les ¾ des consommations totales des activités tertiaires. Il convient de noter que le poids du secteur de la santé est relativement plus important en termes de consommation que de surfaces climatisées, en raison des spécificités de ce secteur (utilisation en continue des systèmes de climatisation, existence d'espaces dont les besoins sont très importants : blocs opératoires...)

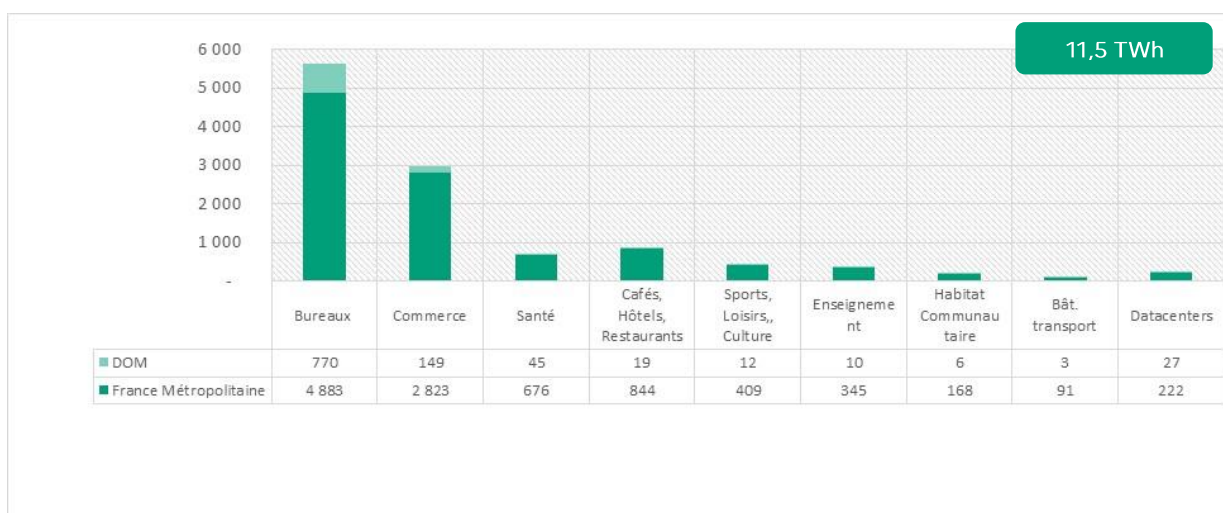


Figure 68 : les consommations énergétiques des différents secteurs tertiaires en 2020 (en GWh)
Source : Modélisation CODA Stratégies

Les DOM représentent près de 10% de la consommation énergétique associée à la climatisation alors qu'ils ne pèsent que pour 5,6% des surfaces climatisées. Cela tient bien évidemment aux conditions climatiques observées dans ces territoires. La Réunion représente 43% de la consommation totale de ces territoires, une proportion qui tient au poids démographique de ce département, mais également à un développement économique et à une densité administrative plus importante que dans les autres territoires.

Les consommations associées à la climatisation dans les DOM : Cohérence des estimations

Les surfaces et les taux de climatisation de bâtiments tertiaires et commerciaux dans les DOM ne font pas l'objet de suivi statistique et sont de fait mal connues. Afin de les évaluer, l'étude s'est appuyée sur des travaux disponibles portant sur La Réunion et La Guadeloupe (cf. note de bas de page 17) dont les données ont été retravaillées afin d'obtenir une vision globale de l'ensemble des secteurs considérés. La modélisation réalisée fait ressortir une consommation totale associée à la climatisation de 1,05 TWh pour les 5 DOM pris en compte. Cette consommation représenterait donc 36% de la consommation électrique totale du secteur tertiaire de ces territoires (3,036 TWh - Source : Ministère de la transition Énergétique - Bilans énergétiques des départements d'outre-mer de 2013 à 2019). Ce ratio paraît conforme aux observations des études consultées. Le ratio de consommation par m^2 tel qu'il est évalué par le modèle est par exemple de 51 kWh par m^2 . L'étude « REX des consommations d'électricité des bâtiments tertiaires à La Réunion »¹⁵ relève une consommation moyenne par m^2 de 55 kWh par an pour un bâtiment climatisé sur un échantillon de 55 sites audités. Les données produites par la modélisation mise en œuvre apparaissent donc cohérentes avec les éléments de cadrage qui ont pu être recueillis.

¹⁵ Etude réalisée en 2020 par IPSOS, Artelia et Dom'Energy pour le compte d'EDF ; de l'ADEME et du programme PACTE.

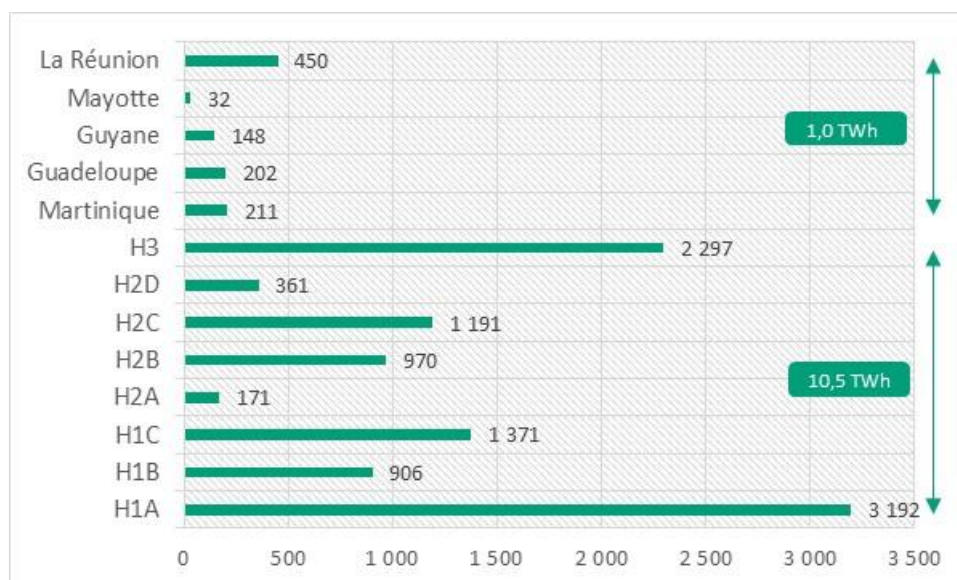


Figure 69 : La répartition des consommations énergétiques par zone climatique
Source : Modélisation CODA Stratégies

4.1.3.2. Le secteur des bureaux

❖ Présentation générale

Le secteur des bureaux est celui pour lequel les estimations de consommation associées à la climatisation sont relativement fréquentes en raison du poids de ce segment dans les surfaces tertiaires en général et des taux importants de climatisation constatés.

Pour ce segment, les évaluations des consommations associées à la climatisation sont, dans les travaux que CODA a pu consulter, réalisées en utilisant des ratios de consommation par m^2 et en faisant évoluer celui-ci au cours du temps.

Le recours à ces ratios se justifie par des raisons de simplicité et par la difficulté à mettre en place des solutions alternatives fiables. Les critiques qui peuvent être adressées à l'utilisation d'un ratio unique de consommation associée à la climatisation par m^2 , sont de plusieurs ordres :

- Les niveaux de consommation constatés par les études existantes pour différents bâtiments sont extrêmement hétérogènes et les modalités de pondération des différentes données observées ne sont généralement pas explicitées,
- Le plus souvent, lors des enquêtes, les utilisateurs ne sont pas en mesure d'identifier la part spécifique de leur consommation associée à la climatisation et celle-ci est alors considérée comme un solde par rapport aux autres usages mieux connus. Ceci introduit bien évidemment une incertitude sur la fiabilité des évaluations.
- La consommation unitaire associée à la climatisation évolue dans le temps en fonction de critères technologiques, climatiques et d'usage (temps d'utilisation, température de consigne...). D'une manière générale, les études réalisées intègrent une baisse des consommations unitaires sur le moyen terme, mais sans que le poids relatif de chacun des déterminants soit clairement mentionné.

Les études et estimations consultées retiennent souvent des ratios de consommation par m^2 de l'ordre de 60 à 65 kWh par an et par m^2 . C'est notamment le cas des estimations réalisées par le CEREN (65 kWh), ainsi que celles utilisées par le groupe de travail animé par RTE autour de l'estimation des consommations du secteur tertiaire (61 kWh) ¹⁶. Les valeurs utilisées par RTE et le CEREN sont proches car RTE calcule la consommation énergétique associée à la climatisation en se basant sur les données de fourniture totale d'électricité par les réseaux de distribution et de transport aux entreprises par CODE NAF dont elle

¹⁶ RT- Groupe de travail, la consommation d'électricité – la consommation des entreprises du secteur tertiaire – Octobre 2019

dispose et en y appliquant le pourcentage associé à la consommation des climatisations évalué par le CEREN.¹⁷

Il convient de mentionner que des données provenant de campagne des mesures réalisée par le bureau d'étude Enertech renvoient des valeurs généralement plus faibles, ainsi trois bâtiments ont été suivis au cours des années 2017 à 2019. Parmi ceux-ci, le **bâtiment Mirabeau 2**, est situé à Marseille et dispose de sa propre production de froid. Il a affiché des besoins en froid de 81,4kWh/m²/an, ce qui compte tenu du coefficient de performance énergétique des bâtiments conduit à une consommation de 50 kWh/m²/et par an (58kWh/m²/an si l'on inclut la centrale de traitement d'air), pour un bâtiment jugé très peu performant par le BET Enertech. Le **bâtiment Calypso**, un immeuble de bureau situé à Marseille a été livré en 2016 et présente donc des caractéristiques techniques favorables. Il affiche une consommation de 19,8 kWh_{froid}/m²/an, une valeur très faible. Ce bâtiment étant relié à un réseau de froid, on ne peut connaître la consommation électrique directement associée à la climatisation, mais sur la base d'une hypothèse très conservatrice d'un COP théorique de 2, elle serait inférieure à 10 kWh_{électricité}/m²/an.¹⁸

L'Observatoire de l'Immobilier Durable fournit indirectement des ratios de consommation énergétique en indiquant un ratio de consommation énergétique par m² et le poids de la consommation associée à la climatisation, par type de bureau. Pour un immeuble de type IGH situé à la Défense, ce ratio s'élèverait actuellement 35,5 kWh par m², très inférieur donc au ratio retenu par RTE ou le CEREN. Il est à noter que les données fournies par l'Observatoire de l'Immobilier durable reposent sur une très large base d'immeubles (plus de 16000 en 2019) et sur la transmission de consommation réelle de la part des adhérents.¹⁹

Comme cela a été précédemment mentionné, la méthode d'estimation des consommations utilisée dans la présente étude n'utilise pas un ratio de consommation par m² pour déterminer la consommation d'un secteur, mais évalue celle-ci à partir d'un ensemble de données et de paramètres physiques (surfaces de bâtiments), comportementaux (température de consignes, durée d'utilisation...) et techniques (performance des bâtiments et des équipements). La consommation qui en ressort peut être rapportée à la surface des bâtiments et détermine ainsi un ratio de consommation qui est un résultat du modèle et non un paramètre de celui-ci.

Au terme des évaluations réalisées le ratio de consommation pour les bureaux est de 39,1 kWh/an/m², soit une valeur assez proche de celle précitée observée par l'OID, largement inférieure à celle des études qui ont pu être consultées et se situant entre les bornes haute et basse des campagnes de mesure réalisées par Enertech.

❖ Les surfaces climatisées

Les surfaces climatisées du secteur des bureaux sont estimées par CODA Stratégies à 176 millions de m², correspondant à un taux de climatisation désormais élevé, en moyenne de 64 % tous types de bâtiments confondus pour la France Métropolitaine.

La répartition des surfaces climatisées fait apparaître le poids important des bâtiments et locaux de plus de 1000 m², qui représentent un peu plus des deux tiers des surfaces climatisées du secteur en 2020. Au cours des prochaines années, il reste un potentiel de croissance importants pour les agences (agences bancaires, d'assurance, immobilières...) dont le taux de climatisation est actuellement estimé par CODA Stratégies (à partir des enquêtes réalisées par le cabinet (cf. § 3.2.2), à 45%.

Les études et données disponibles permettent d'évaluer les surfaces de bureaux dans les DOM à 15 millions de m². Le poids relatif des bureaux dans ces territoires est plus que proportionnel à leur importance démographique. Cela tient pour une large part au fait que les antennes des administrations dans ces départements occupent des surfaces tertiaires importantes²⁰.

¹⁷ RTE Groupe de travail, la consommation d'électricité – la consommation des entreprises du secteur tertiaire – Octobre 2019

¹⁸ Enertech, projet Swacool, Bâtiment Calypso, Bâtiment Mirabeau 2, Mars 2020.

¹⁹ Observatoire de l'Immobilier Durable (OID), Baromètre de la performance énergétique et environnementale des bâtiments tertiaires.

²⁰ Il n'existe pas de sources officielles recensant les surfaces tertiaires dans les DOM. Afin de les évaluer les études suivantes ont été utilisées : Enquête sur la typologie des bâtiments du secteur tertiaire à La Réunion – Etude réalisée pour le compte d'EDF, de l'ADEME et d'EIFER, IPSOS 2011. REX des consommations d'électricité des bâtiments tertiaires à La Réunion et en Guadeloupe – Etude Réalisée pour le compte d'EDF, de l'ADEME et de PACTE – IPSOS, ARTELIA, Dom'Energy, Mai 2020. A partir de ces

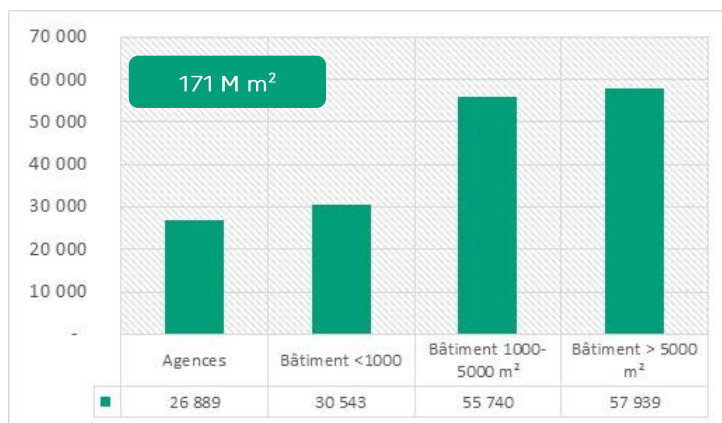


Figure 70 : Les surfaces de bureaux climatisées (milliers de m²)
Source Estimation CODA Stratégies, à partir d'enquêtes réalisées par le cabinet, Cf. §3.2.2

❖ Les consommations d'énergie

La consommation du secteur des bureaux est estimée à 5,7TWh par an, soit 49% de la consommation totale du secteur tertiaire. Il est logique de constater que les immeubles de plus de 1000 m² représentent la plus grande part des consommations associées à la climatisation (67%). Comme cela a déjà été mentionné, les agences et les petits bâtiments devraient voir leur poids relatif s'accroître au cours des prochaines années.

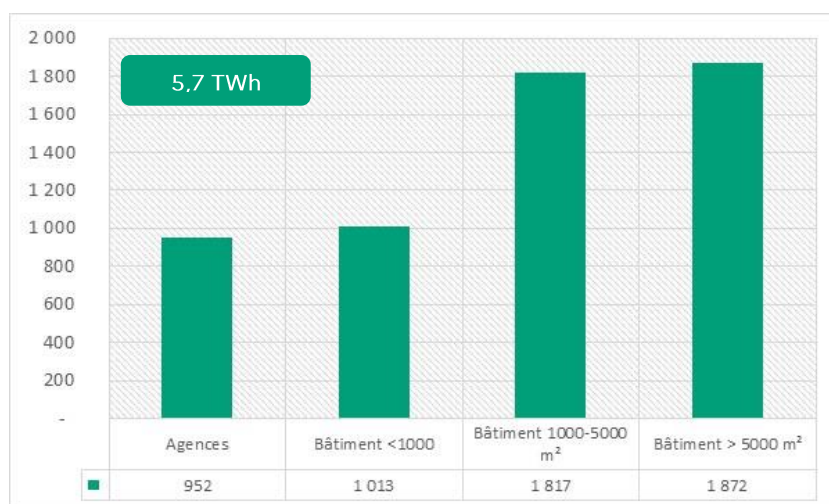


Figure 71 : les consommations d'énergie associées à la climatisation par sous-secteurs dans les bureaux en 2020 (GWh)
Source : Modélisation CODA Stratégie

Il convient de noter le poids relativement important de la région H3 au sein des consommations. Alors que celle-ci représente 9% des surfaces climatisées elle pèse pour 17% des consommations. Cela tient bien évidemment aux conditions climatiques propres à cette zone. Les DOM représentent au total 14% des consommations nationales, un poids important lié à la forte présence des bureaux administratifs sur leurs territoires et au recours quasi systématique à la climatisation.

études, des recoupements et extrapolation ont été réalisés en prenant en compte les données officielles relatives à la consommation d'énergie, à l'emploi de la population active dans les secteurs.

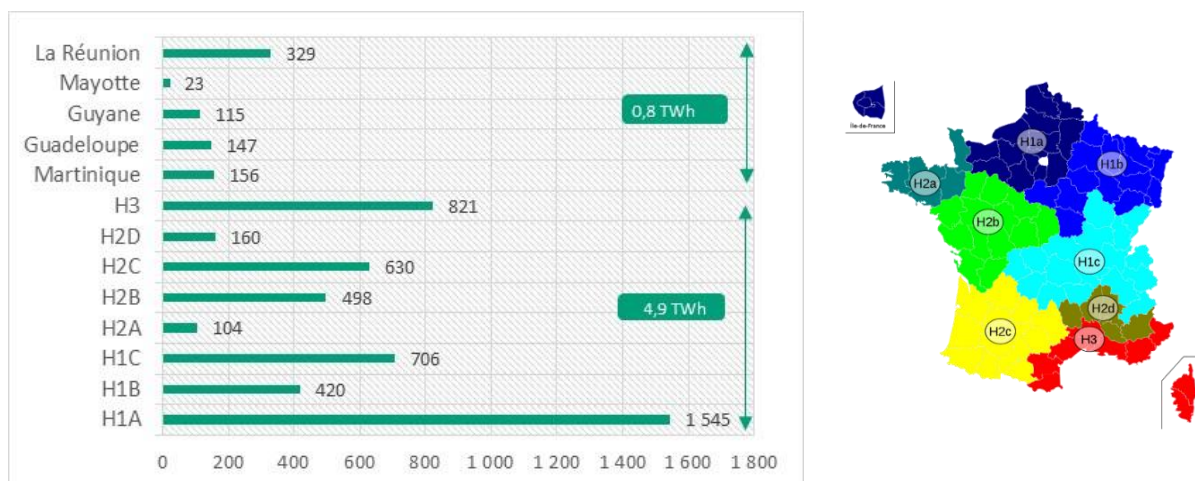


Figure 72 : la répartition des consommations d'énergie associées à la climatisation par zone climatique en 2020 (GWh)

Source Modélisation CODA Stratégies

4.1.3.3. Le secteur du commerce

❖ Présentation générale

Le secteur commercial est particulièrement hétérogène du point de vue de la diffusion des systèmes de climatisation, des technologies mises en œuvre et des caractéristiques des bâtiments. Les situations observées peuvent quelquefois être techniquement relativement complexes, par exemple dans le cas de centres commerciaux au sein desquels cohabitent des systèmes centralisés et des climatisations dédiées à un local mise en place par les gestionnaires de certaines boutiques.

Le secteur se caractérise par la forte diffusion des roof tops, des équipements de climatisation directement installés sur les toits des bâtiments commerciaux et diffusant directement du froid au sein de ceux-ci.²¹

Certaines études s'appuient sur des ratios de consommation variant de 50 kWh (RTE) à 65 kWh (CEREN) pour évaluer les consommations du secteur. D'autres travaux consultés par CODA Stratégies conduisent à des ratios inférieurs. Ainsi par exemple, une étude relativement ancienne réalisée par le Centre National de Centres Commerciaux estime la consommation de rafraîchissement à 6% des consommations totales d'un centre commercial. D'autres études font état d'un ratio de 15 à 20% des consommations totales d'une grande surface alimentaire, pour l'ensemble chauffage et climatisation. Si l'on rapporte ces données à la consommation totale de ces établissements par m² (par exemple 544 kWh selon les données fournies par l'Observatoire de l'immobilier durable sur la base de 2333 grandes surfaces alimentaires) le ratio de consommation par m² serait plus faible, de l'ordre de 35 à 40 kWh/an/m².

La modélisation développée à l'occasion de la réalisation de cette étude aboutit à un ratio de consommation finale de 36 kWh/m²/an, correspondant aux estimations les plus basses.

❖ Les surfaces climatisées

Les surfaces climatisées totales ont été évaluées par CODA Stratégies à 111 Millions de m². Il convient d'observer le poids très important du commerce de gros et des « autres commerces spécialisés » (magasins de bricolage, d'ameublement, de vêtements, d'articles de sports...) en leur sein. Ceci tient à l'importance globale de ce type de surface commerciale au sein du patrimoine commercial, même si leur taux de climatisation est inférieur à celui observé pour la grande distribution alimentaire ou les centres commerciaux. Il convient de noter que les surfaces climatisées « centres commerciaux » correspondent

²¹ e Roof-Top est un appareil de chauffage et de climatisation monobloc. Il est positionné, selon le cas, en toiture ou au sol. Le réseau des gaines aérauliques (qui diffuseront et reprendront ensuite l'air dans le centre commercial) se raccorde au Roof-Top par des gaines rigides ou souples (textiles, chaussettes)

aux parties communes de ces établissements, les surfaces climatisées des magasins et enseignes abrités au sein de ces établissements étant reversées dans les catégories correspondantes.

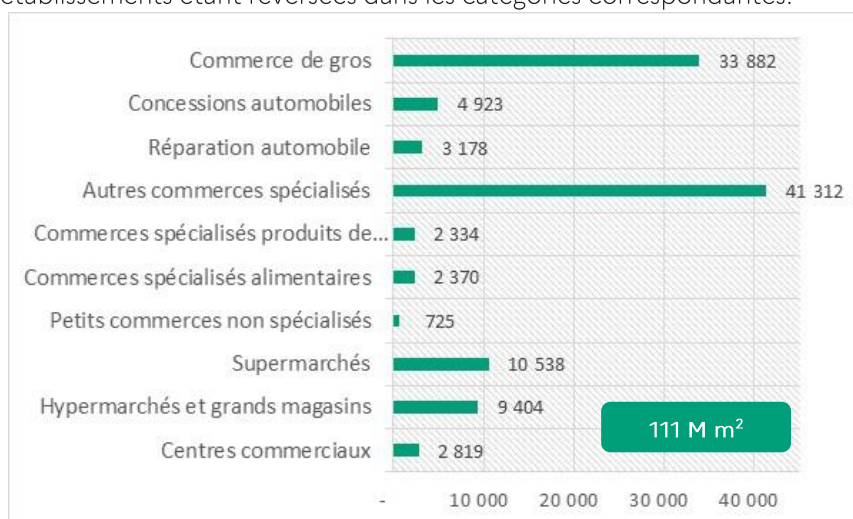


Figure 73 : Les surfaces commerciales climatisées (milliers de m²)

Source : Estimation CODA Stratégies d'après enquêtes réalisées par le cabinet et étude disponibles

❖ Les consommations énergétiques

Les consommations énergétiques sont estimées en 2020 à 3 TWh pour le secteur du commerce dans son ensemble. Le commerce de gros et les autres commerces spécialisés représentent près de 70% des consommations totales. Leur poids relatif pourrait encore s'accroître au cours des prochaines années (développement des plateformes de e-commerce et accroissement significatif des taux de climatisation dans les commerces spécialisés). A l'inverse la climatisation dans la grande distribution alimentaire devrait stagner (tassements des surfaces totales de vente et taux de climatisation déjà très élevé).

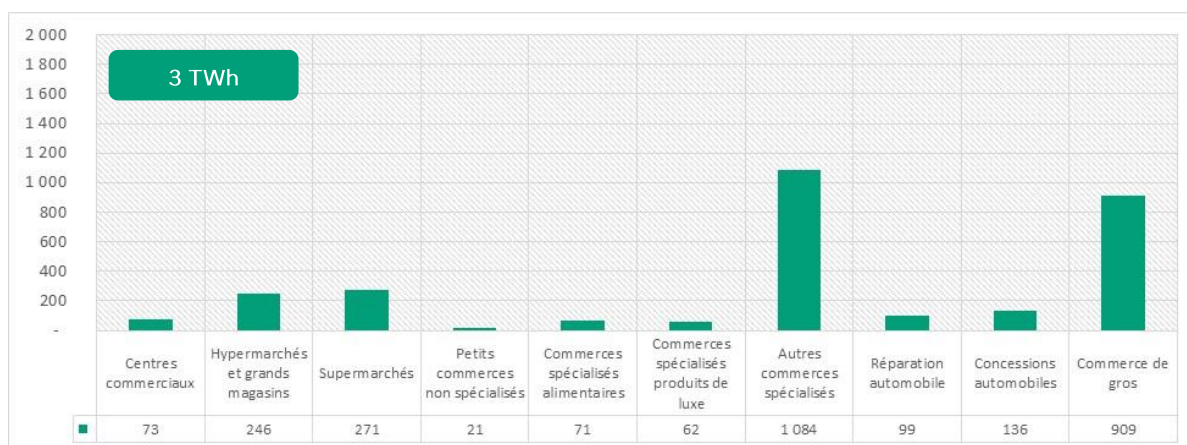


Figure 74 : Les consommations d'énergie associées à la climatisation par sous-secteurs dans le commerce en 2020 (GWh).

Source Modélisation CODA Stratégie

Contrairement à ce qui est observé pour les bureaux, la zone H3 génère la plus importante consommation associée à la climatisation. Cela tient tout à la fois à des taux de climatisation plus élevés et à la durée d'utilisation plus importante des systèmes dans cette zone climatique. Le poids des DOM dans la consommation des commerces est limité à 5% (0,15TWh). On n'observe pas en effet dans le secteur commercial l'effet de suréquipement par rapport à la population constaté pour les bureaux. Il convient de noter qu'avec 5% de la consommation nationale le secteur du commerce dans les DOM pèse davantage que le poids démographique de ces territoires (environ 3% de la population française totale). Si l'équipement commercial des DOM est moins dense qu'en métropole les taux de climatisation et les consommations unitaires sont évidemment plus importantes.

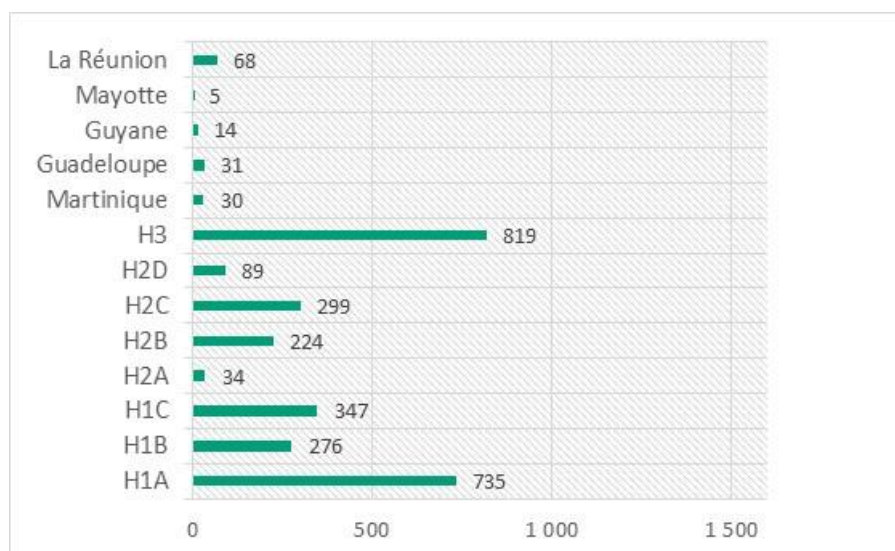


Figure 75 : La consommation d'énergie associée à la climatisation dans le secteur du commerce par zone climatique en 2020 (GWh)

Source : Modélisation CODA Stratégies

4.1.3.4. Le secteur de la santé

❖ Présentation générale

Les ratios de consommations sectoriels utilisés par les études qui ont pu être consultées sont en retrait par rapport aux ratios retenus pour les bureaux ou les commerces par exemple. Dans le cas des travaux réalisés par RTE ils s'élèvent 44 kWh/an et par m² et à 55 kWh/m² dans le cas du CEREN. Par rapport aux bureaux des facteurs limitent les besoins en froid, en particulier la faiblesse des apports internes en général (plus faible densité des équipements informatiques). En revanche l'occupation 24/7 des locaux influe en sens inverse si l'on ne considère que les établissements de santé stricto sensu.

Il apparaît difficile d'établir un ratio moyen de consommation pour les établissements de santé, en raison de leur caractère très hétérogène. Les besoins en climatisation sont en effet très importants sur les plateaux techniques et les blocs opératoires, mais il s'agit alors de besoin de type « salles blanches », pour lesquelles les consommations sont davantage associées au traitement de l'air qu'à la climatisation thermique au sens strict.

Pour les parties hébergement les consommations électriques sont estimées par EDF à des valeurs variant de 30 et 50 kWh/m², en raison de la ventilation, la climatisation, de l'éclairage et des équipements médicaux.²²

Le ratio de consommation tel qu'il ressort de la modélisation réalisée à l'occasion de cette étude est de 41 kWh/m²/an. Cette valeur est donc inférieure mais cohérente avec les ratios retenus par d'autres études. Cependant elle s'établit à des niveaux plus élevés que ceux estimés pour les bureaux et le secteur du commerce, contrairement aux hypothèses retenues par les autres travaux qui ont pu être consultés.

La modélisation réalisée prend en effet en compte certaines caractéristiques d'occupation des bâtiments (occupation 24/7, ancienneté de certains bâtiments...) pour aboutir à ce résultat.

❖ Les surfaces climatisées

Les surfaces climatisées sont estimées à 22 millions de m² dans le secteur de la santé et de l'action sociale. Sans surprise, les hôpitaux publics, dont le patrimoine immobilier est le plus important et qui ont eu recours de manière plus prononcée à la climatisation au cours des dernières années, représentent environ la moitié des surfaces climatisées. Les hôpitaux privés à but lucratif ou non représentent pour ce qui les concernent environ 1/3 des surfaces totales climatisées.

²² https://www.techopital.com/pour-reduire-sa-consommation-electrique,-un-hopital-doit-agir-sur-ses-equipements-permanents-NS_2899.html

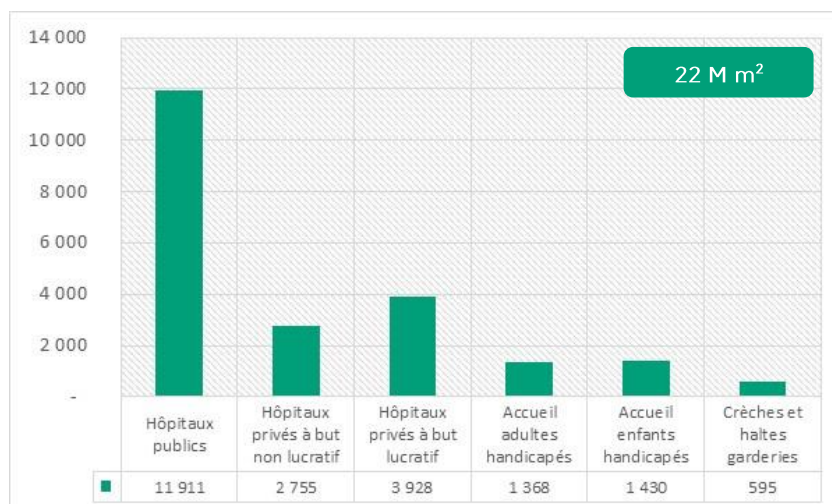


Figure 76 : les surfaces climatisées dans les différents sous-secteurs de la santé et de l'action sociale.
Source : Estimation CODA Stratégies d'après données disponibles

❖ Les consommations énergétiques

Les consommations énergétiques du secteur santé action sociale sont estimées par la modèle développé à 0,7 TWh en 2020. Les hôpitaux publics représentent environ la moitié de ces consommations et les établissements privés de soins environ le 1/3 de celles-ci.

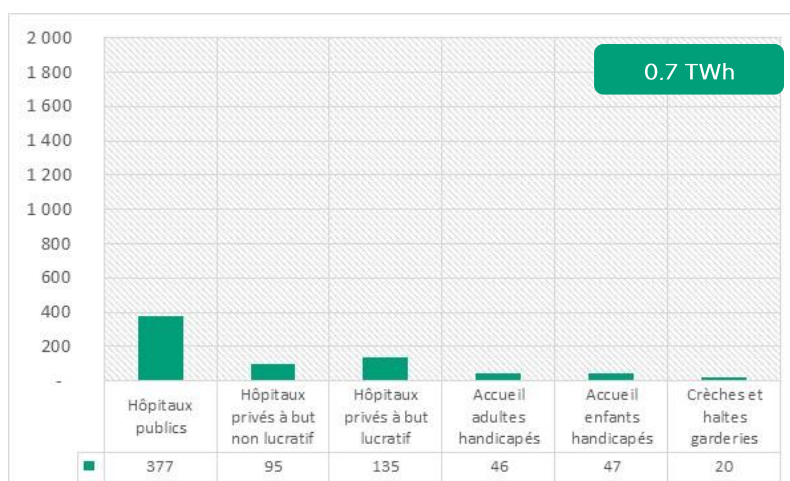


Figure 77 : Les consommations énergétiques associées à la climatisation dans le secteur de la santé par sous-secteurs en 2020 (GWh).
Source : Modélisation CODA Stratégies

Les zones H1A et H3 représentent en cumulé plus de la moitié des consommations associées à la climatisation dans le secteur. Le poids de la zone H1A s'explique évidemment par l'importance démographique de la zone. Pour la zone H3, la densité des établissements médicaux, mais surtout le recours quasi systématique à la climatisation au regard des conditions climatiques, constituent les deux facteurs explicatifs principaux.

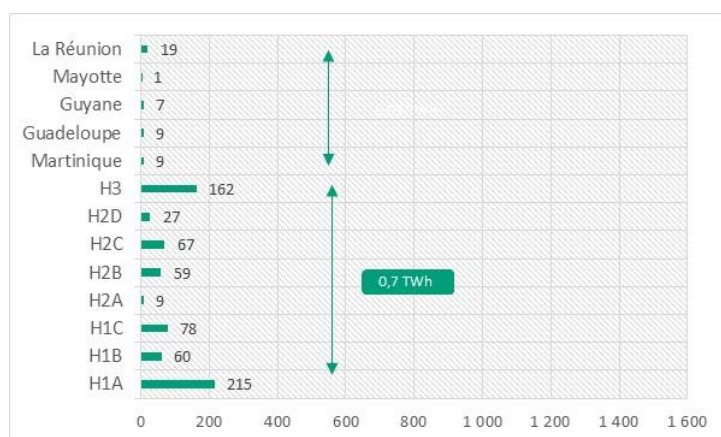


Figure 78 : La consommation énergétique associée à la climatisation dans le secteur de la santé par zone climatique en 2020 (GWh).

Source : Modélisation CODA Stratégies.

4.1.3.5. Le secteur Cafés, Hôtels Restaurant (CAHORE)

❖ Présentation générale

Les travaux qui ont pu être consultés s'appuient sur des ratios de consommation par m^2 très hétérogènes. Par exemple les estimations du CEREN retiennent un ratio de consommation par m^2 de l'ordre de 60 kWh par an, alors que le groupe de travail animé par RTE a évalué les consommations énergétiques sur la base d'un ratio de 30 kWh par an et par m^2 .

La modélisation réalisée par CODA stratégie conduit à évaluer à 30 kWh/an/ m^2 la consommation du secteur. Ce ratio est cohérent avec les données empiriques qui ont pu être collectées. Ainsi par exemple, les recherches effectuées²³, indiquent que les consommations totales d'énergie d'un hôtel sont de l'ordre de 245 kWh/ m^2 /an. Sur ce total le poste climatisation – chauffage représente 40 à 45% et la climatisation est souvent estimée entre 10 et 15%. Certaines campagnes de mesures réalisées par exemple par le BET Enertech, font ressortir également des chiffres très hétérogènes variant de 18 à 45 kWh par an et par m^2 .

²⁴

Il convient de mentionner la forte hétérogénéité du secteur CAHORE : les taux de climatisation, les durées d'utilisation, les technologies utilisées sont très différentes selon que l'on considère un restaurant de quartier ou un hôtel de grand luxe.

❖ Les surfaces climatisées

En 2020, les surfaces climatisées du secteur CAHORE sont estimées par la présente étude à 37 millions de m^2 . L'ensemble des hôtels représentent 54% du total des surfaces climatisées, précédant les restaurants dont 8,5 millions de m^2 de surface bénéficient de la climatisation.

²³ Ce sont par exemple les données communiquées par l'ADEME sur son site ou encore la moyenne des consommations affichées par le groupe ACCOR pour l'ensemble de son parc.

²⁴ Une campagne de mesure effectuée par Enertech dans un hôtel parisien 3*, qualifié de « peu performant » fait ressortir un ratio de 18 kWh/ m^2 /an. (Enertech : Consommation par usage dans un hôtel parisien 3 étoiles). Plus récemment, la campagne de mesure réalisée par le BET sur l'hôtel Golden Tulip 4 étoiles situé à Marseille et livré en 2016 est de 89 kWh_{froid}/ m^2 /an. L'établissement étant raccordé à un réseau froid, les consommations électriques ne peuvent directement être évaluées mais serait évidemment inférieures (par exemple de 37 kWh/An/ m^2 dans l'hypothèse d'un COP de 2.4). (Enertech Pojet Swacool – Bâtiment Golden Tulip).

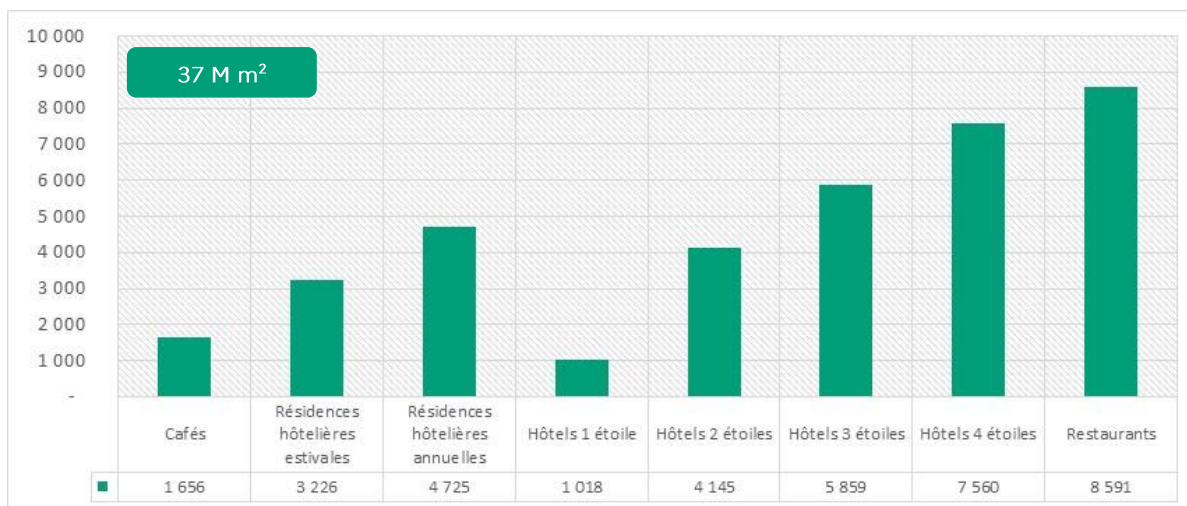


Figure 79 : les surfaces climatisées dans les différents sous-secteurs de la santé et de l'action sociale.
Source : Estimation CODA Stratégies d'après données disponibles

❖ Les consommations d'énergie

La consommation totale d'énergie du secteur a été estimée par le modèle développé à 0,8TWh. Les hôtels les plus luxueux et les restaurants génèrent les consommations les plus importantes soit à peu près 50% de la consommation totale pour ces deux sous-secteurs.

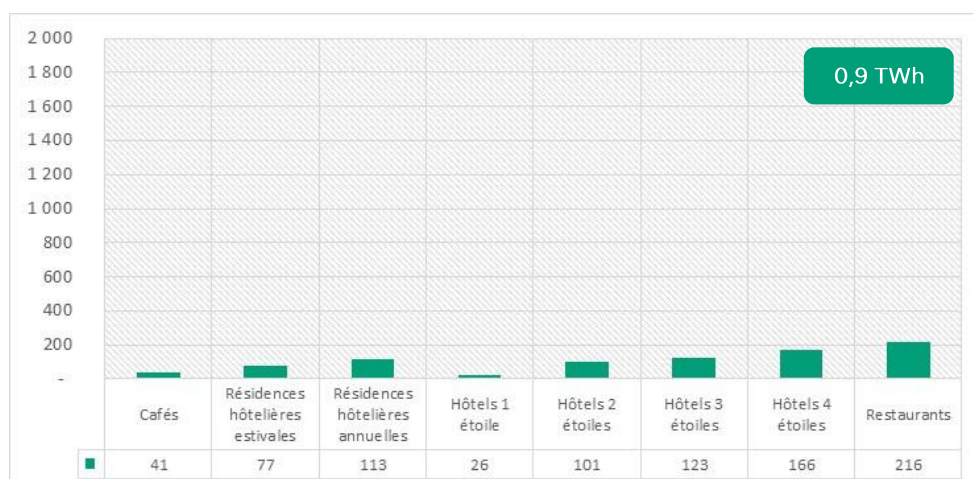


Figure 80 : La consommation énergétique associée à la climatisation dans le secteur de la santé par sous-secteurs en 2020 (GWh).

Source : Modélisation CODA Stratégies.

Le poids relatif un peu plus important des restaurants dans la consommation énergétique par rapport aux surfaces climatisées observées tient à la densité importante de ces établissements dans les zones climatiques les plus chaude (H3...).

La zone H1A précède la zone H3 en terme de consommations des établissement CAHORE. Ceci tient notamment à la forte concentration des infrastructures hôtelières dans la zone (agglomérations parisienne et lyonnaise). Le poids des DOM dans la consommation énergétique est conforme à leur poids démographique. Si ces territoires bénéficient d'une infrastructure touristique relativement dense (mais avec de fortes disparités entre les différents départements), leur équipement en cafés et restaurants est en revanche plus faible que celui de la métropole.

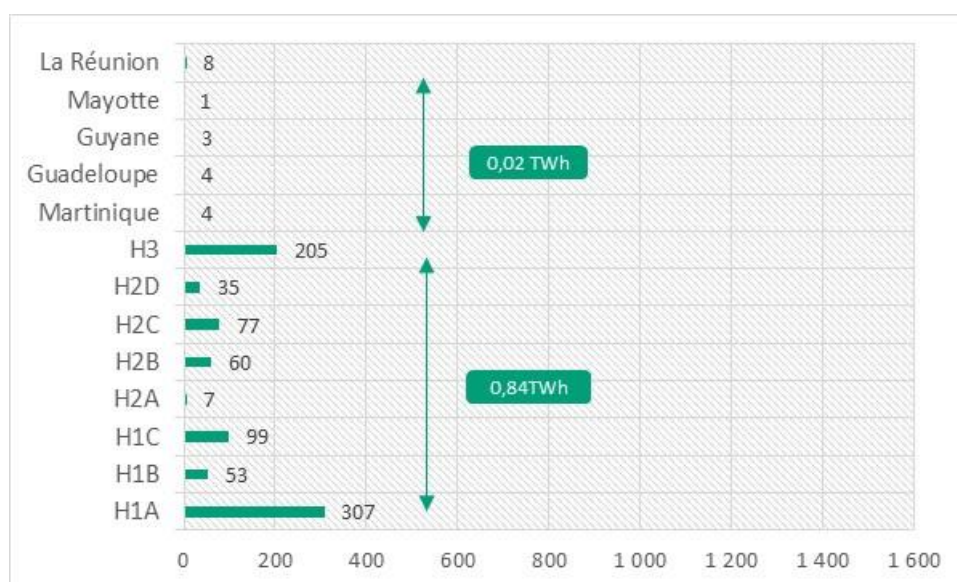


Figure 81: La consommation énergétique associée à la climatisation dans le secteur des Cafés, Hôtels restaurants par zone climatique en 2020 (GWh).
Source : Modélisation CODA Stratégies

4.1.3.6. La consommation énergétique associées à la climatisation dans les autres secteurs tertiaires

Les autres sous-secteurs du tertiaire représentent en cumulé une consommation de 1,3 TWh pour les usages climatisation, soit environ 12 % de la consommation totale du secteur tertiaire à ce titre.

Le tableau suivant présente de manière synthétique les caractéristiques d'équipement et de consommation de ces différents sous-secteurs.

Sous-secteurs	Estimation des surfaces climatisées (milliers m ²)	Estimation des consommations en 2020 (TWh)	Ratio de consommation par m ²
Sport, Loisir, Culture	20 939 m. m ²	0.421 TWh	20 kWh/m ² /an
Enseignement	12 577 m. m ²	0,355 TWh	28 kWh/m ²
Habitat communautaire	6 605 m.m ²	0.174 TWh	26 kWh/an/m ²
Bâtiments de transport	5 590 m.m ²	0,09 TWh	17 kWh/an/m ²
Datacenters	1 175 m. m ²	0,249 TWh	212 kWh/an/m ²

Tableau 10 : Les surfaces climatisées, les consommations énergétiques associées à la climatisation des autres sous-secteurs du tertiaire
Source analyse des données, enquêtes disponibles et modélisation CODA Stratégies.

4.2. Les émissions de GES associées à l'utilisation des fluides frigorigènes

Les émissions dans l'atmosphère de fluide frigorigènes font l'objet d'un suivi attentif des autorités nationales et internationale en raison de leur double impact sur la couche d'ozone et sur le réchauffement climatique. Dans ces conditions, des objectifs volontaristes, portant tout à la fois sur la réduction des quantités de gaz incorporées dans les systèmes, sur la réduction des fuites de gaz lors de la fabrication, de l'installation et de la fin de vie des systèmes et enfin et surtout sur l'abaissement du pouvoir réchauffant des gaz frigorigènes ont été définis par les instances nationales et internationales. S'agissant de l'Europe, les réglementations « F-GAS » 517/2014/UE (décrite au paragraphe suivant) porte des objectifs très volontaristes et fait l'objet d'une transcription dans les droits des états membres. Depuis 2015 les

émissions de GES associées ont donc baissé de manière significative et cette évolution devrait encore s'accroître au cours des prochaines années, en raison des nouveaux paliers réglementaires prévus par F-GAS.

Les paragraphes suivants décrivent le contexte réglementaire qui structure largement la performance environnementale des systèmes utilisant des fluides frigorigènes, la méthode d'estimation utilisée pour évaluer les quantités de gaz émis dans l'atmosphère et présentent enfin les résultats obtenus pour l'année 2020.

4.2.1. Le contexte réglementaire

La réglementation européenne « F-GAS » 517/2014/UE adoptée en 2014 s'est fixée pour objectif de réduire drastiquement les émissions de GES. Cette réglementation a pour objectif de réguler le secteur de la réfrigération via des normes environnementales. Le Décret 2015 1790 du 28/12/2015 a retranscrit en droit français la réglementation F-Gas.

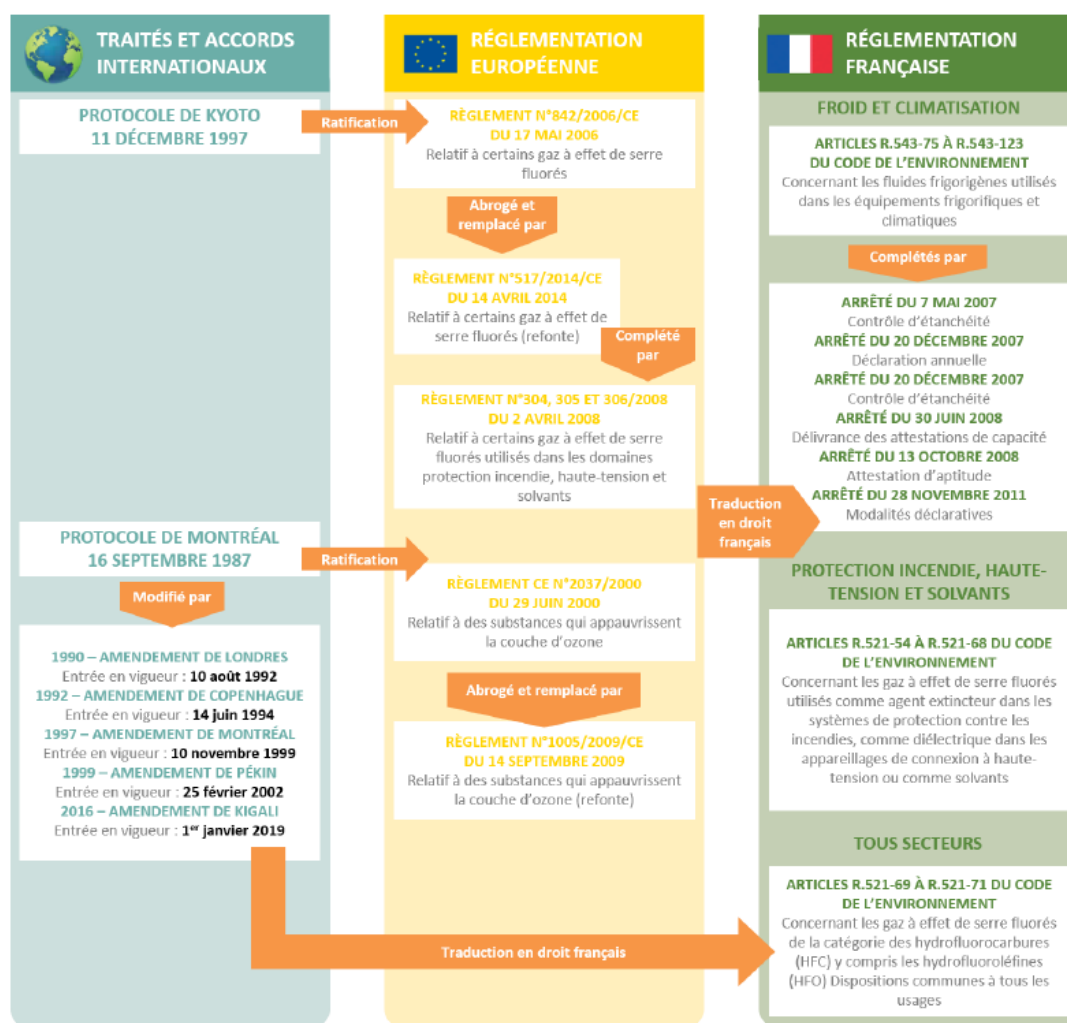


Figure 82 Récapitulatif des traités, accords et réglementations en vigueur en matière de gaz fluorés.
Source : ADEME – Gaz Fluorés- Rapport Annuel – Données 2019

La réglementation s'appuie sur un certain nombre d'indicateurs permettant de décrire l'impact environnemental d'un fluide frigorigène :

- Les fluides frigorigènes rejettent des gaz à effet de serre (GES) dont l'impact sur le réchauffement climatique est très important.
- Cet impact est mesuré en **Tonne équivalent CO₂** (Teq CO₂)
- Sur cette base, le PRG (Potentiel de Réchauffement Global ou GWP : Global Warming Potential est calculé pour chaque type de gaz, en considérant une durée de vie du gaz dans l'atmosphère

conventionnelle de 100 ans. Le PRG est établi par rapport au CO₂, utilisé comme référence et dont la valeur est fixée à 1.

La F-Gaz est à l'origine de l'interdiction des gaz fluorés HCFC (HydroChloroFluoroCarbones) et des CFC (ChloroFluoroCarbures) depuis 2015. Les HFC (HydroFluoroCarbure) pourront être utilisés jusqu'en 2030, mais vous devront ensuite être substitués par des réfrigérants naturels. L'objectif pour 2030 est de réduire par 5 les émissions globales de gaz à effet de serre provenant des fluides frigorigènes, au terme d'un processus qualifié de « Phase Down ».

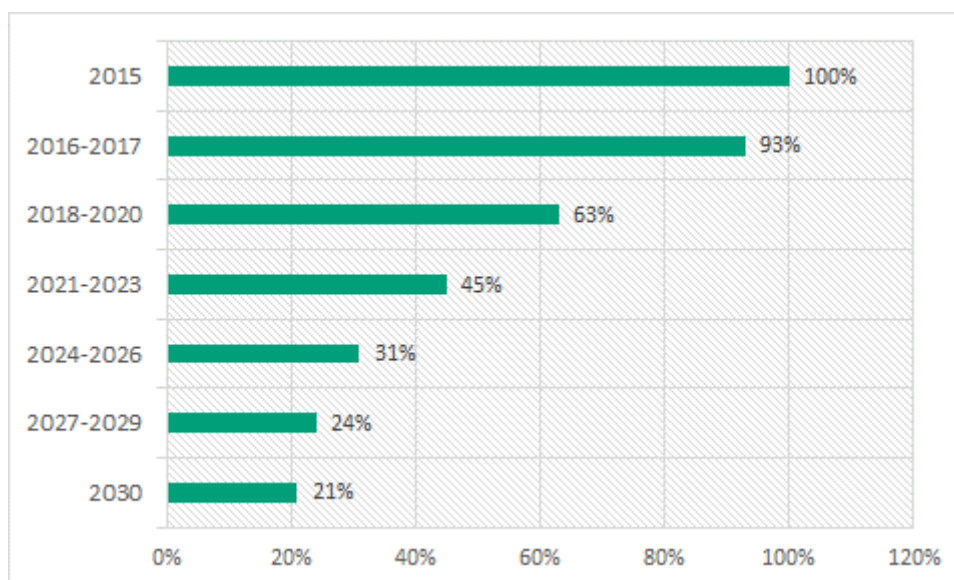


Figure 83 : La « Phase Down » de la réglementation F-GAS

La réglementation implique donc une réduction du GPW moyen des fluides, le faisant passer de 2 000 à 400 sur la période 2015-2030. Cela implique l'interdiction de l'utilisation de certains HFC en fonction de leur PRG, ainsi que le décrit la figure suivante.

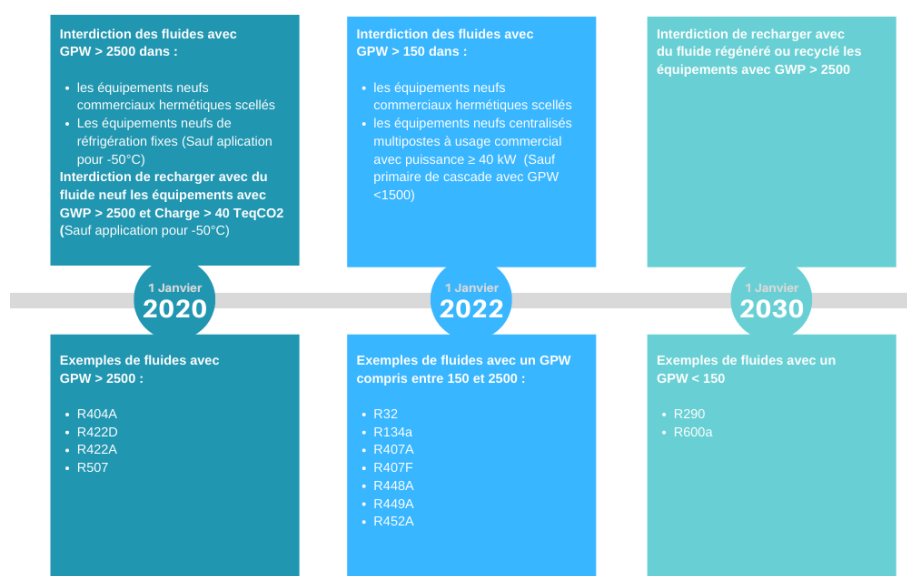


Figure 84 : Les interdictions relatives à la commercialisation des fluides à fort PRG prévues par la F-Gas.

Source : <https://www.chr-avenue.com/blog/fluides-frigorigenes-le-point-sur-la-reglementation-f-gas-en-2020-n22>

4.2.2. La méthode d'estimation des émissions de GES liées aux fluides frigorigènes

4.2.2.1. Présentation Générale de la méthode d'évaluation

En Europe et spécifiquement en France des travaux réguliers sont menés afin d'évaluer les émissions de GES associées aux fluides frigorigènes.²⁵ Nous nous sommes inspirés des méthodes d'évaluation utilisées par ces travaux, qui reposent de manière générale sur une séquence de 6 étapes, décrites dans la figure suivante.

. Pour évaluer les émissions de gaz dans l'atmosphère, ces travaux considèrent plusieurs sources d'émissions :

- Lors de la fabrication et de la mise en service des équipements (en usine ou sur le site)
- En cours de vie de l'équipement, soit en raison de fuites (« émissions fugitives ») soit lors d'opérations de maintenance (vidange des équipements et remplacement par des fluides neufs)

En fin de vie de l'équipement, en considérant la part des fluides qui n'est ni détruite ni recyclée.

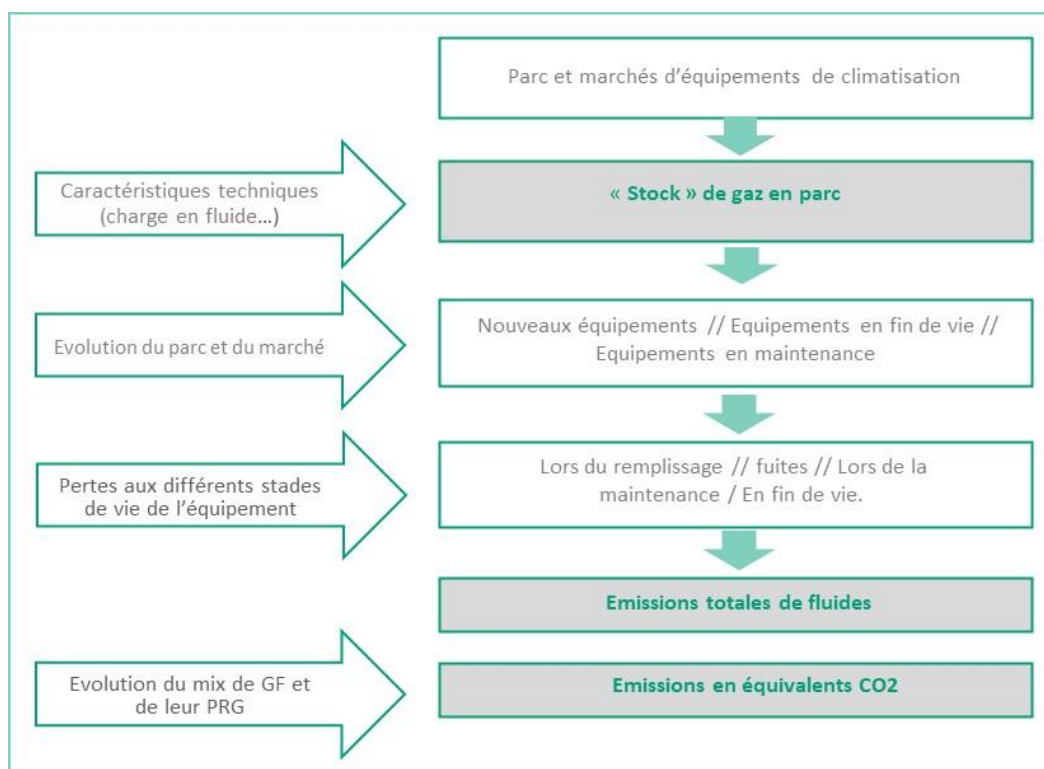


Figure 85 : Les étapes d'évaluation des émissions de GES associées aux fluides frigorigènes

4.2.2.2. L'évaluation des stocks de gaz frigorigènes

La méthode d'évaluation des émissions de fluides frigorigènes dans l'atmosphère s'appuie dans un premier temps sur les données du modèle d'évaluation des consommations énergétiques développé par CODA Strategies. Ce modèle permet en effet d'évaluer les surfaces climatisées et a par ailleurs consolidé les données relatives aux marchés des équipements sur une longue période (2000-2020).

²⁵ Il convient notamment de citer :

Inventaires des émissions des fluides frigorigènes, réalisé par MINES ParisTech – Armines – 2016

Observatoire des gaz fluorés – Données 2019 – ADEME Octobre 2020

Evaluation and impact assessment for amending regulation N°517/2014 on fluorinated green-house gases Oki Insitut – Mai 2021. Certains de ces documents nous ont été aimablement transmis par l'AFCE (Alliance Froid Climatisation Environnement).

A partir des données présentes dans le modèle et d'hypothèses sur les charges en gaz frigorigène des différents équipements rapportées au m² climatisé, une évaluation des stocks de gaz a été réalisée. Cette évaluation a été comparée aux résultats des travaux précédemment cités.

Charge par équipement selon la surface climatisée [kg/ Sqm]	
	Kg/m ²
<i>Roof Top</i>	0,021
<i>VRV - DRV + Multisplit</i>	0,053
<i>Sur boucle eau glacée</i>	0,021
<i>Sur réseau Froid</i>	0,021
<i>Climatisation résidentielle</i>	0,018

Tableau 11 : La charge en gaz frigorigène par équipement rapportée au m² climatisé

La multiplication des surfaces climatisées par les charges moyennes par m² (selon les paramètres de charges par équipement présentés ci-dessus) ont donc permis d'évaluer les quantités de gaz frigorigène « en stock » (certains des travaux évoqués précédemment retiennent le terme de « banque de gaz frigorigènes »).

4.2.2.3. Les émissions lors de la fabrication et de la mise en service des équipements

Lors du remplissage des équipements, une dispersion d'une partie de ceux-ci dans l'atmosphère est observée. Les estimations de celles-ci diffèrent selon que l'équipement est rempli en usine ou sur le site de son installation. Le tableau suivant présente les hypothèses qui ont été retenues lors de l'estimation.

Modalités de charge			% pond.
Tertiaire	En usine	Sur site	
<i>Roof Top</i>	100%		2,0%
<i>VRV - DRV + Multisplit</i>	75%	25%	2,8%
<i>Sur boucle eau glacée</i>	25%	75%	4,3%
<i>Sur réseau Froid (en kW)</i>		100%	5,0%
Résidentiel	En usine	Sur site	
Climatiseur mobile	100%		2,0%
Climatiseur Monosplit	100%		2,0%
PAC Air-Air multisplit	50%	50%	3,5%
Pac Air Eau Elec	50%	50%	3,5%
Pac Gaz (% du marché)	50%	50%	3,5%
Réseau Froid (en kW)		100%	5,0%

Tableau 12 : Taux d'émission de fluides dans l'atmosphère lors de la fabrication et de la mise en service des équipements (par rapport à la charge totale de l'équipement)

Source : CODA Stratégies, d'après les hypothèses retenues par l'inventaire des émissions de fluides frigorigènes Armines.

Le modèle développé distingue différentes situations types :

- Les équipements importés, chargés en usine, les émissions ayant lieu sur le territoire de production
- Les équipements importés chargés sur site, les émissions ayant lieu sur le territoire national
- Les équipements produits en France, chargés en usine et exportés, les émissions ayant lieu sur le territoire national
- Les équipements produits en France exportés et chargés sur le site d'utilisation, les émissions ayant lieu sur le territoire de destination.

Dans la présentation des résultats, seules les émissions observées sur le territoire national sont comptabilisés (mais le modèle permet d'évaluer la totalité des émissions).

4.2.2.4. Les émissions en cours de vie des équipements

Comme cela a été précisé précédemment les émissions en cours de vie des équipements sont la résultante de fuites dans les systèmes (« émissions fugitives ») et de fluide s'échappant dans l'atmosphère à l'occasion d'opérations de maintenance. La périodicité de maintenance pour les équipements qui en font l'objet a été fixée dans le modèle à 5 années (ce qui correspond à une contrainte réglementaire). Les taux d'émissions fugitives et de fuites ont été déterminés sur la base des hypothèses retenues par les travaux précités. Le tableau suivant présente les hypothèses retenues pour ce qui concerne les opérations de maintenance.

Périodicité et taux de maintenance, pertes associées				
	Périodicité (en années)	Taux effectif	% de pertes	Durée de vie
Tertiaire				
<i>Roof Top</i>	5	80%	5%	15
<i>VRV - DRV + Multisplit</i>	5	60%	5%	15
<i>Sur boucle eau glacée</i>	5	90%	5%	20
<i>Sur réseau Froid (en kW)</i>	5	100%	5%	25
Résidentiel				
Climatiseur mobile	5	0%	5%	10
Climatiseur Monosplit	5	0%	5%	15
PAC Air-Air multisplit	5	50%	5%	15
Pac Air Eau Elec	5	50%	5%	15
Pac Gaz	5	50%	5%	15
Réseau Froid (en kW)	5	100%	5%	25

Tableau 13 : Les paramètres retenus pour évaluer les émissions lors de la maintenance des équipements

S'agissant des « émissions fugitives » en cours de vie, les hypothèses retenues sont les suivantes.

Emissions fugitives des équipements (%)	
	Taux émissions fugitives
Tertiaire	
<i>Roof Top</i>	5%
<i>VRV - DRV + Multisplit</i>	5%
<i>Sur boucle eau glacée</i>	6%
<i>Sur réseau Froid (en kW)</i>	3%
Résidentiel	
Climatiseur mobile	2%
Climatiseur Monosplit	4%
PAC Air-Air multisplit	6%
Pac Air Eau Elec	5%
Pac Gaz	5%
Réseau Froid (en kW)	3%

Tableau 14 : Les taux d'émissions fugitives retenus

Source : CODA Stratégies, d'après les hypothèses retenues par l'inventaire des émissions de fluides frigorigènes Armines.

4.2.2.5. Les émissions en fin de vie des équipements

En fin de vie des équipements les fluides frigorigènes peuvent être détruits, recyclés ou s'échapper dans l'atmosphère. La réglementation tend bien évidemment à contraindre les acteurs du marché à recycler ou détruire les fluides contenus dans les équipements retirés du parc. Toutefois, à l'heure actuelle les taux de recyclage demeurent limités, surtout pour ce qui concerne le secteur résidentiel, pour lequel les procédures de désinstallation sont moins encadrées que dans le secteur tertiaire.

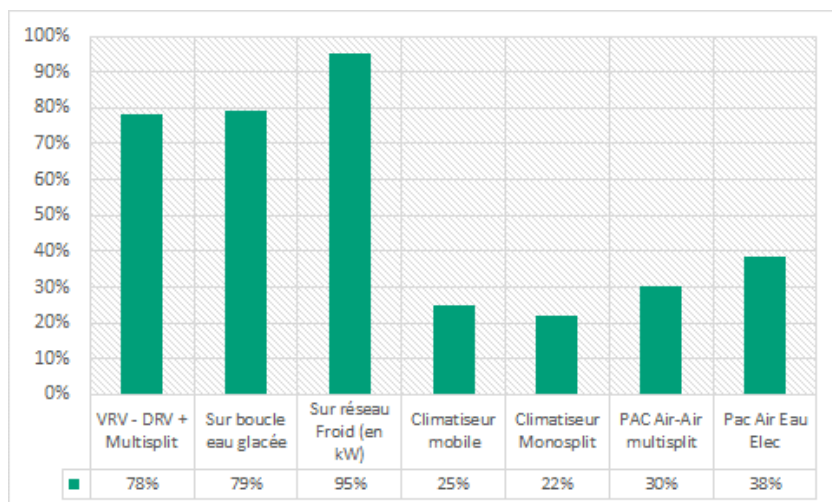


Figure 86 : Taux de récupération des fluides frigorigènes pour les équipements parvenus en fin de vie.
Source : CODA Stratégies, d'après les hypothèses retenues par l'inventaire des émissions de fluides frigorigène Armines

4.2.2.6. L'évaluation des émissions en tonnes équivalent CO₂

Les émissions totales de fluides frigorigènes dans l'atmosphère sont donc évaluées en considérant la somme des émissions lors de l'installation, de la maintenance, des fuites pendant la période de fonctionnement et enfin lors du retrait des équipements.

Afin de passer de cette somme exprimée en tonne de fluide à une évaluation en équivalent CO₂, pour chaque années prise en compte par le modèle, le mix des différents gaz frigorigènes a été évalué pour les nouvelles ventes d'équipements, pour les équipements en parc et pour les équipements parvenus en fin de vie. A titre d'exemple le tableau suivant présente les valeurs retenues pour le résidentiel et le tertiaire, pour les équipements les plus diffusés.

A partir du tableau présenté à la page suivante, il a donc été possible de reconstituer, pour une année donnée, l'équivalent en tonnes de CO₂ d'une tonne de fluide frigorigène s'échappant d'un équipement spécifique (par exemple, pour les VRV – DRV – Multisplit dans le secteur tertiaire, une tonne de fluide émise par un équipement neuf en 2020, se traduira par 1600 TeqCO₂ (1749*15%+2038*45%+1430*20%+675*20%))

			Statut équipement		
			% neuf	% Stock	% fin de vie
Tertiaire	Gaz	PRG/GWP			
VRV - DRV + Multisplit	R-407C	1749	15%	19%	25%
	R-410A	2038	45%	57%	57%
	R-134a	1430	20%	20%	18%
	R-32	675	20%	3%	0%
Sur boucle eau glacée	R-407C	1749	1%	14%	25%
	R-134a	1430	30%	35%	38%
	R-410A	2038	43%	47%	37%
	R-717	0	5%	1%	1%
	R-1234ze	7	5%	1%	0%
	R-454c	148	8%	1%	0%
	R-32	675	8%	1%	0%
Résidentiel	Gaz	PRG/GWP			
Climatiseur mobile	R-410A	2038	35%	76%	100%
	R-290	3	65%	24%	0%
PAC Air-Air multisplit	R-407C	1749		17%	14%
	R-410A	2038	15%	63%	86%
	R-32	675	84%	20%	0%
	R-290	3	1%	0%	0%
	R-454c	148	1%	0%	0%

Tableau 15 : Diffusion des différents fluides frigorigènes par type d'équipement en 2020.
Source CODA Stratégies, compilation des données disponibles.

4.2.3. Les émissions de GES associées aux fluides frigorigènes : bilan 2020

Conformément à la méthode d'estimation présentée dans les paragraphes précédents, le modèle développé par CODA Stratégies pour la présente étude évalue dans une première étape, à partir des surfaces climatisées et des parcs d'équipements, les « stocks » de gaz présents sur le territoire national. Sur cette base, les émissions de gaz dans l'atmosphère sont quantifiées puis le potentiel de réchauffement global de ces émissions est évalué.

4.2.3.1. Le stock de gaz intégrés aux équipements de climatisation

La modélisation développée permet d'évaluer à près de 22 000 tonnes les gaz frigorigènes stockés dans les équipements de climatisation. Le secteur tertiaire représente un peu plus de 60% des quantités stockées, mais la forte progression de la climatisation dans le secteur résidentiel devrait modifier à terme les proportions.

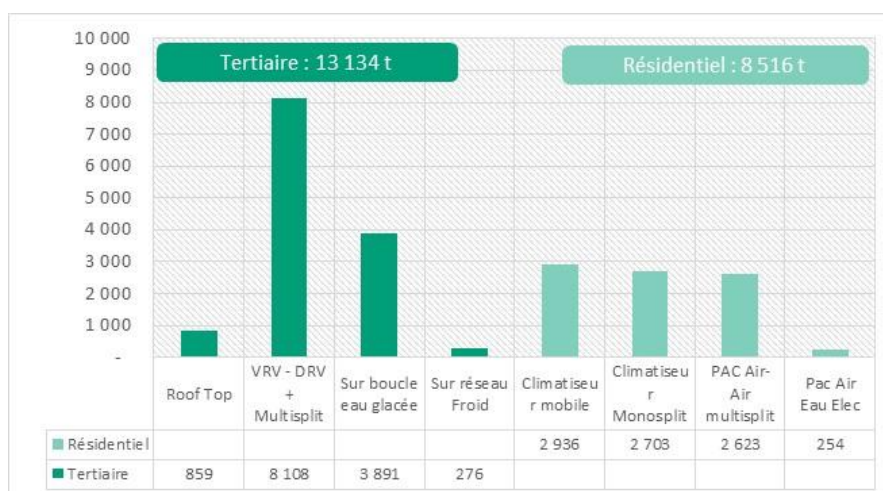


Figure 87 : Les quantités de gaz frigorigènes stockés dans les équipements (Tonnes – France Entière)

4.2.3.2. Les émissions de gaz frigorigènes

Comme cela a été précisé précédemment, les émissions de gaz frigorigènes se produisent au moment de la production et de la mise en service des équipements, en cours de vie à l'occasion des opérations de maintenance et lorsque surviennent des fuites accidentelles (« émissions fugitives ») et enfin à la fin de vie de l'équipement pour la proportion de gaz non récupérée.

❖ Les émissions lors de la production des équipements

Lors de la production des équipements et de la mise en service des équipements, les émissions totales de gaz frigorigènes restent limitées, évaluée à environ 70 tonnes. Cela tient pour une part au fait que les procédés industriels de fabrication sont bien maîtrisés, réduisant les pertes de gaz accidentelles. Mais aussi au fait qu'une grande partie des équipements sont importés et que les pertes associées à leur production sont réalisées hors territoire national (les émissions hors territoire national sont évaluées par le modèle développé à 36,5 tonnes). Si l'on souhaite apprécier l'impact total de la fabrication d'équipements utilisés sur le marché national, il faudrait donc retenir le chiffre de **104 tonnes** (30,3 tonnes pour les équipements produits par les industriels nationaux pour le marché intérieur + 36.5 tonnes pour les équipements importés de l'étranger + 37,3 tonnes émises à l'occasion de la mise en service sur le site climatisé d'équipements vendus non remplis – les équipements produits par les industriels nationaux et exportés sont alors non comptabilisés, mais les émissions correspondantes demeurent faibles : 2.3 tonnes -)

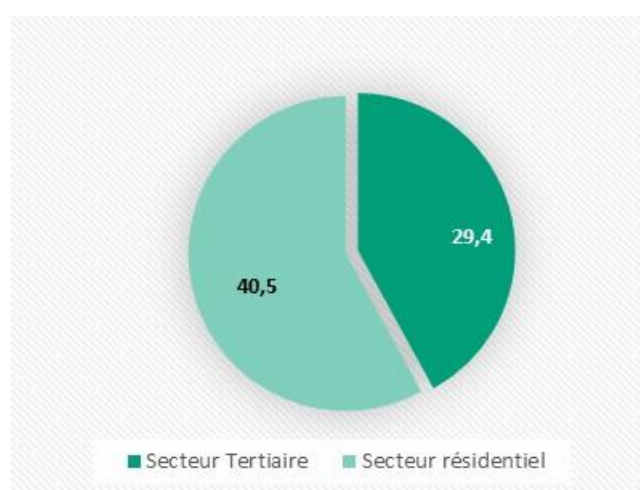


Figure 88 : Les émissions de gaz fluorés à l'occasion de la production et de la mise en service des équipements (tonnes annuelles – France Entière)

❖ Les émissions lors de la maintenance des équipements

Les émissions associées à la maintenance des équipements se produisent lors de la vidange des circuits frigorifiques à l'occasion des opérations de maintenance. Elles sont évaluées à **150 tonnes annuelles**. Ces émissions demeurent donc relativement limitées et essentiellement générées par le secteur tertiaire. Cela tient au fait qu'une part non négligeable des équipements pour le secteur résidentiel intègrent des circuits scellés n'appelant pas de maintenance périodique (en particulier les climatiseurs mobiles) et d'autre part que les particuliers ne font réaliser que rarement la maintenance de leur équipement.

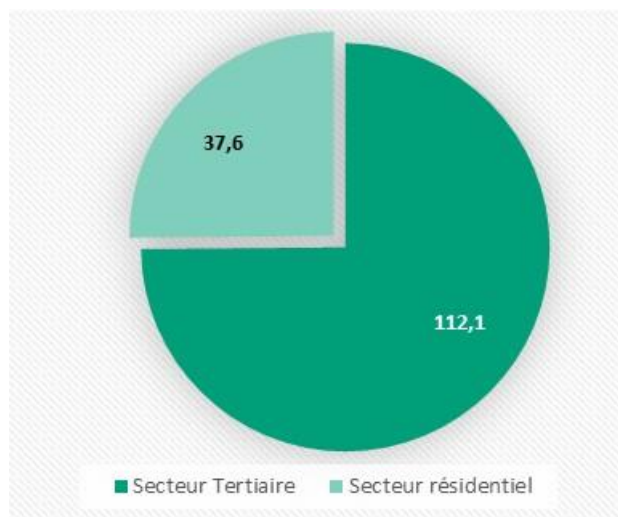


Figure 89 : Les émissions associées à la maintenance des équipements (tonnes annuelle – France Entière s)

❖ Les émissions fugitives

Les émissions « fugitives » associées à des défauts d'étanchéité des circuits frigorifiques représentent environ **1 000 tonnes** par an. Le secteur tertiaire pèse pour environ les 2/3 de ces émissions. Cela tient au poids du parc climatisé tertiaire mais également au fait que dans le secteur résidentiel certains équipements présentent peu de risques de fuites (climatiseurs mobiles et dans une moindre mesure monosplit).

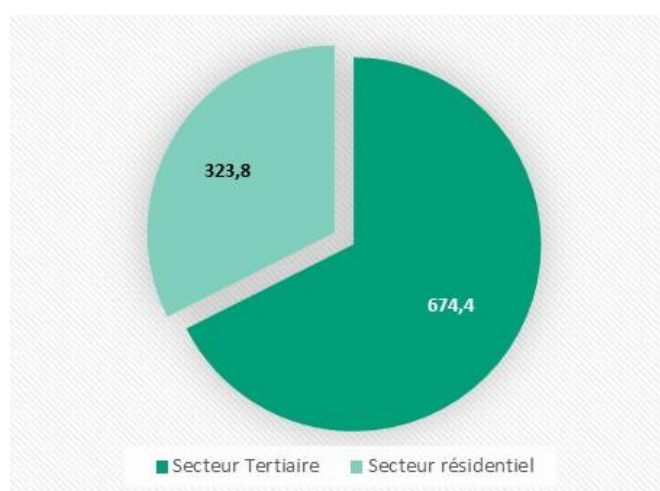


Figure 90 : Les émissions fugitives de gaz frigorigènes (tonnes annuelles - 2020 – France Entière)

❖ Les émissions en fin de vie des équipements

Les émissions associées aux fluides non détruits ou recyclés en fin de vie des équipements sont évaluées à **815 tonnes annuelles**. Contrairement à ce qui est observé pour les émissions fugitives, la contribution du secteur tertiaire est relativement faible en valeur relative (22% environ).

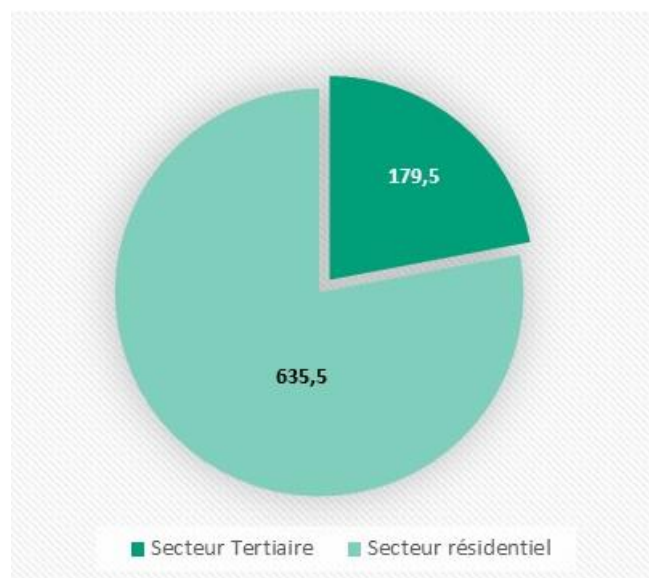


Figure 91 : Les émissions en fin de vie des équipements (tonnes annuelles 2020– France Entière)

Cela tient pour une large part à une gestion plus rigoureuse des équipements par les utilisateurs tertiaires et la filière d’installation lors du démontage et du remplacement des équipements arrivés en fin de vie. Les estimations des taux de recyclage retenues par l’inventaire des émissions associées aux fluides frigorigènes ²⁶ faisait état, sur la base des avis des professionnels de la filière de taux de récupération pouvant varier de 1 à 3 entre les secteurs résidentiel et tertiaire.

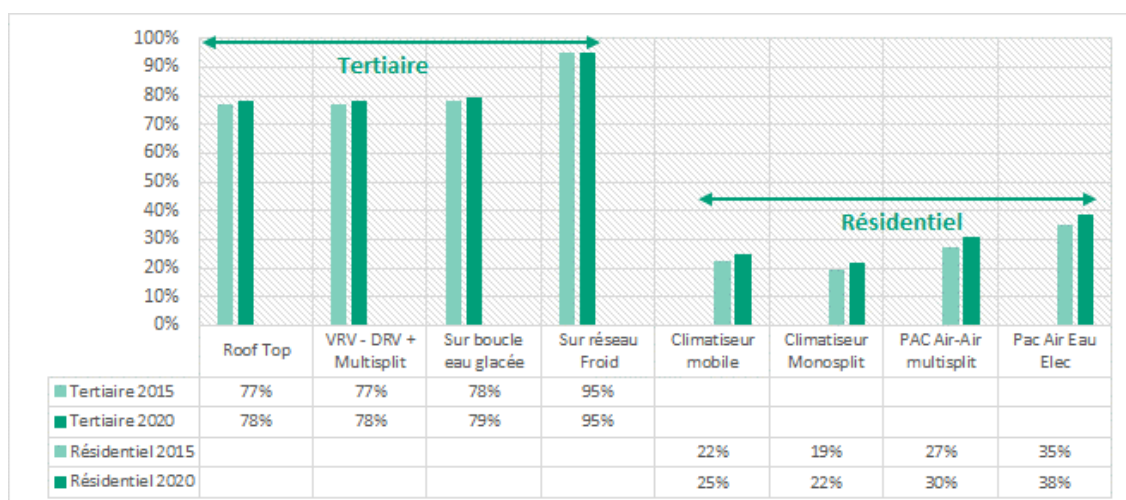


Figure 92 : Taux de récupération des fluides frigorigènes en fin de vie des équipements

Source : Inventaires des émissions des fluides frigorigènes (2016) – Armines ParisTech – Extrapolation CODA Stratégies (2020– France Entière)

²⁶ Armines ParisTech 2016, op. cit.

❖ Synthèse : Les émissions totales de fluides frigorigènes

Le cumul des émissions de fluides frigorigènes dont l'évaluation a été présentée dans les paragraphes précédents s'élève à **1 918 tonnes annuelles en 2020**. La contribution relative des secteurs tertiaires et résidentiel est relativement équilibrée : **938 tonnes annuelles pour le tertiaire et 980 tonnes pour le secteur résidentiel**.

Les émissions fugitives et les émissions en fin de vie sont les principales sources de diffusion des fluides frigorigènes dans l'atmosphère.

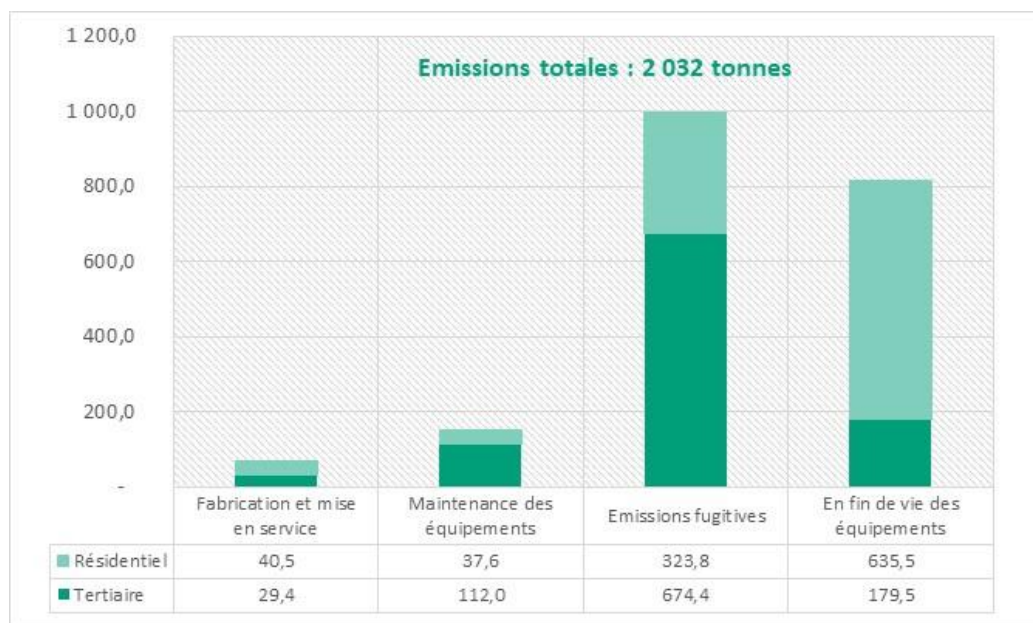


Figure 93 : Evaluation des émissions totales de fluides frigorigènes (tonnes annuelles 2020 – France Entière)

❖ La cohérence des données

Afin de tester la robustesse des résultats obtenus, des comparaisons ont été réalisées avec les évaluations réalisées par les sources disponibles. Pour cet exercice, la meilleure référence est constituée par l'étude « inventaires des émissions associées aux fluides frigorigènes – année 2016 » réalisée par Armines ParisTech en 2018. Cette évaluation présente le double avantage de distinguer finement les émissions par type d'équipement de climatisation et de raisonner en prenant en compte le stock d'équipement et de fluides et non uniquement les flux annuel ²⁷

Le tableau suivant présente la comparaison établie par CODA Stratégies entre les données issues de cette source et la modélisation réalisée à l'occasion de la présente étude. Les évaluations de la modélisation réalisée (1 918 tonnes) sont de 14% supérieures aux évaluations de l'étude citée (1681 tonnes pour le résidentiel et le tertiaire). Cette différence paraît cohérente avec les évolutions des marchés et des parcs d'équipements observées au cours des 5 dernières années.

²⁷ Le rapport annuel « Gaz Fluorés – Données 2019 », publié par l'ADEME, évalue les **flux annuels de gaz fluorés** mis sur le marché, sans distinguer les usages climatisation bâtiment, froid industriel et commercial, climatisation automobile, etc. Ce qui rend difficile les comparaisons avec les données issues du modèle développé.

	Données de l'inventaire 2016			Modélisation CODA 2020	Remarques
	TOTAL	Industrie	Tertiaire et résidentiel	Tertiaire et résidentiel	
Emissions totales associées aux groupes froid (chillers)	816	326	490	468	Baisse du marché, accroissement de l'efficacité
Emissions totales associées à la climatisation air :	1 001	0	1 001	1 330	Croissance du parc et du marché depuis 2016
Pac Résidentielles	190	0	190	234	Idem
TOTAL	2 007	326	1 681	2 033	

Figure 94 : comparaison entre les émissions de gaz frigorigènes évalués par Armines ParisTech (2016) et la modélisation réalisée

L'impact de la climatisation sur le réchauffement climatique : les émissions en tonnes équivalent CO₂

Afin d'évaluer le potentiel de réchauffement climatique des émissions de gaz frigorigènes, le modèle développé par CODA Stratégies évalue le mix de gaz incorporé dans les équipements, lors de leur installation, en cours de vie et lors de leur retrait. Sur la base des émissions présentées au point précédent et du pouvoir de réchauffement des différents fluides frigorigènes incorporés, les émissions sont évaluées en tonnes d'équivalent CO₂

GWP/ PRG [t CO ₂ /t/100 years]	
R-1234ze	7
R-134a	1430
R-22	1810
R-290	3
R-32	675
R-407C	1749
R-410A	2038
R-417A	2300
R-422D	2665
R-427A	2015
R-717	0
R-454c	148

Figure 95 : Le PRG des gaz présents dans les équipements de climatisation

❖ Lors de la fabrication et de la mise en service des équipements

Lors de la fabrication des équipements et de leur mise en service, les émissions sur le territoire national sont évaluées par le modèle à environ 86 000 tonnes équivalent CO₂ annuelles.

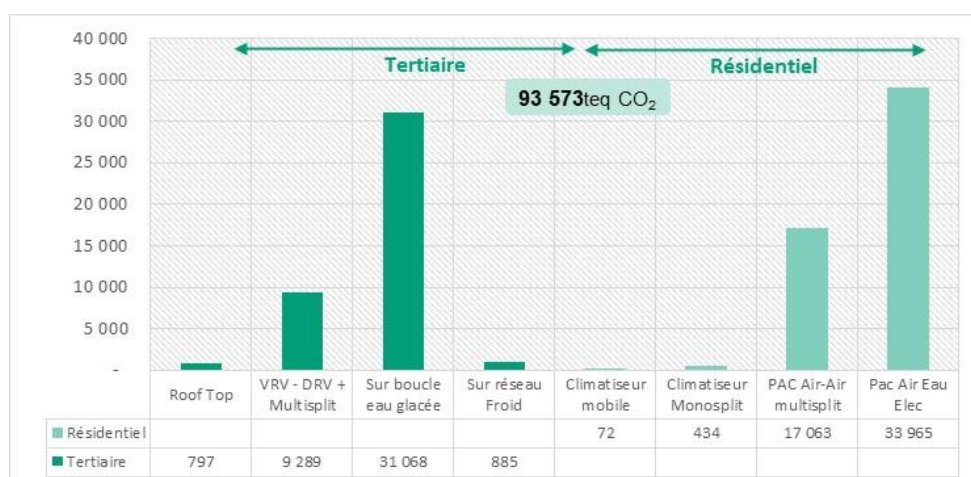
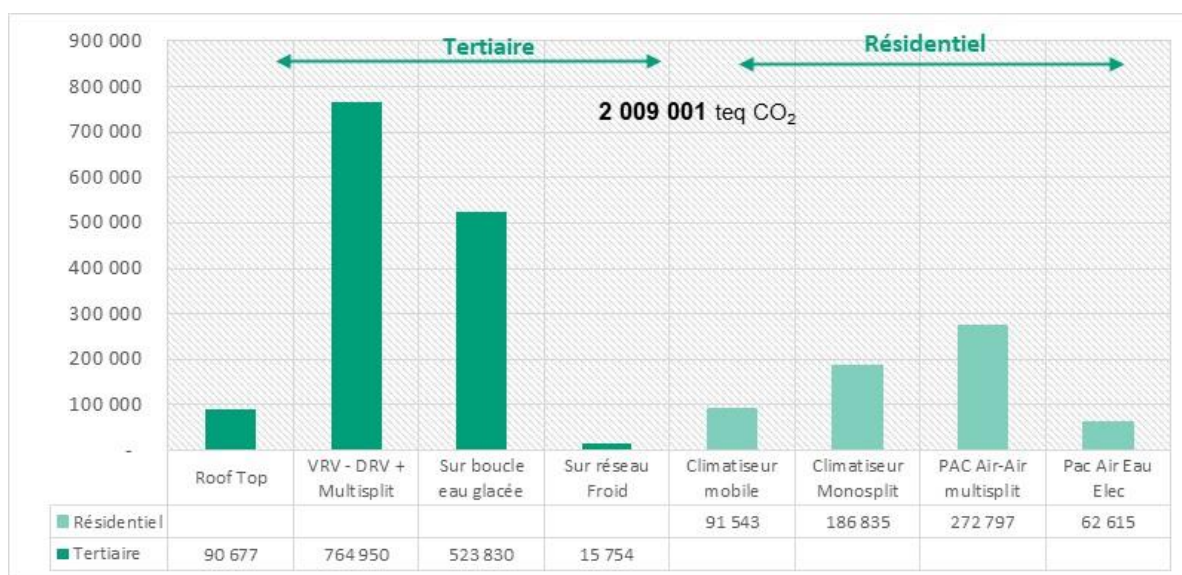


Figure 96 : Emission en tonne équivalent CO₂ lors de la fabrication et de la mise en service des équipements sur le territoire national (Tonnes eq CO₂ – 2020 - France entière),

❖ En cours de vie des équipements (Maintenance et émissions fugitives)

Les émissions en cours de vie des équipements sont beaucoup plus importantes, estimées par la modélisation à plus de 2 millions de tonnes. Il convient de noter que le secteur tertiaire représente près de 70% du pouvoir de réchauffement associé à ces émissions alors qu'il représente un peu moins de la moitié des émissions de gaz frigorigènes dans l'atmosphère. Cette situation tient au mix plus défavorable des équipements mis en place dans le tertiaire. Ainsi, par exemple le R-410 A, un fluide au fort PRG (2038) représente environ 45% des volumes de gaz dans les chillers et les systèmes VRV-DRV, alors que les équipements résidentiels utilisent des fluides plus « vertueux » : par exemple le R-290 (propane – PRG =3) représente déjà 24% des quantités embarquées dans les climatiseurs mobiles et le R-32 (PRG= 675) 20% des fluides embarqués dans les mono et multisplit. Ces fluides représentent par ailleurs respectivement 65%et 83% des volumes embarqués dans les équipements neufs et devraient voir leur poids relatif augmenter rapidement au sein du parc d'équipements.



❖ En fin de vie des équipements (Maintenance et émissions fugitives)

En fin de vie, les équipements implantés en milieu résidentiel provoquent à l'inverse les émissions les plus importantes et nocives : 1,25 Mt eq CO₂ sur un total de 1,57 Mt, soit 80%. Cela tient pour une large part, comme cela a déjà été évoqué, aux taux de récupération de gaz beaucoup plus faibles observés sur les équipements résidentiels. Par ailleurs, par définition les équipements parvenus en fin de vie sont anciens et n'ont pas bénéficié de l'amélioration de la qualité des gaz incorporés survenue au cours des dernières années.

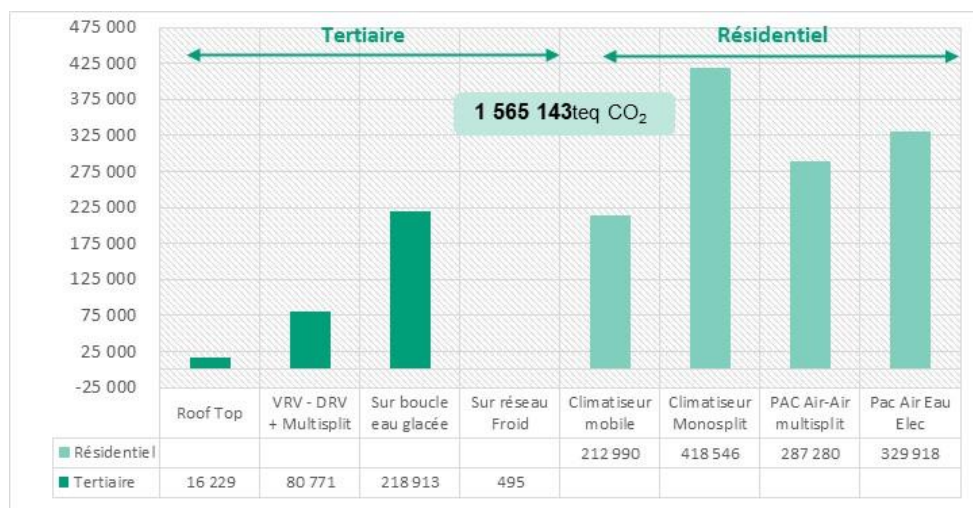


Figure 98 Emissions en tonnes équivalent CO₂ en fin de vie des équipements (Tonnes eq CO₂ – 2020 – France entière)

❖ Synthèse : le PRG total du parc 2020 d'équipements de climatisation

Le cumul des émissions en tonnes équivalent CO₂ s'établit donc à environ 3,7 MteqCO₂ annuelles en 2020. Les émissions en cours de vie et en fin de vie en représentent la très grande partie, contrairement à celles survenant lors de la fabrication et de la mise en service des équipements.

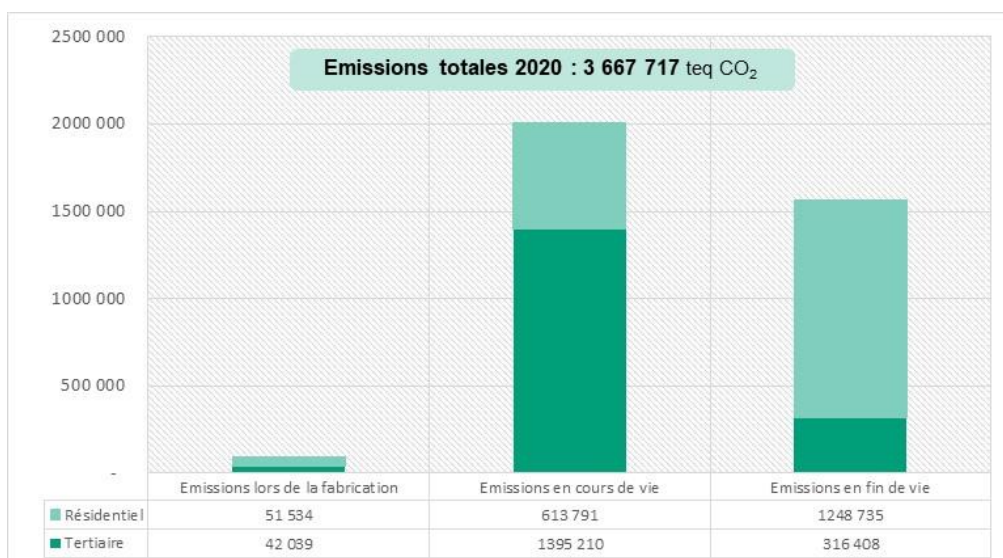


Figure 99 : Emissions totale en tonnes équivalent CO₂ des équipements de climatisation (2020 – France entière)

❖ La cohérence des estimations



Figure 100 : Comparaison entre les résultats de l'évaluation de CODA Stratégies (2020) et de l'inventaire des émissions de fluides frigorigène (Armines – ParisTech – 2016)

Afin d'évaluer la robustesse des estimations réalisées, une comparaison avec les données de l'inventaire 2016 des émissions de fluides frigorigènes réalisé par Armines ParisTech a été réalisée. Cette étude aboutissait à un bilan de 3,6 Mt pour l'année 2016 alors que le modèle développé conduit à une estimation de 3,7Mt. Entre 2016 et 2020 les parcs d'équipements ont progressé de manière significative mais, parallèlement les mix de gaz se sont améliorés. La quasi-stagnation des émissions qui serait observée au cours des 5 dernières années paraît dans ces conditions, plausible. Dans la mesure où les émissions sont fortement liées aux stocks d'équipements en fonctionnement et arrivés en fin de vie, il existe une inertie importante qui conduit à ce que l'amélioration du mix dans les équipements neufs et lors de la recharge ne se traduit que lentement dans la baisse des émissions nocives.

5. Conclusion / Perspectives

Le réchauffement de la planète et l'évolution des technologies des systèmes thermodynamiques conduisent à penser, du moins à court et moyen terme, que les marchés et les parcs de systèmes de climatisation continueront à se développer, tant dans les activités tertiaires que dans le logement. Avec un taux de climatisation de 40% pour l'ensemble du secteur tertiaire et de 25% pour les logements, le potentiel de développement de ces systèmes demeure important. Pour le logement, les perspectives d'évolution climatique conduisent à anticiper qu'à l'exception des territoires les plus au nord ou nord-ouest du pays, l'ensemble des zones climatiques devraient connaître un essor important de ces systèmes. Cela est d'autant plus probable que les climatisations réversibles (notamment les PAC Air/Air) constituent une alternative au chauffage électrique par effet joule et sont donc souvent mises en place lors de la rénovation des anciens systèmes. Dans le secteur tertiaire, il est attendu que certaines activités, dont les taux de climatisation sont actuellement très limités recourent beaucoup plus massivement à ces systèmes à l'avenir. Il en va ainsi par exemple des locaux d'enseignement pour lesquels, en raison des surfaces qu'ils représentent, une progression significative du recours à la climatisation aura un impact important sur les marchés d'équipements, les parcs de systèmes et les consommations associées.

D'ores et déjà, les consommations d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre de ces systèmes sont significatives. Avec une consommation d'environ 15 TWh en 2020 (dont les deux tiers provenant du secteur tertiaire), la climatisation de confort absorbe 4% de la consommation électrique des ménages et 8% de la consommation électrique totale du secteur tertiaire (uniquement pour le rafraîchissement des locaux, hors chauffage et ventilation). Cette proportion est appelée à croître en raison de la progression très importante attendue des surfaces climatisées et de la baisse des autres consommations (éclairage et chauffage notamment). La problématique de la maîtrise des consommations énergétiques associées à la climatisation devrait donc devenir de plus en plus critique au cours des prochaines années.

Il est indéniable que l'évolution technologique peut apporter des réponses limitant l'empreinte environnementale des systèmes.

S'agissant des émissions de GES associées à la dispersion de **fluides frigorigènes** dans l'environnement, il paraît acquis que l'impact de la réglementation F-GAZ et de sa transposition dans les différentes réglementations nationales au sein de l'UE, devrait réduire de manière drastique les effets néfastes de ces émissions.

Au cours des dernières années, en particulier sous l'influence d'une réglementation de plus en plus ambitieuse, les **performances énergétiques des systèmes**, notamment mesurées par le SEER, ont fortement progressé. Il est cependant admis qu'à l'avenir on n'observera pas, pour les générations de systèmes actuellement commercialisées, de progrès comparable à celui apporté par la généralisation de la technologie « Inverter²⁸ ». Les gains potentiels se situent davantage pour ces systèmes, dans une optimisation et un affinement de la régulation, dans une amélioration des échangeurs thermiques des unités extérieures ou dans des améliorations limitées des diffuseurs plutôt que dans des ruptures technologiques majeures. Il est même envisageable que la nécessité de recourir à de nouveaux fluides frigorigènes ou encore l'utilisation plus massive de PAC Air/eau pour le rafraîchissement des logements puissent annuler une partie des gains apportés par ailleurs. Dès lors, une nouvelle progression drastique des performances des systèmes ne pourrait venir que de l'introduction de ruptures dans leur principe de fonctionnement, telle que la propose par exemple les systèmes à absorption²⁹. Force est de constater à l'heure actuelle que ces systèmes, s'ils connaissent une progression technique significative et commencent à s'implanter sur le marché, ne sont pas en mesure de constituer une alternative technico économique majeure aux solutions les plus diffusées.

²⁸ La technologie Inverter repose sur l'utilisation de compresseurs entraînés par des moteurs à variation de fréquence, permettant de réguler en permanence la puissance de fonctionnement de l'équipement aux besoins de froid du site climatisé. Cette technologie s'est substituée à la régulation de type « tout ou rien » où le climatiseur fonctionnait à pleine puissance ou pas du tout.

²⁹ Systèmes dont le fonctionnement repose des changements d'état de fluides caloporteurs grâce à l'utilisation de l'énergie solaire thermique

Dans ces conditions, il serait hasardeux de parier sur des ruptures technologiques majeures pour réduire l'impact environnemental des systèmes de climatisation alors que parallèlement, l'adoption de bonnes pratiques par les utilisateurs constitue un levier très efficace.

Ainsi, la modélisation réalisée à l'occasion de cette étude a montré, par exemple :

- Qu'augmenter la température d'ambiance dans un local climatisé de 22°C à 27°C permet de diviser par deux la consommation énergétique des appareils de climatisation.
- Que mettre en route la climatisation à partir de 30°C extérieur au lieu de 27°C permet de diviser fortement la durée d'utilisation et de diviser par 3 la consommation énergétique.

Dans ces conditions, l'évolution des comportements des utilisateurs, professionnels et ménages, constitue un levier très efficace de réduction de l'empreinte environnementale des systèmes de climatisation. Cette évolution est d'autant plus souhaitable qu'elle permet une réduction immédiate des consommations alors que l'impact de l'évolution technologique et de l'amélioration du bâti ne se manifeste que lentement, en raison des effets d'inertie liés à l'existence de parcs d'équipements et de bâtiments anciens et peu performants. .

L'ADEME a pris la mesure de ces enjeux. Ainsi, le guide pratique destiné au grand public « chaud dehors, frais dedans » donne des conseils sur tous les gestes à adopter au quotidien pour limiter le recours à la climatisation.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abel DW, Holloway T, Harkey M, Meier P, Ahl D, Limaye VS, et al. Air-quality-related health impacts from climate change and from adaptation of cooling demand for buildings in the eastern United States: An interdisciplinary modeling study. *PLoS Med* 15(7): e1002599., (2018)

AFSSE, Impacts sanitaires & énergétiques des installations de climatisation Établissements de santé, Établissements accueillant des personnes âgées, Juillet 2004

AICVF Guide pour la mesure des consommations énergétique de la climatisation, 2010

AMORCE Enquête sur le prix de vente de la chaleur et du froid en 2018

ARTELIA, Etude sur la typologie des bâtiments tertiaires à La Réunion rapport de synthèse des résultats, étude réalisée pour EDF, ADEME ET EIFER, Avril 2012

ARTELIA, Enquêtes sur la typologie des bâtiments du secteur tertiaire à la Réunion Rapport technique remis à SOGREAH, Décembre 2011 Etude réalisée pour l'ADEME, EDF et EIFER

Bas J. Van Ruijven, Enrica De Cian, Ian Sue Wing, Amplification of future energy demand growth due to climate change, *Nature Communications*, 2019

Base de données Eurostats 28251250 - Air conditioning machines with refrigeration unit (excluding those used in motor vehicles, self-contained or split-systems machines) Données sur la période 2008 -2020 EU 27

Base de données des Douanes - 84158100 - Machines et appareils pour le conditionnement de l'air, avec dispositif de réfrigération et soupape d'inversion du cycle thermique [pompes à chaleur réversibles] (autres que machines et appareils du type de ceux utilisés pour le confort des personnes dans les véhicules automobiles et ceux formant un seul corps ou du type split-system" [systèmes à éléments séparés] du type mural ou pour fenêtres

BSRIA Etude mondiale sur la climatisation, Août 2017

Central European University Hungary, Diana Üre Vorsatz, Energy end Use Building, Rapport réalisée pour l'UE, 2012.

CADEO Group, Domestic Air Conditioner Test Standards and Harmonization, Final Report, March 6, 2020, Developed for the IEA Technology Collaboration Programme on Energy Efficient End-Use Equipment, Paris, France

CEREN Analyse du secteur tertiaire par sous branches – Mai 2009 Etude réalisée pour le compte d'EDF

CEREN, Évolutions des parcs climatisés en 2016 pour le tertiaire et en cumul 2016-2017 pour le Résidentiel – Octobre 2019 – Etude réalisée pour le compte de l'ADEME

CEREN, Consommations d'énergie en 2016 des maisons existantes équipées de pompe à chaleur, Etude réalisée pour l'ADEME, EDF et RTE 2018

CEREN Analyse du secteur tertiaire par sous branches – Mai 2009 Etude réalisée pour le compte d'EDF

CEREN, Évolutions des parcs climatisés en 2016 pour le tertiaire et en cumul 2016-2017 pour le Résidentiel, Octobre 2019 – Etude réalisée pour le compte de l'ADEME

CEREN, La climatisation dans les secteurs résidentiel et tertiaire en Midi-Pyrénées, Rapport final Avril 2008 – Etude réalisée pour la région Midi Pyrénées

CIREC, Ecole des Ponts ParisTech, CNRM, The World Bank, CSTB Vincent Viguié, Aude Lemonsu, Stéphane Hallegatte, Anne-Lise Beaulant, Colette Marchadier, Valéry Masson, Grégoire Pigeon, Jean-Luc Salagnac, Early adaptation to heat waves and future reduction of air-

conditioning energy use in Paris, *Environment Research Letter* 2020
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab6a24>

CLIMESPACE, Christophe Ladaurade, Responsable développement commercial et marketing, Le réseau de froid urbain au cœur des enjeux énergétiques de la ville durable 2017

CODA Stratégies, Le potentiel de développement de tous types de chauffage et climatisation dans les bâtiments tertiaires en construction neuve et parc existant en France, par région, Etude réalisée pour le compte d'un industriel du chauffage et de la climatisation, 2015

CODA Stratégies La consommation d'énergie des bâtiments de bureaux et de commerce, Etude réalisée pour le compte de GRDF, RTE et l'ADEME, 2016.

COSTIC, Stéphane Nuss Les consommations d'énergie des bâtiments existants – Données chiffrées, ratios de consommation, Mai 2002

Credoc les cahiers de la recherche, Anne DUJIN, Isabelle MOUSSAOUI, Xavier MORDRET, les usages de l'énergie dans les entreprises du secteur tertiaire : des systèmes techniques aux pratiques, décembre 2011

CSTB, Quelles solutions pour des établissements de santé climatisés à moins de 100 kWh/m² ? Guide Technique du CSTB, Avril 2008

Deloitte développement durable, Véronique Monier - Manuel Trarieux - Mathieu Labro - Marianne Franclet, rapport annuel de l'observatoire des fluides frigorigènes et gaz fluorés, données 2015, juin 2016, rapport réalisé pour le compte de l'ADEME

DGEC, G. Ouzeau, M. Déqué, M. Jouini, S. Planton, R. Vautard, Sous la direction de Jean Jouzel, Le climat de la France au XXI^e siècle Volume 4 Scénarios régionalisés, édition 2014 pour la métropole et les régions d'outre-mer

DPI Etudes et projets dans les DOM : la climatisation marine – Séminaire national Litto3D, Novembre 2015

Ecole des mines de Paris, Centre d'Energétique, Dominique Marchio, Climatisation à haute efficacité énergétique et à faible impact environnement – Chiffres clés de la climatisation dans le monde, en Europe et en France

EDF Sabine BRUN, Delphine BOUSAROUT, Guillaume BINET, Etude sur la connaissance des usages électriques à la Réunion, E&M Océan Indien, EDF, Mai 2020

EDF Patrick Drapier – Pour réduire sa consommation électrique, un hôpital doit agir sur ses équipements permanents Tech Hôpital, Juin 2017 https://www.techopital.com/pour-reduire-sa-consommation-electrique,-un-hopital-doit-agir-sur-ses-equipements-permanents-NS_2899.html

EDF R&D, Guillaume Binet, Laurent Grignon-Massé, La climatisation des logements résidentiels : laisser faire ou encadrer intelligemment ? <https://www.equilibredesenergies.org/30-07-2020-la-climatisation-des-logements-residentiels-laisser-faire-ou-encadrer-intelligemment>. Juillet 2020

ENERDATA, Bruno Lapillone, L'avenir de la Climatisation Comment la demande d'air conditionné du secteur résidentiel va-t-elle évoluer ? enerdata.fr

Energie Demain Consommation d'énergie des cafés hôtels et restaurants franciliens, ARENE Ile de France, ADEME 2015

Energie et Avenir La rénovation énergétique des bâtiments de bureaux climatisés Etude 2013

ENERTECH, Projet SWACOOOL Potentiel de réduction de la demande de climatisation en milieu tropical et optimisation du raccordement des bâtiments à un réseau de froid vertueux. Rapport sur les Bâtiments Mirabeau 2 – Calypso – Golden Tulip. Mai 2020

ENERTECH, Projet SWACOOOL Potentiel de réduction de la demande de climatisation en milieu tropical et optimisation du raccordement des bâtiments à un réseau de froid vertueux. Rapport sur les Bâtiments Mirabeau 2 – Calypso – Golden Tulip. Mai 2020

ENETECH - Etude des paramètres influant sur les consommations de climatisation dans les immeubles de bureaux Etude réalisée pour l'Agence Régionale de l'Energie Provence Alpes Côte d'Azur, Mai 2002

ENERTECH Campagne de mesures des appareils de production de froid, des appareils de lavage et de la climatisation Rapport réalisé pour le compte de l'ADEME – Rapport Final, Juin 2016

ENETECH, Consommations d'électricité par usage dans un hôtel 3* parisien, Novembre 2003

ENERTECH, Diagnostic énergétique de l'hôtel du département du Bas-Rhin, rapport final, Octobre 2005

EXPLICIT Enquête sur les consommations d'énergie des commerces et services de proximité en région Ile-de-France, Rapport final, septembre 2008 – Etude réalisée pour l'ARENE et l'ADEME.

FEDENE, SNCU, AMORCE Le réseau de froid urbain au cœur des enjeux énergétiques de la ville durable Congrès européen Euroheat & Power – Mai 2019

IDNA, JRC N. Pardo, K. Vatopoulos, A. Krook-Riekkola, J.A. Moya, A. Perez, Heat and cooling demand and market perspective, Final Report, 2012,

IEA (International Energy Agency) The future of cooling – Opportunities for energy efficient air conditioning. 2018

IMAGEEN, CAUE Ile de la Réunion, IPSOS – LEU Réunion, Retour d'expérience sur la réglementation thermique, aéronautique et acoustique des DOM dans les logements à La Réunion, Rapport tâche 3 Retour d'expérience sur 100 logements, Novembre 2019

In Extenso Observatoire des gaz fluorés Rapport Annuel, Octobre 2020 Rapport réalisé pour le compte de l'ADEME

INSEE Enquête budget des ménages 2017

INSEE Recensement général de la Population au premier janvier 2017

IPSOS – IMAGEEN, Quel impact de la réglementation sur l'amélioration du confort thermique ? Retour d'expérience sur la réglementation thermique, aéronautique et acoustique des DOM dans les logements. Novembre 2019

J5 PAC La 5ème journée de la Pompe à Chaleur « Un avenir prometteur et une obligation d'excellence pour la PAC » Mars 2020

Lawrence Berkeley National Laboratory, Energy Analysis and Environmental Impacts Division, International Energy Studies Group, 1 Energy Efficiency Standards Group, Won Young Park, Nihar Shah, Brian Gerke, Assessment of commercially available energy-efficient room air conditioners including models with low global warming potential (GWP) refrigerants, October 2017

Mines ParisTech, Centre d'Efficacité Énergétique des Systèmes (CES), H. Asloune, Ph. Rivière, Performances saisonnières des climatiseurs et pompes à chaleur à simple et double conduit, Les rendez-vous du Pôle Cristal, Octobre 2019.

Mines ParisTech, Armines, Inventaires des Emissions des fluides frigorigènes, FRANCE et DOM COM, Année 2016

Novem Verkort referentie Joar ISSO (données sur les consommations de la climatisation du secteur tertiaire), citée par le site <https://energieplus-lesite.be>

OBSERV'ER Suivi du marché des Pompes à chaleur individuelles (années 2010 à 2019)

ÖKO Institute, RICARDO, ÖKO-Recherche, Evaluation and impact assessment for amending Regulation (EU) No 517/2014 on fluorinated greenhouse gases, Briefing paper for the stakeholder workshop: Preliminary findings, 6 May 2021

OID (Observatoire de l'immobilier durable), Baromètre de la performance énergétique et environnementale des bâtiments Années 2018 à 2020

PAC & Clim Info La climatisation les pompes à Chaleur – Dossiers de Presse – années 2010 à 2020

Région Wallonie, Bilan Energétique de la Wallonie 2012 Consommation d'électricité du secteur du commerce

RTE Groupe de travail consommation d'électricité – La consommation du secteur tertiaire, Septembre 2019

STRATEGO Enhancer heating & cooling plans quantifying the heating and cooling demand in Europe, Research funded by Intelligent Energy Europe programme de l'UE.

TU WIEN, Observ'ER, Fraunhofer, TEP, IREES, Mapping and analyses of the current and future (2020 - 2030) heating/cooling fuel deployment (fossil/renewables), Final report, February 2017 (5 volumess), Prepared for: European Commission, Directorate-General for Energy, Directorate C. 2 – New energy technologies, Innovation and clean coal

UNICLIMA Les chiffres du marché des équipements de Génie climatique années 2009 à 2020

Université de la Réunion, IUT de La Réunion-PIMENT, EDF La Réunion, ADEME, Olivier MARC, Emmanuel DEDRICHE, Jean-François MARTIN, Jean CASTAING-LASVIGNOTTES, Mise en place d'un banc d'essai de caractérisation de systèmes de climatisation individuelle 15/07/2019

Université de la Réunion, Jean Castaing Lasvignotte, Analyse énergétique statique d'une machine à absorption solaire, 2019

Université de Louvain, Dept. Architecture et Climat, Jacques Claessens, Comment éviter le risque de surchauffe d'un bâtiment tertiaire sans avoir recours au refroidissement ? 2017

Université de Louvain SIMBA, Sophie Obyn et Geoffrey Van Moeseke Compilation de gains internes : valeurs globales et détaillées

VHK, René Kemna, Average EU building heat load for hvac equipment, prepared for the European Commission, DG ENER c.3

INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES

TABLEAUX

Tableau 1 Les canaux d’approvisionnement utilisés. Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages- Q23. Auprès de qui avez-vous acheté votre système de climatisation ?	32
Tableau 2 : Statistiques de consommations électriques annuelles sur un échantillon de 55 sites tertiaires à La Réunion	52
Tableau 3 : Nombre d’heures annuelles aux différents niveaux de température (exemple de la zone H3)	55
Tableau 4 : répartition des surfaces climatisées par technologie (exemple des Roof Top).	56
Tableau 5: répartition des surfaces climatisées par technologie (exemple des Roof Top).	56
Tableau 6 : Température moyenne de consigne et seuil de déclenchement de la climatisation. Lecture : dans le scénario « pari technique pour préserver les modes de vie modernes », les ménages programment une température de consigne de 20° en 2020 et déclenchent leur climatisation à partir d’une température extérieure de 25°	57
Tableau 7 : Les besoins en froid totaux d’un bâtiment en fonction de la température extérieure et de la température de consigne : l’exemple d’un bâtiment de bureau.	58
Tableau 8 : Les valeurs et les variations de l’EER en fonction de la classe d’équipement et de la température extérieure.	59
Tableau 9 : Evolution de l’EER des équipements au cours du temps (pour une température extérieure de 30° et une température de consigne de 27°).....	59
Tableau 10 : Les surfaces climatisées, les consommations énergétiques associées à la climatisation des autres sous-secteurs du tertiaire	75
Tableau 11 : La charge en gaz frigorigène par équipement rapportée au m ² climatisé	79
Tableau 12 : Taux d’émission de fluides dans l’atmosphère lors de la fabrication et de la mise en service des équipements (par rapport à la charge totale de l’équipement)	79
Tableau 13 : Les paramètres retenus pour évaluer les émissions lors de la maintenance des équipements	80
Tableau 14 : Les taux d’émissions fugitives retenus	80
Tableau 15 : Diffusion des différents fluides frigorigènes par type d’équipement en 2020.....	82

FIGURES

Figure 1 : L’écoconception des bâtiments et son impact sur le recours à la climatisation : la vision des décideurs immobiliers du secteur tertiaire.	10
Figure 2 Amélioration des rendements et baisse des consommations énergétiques : les données présentées par un fabricant (climatiseur 2,8 kW & 14 kW).....	12
Figure 3 : Comparaison des émissions de CO ₂ (g/kWh) de différentes solutions de refroidissement	13
Figure 4 L’échantillon de la première vague d’enquête réparti selon le mode d’habitat.....	16
Figure 5 : l’échantillon de la première vague d’enquête réparti par CSP.....	16
Figure 6 : l’échantillon de la première vague d’enquête réparti par zone climatique.....	17
Figure 7 : L’échantillon de la seconde vague d’enquête réparti par type d’équipement possédé.....	17
Figure 8 L’organisation générale du modèle d’évaluation des consommations énergétiques des systèmes de climatisation.....	18
Figure 9 La méthode d’évaluation des émissions de GES associées aux fluides frigorigènes.	19
Figure 10 : Le parc de logement par type et statut d’occupation en 2017 – Source INSEE – Recensement au premier Janvier 2017 – Champ Résidences principales et secondaires, France Métropolitaine et DOM COM.....	20
Figure 11 Le parc de logements par type et localisation géographique – Source INSEE – Recensement au premier janvier 2017 – Champ Résidences principales et secondaires, France Métropolitaine et DOM COM.....	21
Figure 12 : les statistiques de ventes des adhérents d’UNICLIMA (2004 -2015 – en milliers).....	22
Figure 13 Les motivation d’achat des clients d’une grande enseigne de bricolage - Données Communiquée par une enseigne de GSB- Enquête réalisée auprès de 270 acquéreurs d’équipements fixes de climatisation.....	23
Figure 14 : Comparaison des ventes de climatiseurs mobiles et de ventilateurs pendant les mois de mai et juin 2016 et 2017 (Vague de chaleur en mai – juin 2017) Source GFK, https://www.gfk.com/fr/press/electromenager-la-meteo-booste-les-ventes	24

Figure 15 Le marché des climatiseurs mobiles en France : Données réelles et estimées - Source PAC & Clim Info (2000-2008) GFK citée lors des interviews (2019-2020), estimations CODA Stratégies (2009-2017)	24
Figure 16 La diffusion des équipements de climatisation –	26
Figure 17 Marché de la climatisation et taux d'équipement constaté : la cohérence des données – Nota : La part du marché résidentiel (entre 66% et 80%) est estimé par CODA Stratégies, à partir des différents entretiens réalisés avec les experts, industriels et syndicats professionnels.....	27
Figure 18 : La climatisation selon la catégorie socio professionnelle	27
Figure 19 ; La climatisation selon le type de logement –	28
Figure 20 : Le taux de climatisation selon les zones climatiques	28
Figure 21 : La situation dans les départements d'outre-mer. Source INSEE – Enquête budget de familles 2017	29
Figure 22 : Le type d'équipement utilisé en fonction du type de logement - Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages Q10. Possédez-vous des équipements vous permettant de rafraîchir votre logement l'été ?	29
Figure 23 Les projets d'équipement en climatisation - Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 800 ménages.....	30
Figure 24 Climatisation et confort thermique passif : les pratiques des ménages - Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages - Q11. Avez-vous pensé à améliorer le confort thermique de votre logement par des mesures passives (protection solaire, isolation, brasseur d'air) ?	30
Figure 25 : En majorité, des primo équipements Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages - Q10bis. Avez-vous remplacé votre climatiseur par un système plus récent ?	31
Figure 26 Un équipement souvent récent - Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages - Q15. En quelle année avez-vous acquis votre climatisation ?	31
Figure 27 : La souscription d'un contrat de maintenance - Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages. Q24. Avez-vous souscrit un contrat d'entretien pour votre système de climatisation ? ..	32
Figure 28 : Le processus d'achat en fonction du type d'équipement Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages. Q25. Comment qualifieriez-vous votre processus d'achat de climatiseur ?	33
Figure 29 : L'information préalable à l'achat d'un équipement. Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages. Q27. Vous êtes-vous informé(e) sur la performance énergétique et environnementale des équipements de climatisation ?	33
Figure 30 : Le recours aux conseillers en maîtrise de l'énergie Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages. Q26. Vous êtes-vous informé(e) auprès d'un conseiller en maîtrise de l'énergie exerçant dans une association ou une structure locale (Service FAIRE, Agence Locale de l'Energie, Point Rénovation Info Service, Espace Info Energie, etc.) ?	33
Figure 31 : La connaissance de la performance énergétique de l'équipement. Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages. Q29. Connaissez-vous l'étiquette énergétique de votre équipement ? Q30. Quelle était la classe énergétique de votre appareil ?	34
Figure 32 : Le SEER, un indicateur de performance mal connu. Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages. Q31. Connaissez-vous le SEER (Seasonal Energy Efficiency ratio – Coefficient d'efficacité énergétique saisonnier) qui qualifie la performance d'un système ? Q31bis. Vous connaissez le SEER de votre équipement, pouvez-vous nous communiquer sa valeur ?	34
Figure 33 La puissance des climatiseurs installés. Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages. Q35. Connaissez-vous la puissance de votre système de climatisation ? Q36. Si oui, quelle est sa puissance ?	35
Figure 34 : La perception de l'impact environnemental des systèmes de climatisation. Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages Q37. Comment définiriez-vous l'impact de la climatisation sur l'environnement et le réchauffement climatique ?	35
Figure 35 : la hiérarchisation des critères d'achat d'un équipement de climatisation. Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages. Q39. Dans le cas d'un projet d'achat ou de renouvellement de votre climatisation, pouvez-vous classer vos critères de choix ? (De1 : 1er rang, à 4 : 4ème rang)	36
Figure 36 : Mois de mise en service et d'arrêt de la climatisation. Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages. Q17. Généralement, quel est le mois pendant lequel vous commencez à utiliser la climatisation ? Q18 : Quel est le mois pendant lequel vous cessez de l'utiliser ? Nota : 6 = Juin, 7 = Juillet, 8 =Août...)	36
Figure 37 :: Durée quotidienne d'utilisation (en heures) selon la température extérieure observée. Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages. Q19. Selon la température extérieure dans la journée, quelles sont les heures pendant lesquelles vous utilisez votre équipement de climatisation ?	37
Figure 38: Le nombre de pièces climatisées par les ménages utilisateurs. Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1 200 ménages.....	37
Figure 39 : La surface moyenne climatisée selon le type d'équipement de climatisation Source : Enquête CODA Stratégies auprès de 1200 ménages. Q16. Quelle est la surface climatisée de votre logement ? ..	38

Figure 40 : Extrait de l'étude réalisée par EDF R&D Source EDF R&D https://www.equilibredesenergies.org/30-07-2020-la-climatisation-des-logements-residentiels-laisser-faire-ou-encadrer-intelligemment	39
Figure 41 : Le taux de climatisation des ménages dans les DOM.....	40
Figure 42 : Le taux de climatisation des ménages réunionnais (2020).....	40
Figure 43 : Les modalités d'utilisation des équipements de climatisation par les ménages réunionnais....	41
Figure 44 : L'évolution des mises sur le marché des adhérents d'UNICLIMA au cours des vingt dernières années. Source : UNICLIMA, compilation des données réalisée par CODA Stratégies	42
Figure 45 : Le parc de bureaux (Millions de m ²) : comparaison entre les estimations CEREN et CODA Stratégies et perspectives d'évolution dans le scénario tendanciel (ADEME)- Source : ADEME, CEREN, CODA Stratégies	43
Figure 46 : Surface en parc par sous catégories de bureaux et taux de climatisation les estimations de CODA Stratégies.....	44
Figure 47 : Les taux de climatisation en 2011 : résultat d'une enquête du CREDOC	45
Figure 48 Le parc de commerces : comparaison entre les estimations CEREN et CODA Stratégies et perspectives d'évolution dans le scénario tendanciel (ADEME) - Source : ADEME, CEREN, CODA Stratégies.....	45
Figure 49 Surface en parc par sous catégories de commerce et taux de climatisation : les estimations de CODA Stratégies.....	46
Figure 50 : Le parc de bâtiments de santé et d'action sociale : comparaison entre les estimations CEREN et CODA Stratégies (MM ²) et perspectives d'évolution dans le scénario tendanciel (ADEME	47
Figure 51 : Surface en parc par sous catégories de bâtiments de santé et taux de climatisation : les estimations de CODA Stratégies.....	48
Figure 52 : Le parc de bâtiments d'hôtellerie : comparaison entre les estimations CEREN et CODA Stratégies (MM ²) et perspectives d'évolution dans le scénario tendanciel (ADEME).....	48
Figure 53 Surface en parc par sous catégories « Cafés, Hôtels, Restaurants »et taux de climatisation : les estimations de CODA Stratégies.....	49
Figure 54 : Surface totales, taux de climatisation et surfaces climatisées dans les secteurs, « sport loisir, culture », « habitat communautaire », « transport » et « enseignement ».....	50
Figure 55 Taux de climatisation et surfaces climatisées dans les différents secteurs tertiaires	50
Figure 56 La consommation d'énergie par secteur dans les DOM.....	51
Figure 57 : L'organisation générale du modèle d'évaluation des consommations énergétiques des systèmes de climatisation.....	53
Figure 58 : Principe du calcul du niveau des consommations énergétiques.....	59
Figure 59 : le calcul des consommations énergétique : besoin de puissance électrique aux différents niveaux de température extérieure et intérieure et conditions climatiques.....	60
Figure 60 : Les surfaces climatisées dans le secteur du logement en 2020 (m ² - France entière).....	61
Figure 61 : La répartition des surfaces climatisées selon le statut d'occupation et le type de logement..	61
Figure 62 : Répartition des surfaces climatisées par type d'équipement	62
Figure 63 : La consommation énergétique associée à la climatisation résidentielle en 2020 (GWh)	62
Figure 64 : la répartition des consommations associées à la climatisation selon le statut d'occupation et le type de logement.....	63
Figure 65 : Répartition de la consommation d'énergie par zone climatique en 2020 (GWh).....	63
Figure 66 : Les surfaces tertiaires climatisées en 2020(milliers de m ²).....	64
Figure 67 : La répartition des surfaces tertiaires climatisées par zone climatique (milliers de m ²).....	64
Figure 68 : les consommations énergétiques des différents secteurs tertiaires en 2020 (en GWh).....	65
Figure 69 : La répartition des consommations énergétiques par zone climatique.....	66
Figure 70 : Les surfaces de bureaux climatisées (milliers de m ²).....	68
Figure 71 : les consommations d'énergie associées à la climatisation par sous-secteurs dans les bureaux en 2020 (GWh).....	68
Figure 72 : la répartition des consommations d'énergie associées à la climatisation par zone climatique en 2020 (GWh).....	69
Figure 73 : Les surfaces commerciales climatisées (milliers de m ²).....	70
Figure 74 : Les consommations d'énergie associées à la climatisation par sous-secteurs dans le commerce en 2020 (GWh).	70
Figure 75 : La consommation d'énergie associée à la climatisation dans le secteur du commerce par zone climatique en 2020 (GWh).....	71
Figure 76 : les surfaces climatisées dans les différents sous-secteurs de la santé et de l'action sociale....	72
Figure 77 : Les consommations énergétiques associées à la climatisation dans le secteur de la santé par sous-secteurs en 2020 (GWh).....	72
Figure 78 : La consommation énergétique associée à la climatisation dans le secteur de la santé par zone climatique en 2020 (GWh).....	73
Figure 79 : les surfaces climatisées dans les différents sous-secteurs de la santé et de l'action sociale....	74
Figure 80 : La consommation énergétique associée à la climatisation dans le secteur de la santé par sous-secteurs en 2020 (GWh).....	74

Figure 81: La consommation énergétique associée à la climatisation dans le secteur des Cafés, Hôtels restaurants par zone climatique en 2020 (GWh).....	75
Figure 82 Récapitulatif des traités, accords et réglementations en vigueur en matière de gaz fluorés.....	76
Figure 83 : La « Phase Down » de la réglementation F-GAS	77
Figure 84 : Les interdictions relatives à la commercialisation des fluides à fort PRG prévues par la F-Gas.	77
Figure 85 : Les étapes d'évaluation des émissions de GES associées aux fluides frigorigènes	78
Figure 86 : Taux de récupération des fluides frigorigènes pour les équipements parvenus en fin de vie.	81
Figure 87 : Les quantités de gaz frigorigènes stockés dans les équipements (Tonnes – France Entière)....	83
Figure 88 : Les émissions de gaz fluorés à l'occasion de la production et de la mise en service des équipements (tonnes annuelles– France Entière s).....	83
Figure 89 : Les émissions associées à la maintenance des équipements (tonnes annuelle– France Entière s)	84
Figure 90 : Les émissions fugitives de gaz frigorigènes (tonnes annuelles - 2020– France Entière).....	84
Figure 91 : Les émissions en fin de vie des équipements (tonnes annuelles 2020– France Entière)	85
Figure 92 : Taux de récupération des fluides frigorigènes en fin de vie des équipements	85
Figure 93 : Evaluation des émissions totales de fluides frigorigènes (tonnes annuelles 2020 – France Entière).....	86
Figure 94 : comparaison entre les émissions de gaz frigorigènes évalués par Armines ParisTech (2016) et la modélisation réalisée.....	87
Figure 95 : Le PRG des gaz présents dans les équipements de climatisation.....	87
Figure 96 : Emission en tonne équivalent CO2 lors de la fabrication et de la mise en service des équipements sur le territoire national (Tonnes eq CO2 – 2020 - France entière),.....	87
Figure 97 : Emissions en tonnes équivalent CO2 en cours de vie des équipements (Tonnes eq CO2 – 2020 – France entière).....	88
Figure 98 Emissions en tonnes équivalent CO2 en fin de vie des équipements (Tonnes eq CO2 – 2020 – France entière).....	88
Figure 99 : Emissions totale en tonnes équivalent CO2 des équipements de climatisation (2020 – France entière).....	89
Figure 100 : Comparaison entre les résultats de l'évaluation de CODA Stratégies (2020) et de l'inventaire des émissions de fluides frigorigène (Armines – ParisTech – 2016).....	89

SIGLES ET ACRONYMES

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AFCE	Alliance Froid Climatisation Environnement
AIE / IEA	Agence Internationale de l'Energie / International Energy Agency
CEREN	Centre d'étude et de recherche sur l'économie de l'Energie
CREDOC	Centre de Recherche pour l'Etude et l'Observation des Conditions de vie
INSEE	Institut National des Statistiques et Etudes Economiques
RTE	Réseau de Transport d'Electricité
UCF	Union Climatique de France
UFC	Union Fédérale des Consommateurs
UNICLIMA	Syndicat des industries thermiques, aérauliques et frigorifiques

APF – Annual Performance Factor (cf. SEER)

Cooling Degree Days (CDD) (Degrés jour de climatisation): différence entre la température extérieure et une température de référence qui permet de réaliser des estimations de consommations d'énergie thermique

COP COefficient de performance, ou COP, d'une pompe à chaleur, d'un réfrigérateur ou d'un système de climatisation est le quotient de la chaleur produite par le travail fourni

DRV / VRV : Débit Réfrigérant Variable / Volume Réfrigérant Variable : technologie qui fait alterner le volume de réfrigérant dans un système en fonction des besoins précis du bâtiment

F-GAS : réglementation européenne adoptée en 2014 et en cours d'actualisation visant à limiter les émissions de GES associées à l'utilisation des fluides frigorigènes

GES : Gaz à effet de serre.

GPW (Global Warming Potentiel) : Indicateur qui permet de comparer l'influence des différents gaz à effet de serre sur le système climatique. Aussi appelé en français Potentiel de Réchauffement Planétaire (PRP) ou Potentiel de Réchauffement Global (PRG)

GWh : Gigawattheure

kWh : Kilowattheure

MWh : Mégawattheure

SEER : Seasonal Energy Efficiency Ratio – mesure sur une année le ratio entre l'énergie électrique consommée et l'énergie thermique produite (froid et chaud).

TCAM : Taux de Croissance annuelle Moyen

TeqC02 (Tonne Equivalent CO2) : Unité de mesure qui est permet de calculer les émissions de chaque réfrigérant.

TWh : Terawattheure

ANNEXE 1 : LISTE DES ORGANISMES ET PERSONNES INTERVIEWES

CATÉGORIE	ORGANISME	NOM	FONCTION
Experts techniques	Pôle Cristal	Frederic Bazantay	Directeur du pôle
	CNAM LAFSET	Brice Tréméac	Directeur du LAFSET
	COSTIC	Cédric Beaumont	Directeur technique
	Ecole des Mines Paris	Philippe Rivière	Directeur du département
	Ecole des Mines Saint Etienne	Jérôme Douzet	Responsable Plateforme T2E2
	Enertech	Nicolas Andreau	Ingénieur - responsable technique
	CEREN	Sonia Turki	Chef de département
	CSTB	Charles PELE	Responsable de division - Conception des bâtiments performants
	CLIM LAB	Bruno Lavrange	Responsable formation
Offreurs systèmes et services	ADEME OCCITANIE	Nathalie Gonthiez	Pôle transition énergétique
	ATISYS Concept	Olivier Baup	Chef de Projet
	AIRWELL	Daniel Perelle	VRF Product Manager
	CIAT	Roland Clavel	Directeur du service Support produits
	GROUPE ATLANTIC	Luc Saïsset	Responsable Expertise thermodynamique
	AUER	Ségolène Lathuile	Ingénieur Energies renouvelables
	ARISTON Group	Virgile Schuhmacher	Responsable marketing produits
	ARISTON Group	Brice Kosinski	Responsable réglementation
	CLIM +	Yannick Merlet	Directeur Général
	Hager Electro	Stéphane Kretz	Product Range Manager Metering and Mesure
	IDEX	Driss Salmi	Responsable Pôle Développement
	Dhiel Metering	Eric Letzelter	Product Manager - Solution Design
	Energie Transfert Thermique	Fabien Clavier	Responsable développement - Marché Tertiaire
	LG Electronics France	Nicolas Mathieu	Responsable national Prescription
	ENGIE SOLUTIONS	Alain Sauvart	Responsable techniqueOuest – Engie Solutions Villes & Collectivités
	LEROY MERLIN	Cyril De Potter	Chef de produit "Maison plus économe"
	LEROY MERLIN	Franck Cordenier	Chef de projet marketing - produits climatisation
	EDF	Guillaume Binet	Ingénieur chercheur
	Colliers	Adrien Marguet	Responsable pôle travaux
	GRDF	Jérôme Besançon	Chef produit - Pôle Marketing produit
DOM - COM	EDF - Direction des systèmes insulaires,	Thierry Gendre	Responsable marketing et partenariats
DOM - La Réunion	Intégrale Ingénierie (Réunion)	Laurent Lemaitre	Directeur Général
	Laboratoire PIMENT	Alain Bastide	Administrateur Ecole Doctorale
	DEAL	Sophie Le Garrec	Chef D'unité Qualité de la construction
	EDF	Isabelle AH-Thiane	Chargée de mission Efficacité Energétique
	SEMADER	Sébastien Cuerq	Directeur patrimoine
	IMAGEEN (Mayotte - La Réunion)	Nejia Ferjani	Directrice
DOM - Mayotte	Naturalistesmayotte	Dalila Nahouda Hanaffi	conseillère technique à l'Espace Info Energie-FAIRE (EIE-FAIRE) de Mayotte
	Austral Froid Clim Etudes et travaux (REUNION)	Corentin Mahé	Chargé d'études CVC
	Electricité de Mayotte EDM	Daniati YVES	Cheffe de section MDEresponsable de la cellule "Maîtrise de l'Energie".
DOM - Guyane	Vinci Facilities-CEGELEC	Jérémy Rembert	Chef D'entreprise
	DEAL	Dominique PAGANEL	Chef de l'Unité Bâtiment
	EDF SEI Guyane	Eric Gerolt	Responsable du pôle Grands Clients et Efficacité Energétique
Réseaux de chaleur - Froid urbain	ENGIE Climespace	Patrick Berardi	DIRECTEUR FILIALES THASSALIA ET APEE
	AMORCE	Laurène Dagallier	Chargée de mission Réseaux de chaleur & ENR thermiques
Associations, Organisation professionnelles	AFCE	Bernard Philippe	Délégué général
	UFC	Aissam Haddad	Ingénieur - Rédacteur technique
	UNICLIMA	Emmanuelle Brière	Responsable technique froid climatisation
	AFF	Erid DEVIN	Délégué général
	CEMAFROID	Gérard Cavalier	Président

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique -, nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols... - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.

LA CLIMATISATION DE CONFORT DANS LE BATIMENT

Résumé La multiplication des épisodes caniculaires au cours des dernières années a conduit à un essor des marchés des équipements de la climatisation et en conséquence des taux d'équipements des ménages et des entreprises.

En conséquence la climatisation pèse désormais de manière significative dans les consommations d'énergie nationales et dans les émissions de CO₂.

L'étude réalisée évalue ces consommations et ces émissions en s'appuyant sur les résultats d'enquête auprès des ménages et sur un outil de modélisation développé spécifiquement.

Les résultats obtenus conduisent à considérer que la maîtrise du développement et des usages de la climatisation constitue un enjeu environnemental important pour les prochaines années.

Si les évolutions technologiques permettent d'envisager une amélioration du bilan environnemental des équipements et systèmes de climatisation, la prise de conscience des utilisateurs les conduisant à privilégier un usage raisonné des systèmes constitue une priorité pour les prochaines années.

***Essentiel à retenir :** La climatisation génère aujourd'hui près de 5% des émissions de CO₂ associées à la production énergétique. Les évolutions technologiques ne suffiront pas à réduire cet impact sans une mobilisation des entreprises et des citoyens afin de privilégier les bons gestes et un recours raisonné aux solutions de climatisation.*

