



Quelle stratégie pour décarboner le tertiaire ?

Table des matières

À propos de l'auteur	2
A propos de l'Institut Sapiens	3
Résumé exécutif	4
1. Ligne de référence 2019	7
1.1 Destination et taille du parc Tertiaire	7
1.2 Consommation, usages et sources énergétiques	8
1.3 Equipements de chaleur	10
1.4 Performances énergétiques du Tertiaire	14
2. Scénarios de décarbonation du Tertiaire	17
2.1 Hypothèses économiques	18
2.3 Cas de base « Ne Rien Faire »	21
2.4 Scénario 1 : réduction du TOE	22
2.5 Scénario 2 : remplacement des équipements et éradication des passoires énergétiques	23
2.6 Scénario 3 : isolation poussée de l'habitat tertiaire	26
Conclusion	28

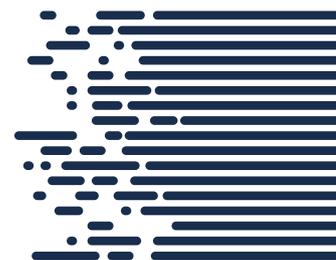
À propos de l'auteur



Philippe Charlez

Expert en Questions Energétiques
Institut Sapiens

Ingénieur des Mines de l'École Polytechnique de Mons et Docteur en Physique de l'Institut de Physique du Globe de Paris. Expert internationalement reconnu en énergie, il est l'auteur de plusieurs ouvrages sur la transition énergétique. Il enseigne à Science Po, Dauphine, l'INSEAD, Mines Paris Tech, l'ISSEP et le Centre International de Formation Européenne. Il est éditorialiste régulier pour Valeurs Actuelles, Contrepoints, Atlantico, Causeur et Opinion Internationale. Il est l'expert en Questions Energétiques de l'Institut Sapiens. www.philippecharlez.com www.youtube.com/energychallenge



A propos de l'Institut Sapiens

L'Institut Sapiens est un laboratoire d'idées (*think tank*) indépendant et non partisan réfléchissant aux nouvelles conditions d'une prospérité partagée à l'ère numérique. L'humanisme est sa valeur fondamentale. Son objectif est d'éclairer le débat économique et social français et européen par la diffusion de ses idées.

Il fédère un large réseau d'experts issus de tous horizons, universitaires, avocats, chefs d'entreprise, entrepreneurs, hauts fonctionnaires, autour d'adhérents intéressés par les grands débats actuels. Sapiens s'attache à relayer les recherches académiques les plus en pointe.

Les travaux de Sapiens sont structurés autour de **sept observatoires thématiques** : développement durable ; IA et éthique ; science et société ; santé et innovation ; travail, formation et compétences ; politiques, territoire et cohésion sociale ; innovation économique et sociale.

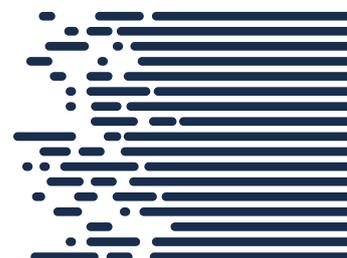
Sa vocation est triple :

Décrypter — Sapiens aide à la prise de recul face à l'actualité afin d'aider à la compréhension des grandes questions qu'elle pose. L'institut est un centre de réflexion de pointe sur les grands enjeux économiques contemporains.

Décloisonner et faire dialoguer — Sapiens met en relation des mondes professionnels trop souvent séparés : universitaires, membres de la sphère publique, praticiens de l'entreprise ou simples citoyens. L'institut est un carrefour où ils peuvent se rencontrer pour réfléchir et dialoguer.

Se former — Le XXI^e siècle est celui de l'information ; il doit devenir pour l'individu celui du savoir. Les immenses pouvoirs que donnent les technologies appellent un effort nouveau de prise de recul et d'analyse. Grâce à ses publications, événements et rencontres, Sapiens se veut un lieu de progression personnelle pour ceux qui veulent y prendre part.

Pour en savoir plus, visitez notre site internet : institutsapiens.fr



Résumé exécutif

Le Tertiaire (un milliard de mètres carrés de surface) couvre l'ensemble des bâtiments privés (petits commerces, bureaux, centres commerciaux) et publics (écoles, administrations, hôpitaux). En 2019, il a consommé 237,5 TWh d'énergie finale toutes sources confondues. Les usages se décomposent en deux catégories : **la chaleur** (chauffage, climatisation, eau chaude et cuisson) représente 70% de l'énergie consommée et **l'électricité spécifique** (éclairage, informatique, électroménager) 30%. En ce qui concerne les sources, l'électricité (chaleur + électricité spécifique) et le gaz (chaleur) représentent 85% de la consommation contre 12,5 % pour le fioul (incluant le GPL).

Les performances énergétiques du parc actuel sont médiocres : seul un tiers possède de bonnes performances ABC, un second tiers des performances moyennes D tandis qu'un dernier tiers se situe dans les catégories EFG des « *passoires énergétiques* ».

La ligne de référence adresse aussi le concept de TOE (Taux d'Occupation Énergétique) qui rapporte la surface énergétisée à la surface totale. Sa valeur dans le tertiaire (84 % en 2019) est en déphasage complet avec l'occupation physique du tertiaire (<40%). Réduire le TOE en révisant les comportements représente une source considérable d'économies d'énergies.

Scénarios de décarbonation du Tertiaire

Réduire la consommation d'énergie du tertiaire tout en le décarbonant repose sur trois leviers : (1) réduire le TOE en encourageant des comportements plus sobres et en mettant en œuvre une domotique adaptée (2) isoler de façon plus ou moins sophistiquée le bâti (3) remplacer les équipements de production de chaleur au gaz et au fioul au profit d'équipements électriques, biomasse ou stockage/réseaux de chaleur décarbonés. Trois scénarios sont proposés par rapport à la référence « Ne Rien Faire » :

- **Scénario 1** court terme (2030) jouant exclusivement sur la réduction du TOE,
- **Scénario 2** moyen terme (2040) couplant réduction du TOE, changement des équipements et isolation des passoires énergétiques E/F/G en catégorie D
- **Scénario 3** long terme (2050) identique au scénario 2 mais amenant la catégorie D vers les catégories A/B/C

Scénario 1

Le scénario 1 réduit le TOE de 84% (valeur 2019) à 50% à l'horizon 2030. Pour ce faire on encourage des comportements plus sobres dans les entreprises, les commerces et les administrations (suppression des illuminations des immeubles, des monuments et des commerces la nuit, abaissement de la température l'hiver et de la climatisation l'été, interdiction des terrasses chauffées l'hiver). D'autre part on améliore certains équipements (mise en œuvre massive d'éclairage LED) et on domotise le tertiaire (régulation de température, arrêt et déclenchement de l'éclairage selon la présence, fermeture automatique des volets selon l'heure et la saison).

Comparé à « *Ne Rien Faire* », l'impact est spectaculaire (54,5 TWh annuels d'économie en 2050). Le projet coûte 27 G€ et dégage une VAN4% de 97 G€ à l'horizon 2050 positive dès 2027.

Scénario 2

Le second scénario amène toutes les passoires énergétiques EFG en catégorie D à l'horizon 2040 et remplace les équipements thermiques (gaz & fioul) par des pompes à chaleur aérothermiques, des chauffe-eaux thermodynamiques et des plaques de cuisson à induction à l'horizon 2050. On suppose ces équipements fonctionner avec de l'électricité décarbonée.

Par rapport au scénario 1, le scénario 2 économise 42,8 TWh supplémentaires à l'horizon 2050. Faisant suite au remplacement des équipements le mix tertiaire 2050 sera presque totalement électrifié et totalement décarboné. Par rapport à 2019, la consommation d'électricité s'accroît légèrement (127 TWh vs 123,4 TWh). En revanche, la mise en œuvre des pompes à chaleur accroît de près de 25% la consommation d'électricité à l'horizon 2050 par rapport au scénario 1 (+29,1 TWh) ce qui n'est pas sans conséquence sur la valeur économique du projet.

Le coût global du projet est estimé à 78 milliards d'euros net (124 milliards brut moins 46 milliards de subventions publiques) soit en moyenne 2,6 milliards d'euros par an sur 30 ans. Compte tenu de l'accroissement de la consommation électrique, le projet dégage à l'horizon 2050 une VAN4% de 93 G€ légèrement inférieure à celle du scénario 1. Elle devient positive en 2030 soit trois ans après celle du scénario 1. L'objet des pompes à chaleur étant de décarboner l'habitat, l'amélioration de la valeur économique du projet demanderait d'instaurer une taxe carbone.

Scénario 3

Le scénario 3 est une variante du scénario 2 poussant davantage l'isolation thermique en amenant à l'horizon 2050 l'ensemble du parc en catégories ABC. L'isolation poussée ne réduit la consommation d'énergie 2050 que de 18,5 TWh par rapport au scénario 2.

Compte tenu du prix de la rénovation finale (161 milliards de dollars supplémentaires d'isolation par rapport au scénario 2), la valeur économique du projet, se dégrade encore par rapport au scénario 2. Le projet dégage à l'horizon 2050 une VAN4% 73 G€ (soit 20 milliards de moins que le scénario 2 !). Elle ne devient positive qu'en 2033 soient 3 ans après celle du scénario 2. **L'isolation poussée est donc une option à proscrire** car elle s'applique sur un habitat déjà fortement optimisé et n'apporte, pour un coût très élevé, que des économies marginales d'énergie.

Conclusion

Parmi les trois scénarios, le scénario 2 coche à la fois les critères environnementaux (décarbonation), sociétaux (éradication des passoires énergétiques) et économiques (VAN4% supérieure et temps de remboursement raisonnable grâce aux subventions publiques). Il est de loin le plus crédible.

Pourtant, le plan gouvernemental de rénovation du tertiaire « **éco-énergie tertiaire** », (aussi appelé « *décret tertiaire* ») encourage implicitement le scénario 3 basé sur une isolation thermique poussée aux dépens de la réduction du TOE et du remplacement des équipements.



1. Ligne de référence 2019

1.1 *Destination et taille du parc Tertiaire*

Le Tertiaire couvre globalement tout ce qui n'est pas résidentiel et relève à la fois du privé et du public : le Tertiaire privé regroupe toutes les surfaces correspondant à des activités économiques et commerciales ; le Tertiaire public regroupe quant à lui tous les bâtiments du secteur public (administration, éducation, santé). Le parc Tertiaire français est classé selon sa destination en 8 catégories (**Figure 1**). Le commerce couvre l'ensemble des locaux à vocation économique du petit commerce de détail au grand centre commercial ; l'habitat communautaire regroupe les maisons de retraites médicalisées et non médicalisées, les foyers et résidences universitaires ainsi que les établissements de service à la personne ; les transports font principalement référence aux gares et aux aéroports. Compte tenu de la variété de taille de ces différents bâtiments, on ne peut comme dans le résidentiel parler de nombre de logements et de surface moyenne mais de surface globale. En 2019, la surface globale du tertiaire (**Figure 1**) était d'environ un

milliard de m². Depuis 2009, elle a augmenté d'environ 1%/an (12 millions de m² supplémentaires).

Figure 1 – Surfaces Tertiaires selon la destination
(Sources des données : CEREN)

Destinations 2019	Surface	
	Mm ²	%
Bureaux & administrations	231	23,6%
Commerce	212	21,6%
Enseignement	188	19,1%
Santé	117	11,9%
Sport, Loisirs, Culture	73	7,5%
Habitat communautaire	72	7,3%
Hôtellerie-restauration	63	6,5%
Transport	25	2,6%
Total	981	100%

1.2 Consommation, usages et sources énergétiques

En 2019, le Tertiaire français a consommé 237,5 TWh d'énergie finale toutes sources confondues. Cela représente¹ 13% de l'énergie finale².

Parmi les destinations, les bureaux, les administrations et l'Enseignement (écoles, lycées, universités) représentent près de la moitié de la consommation énergétique du parc Tertiaire (**Figure 2**).

Figure 2 – Consommation d'énergie dans le Tertiaire selon la destination
(Source des données CEREN)

Destinations 2019	Energie	
	TWh	%
Bureaux & administrations	61,1	25,7%
Commerce	24,2	10,2%
Enseignement	53,7	22,6%
Santé	27,8	11,7%
Sport, Loisirs, Culture	14,3	6,0%
Habitat communautaire	29,0	12,2%
Hôtellerie-restauration	18,8	7,9%
Transport	8,6	3,6%
Total	237,5	100%

1 <https://www.insee.fr/fr/statistiques>

2 Energie finale incluant les usages non énergétiques (pétrochimie)

Les usages énergétiques du Tertiaire peuvent se décomposer en deux catégories principales : la chaleur (incluant la climatisation) et l'électricité spécifique dédiée à l'ensemble des appareils électriques (incluant l'éclairage) hors génération de chaleur et climatisation. La chaleur peut-elle même se décomposer en quatre sous catégories : chauffage, climatisation, eau chaude sanitaire (ECS) et cuisson des aliments.

*Figure 3 – Répartition énergétique dans le Tertiaire selon usages et sources d'énergie
(Source des données CEREN)*

Tertiaire Énergie 2019 Par source	Par usage						Total	
	Surface	Chauffage	Clim	Eau chaude	Cuisson	Electricité spécifique	TWh	%
	Mm ²	TWh	TWh	TWh	TWh	TWh	TWh	%
Gaz naturel	482,7	62,0	0,0	10,8	5,2	0,0	78,0	32,8%
Fioul	169,5	25,4	0,0	3,8	1,4	0,0	30,6	12,9%
Cogénération	17,6	1,9	0,0	0,4	0,0	0,0	2,2	0,9%
Électricité hors PAC	228,1	13,9	21,7	7,2	4,5	70,3	117,6	49,5%
Pompes à Chaleur	57,5	3,0	2,8	0,0	0,0	0,0	5,8	2,4%
Biomasse	25,5	2,8	0,0	0,4	0,1	0,0	3,3	1,4%
Total général	981,0	109,0	24,5	22,6	11,2	70,3	237,5	100,0%

Les sources d'énergie par usage³ sont résumées dans la **Figure 3**. La chaleur représente 70% de l'énergie consommée dans le Tertiaire. C'est 15% de moins que dans l'habitat résidentiel où la chaleur compte pour près de 85% de la consommation énergétique. La différence est principalement liée au poids de l'électricité spécifique (éclairage, informatique) beaucoup plus important dans le Tertiaire. Bien que représentant le premier poste de consommation énergétique, le chauffage ne compte que pour 46% de la consommation énergétique (contre 70% dans l'habitat résidentiel). En dehors de la part supérieure de l'électricité spécifique cette différence est aussi due à la climatisation. Très importante dans le tertiaire (10% de la consommation énergétique) elle est quasi insignifiante dans l'habitat résidentiel. L'ECS et la cuisson comptent respectivement pour 10% et 5% de la consommation finale, des proportions assez semblables au résidentiel.

En ce qui concerne les sources d'énergie, bien que l'électricité (chaleur + électricité spécifique) et le gaz (chaleur) représentent 85% de la consommation finale, le fioul (incluant le GPL) compte toujours pour 12,5%. Si ce dernier est principalement dédié au chauffage, il n'a pas pour autant totalement disparu de la production d'ECS et de la cuisson des aliments. Rappelons qu'une nouvelle législation

³ Rappelons que dans le mix énergétique final, l'électricité est considérée comme une source d'énergie alors que dans le mix primaire elle est considérée comme un usage.

en vigueur en France interdit depuis début 2021 la mise en œuvre de nouvelles chaudières et production d'ECS au fioul⁴. La biomasse et la cogénération⁵ n'ont quant à elles qu'un poids marginal dans la consommation énergétique finale.

1.3 Equipements de chaleur

Une partie importante des équipements de chaleur^{6,7} (chauffage, ECS et cuisson⁸) fonctionnent toujours au gaz et au fioul. La décarbonation de l'habitat reposera donc en grande partie sur le remplacement d'équipements thermiques par des équipements électriques. Aussi est-il nécessaire de quantifier plus en détails la nature et les performances des équipements dédiés.

Chauffage

La décarbonation du chauffage reposera principalement sur le remplacement des chaudières au fioul et au gaz par des équipements électriques (convecteurs hautes performances mais surtout Pompes à Chaleur -PAC-). Les performances présentées dans la **Figure 4** ont simplement été calculées à partir des consommations et des surfaces de la **Figure 3**. Ces consommations surfaciques moyennes ne dépendent donc pas seulement des performances du système utilisé mais aussi de la qualité du bâti (isolation thermique) et des comportements. Elles sont parfaitement en ligne avec les consommations théoriques fournies par les différents constructeurs. Nous reviendrons en détails dans le rapport complémentaire sur l'efficacité des différentes pompes à chaleur aérothermiques fortement dépendantes du climat local mais aussi du type d'enveloppes (radiateurs ou chauffage au sol).

4 <https://www.service-public.fr/particuliers/actualites/A15413#:~:text=Pour%20r%C3%A9duire%20l'%C3%A9mission%20de,autres%20sources%20d'%C3%A9nergie.>

5 Voir les détails dans le paragraphe suivant

6 <https://expertises.ademe.fr/batiment/passer-a-l'action/elements-dequipement/chauffage>

7 <https://librairie.ademe.fr/cadic/2222/guide-pratique-chauffer-mieux-moins-cher.pdf?modal=false>

8 La climatisation fonctionne en totalité à l'électricité

Figure 4 – Consommation calculée des sources de chaleur comparée aux valeurs théoriques

Par source	Calculée kWh/m ²	Théorique kWh/m ²
PAC chauffage	52	35 à 51
Électricité chauffage	61	60 à 130
PAC clim	67	46 à 68
Electricité clim	82	92
Cogénération	105	
Biomasse	111	100
Gaz naturel	128	100
Fioul	150	130

Les chiffres montrent un gain d'efficacité énergétique important résultant du remplacement de chaudières fioul/gaz (rendement de l'ordre de 80%) par des PAC aérothermiques (COP -coefficient de performance de l'ordre de 2). L'apparente efficacité des équipements électriques doit toutefois être modulée par le fait qu'il s'agit d'énergie finale. En toute rigueur, le bilan devrait intégrer le rendement de la génération électrique quand elle intègre du gaz voire du fioul. Ce rendement se retrouve implicitement dans le prix du MWh thermique ou électrique.

Réseaux de chaleur

Les réseaux de chaleur (**Figure 5**) fournissent chaque année au Tertiaire 9 TWh de chaleur dédiée à la fois au chauffage et à l'ECS. 75% de cette chaleur est produite par du gaz, du fioul et de la biomasse et les 25% résiduels par de la cogénération issue de la chaleur fatale provenant d'industries ou de centrales électriques. Pour rester cohérent avec les différentes sources d'énergie, seule la chaleur issue de la cogénération a été différenciée dans la **Figure 3**. L'énergie des réseaux de chaleur provenant du gaz, du fioul et de la biomasse (75% du total) a été reventilée dans le au gaz, le fioul et la biomasse du tableau général. La cogénération notamment celle qui pourrait être récupérée de la chaleur fatale des centrales nucléaires est fortement sous utilisée en France. Les 380 TWh électronucléaires (rendement de 35%) produits par la France en 2021⁹ ont abandonné dans la nature plus de 700 TWh de chaleur fatale.

⁹ Source des données : BP Statistical Review 2022

Figure 5 – Réseaux de chaleur

(Source des données : connaissance des énergies ¹⁰)

Réseaux de chaleur	Gaz	Fioul	Biomasse	Cogen	Total
	42%	15%	18%	25%	100%
Surface (Mm ²)	29,6	10,6	12,7	17,6	70,6
Chauffage (TWh)	3,1	1,1	1,3	1,9	7,4
Eau chaude (TWh)	0,7	0,2	0,3	0,4	1,6
Total (TWh)					9,0

Eau Chaude Sanitaire

Second poste de chaleur dans le Tertiaire (22,6 TWh soit 10% de la consommation d'énergie finale - **Figure 6**), l'ECS repose essentiellement sur le gaz naturel (48%), l'électricité (32%) et le fioul (17%). La biomasse et la cogénération n'interviennent que marginalement.

Figure 6 – Demande en eau chaude sanitaire

Calcul des volumes Énergie 2019 Par source	ECS		
	TWh	Mm ³ /an	TWh/Mm ³
Gaz naturel	10,8	261,2	0,041
Fioul	3,8	90,9	0,041
Cogénération	0,4	13,4	0,029
Électricité	7,2	173,8	0,041
Biomasse	0,4	9,1	0,041
PAC thermo	0,0	0,0	0,010
Total général	22,6	548,4	

Selon l'ADEME¹¹, le rendement de la production d'eau chaude sanitaire est en moyenne de 70%. Sachant que l'énergie requise pour produire un m³ d'eau chaude (40°C) à partir d'eau froide à 15°C demande 29 kWh, les consommations énergétiques peuvent être aisément transformées en volumes d'eau chaude. La consommation d'eau chaude dans le tertiaire a ainsi atteint près de 550 millions de mètre cubes en 2022.

Comme pour la chaleur, la décarbonation de l'ECS du Tertiaire passera par le remplacement des chauffe-eaux au gaz et au fioul par des pompes à chaleur dédiées (aussi appelées « *chauffe-eau thermodynamique* »). Le chauffe-eau thermodynamique a le double

¹⁰ <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/reseaux-de-chaleur>

¹¹ https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/CGDD_scenarios_renovation_batiments_tertiaires_publication_20201203.pdf

avantage de décarboner mais aussi d'être extrêmement sobre en énergie par rapport à ses concurrents au gaz, au fioul et à la biomasse (un kWh d'électricité permet théoriquement de récupérer trois kWh de chaleur sous forme d'eau chaude).

Cuisson des aliments

Une étude réalisée par l'ADEME en 2014¹² (**Figure 7**) a permis de reconstituer la consommation d'énergie dédiée à la cuisson des aliments (11,2 TWh en 2019). Sans surprise c'est évidemment l'hôtellerie et la restauration suivies de l'enseignement et de l'habitat communautaire qui se taillent la part du lion avec près des trois quarts de la consommation énergétique. En calculant les heures dédiées à la cuisson (deux repas par jour dans la restauration, la santé et l'habitat communautaire et un seul dans les bureaux et les commerces - cantine le midi), le parc de puissances a pu être reconstitué.

Figure 7 – Cuisson par destination dans le tertiaire

Cuisson tertiaire	2014		2019		Puissance	
	TWh	%	TWh	heures	GW	
Hotellerie restauration	6,7	49,3%	5,5	1543	3,6	
Habitat communautaire	1,6	11,9%	1,3	1095	1,2	
Santé	1,3	9,3%	1,0	1825	0,6	
Enseignement	1,7	12,4%	1,4	624	2,2	
Sport	0,4	2,9%	0,3	624	0,5	
Bureaux	0,8	6,2%	0,7	880	0,8	
Commerce	1,1	8,1%	0,9	880	1,0	
Total	13,6	100%	11,2	7471	9,9	

Les 9,9 GW de puissance de cuisson (Figure 7) ont alors été répartis au prorata des consommations par sources (Figure 3). Les résultats (Figure 8) montrent que pour décarboner la cuisson près de 6 GW de gaz naturel et de fioul devront être électrifiés de préférence par des plaques à induction moins énergétivores que les autres sources de chaleur.

¹² <https://expertises.ademe.fr/batiment/passer-a-l'action/elements-dequipement/dossier/usages-professionnels/cuisson-professionnelle>

Figure 8 – Répartition de la puissance dédiée à la cuisson par source d'énergie

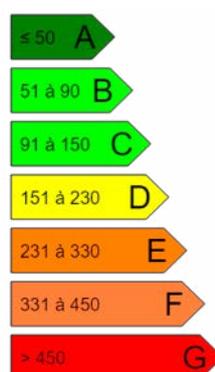
Calcul des puissances Par source	Cuisson	
	TWh	GW
Gaz naturel	5,2	4,6
Fioul	1,4	1,3
Électricité	4,5	4,0
Biomasse	0,1	0,1
Total général	11,2	9,9

1.4 Performances énergétiques du Tertiaire

Grille de performance 2019

Depuis 1974 (date du premier choc pétrolier), six lois de Règlement Thermique (RT) se sont succédées : RT1974, RT1988, RT2000, RT2005, RT2012 et RT2020. Elles ont chacune réclamé des exigences croissantes en termes d'économies d'énergie et d'isolation du bâti¹³. La RT2020 impose aux futures constructions la neutralité carbone en promouvant notamment les BPOS (bâtiments à énergie positive produisant plus d'énergie qu'ils n'en consomment).

Figure 9 – Grille de performance énergétique



Les performances énergétiques (consommation annuelle d'énergie par mètre carré) et environnementales (émissions de CO₂ par mètre carré) sont aujourd'hui classées au sein de deux grilles. Nous nous intéressons ici particulièrement à la grille des performances énergétiques (**Figure 9**) au sein de laquelle les logements sont

13 <https://www.biobric.com/evolutions-reglementations-thermiques>

classés de A (excellente performance <50 kWh/m²*an) à G (>450 kWh/m²*an). Les catégories les moins performantes E/F/G sont considérées comme « *passoires énergétiques* ».

Les performances énergétiques sont évidemment fortement dépendantes de l'âge de construction. Le recensement effectué par le CEREN en 2010, montre que plus de la moitié du parc a été construit avant 1980 pratiquement sans aucune RT (**Figure 10 haut**). Selon les destinations, les infrastructures d'hôtellerie/restauration et de transport (en particulier les gares et les aéroports) sont les plus anciennes. Les performances énergétiques du parc par catégories (A à G) a été reconstitué à partir de la même étude CEREN 2010 (**Figure 10 bas**). Les surfaces en catégorie A sont celles construites après 2012. Elles bénéficient du nouveau règlement thermique. Le parc peut grosso-modo se diviser en trois catégories : un tiers (ABC) possède de bonnes performances, un autre tiers (D) des performances moyennes tandis qu'un dernier tiers se situe dans les catégories EFG des « *passoires énergétiques* ». Leur éradication est l'une des principales priorités en termes de transition énergétique.

*Figure 10 – Age du parc tertiaire par destinations
Performances globales 2019
(Source des données : ADEME¹⁴)*

Destinations 2019	Mm ²	<1980	81-98	>2000
Bureaux & administrations	231	50%	23%	27%
Commerce	212	52%	20%	28%
Enseignement	188	51%	29%	20%
Santé	117	51%	25%	24%
Sport, Loisirs, Culture	73	44%	29%	28%
Habitat communautaire	72	48%	32%	20%
Hôtellerie-restauration	63	66%	17%	17%
Transport	25	85%	4%	12%
Total	981			

	A	B	C	D	E	F	G	Total
	9%	6%	23%	30%	20%	10%	2%	100%
Mm²	91	54	225	291	200	102	19	981

¹⁴ https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/CGDD_scenarios_renovation_batiments_tertiaires_publication_20201203.pdf

Taux d'occupation énergétique

Les performances énergétiques d'une surface habitable ne dépendent pas seulement du bâti et des équipements mais aussi des comportements. Une surface parfaitement isolée équipée des meilleures technologies aura des performances médiocres si les comportements adéquats (économiser l'eau chaude, éteindre la lumière ou réduire le chauffage quand le logement n'est pas habité) ne sont pas au rendez-vous. Les comportements énergétiques peuvent être intégrés dans un paramètre unique : le **taux d'occupation énergétique (TOE)** rapportant la surface énergétisée à la surface totale.

$$TOE = \frac{\text{consommation annuelle d'énergie}}{\sum_{i=1}^7 C_i P_i} \frac{1}{\text{surface totale}}$$

Les comportements seront adéquats si le taux d'occupation énergétique est proche du taux d'occupation physique, économes s'il est inférieur, gaspilleurs s'il est supérieur. Dans l'habitat principal¹⁵, le taux d'occupation énergétique est de l'ordre de 60%. Cela correspond à une occupation énergétique de 16 heures par jour durant 320 jours par an en ligne avec l'occupation physique. En revanche, pour le tertiaire, le taux d'occupation énergétique 2019 était de 84% (soit une occupation énergétique de...20 heures par jour 365 jours par an). Cette valeur est en déphasage complet avec l'occupation physique du tertiaire. Ainsi, les bureaux et les administrations sont en moyenne occupés au plus 20% du temps (8 heures par jour 220 jours par an) et les commerces moins de 40% du temps (10 heures par jour 330 jours par an). En dehors de l'isolation du bâti et des changements d'équipement, la réduction du TOE représente une source considérable d'économies d'énergies dans le Tertiaire.

15 <https://www.larevuedelenergie.com/type/article/>



2. Scénarios de décarbonation du Tertiaire

La décarbonation du tertiaire associée à une réduction de la consommation d'énergie repose sur trois leviers :

1. l'isolation passive plus ou moins sophistiquée thermique du bâti. L'isolation impacte fortement le chauffage mais n'a que peu d'effet sur les autres usages (ECS, cuisson et électricité spécifique)
2. le remplacement des équipements de chaleur au gaz et au fioul par des équipements électriques, biomasse ou réseaux de chaleur décarbonés impacte à la fois la consommation et les émissions
3. la réduction du TOE en encourageant des comportements plus sobres mais aussi en mettant en œuvre une domotique adaptée. La réduction du TOE impacte principalement le chauffage et l'éclairage. Il peut aussi avoir un impact sur les autres applications de l'électricité spécifique via les comportements (arrêt des équipements en lieu et place de la mise en veille).

Les quatre scénarios proposés sont séparés selon les termes (court/moyen/long) mais se cumulent en passant du 1 au 4 :

- Cas de base « *Ne Rien Faire* » consiste à ne pas changer l'existant (pas de réduction du TOE, pas d'isolation ni de changements d'équipement) mais à considérer les seules nouvelles surfaces isolées en catégorie A et équipées de matériel électrique performant (PAC, chauffe eaux thermodynamiques, plaques de cuisson à induction) selon la RT2020. En dehors du chauffage, les consommations relatives aux autres usages (ECS, cuisson, électricité spécifique) augmentent au prorata de l'accroissement des surfaces
- Scénario 1 court terme (2030) jouant essentiellement sur la réduction du TOE,
- Scénario 2 moyen terme (2040) couplant changement des équipements et isolation des passoires énergétiques E/F/G pour les amener en catégorie D
- Scénario 3 long terme (2050) amenant le D vers les catégories A/B/C

A chacun des projets est associée une VAN (Valeur Actualisée Nette) dont les paramètres économiques sont précisés ci-dessous.

2.1 Hypothèses économiques

L'ensemble des paramètres économiques requis pour calculer la VAN des projets sont repris dans le **Figure 11**.

Les prix de la domotique et de l'isolation thermique (par mètre carré rénové) sont tirés de l'étude ADEME 2020¹⁶ tandis que les prix des PAC (au mètre carré), des chauffe-eaux thermodynamiques¹⁷ (au mètre cube d'eau chaude) et des plaques de cuisson¹⁸ (au kW) sont tirés de différents fournisseurs et de documents consolidés par l'ADEME¹⁹.

Le prix des kWh thermique et électrique TTC 2010 ont été respectivement estimés à 0,08€ et 0,15 €²⁰. Compte tenu de la régulation actuelle (pas de taxe carbone), le prix du kWh est supposé

16 https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/CGDD_scenarios_renovation_batiments_tertiaires_publication_20201203.pdf

17 https://www.esc-grossiste.fr/boutique/chauffe-eau-electrique-charot/41825-chauffe-eau-electrique-charot-eco-steatite-acier-thermo-laque.html#/3972-capacite-3000_l

18 <https://www.gastro-hero.fr/Cuisson/Pianos-de-cuisson/>

19 <https://librairie.ademe.fr/cadic/4363/besoins-ecs-tertiaire-costic-ademe-011290.pdf>

20 <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/bilan-energetique-2019>

intégrer le prix du carbone²¹. L'inflation sur l'énergie est prise à 2%/an « flat » jusqu'en 2050. Ces valeurs pourront le cas échéant être réactualisées pour prendre en compte les effets long terme de la crise de l'énergie qui courre depuis mi 2021.

Figure 11 – Paramètres économiques

Paramètres économiques		
Isolation EFG vers D	€/m ²	132
Isolation D vers ABC	€/m ³	428
Remplacement PAC	€/m ²	80
Domotique	€/m ²	30
Chauffe eau thermo	€/m ³	22
Table cuisson	€/kW	120
Prix kWh thermique 2019	€/kWh	0,08
Prix kWh électrique 2019	€/kWh	0,15
Inflation prix kWh therm/élec	%/an	2%
Taux d'actualisation	%/an	4%
Subvention isolation	€/m ²	70%

Sur la question cruciale du taux d'actualisation, la littérature est abondante^{22, 23, 24}. Rappelons que le taux d'actualisation est utilisé par les économistes pour « calculer la valeur que l'on donne aujourd'hui au futur ». Dans le cas du climat, elle oppose des investissements immédiats et certains pour faire face à des dommages climatiques futurs et incertains. Un taux d'actualisation faible pousse à investir massivement aujourd'hui estimant que le coût de l'attente s'avère nettement plus important que celui de l'action (il y a « urgence climatique »). Au contraire, un taux d'actualisation élevé préconise l'attente à l'action immédiate. L'ensemble a été résumé dans la règle de Ramsey qui calcule le taux d'actualisation à partir de trois paramètres : le taux de préférence pur δ (ou « taux d'urgence » d'autant plus élevé que δ est faible), le taux de croissance de l'économie g et l'aversion relative γ (plus γ est élevé, moins nous souhaitons investir maintenant car nous anticipons que nous serons plus riches dans le futur) :

$$r = \delta + g * \gamma$$

Les économistes se sont accordés sur des valeurs $\delta=2$ et $\gamma=2$ ce qui, avec un taux de croissance moyen de 1% (valeur dans les pays de l'OCDE) conduit à un taux d'actualisation de 4%, valeur choisie pour ce projet.

21 <https://energiesdev.fr/prix-carbone-co2/>

22 <https://variances.eu/?p=4323>

23 <https://laviedesidees.fr/Peut-on-fixer-le-prix-du-futur-de.html>

24 <http://energie-developpement.blogspot.com/2012/05/actualisation-valeur-environnement.html>

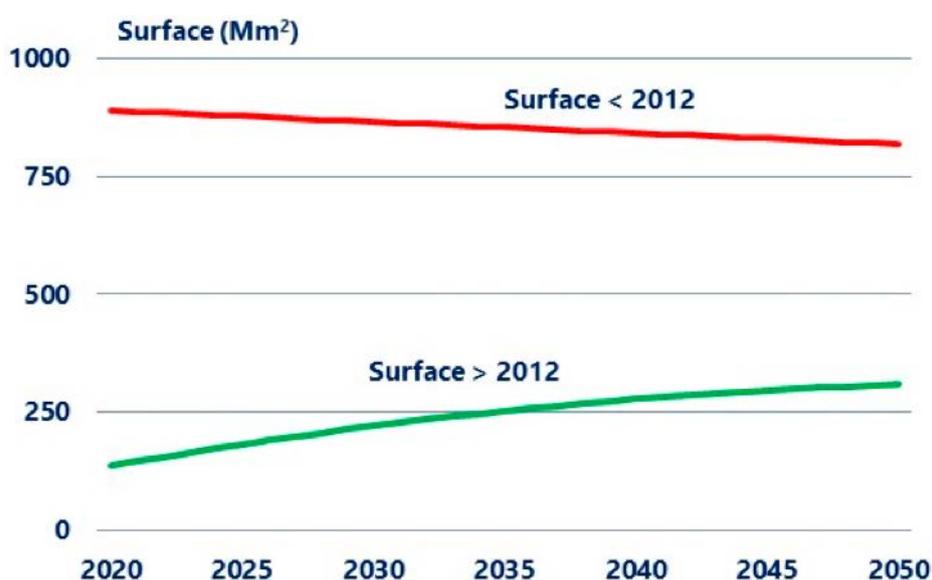
2.2 Extrapolation de l'accroissement de la surface tertiaire

L'évolution du parc tertiaire à l'horizon 2050 repose à la fois sur l'addition de nouvelles surfaces aux normes 2020 (catégories A avec équipements décarbonés) mais aussi en la destruction de surfaces anciennes présumées en classe F ou G (**Figure 12 - haut**). Entre 2020 et 2050, le parc Tertiaire augmentera sa surface d'environ 10% : 172 millions de mètres carrés (catégorie A) seront créés tandis que 72 (catégorie F et G) seront détruits.

Figure 12 – Haut - Evolution du parc tertiaire à l'horizon 2050

(Source des données : ADEME ²⁵)

Bas – comparaison des performances 2019 & 2050



Année	A	B	C	D	E	F	G
2019	9,3%	5,5%	22,9%	29,6%	20,3%	10,4%	1,9%
2050	27,5%	4,8%	19,9%	25,8%	17,7%	4,3%	0,0%

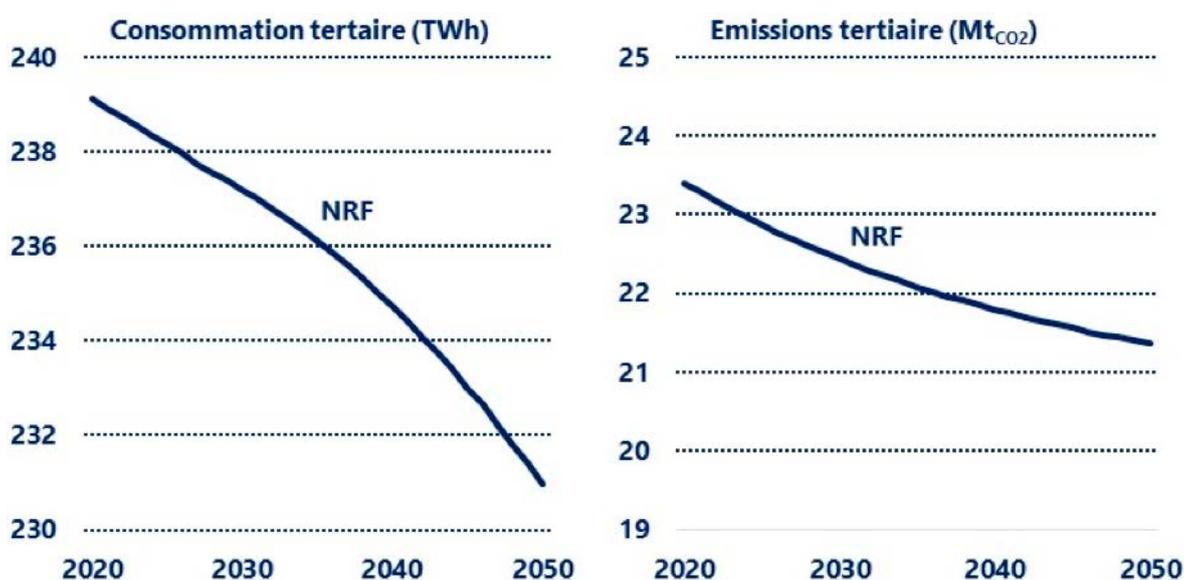
²⁵ https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/CGDD_scenarios_renovation_batiments_tertiaires_publication_20201203.pdf

2.3 Cas de base « Ne Rien Faire »

« Ne Rien Faire » suppose que l'ensemble des surfaces existantes ne sont pas rénovées (pas de réduction du TOE, aucun changement d'équipements et pas d'isolation thermique) mais ne subissent pas de déclassement dans une catégorie inférieure (le parc est entretenu au minimum). Les seuls changements par rapport à la situation actuelle correspondent à la destruction de mètres carrés (catégorie inférieure F/G) et à la création de nouveaux mètres carrés de catégorie A.

Par rapport aux performances 2020 (**Figure 12 - bas**), les surfaces créées améliorent significativement le parc dont les surfaces en catégorie A passent de 9,3% à 27,5 % tandis que les surfaces détruites réduisent les catégories G et F respectivement à 0% et 4,3%.

Figure 13 – Evolution des performances, de la consommation d'énergie et des émissions du parc tertiaire (Ne Rien Faire)



La consommation d'énergie (Figure 13) baisse légèrement (231 TWh vs 237,5 TWh en 2019) tandis que les émissions de GES ne se contractent que de deux millions de tonnes.

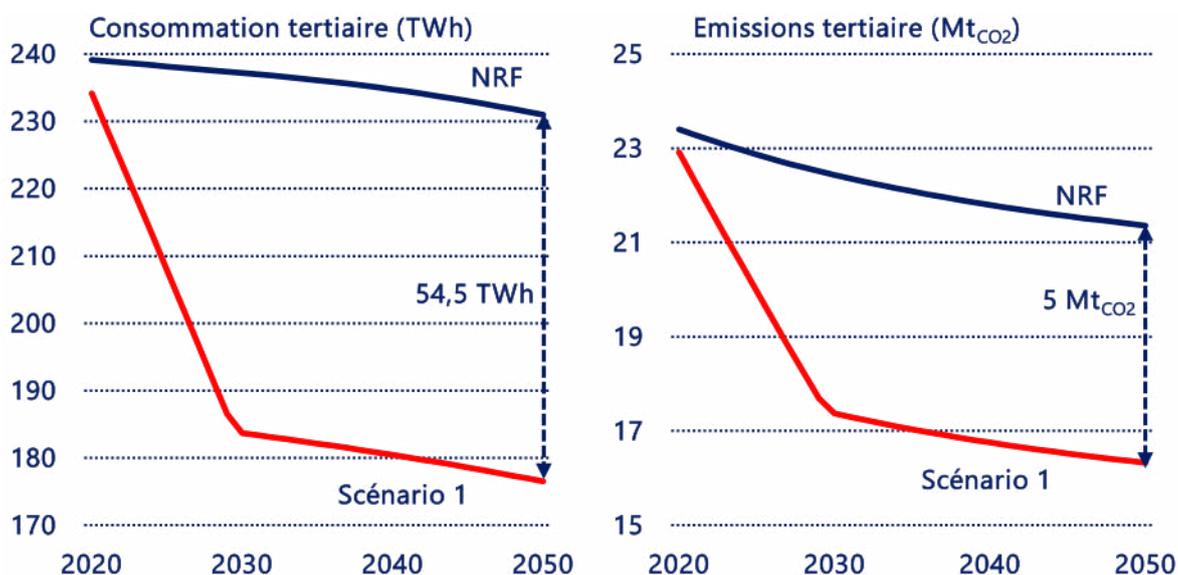
2.4 Scénario 1 : réduction du TOE

Par rapport à « *Ne Rien Faire* » ce premier scénario propose de réduire le TOE de 84% (valeur 2019) à 50% à l'horizon 2030, soit une réduction moyenne de 3,4% par an. Cette réduction du TOE impacte principalement le chauffage ainsi que l'éclairage représentant environ 20% de l'électricité spécifique²⁶.

Pour ce faire deux leviers sont utilisés. D'une part on encourage des comportements plus sobres dans les entreprises, les commerces et les administrations (réduire au minimum l'illumination des immeubles, des monuments et des commerces la nuit, abaissement de la température l'hiver et de la climatisation l'été, interdiction des terrasses chauffées). D'autre part on améliore certains équipements (mise en œuvre massive d'éclairage LED) et on domotise le tertiaire (régulation de température, arrêt et déclenchement de l'éclairage selon la présence, fermeture automatique des volets selon l'heure et la saison...).

Figure 14 – Scénario 1 : réduction du TOE.

Impact sur la consommation (gauche) et les émissions (droite)



Sur la **Figure 14** ce premier scénario est comparé au cas de base « *Ne Rien Faire* ». La réduction du TOE a un impact spectaculaire et rapide à la fois sur la consommation d'énergie (économie de 54,5 TWh) ainsi que sur les émissions de CO₂ (réduction de 5 Mt_{CO2}). Sur la période 2020 à 2050, cette réduction de TOE permet d'économiser 1386 TWh d'énergie et 130 Mt_{CO2}.

26 <http://www.afe-eclairage.fr/afe/l-eclairage-en-chiffres-26.html#:~:text=Les%20m%C3%A9nages%20consacrent%2012%2C8,%25%20de%20la%20consommation%20%C3%A9lec-trique>

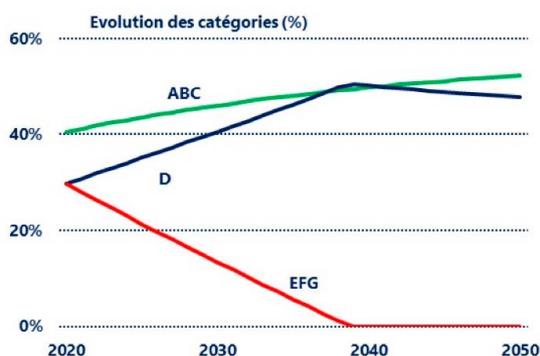
Considérant que les surfaces postérieures à 2012 ainsi que les nouvelles surfaces créées ont déjà été équipées en ligne avec la réglementation thermique, le financement de la domotique et de potentiels équipements comme les LEDS ne s'applique qu'aux surfaces antérieures à 2012 soit environ 880 millions de mètres carrés. La comparaison de nombreux fournisseurs de domotique^{27,28} conduit à des coûts globaux (incluant la domotique de sécurité) pour des maisons individuelles compris entre 20 € et 100 €/mètre carré. Pour le tertiaire compte tenu de la diversité des surfaces, une valeur moyenne de 30 €/m² a été retenue.

Réparti sur dix ans, ce premier scénario coûte 27 G€. Il dégage une VAN4% spectaculaire de 97 milliards d'euros à l'horizon 2050. Elle est positive dès 2027.

2.5 Scénario 2 : remplacement des équipements et éradication des passoires énergétiques

Ce second scénario consiste d'une part à éradiquer toutes les passoires énergétiques EFG et à les faire passer en catégorie D à l'horizon 2040 via le plan glissant de la **Figure 15 -haut**. Cette rénovation de l'ancien vient se superposer à la destruction de surfaces existantes ainsi qu'à la création de surfaces nouvelles catégorisées en A.

*Figure 15 – Haut - Eradication des surfaces EFG à l'horizon 2040
Bas – Comparaison des pars 2019 et 2050*



Année	A	B	C	D	E	F	G
2019	9,3%	5,5%	22,9%	29,6%	20,3%	10,4%	1,9%
2050	27,5%	4,8%	19,9%	47,8%	0,0%	0,0%	0,0%

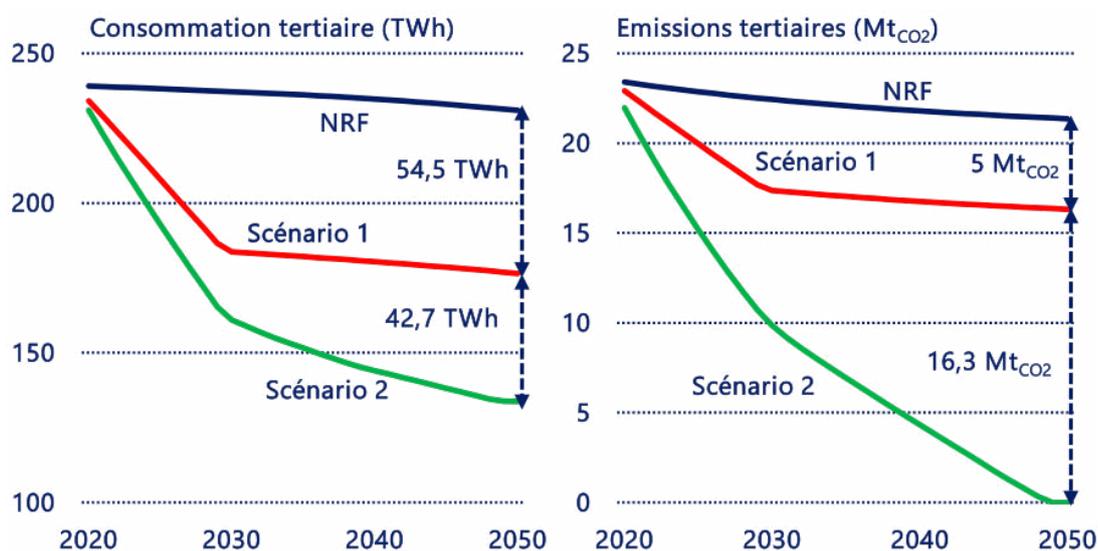
27 <https://www.voseconomiesdenergie.fr/travaux/domotique/prix#:~:text=Le%20prix%20d'un%20syst%C3%A8me,pr%C3%A8s%20de%205%20000%20%E2%82%AC>.

28 <https://technplay.com/prix-installation-domotique-maison-neuve/>

Le scénario requiert de rénover sur 20 ans 275 millions de mètres carrés soit en moyenne 14 millions de mètres carrés par an. Il conduit à l'horizon 2050 à un parc composé grosso modo d'une moitié de mètres carrés en catégorie D et de l'autre moitié en catégories A/B/C (**Figure 15 - bas**)

D'autre part, l'ensemble des équipements thermiques (gaz & fioul) sont remplacés par des équipements électriques (pompes à chaleur aérothermiques, chauffe-eaux thermodynamiques, plaques de cuisson à induction) cette fois à l'horizon 2050. Ces équipements sont supposés fonctionner avec de l'électricité décarbonée.

*Figure 16 - Scénario 2 : éradication des passoires énergétiques et changement des équipements thermiques/électriques
Impact sur la consommation (gauche) et les émissions (droite)*

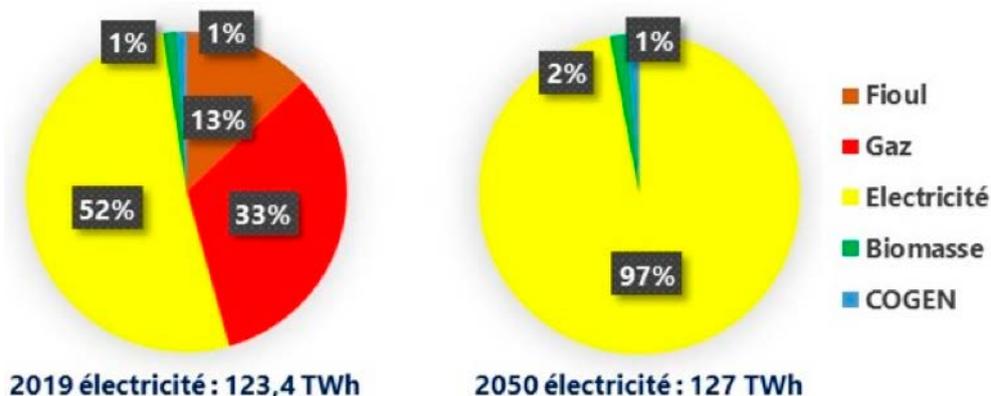


Par rapport au scénario 1, le scénario 2 permet d'économiser 42,7 TWh supplémentaires à l'horizon 2050 (**Figure 16**). L'économie cumulée (par rapport au cas de base NRF) est légèrement inférieure à 100 TWh. Cette économie repose à la fois sur l'isolation des passoires énergétiques et sur le changement des équipements (les PACS et les chauffe-eaux thermodynamiques sont plus performants que les équipements au fioul et au gaz). Mais surtout, le changement des équipements permet de décarboner totalement le Tertiaire à l'horizon. Sur la période 2020 à 2050, ce seront 2240 TWh d'énergie et 426 Millions de tonnes de CO₂ qui auront été économisés.

Faisant suite au remplacement des équipements thermiques par des équipements électriques, entre 2020 et 2050 le mix tertiaire se sera totalement électrifié (**Figure 17**). Si la part de l'électricité double (de 52% à 97%), grâce aux très significatives économies d'énergies, la consommation d'électricité ne s'accroît que très faiblement (de 123,4 TWh en 2019 à 127 TWh en 2050).

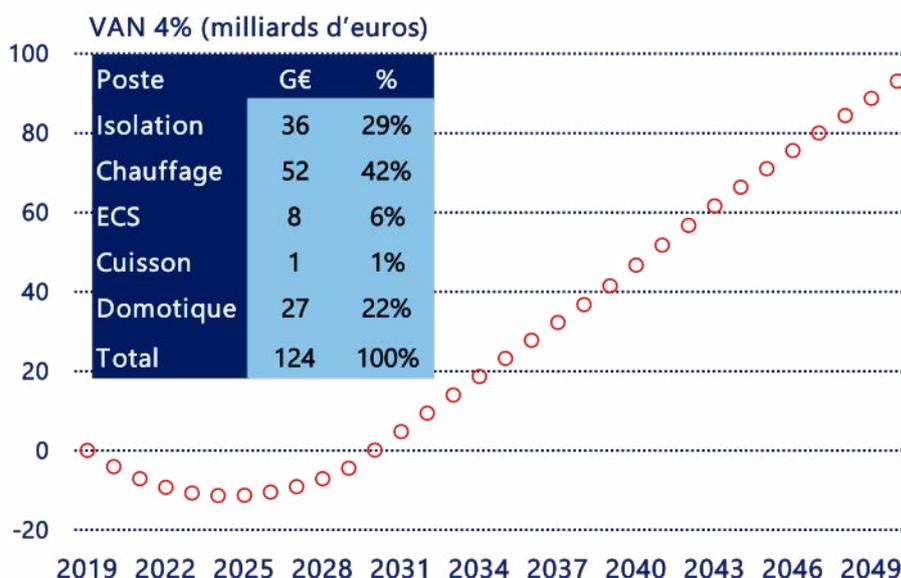
Du point de vue des usages, la part de la chaleur (chauffage + ECS + cuisson) qui comptait pour 70% de l'énergie consommée en 2019 sera réduite à 40% tandis que l'électricité spécifique représentera 60% de la consommation du tertiaire.

Figure 17 – Evolution du mix énergétique Tertiaire entre 2020 à 2050



La valeur économique du projet a été calculée sur base des paramètres de la **Figure 11**. Son coût global est estimé à 78 milliards d'euros net (124 milliards brut moins 46 milliards de subventions publiques) soit en moyenne 2,6 milliards d'euros par an sur 30 ans (**Figure 18**). Le remplacement des équipements de chauffage au fuel et au gaz par des pompes à chaleur (49% du coût total), l'isolation des passoires thermiques (29%) et la domotique (22%) permettant d'abaisser le TOE sont les postes principaux.

Figure 18 – Scénario 2 : Valeur Actualisée Nette



Grâce aux subventions, le projet dégage à l'horizon 2050 une VAN4% de 93 milliards d'euros supérieure de 77 milliards d'euros à celle du scénario 1. Elle est positive en 2030 soit trois ans après celle du scénario 1.

2.6 Scénario 3 : isolation poussée de l’habitat tertiaire

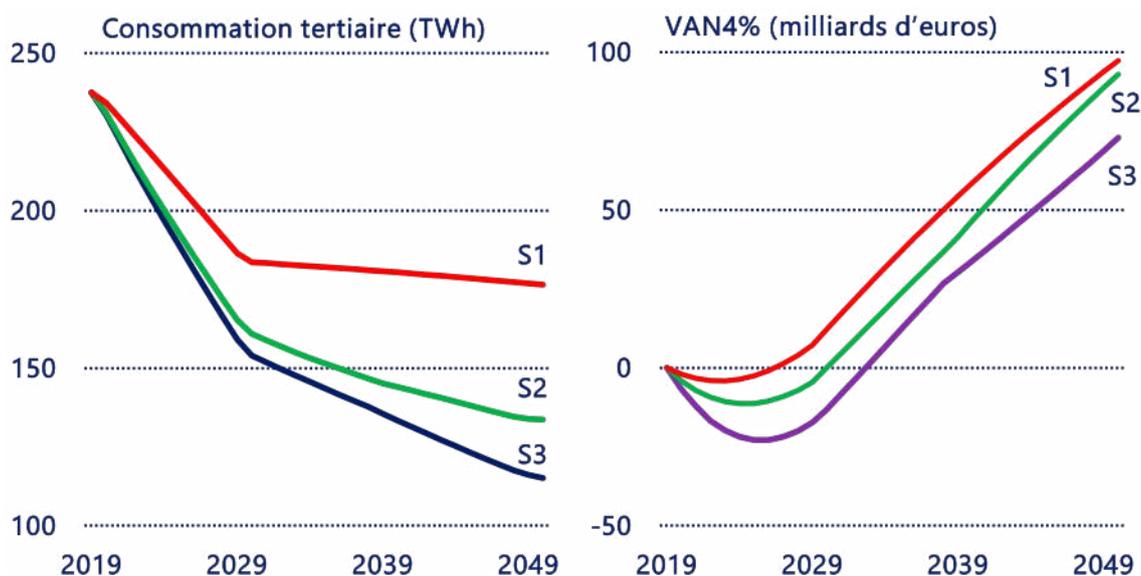
Le troisième scénario est une variante du scénario 2 poussant davantage l’isolation thermique en rénovant les surface de catégorie D en catégorie ABC. A l’horizon 2050, l’ensemble des mètres carrés de catégorie D auront été passés pour moitié en C et pour moitié en A/B (**Figure 19**). Cette variante est proche de celle reprise par l’exécutif au sein du Plan Pluriannuel Pour l’Energie qui privilégie l’isolation avancée par rapport à la réduction du TOE et aux remplacements d’équipements.

Figure 19 – Comparaison des performances du parc tertiaire 2050 entre le scénario 2 (haut) et le scénario 3 (bas)

Année	A	B	C	D	E	F	G
2019	27,5%	4,8%	19,9%	47,8%	0,0%	0,0%	0,0%
2050	27,5%	28,8%	43,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

L’isolation poussée ne réduit pas significativement la consommation d’énergie par rapport au scénario 2 (économie supplémentaire de l’ordre de 18,5 TWh à l’horizon 2050 et de 273 TWh sur l’ensemble de la période 2020 à 2050 (**Figure 20 - gauche**)).

*Figure 20 – Comparaison des 3 scénarios
Gauche – Consommation d’énergie - Droite – VAN4%*



La variante n'apporte par ailleurs aucune plus-value sur la décarbonation de l'habitat purement liée aux changements d'équipements déjà intégrés dans le scénario 2. Compte tenu du prix exorbitant de la rénovation finale (161 milliards de dollars supplémentaires d'isolation par rapport au scénario 2), la valeur économique du projet, apparaît fortement dégradée. Le projet dégage à l'horizon 2050 une VAN4% 73 milliards d'euros (soit 20 milliards de moins que le scénario 2). Elle ne devient positive qu'en 2033 soient 3 ans après celle du scénario 2.

Ces résultats s'expliquent aisément. La dernière source d'économie (i.e. l'isolation D vers A/B/C) s'appliquant à un parc ayant déjà fortement réduit sa consommation (réduction du TOE, changement d'équipements, isolation E/F/G en D), les sommes considérables investies dans l'isolation finale s'avèrent peu économiques et par conséquent beaucoup plus longues à rembourser.

Conclusion

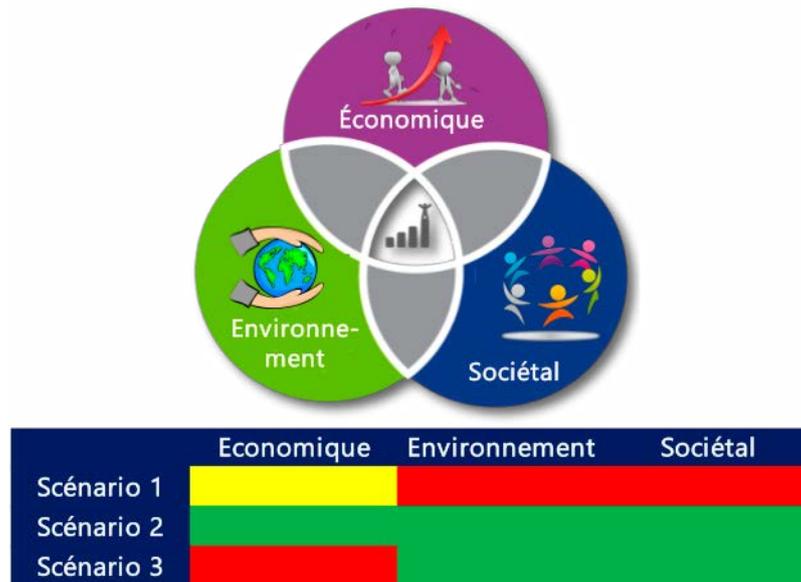
Parmi les trois leviers proposés, la réduction du TOE est le plus rapide et bénéficie d'un avantage concurrentiel immédiat. Toutefois, si elle réduit significativement et à faible frais la consommation d'énergie dans le Tertiaire, la baisse du TOE ne peut pour autant le décarboner. Le remplacement des équipements thermiques par des équipements électriques performants (PAC aérothermiques, chauffe-eaux thermodynamiques, plaques à induction) apparaît donc comme un second pilier incontournable. Une fois le TOE réduit et les équipements remplacés, l'isolation thermique perd en efficacité car elle s'applique à un parc dont l'occupation et la consommation d'énergie ont déjà été optimisées. Toutefois mettre en œuvre des équipements hautes performances dans des passoires énergétiques est un message difficilement crédible. Aussi l'éradication des passoires énergétiques apparaît-elle incontournable sur le plan sociétal. En revanche, l'isolation poussée du parc en catégories ABC est clairement une aberration économique

En comparant (**Figure 21**) les trois scénarios aux trois critères du Développement Durable (économique, environnemental et sociétal), on en conclut que le scénario 2 couvrant à la fois les critères environnementaux (décarbonation), sociétaux (éradication des passoires énergétiques) et économique (VAN4% et temps de remboursement corrects grâce aux subventions publiques) est de loin le plus crédible.

Appelé « **éco-énergie tertiaire** », le plan gouvernemental de rénovation du tertiaire (aussi appelé « *décret tertiaire* ») est paru au journal officiel le 23/07/2019 (n°2019-771) et est entré en vigueur le 1^{er} octobre de la même année²⁹. Il concerne les surfaces supérieures à 1000 m² et **ne conditionne que la réduction de la consommation énergétique sans aucune référence à la décarbonation** : « *cela passe bien sûr par des rénovations énergétiques mais également par des usages plus responsables au sein du bâtiment. Le concerné doit s'engager à atteindre -40 % de consommations énergétiques en 2030, -50 % d'ici 2040 et -60 % en 2050. A l'issue des travaux, l'atteinte des critères sera validée au moyen d'un calcul réglementaire* ».

29 <https://transition-energetique.eco/decret-tertiaire/>

Figure 21 – Evaluation des trois critères du Développement Durable pour les trois scénarios



Même si rien n'est écrit explicitement en ce sens, le décret tertiaire encourage implicitement le scénario 3 basé sur une isolation thermique poussée aux dépens de la réduction du TOE et du remplacement des équipements.

