

# Suivi et quantification des économies d'énergie relatives aux mesures préconisées par la Task Force Energie du Canton de Genève

## Hiver 2023 – 2024

Etude réalisée sous mandat de l'Etat de Genève

En collaboration avec SIG / éco21

Daniel Cabrera, Jean-Luc Bertholet, Pierre Hollmuller, Thibaud Legendre,  
Hannah Pehle, Stefan Schneider, Jérôme Strobel

Octobre 2024

Université de Genève

Groupe Systèmes Énergétiques

Département F.-A. Forel des sciences de l'environnement et de l'eau

Institut des Sciences de l'Environnement

66 boulevard Carl-Vogt – CH 1211 Genève 4

[www.unige.ch/sysener](http://www.unige.ch/sysener)

## Résumé

Cette étude quantifie les économies d'énergie du canton de Genève durant l'hiver 2023-2024, dans le contexte des mesures préconisées par la Task Force Energie face à la crise énergétique. Au niveau cantonal, par rapport à l'hiver 2021-2022 précédant la crise, la baisse de consommation a été très importante (gaz : 22.1%; électricité: 3.8%). Déduction faite de l'effet météo, on observe des économies d'énergie substantielles (gaz : 6.7%, électricité : 3.0%). Celles-ci sont en légère hausse par rapport à l'hiver 2022-2023, mais elles ne permettent pas d'atteindre à elles seules les objectifs fixés (15% et 10%). L'abaissement de la température de chauffage reste la mesure la plus efficace, représentant 84% des économies de gaz. L'analyse par secteur révèle des résultats différenciés : pour le gaz, l'administration cantonale (14.3%) se démarque par de très bons résultats tandis que les autres secteurs obtiennent des résultats plus proches de la moyenne (entreprises : 8.9%; établissements publics autonomes (EPA) : 7.1%; communes : 6.1%). Pour l'électricité, les EPA (6.7%) ont réalisé une très bonne performance. Les économies des entreprises (2.5%), des communes (1.0%) et de l'administration cantonale (1.8%) se situent autour de la moyenne ou en dessous. Sur l'année entière 2023-2024 (été et hiver), la consommation de gaz des logements collectifs est en baisse de 10.1%.

## Zusammenfassung

Diese Studie quantifiziert die Energieeinsparungen im Kanton Genf während des Winters 2023-2024 im Rahmen der von der Energie-Task-Force empfohlenen Maßnahmen angesichts der Energiekrise. Auf Kantonsebene war der Rückgang des Verbrauchs im Vergleich zum Winter 2021-2022 vor der Krise erheblich (Gas: 22.1%; Strom: 3.8%). Nach Abzug des Wettereinflusses werden erhebliche Energieeinsparungen festgestellt (Gas: 6.7%, Strom: 3.0%). Diese Einsparungen sind im Vergleich zum Winter 2022-2023 leicht gestiegen, reichen jedoch allein nicht aus, um die festgelegten Ziele (15% und 10%) zu erreichen. Die Senkung der Heizungstemperatur bleibt die wirksamste Maßnahme und macht 84% der Gaseinsparungen aus. Die Analyse nach Sektoren zeigt differenzierte Ergebnisse: Beim Gas sticht die kantonale Verwaltung (14.3%) mit sehr guten Ergebnissen hervor, während andere Sektoren Ergebnisse näher am Durchschnitt erzielen (Unternehmen: 8.9%; autonome öffentliche Einrichtungen (EPA): 7.1%; Gemeinden: 6.1%). Beim Strom haben die EPA (6.7%) sehr gut abgeschnitten. Die Einsparungen der Unternehmen (2.5%), der Gemeinden (1.0%) und der kantonalen Verwaltung (1.8%) liegen im Durchschnitt oder darunter. Im gesamten Jahr 2023-2024 (Sommer und Winter) ist der Gasverbrauch in Mehrfamilienhäusern um 10.1% gesunken.

## Abstract

This study quantifies energy savings in the canton of Geneva during the winter of 2023-2024, in the context of the measures recommended by the Energy Task Force in response to the energy crisis. At the cantonal level, compared to the pre-crisis winter of 2021-2022, the reduction in consumption was significant (gas: 22.1%; electricity: 3.8%). After accounting for the weather effect, substantial energy savings are observed (gas: 6.7%, electricity: 3.0%). These savings are slightly higher compared to the winter of 2022-2023, but they alone are not sufficient to meet the set objectives (15% and 10%). Lowering heating temperature remains the most effective measure, accounting for 84% of gas savings. The sectoral analysis reveals differentiated results: for gas, the cantonal administration (14.3%) stands out with very good results, while other sectors achieve results closer to the average (businesses: 8.9%; autonomous public institutions (EPA): 7.1%; municipalities: 6.1%). For electricity, the EPA (6.7%) performed very well. Savings by businesses (2.5%), municipalities (1.0%), and the cantonal

administration (1.8%) are around or below average. Over the entire year 2023-2024 (summer and winter), gas consumption in collective housing has decreased by 10.1%.

# Synthèse

## Contexte et mandat

Du fait de la persistance des enjeux énergétiques et au succès des mesures mises en place par la Task Force Energie (TFE) lors de l'hiver 2022-2023, le Conseil d'État (CE) de Genève a décidé de poursuivre ses efforts de réduction de la consommation d'énergie pour l'hiver 2023-2024. Dans ce contexte, il a renouvelé le mandat confié à l'Université de Genève, la chargeant de suivre et de quantifier les économies d'énergie liées aux mesures mises en place par la TFE.

## Economies au niveau cantonal

Au niveau cantonal, déduction faite de l'effet météo, les économies d'énergie pour l'hiver 2023-2024 sont restées substantielles, et légèrement supérieures à celles observées lors de l'hiver précédent. Pour le gaz, les économies s'élèvent à 6.7% par rapport à la période de référence de l'hiver 2021-2022 (contre 6.2% en 2022-2023), tandis que pour l'électricité, elles atteignent 3.0% (contre 2.8% en 2022-2023). A noter que l'évolution constatée entre les hivers 2022-2023 et 2023-2024 se situe dans la marge d'erreur des calculs et des modèles utilisés.

Au niveau du gaz : la consommation totale a diminué de 22.1% par rapport à l'hiver de référence 2021-2022. Cette baisse significative s'explique par trois facteurs principaux (voir Figure A) :

1. L'effet météo, responsable de 14.3% de la baisse ;
2. La substitution du gaz par le mazout dans les installations bicom bustibles, contribuant à 1.1% de la baisse ;
3. Les économies d'énergie effectives, représentant 6.7% de la baisse.

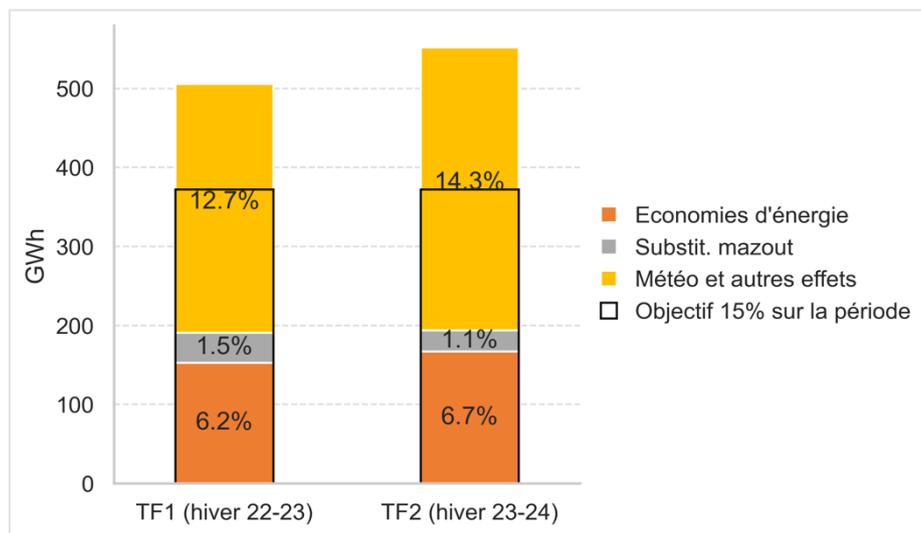


Figure A : Décomposition de la baisse de consommation de gaz du canton, hiver 2022-2023 et 2023-2024

Bien que les économies réalisées soient notables, elles restent en deçà de l'objectif fixé de 15%. Il est important de souligner que la météo particulièrement clémente de cet hiver a joué un rôle prépondérant dans la réduction de la consommation de gaz.

Au niveau de l'électricité : la baisse totale de consommation s'élève à 3.8% par rapport à l'hiver de référence. Cette réduction se décompose comme suit (voir Figure B) :

1. L'effet météo et autres facteurs, responsables de 0.8% de la baisse ;
2. Les économies d'énergie effectives, représentant 3.0% de la baisse.

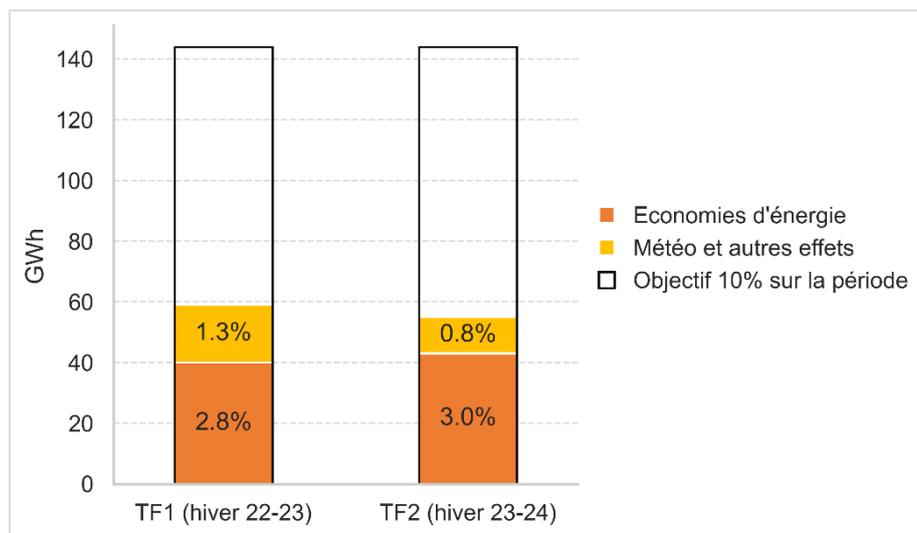


Figure B : Décomposition de la baisse de consommation d'électricité du canton, hiver 2022-2023 et 2023-2024. Note : Objectif du Conseil fédéral jusqu'au 31.12.23, non reconduit pour 2024

Comme pour le gaz, malgré des efforts significatifs, les économies d'électricité n'atteignent pas l'objectif fixé de 10%. Cette difficulté s'explique par plusieurs facteurs inhérents à la nature de la consommation électrique. Premièrement, l'utilisation de l'électricité est fortement décentralisée et couvre une multitude d'usages (éclairage, appareils électroniques, climatisation, etc.), rendant les interventions complexes et diffuses. De plus, certaines mesures d'économie d'électricité nécessitent des investissements conséquents dans l'efficacité énergétique ou des changements comportementaux à grande échelle, qui sont plus longs à mettre en œuvre et à produire des résultats mesurables.

L'analyse de l'évolution des économies au cours de l'hiver révèle une tendance similaire à celle observée l'année précédente : les économies ont été plus importantes en début d'hiver et ont progressivement diminué au fil des mois. Cette dynamique souligne l'importance de maintenir une sensibilisation continue aux enjeux énergétiques tout au long de la période hivernale.

Sur l'ensemble de l'hiver, les efforts d'économie d'énergie au niveau cantonal ont permis de maintenir des réductions significatives de consommation, tant pour le gaz que pour l'électricité. Ce résultat est encourageant, surtout dans un contexte où l'urgence énergétique pouvait sembler moins prégnante que l'hiver précédent.

En comparaison, cet hiver 2023-2024, les économies d'électricité au niveau fédéral ont été nettement inférieures que celles constatées au niveau cantonal, mais significativement plus élevées pour le gaz.

Les travaux effectués démontrent que ces disparités ne sont pas liées à des différences de méthode de modélisation mais il n'a pas été possible de conclure quant aux causes.

### Economies par secteur

Pour le gaz, l'analyse des économies par secteur (hiver 2023-2024) révèle des résultats variés, reflétant les spécificités et les efforts de chaque domaine (voir Figure C).

- L'administration cantonale maintient sa performance exemplaire avec des économies de 14.3%, légèrement en baisse par rapport aux 16.5% réalisés en 2022-2023, mais toujours largement supérieures à la moyenne cantonale.
- Les Etablissements publics autonomes (EPA) montrent une amélioration notable, passant de 4.7% d'économies en 2022-2023 à 7.1% cette année, démontrant une intensification de leurs efforts.
- Les communes, bien qu'en légère baisse, maintiennent des efforts substantiels avec 6.1% d'économies, contre 8.7% l'année précédente. Cette performance reste proche de la moyenne cantonale.
- Pour les entreprises, les résultats agrégés montrent des économies de 8.9%, proches de la moyenne cantonale, et en légère baisse par rapport aux 9.8% réalisés en 2022-2023.
- Pour le secteur des logements, les économies de gaz s'élèvent à 10.1% sur l'année 2023-2024, en amélioration par rapport aux 8.4% réalisés en 2022-2023. Il est important de souligner que ces valeurs représentent des économies réalisées sur des périodes annuelles, incluant aussi les effets sur le chauffage et l'ECS à mi-saison et sur l'ECS durant l'été. Par conséquent, ces résultats ne sont pas directement comparables avec les économies réalisées uniquement pendant les mois d'hiver (octobre - mars) pour les autres secteurs.

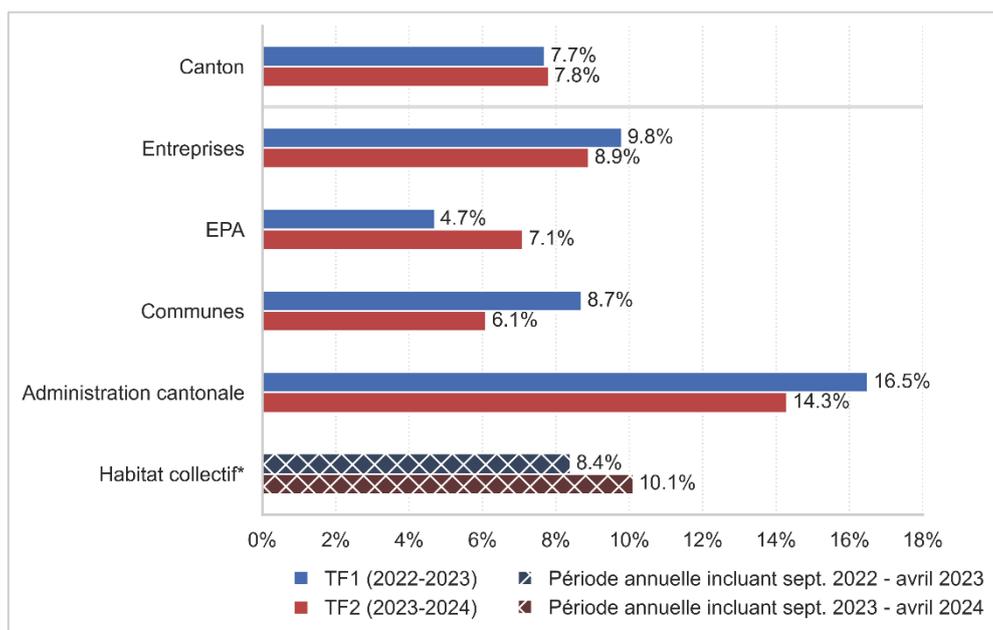


Figure C : Economies de gaz par secteur par rapport à la période de référence.

Notes : a) Les économies comprennent la baisse de consommation liée à la substitution du gaz par le mazout qui, au niveau sectoriel, ne peuvent être distinguées des économies. b) Pour le

secteur « Logements », seules des données annuelles ont pu être utilisées, ne permettant pas une analyse spécifique pour la période hivernale. Les données annuelles retenues sont celles comprenant à minima les mois de septembre à avril sans interruption. Les économies ne sont donc pas directement comparables avec les économies réalisées que pendant les mois d'hiver (octobre – mars) utilisées pour les autres secteurs. Les données disponibles pour les villas étaient insuffisantes pour pouvoir être considérées comme représentatives.

Pour l'électricité, l'analyse des économies d'électricité par secteur (hiver 2023-2024) révèle également des résultats variés, reflétant les spécificités et les efforts de chaque domaine (voir Figure D).

- L'administration cantonale montre une baisse des économies, passant de 3.2% en 2022-2023 à 1.8% cette année, ce qui est inférieur à la moyenne cantonale.
- Les EPA affichent une amélioration notable, avec des économies atteignant 6.7%, contre 4.5% l'année précédente, dépassant ainsi significativement la moyenne cantonale.
- Les communes connaissent également une baisse des économies, passant de 3.9% en 2022-2023 à 1.0% cet hiver. Cette diminution pourrait s'expliquer en partie par l'installation de nouvelles infrastructures énergivores telles que des bornes de recharge pour véhicules électriques et des pompes à chaleur, pour lesquelles les communes ont fait d'importants efforts cette année.
- Pour l'ensemble des entreprises, les résultats agrégés montrent des économies de 2.5%, proches de la moyenne cantonale, mais en baisse par rapport aux 3.6% réalisés en 2022-2023.

Malheureusement, comme pour l'hiver précédent, les données disponibles n'ont pas permis de caractériser précisément les économies d'électricité dans le secteur des logements.

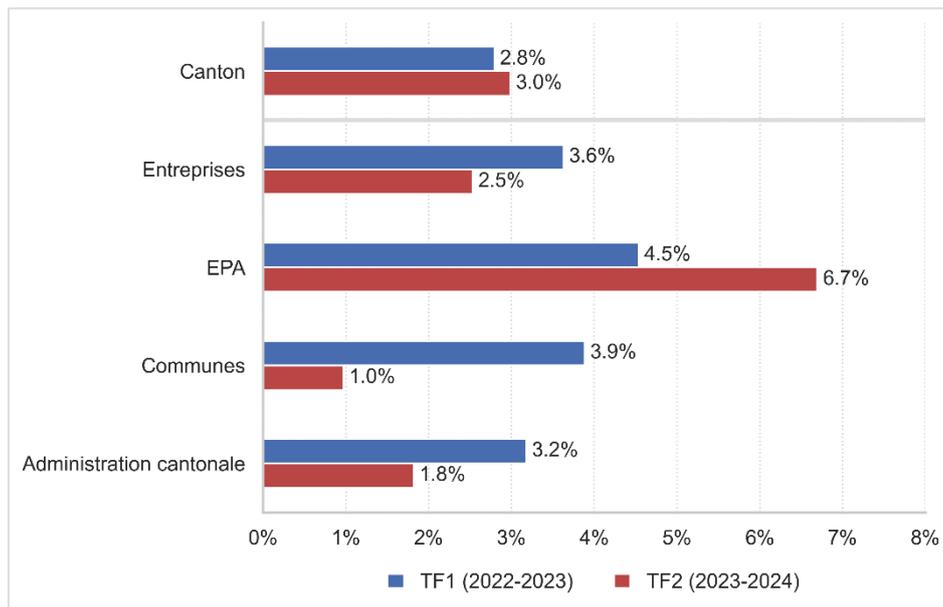


Figure D : Economies d'électricité par secteur par rapport la consommation pendant l'hiver de référence. Note : Les données à disposition n'ont pas permis une analyse des économies réalisées dans le secteur des logements

Tant pour le gaz que pour l'électricité, ces résultats soulignent la diversité des performances selon les secteurs et met en évidence la nécessité d'approches ciblées afin d'optimiser les économies d'énergie.

## **Economies par type de mesure**

L'analyse des économies d'énergie par type de mesure pour l'hiver 2023-2024 permet d'évaluer l'efficacité des différentes actions mises en place.

### Mesures thermiques :

#### *1. Abaissement des températures de chauffage :*

Cette mesure reste la plus efficace, représentant environ 84% des économies totales de gaz (141 GWh). Selon une enquête auprès des chauffagistes, la température moyenne dans les bâtiments est passée de 21.8°C pour l'hiver de référence (hiver 2021-2022) à 20.6°C cet hiver, globalement au même niveau que l'hiver dernier. Les plaintes liées à cette mesure ont diminué alors même que le sentiment d'urgence a baissé, suggérant une meilleure acceptation de la part de la population et la possibilité de pouvoir maintenir cette mesure sur le long terme.

#### *2. Report du démarrage du chauffage :*

Le report du démarrage a été mieux respecté cette année, avec une date moyenne de démarrage au 11 octobre 2023, soit 6 jours plus tard que l'année précédente. Cette mesure a permis d'économiser environ 9 GWh, représentant 6% des économies totales de gaz. A noter que les économies générées par cette mesure dépendent beaucoup de la météo durant la période de report du démarrage.

#### *3. Suppression de l'eau chaude sanitaire (ECS) dans les bâtiments administratifs et publics :*

Cette mesure a été peu suivie, sauf dans l'administration cantonale. Cette mesure se révèle difficile à mettre en œuvre sur le plan technique et génère de nombreux mécontentements auprès des utilisateurs. Son impact reste limité, avec des économies estimées à moins de 1% du total des économies de gaz.

#### *4. Abaissement de la température des piscines communales :*

Selon une enquête auprès des communes, cet hiver, la température des piscines a été en moyenne de 27.0°C, contre 27.4°C durant l'hiver 2021-2022 (avant la crise) et 26.1°C l'hiver 2022-2023. Ce niveau de température était conforme aux recommandations de la TFE et de l'Association des Communes Genevoises (ACG) et a permis de générer des économies pour les communes concernées. Les plaintes de la part du public ont diminué en conséquence.

#### *5. Adaptation de la température et la ventilation selon l'occupation des bâtiments :*

Cette mesure a été principalement mise en œuvre dans les bâtiments administratifs, les écoles et les infrastructures sportives. Les enquêtes indiquent que plusieurs communes ont ajusté les systèmes de chauffage et de ventilation pour réduire les températures et les débits d'air pendant les périodes d'inoccupation. L'application dans les immeubles résidentiels reste limitée en raison des horaires variés des occupants. Les chauffagistes soulignent que la mise en place de ces adaptations nécessite souvent des investissements dans des équipements de régulation avancés.

### Mesures électriques :

#### *1. Extinction de l'éclairage nocturne des bâtiments non résidentiels :*

Cette mesure a été bien appliquée, particulièrement par les communes. L'impact précis n'a pas pu être quantifié mais contribue aux économies d'électricité observées.

## *2. Extinction de l'éclairage public :*

Cet hiver, les communes ont maintenu une volonté forte de réduire l'éclairage public, mais continuent de rencontrer des difficultés techniques de mise en œuvre. Les économies réalisées sur les réseaux d'éclairage public s'élèvent à ce stade à 0.9 GWh, sur une consommation totale de 10 GWh.

## *3. Interdiction du chauffage mobile dans les bâtiments publics :*

L'application de cette mesure s'est renforcée entre TF1 et TF2. La proportion de bâtiments communaux où la mesure a été totalement appliquée est passée d'environ un tiers en TF1 à près de la moitié en TF2. La mesure est appliquée totalement ou en majorité dans 85% des cas.

### Engagement des acteurs et impact à long terme :

La mobilisation des acteurs sur le terrain (chauffagistes, régies, communes) est restée importante. Les enquêtes révèlent une amélioration significative de l'engagement du personnel communal, avec un peu plus de la moitié des communes rapportant un investissement "élevé" de leur personnel en TF2, contre environ un tiers en TF1. Cette évolution témoigne d'une sensibilisation croissante aux enjeux énergétiques et d'une appropriation plus forte des mesures d'économie d'énergie.

La perception de l'utilité des recommandations de la Task Force Energie (TFE) est globalement positive, tant auprès des chauffagistes que des communes. Cette appréciation souligne la pertinence et l'efficacité des actions proposées par la TFE.

L'impact à long terme de la crise énergétique sur les pratiques et les investissements s'annonce significatif : les régies interrogées anticipent toutes un effet positif sur les dynamiques de rénovation des immeubles et la majorité d'entre elles prévoient que l'abaissement des températures dans les bâtiments et le retard dans le démarrage des chaufferies pourront être maintenus sur le long terme. Pour leur part, 84% des communes considèrent que la crise a été au moins partiellement une opportunité pour déclencher des investissements à long terme, notamment dans l'amélioration de l'éclairage public, l'installation de panneaux photovoltaïques et le remplacement des chaudières à combustibles fossiles par des pompes à chaleur.

Ces résultats suggèrent que les efforts de sensibilisation et la promotion des bonnes pratiques ont non seulement eu un impact immédiat, mais ont potentiellement aussi contribué à un changement durable dans les attitudes et les comportements liés à la consommation d'énergie. La crise énergétique semble avoir joué un rôle de catalyseur pour la prise de conscience et les investissements en faveur de l'efficacité énergétique.

Pour les hivers à venir, ces résultats soulignent l'intérêt de maintenir et potentiellement de renforcer les mesures les plus efficaces et les mieux acceptées, tout en continuant à sensibiliser le public aux enjeux énergétiques. La pérennisation de ces bonnes pratiques pourrait contribuer significativement à l'atteinte des objectifs d'économie d'énergie à long terme.

## Remerciements

Nous tenons à remercier l'État de Genève pour le financement de cette étude et la confiance accordée à l'Université de Genève pour sa réalisation.

Nos sincères remerciements s'adressent également à toutes les personnes ayant contribué à cette étude, notamment :

- Cédric Petitjean, Mariam Barque, Basile Grandjean et Gisela Branco de l'OCEN
- Marcel Rugg, Frédéric Schulz, Mathias Félix, Fabien Fivaz, Yvan Gremion, Pascale Le Strat, Claudia Marsella, Yannick Marquis et Olivier Pavesi des SIG
- Erik Dansmann et Lionel Lemaire de l'OCBA
- Didier Saxod de Stücker SA et de l'AGCV, Jean François Mino de la MBG, Jérôme Laverrière de Dürlemann SA, Laurent Wentzel de CGC énergie, Sébastien Zito de Mino
- Dario Poroli de la commune de Meyrin, François Nathan de la commune de Plan-les-Ouates, Alain Eretzian de la commune de Lancy, Laetitia Mardan de la commune de Vernier
- Stéphane Biagi de la régie Comptoir Immobilier et Philippe Mercier de la régie Pilet Renaud
- Patrick Corrand, Stéphane Girardet, Antoine Jodry, Valerio Pittueo et Elena Ruzinova de l'AIG
- Fabrice Guignet et Marie Pesse des HUG
- Manuel Garcia, Charles Keller, Florian Lauber et Jesus Munoz de Palexpo
- Didier Doncque et Stefan Kehrli des TPG
- Fabrice Calame et Florian Neuhaus de l'UNIGE
- Maël Perret et Max Carrel de la société E-nno
- Bernard Lachal, consultant, ex-directeur du groupe Systèmes énergétiques de l'UNIGE

## Liste des abréviations et acronymes

ACG	Association des communes genevoises
AIG	Aéroport International de Genève
CAD	Chauffage à distance
CE	Conseil d'Etat
COE	Contrats d'Optimisation Énergétique
ECS	Eau chaude sanitaire
EMS	Etablissement médico-sociaux
EPA	Etablissements publics autonomes
EPI	Etablissements publics pour l'intégration
FIDP	Fondations Immobilières de Droit Public
FIPOI	Fondation des Immeubles pour les Organisations Internationales
HES-SO	Haute Ecole Spécialisée de Suisse Occidentale
HUG	Hôpitaux universitaires de Genève
IDC	Indice de Dépense de Chaleur
IMAD	Institution genevoise de maintien à domicile
OCBA	Office cantonal des bâtiments de l'Etat
OCEN	Office cantonal de l'énergie
OCSTAT	Office cantonal de la statistique
REF	Période hiver de référence (octobre 2021 – mars 2022)
TFE	Task Force Energie du canton de Genève
TF1	Task Force 1 (période hiver octobre 2022 – mars 2023)
TF2	Task Force 2 (période hiver octobre 2023 – mars 2024)
TPG	Transports publics genevois
UNIGE	Université de Genève

## Table des matières

Résumé .....	2
Zusammenfassung .....	2
Abstract .....	2
Synthèse .....	4
Remerciements .....	10
Liste des abréviations et acronymes .....	11
1 Introduction .....	14
2 La situation énergétique durant l'hiver 2023-2024 .....	15
2.1 Contexte national : une situation encore tendue .....	15
2.2 Situation spécifique à Genève : des efforts soutenus et affinés .....	15
3 Profils de consommation et variables explicatives .....	17
3.1 Évolution des consommations journalières de gaz et d'électricité .....	17
3.2 Influence de la température et autres facteurs sur la consommation .....	18
4 Données et périodes d'analyse .....	22
4.1 Données utilisées .....	22
4.2 Périodes d'analyse .....	22
4.3 Définition des économies d'énergie .....	23
5 Suivi régulier des économies d'énergie .....	24
6 Economies au niveau cantonal .....	26
6.1 Gaz .....	26
6.2 Electricité .....	30
6.3 Comparaison avec la Confédération .....	31
7 Economies d'énergie par secteur .....	37
7.1 Introduction .....	37
7.2 Administration cantonale .....	41
7.3 Etablissements publics autonomes (EPA) .....	42
7.4 Communes .....	44
7.5 Entreprises .....	45
7.6 Logements .....	46
7.7 Synthèse : comparaison entre les secteurs .....	48
8 Economies par type de mesure .....	50
8.1 Thermique .....	52
8.1.1 Abaissement des températures de chauffage .....	52
8.1.2 Report du démarrage du chauffage .....	56

8.1.3	Suppression de l'ECS dans les bâtiments administratifs.....	58
8.1.4	Adaptation de la température et la ventilation selon l'occupation des bâtiments .....	59
8.1.5	Interdiction du chauffage mobile dans les bâtiments publics .....	60
8.1.6	Réduction de la température des piscines .....	61
8.2	Electricité .....	63
8.2.1	Extinction de l'éclairage nocturne des bâtiments non résidentiels.....	63
8.2.2	Extinction de l'éclairage public .....	64
8.3	Autres résultats provenant des enquêtes.....	66
8.3.1	Mobilisation et engagement du personnel communal et des chauffagistes dans les mesures d'économie d'énergie .....	66
8.3.2	Perception de l'utilité des recommandations de la Task Force Energie .....	67
8.3.3	Impact à long terme de la crise énergétique sur les pratiques et investissements.....	68
9	Méthodes .....	70
9.1	Introduction .....	70
9.2	Principes et méthodes de calcul des économies d'énergie .....	70
9.2.1	Période de référence .....	70
9.2.2	Variables explicatives.....	71
9.2.3	Modèle de consommation énergétique .....	71
9.2.4	Calcul des économies : deux approches .....	71
9.3	Modélisation des économies selon les niveaux d'analyse.....	74
9.3.1	Economies gaz au niveau cantonal méthode UNIGE.....	74
9.3.2	Economies électricité au niveau cantonal méthode UNIGE .....	75
9.3.3	Economies gaz et électricité méthode OFEN.....	76
9.3.4	Economies gaz et électricité pour les différents secteurs.....	78
9.3.5	Economies par type de mesure .....	81
	Références.....	85

# 1 Introduction

Face à la persistance des enjeux énergétiques et pour donner suite aux mesures efficaces mises en place lors de l'hiver 2022-2023, le Conseil d'État (CE) de Genève a décidé de poursuivre ses efforts de réduction de la consommation d'énergie pour l'hiver 2023-2024. Dans ce contexte, il a renouvelé le mandat confié à l'Université de Genève, la chargeant de suivre et de quantifier les économies d'énergie liées aux mesures mises en place par la Task Force Energie (TFE) du Canton.

Le nouveau mandat, couvrant la période du 1er octobre 2023 au 31 mars 2024, comprenait les objectifs suivants :

1. Réaliser des bulletins mensuels des économies d'énergie au niveau cantonal.
2. Elaborer une analyse des résultats par secteur (administration cantonale, établissements publics autonomes (EPA), communes, logements, entreprises) et plus spécifiquement par acteurs pour les EPA et les communes, ainsi que par branche économique pour les entreprises (sous réserve d'une représentativité statistique suffisante).
3. Approfondir l'analyse de l'impact des mesures spécifiques, telles que le report du début de la saison de chauffage et l'abaissement des courbes de chauffe / températures de chauffage.
4. Etablir un contact avec l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) dans le but de saisir la méthodologie appliquée par la Confédération, afin de comprendre les divergences de résultats et tenter de les faire converger.

Ce mandat s'est inscrit dans la continuité des efforts entrepris lors de l'hiver précédent, tout en cherchant à approfondir l'analyse et à améliorer la compréhension des impacts des différentes mesures d'économie d'énergie.

Les objectifs de réduction de la consommation d'énergie sont restés ambitieux, avec le maintien des cibles de baisse de consommation 15% pour le gaz et 10% pour l'électricité, par rapport à la période de référence 2021-2022.

La publication régulière de bulletins mensuels a permis de suivre l'évolution des économies d'énergie tout au long de la période de suivi. L'analyse approfondie par secteur et par mesure spécifique a cherché à identifier les actions les plus efficaces et à mieux cibler les efforts futurs. Enfin, la collaboration avec l'OFEN pour harmoniser les méthodes d'évaluation des économies d'énergie a permis de mieux comparer les résultats cantonaux et fédéraux.

## 2 La situation énergétique durant l'hiver 2023-2024

L'hiver 2023-2024 s'inscrit dans un contexte énergétique encore tendu pour la Suisse et le canton de Genève, bien que la situation se soit quelque peu améliorée par rapport à l'hiver précédent. Les défis majeurs concernant la sécurité de l'approvisionnement en électricité et en gaz persistent, soulignant l'importance cruciale des efforts d'économie d'énergie.

### 2.1 Contexte national : une situation encore tendue

Au niveau national, l'approvisionnement en électricité reste un point de vigilance, notamment en raison de la dépendance aux importations hivernales, des incertitudes sur la disponibilité des centrales nucléaires françaises et de l'évolution du marché du gaz en fonction de la situation géopolitique. L'évolution du mix énergétique européen avec l'arrêt de plusieurs centrales nucléaires, combiné à la part croissante des énergies renouvelables intermittentes, rend également la gestion de l'équilibre offre-demande plus complexe.

Pour répondre à ces défis, le gouvernement fédéral a maintenu et renforcé plusieurs mesures :

- Constitution d'une réserve hydraulique stratégique.
- Construction et optimisation de centrales de réserve polyvalentes (centres à gaz, pool de groupes électrogènes).
- Renforcement des capacités de stockage de gaz hors du territoire national.
- Diversification des sources d'approvisionnement en gaz naturel liquéfié (GNL).
- Poursuite des objectifs d'économie d'énergie de 15% pour le gaz et 10% pour l'électricité.

### 2.2 Situation spécifique à Genève : des efforts soutenus et affinés

Le canton de Genève, fort de l'expérience acquise lors de l'hiver précédent, a intensifié et affiné ses efforts en matière d'économie d'énergie. La TFE du canton a poursuivi son travail, en ajustant les mesures d'économie d'énergie en fonction des résultats observés. Les recommandations ont été maintenues et optimisées pour l'ensemble des secteurs : administration cantonale, EPA, communes, entreprises et logements.

#### 1. Mesures thermiques :

- Optimisation des chaufferies et des ventilations avant le début de la saison de chauffe ;
- Température de chauffage à 20°C pour tous les bâtiments sauf les hôpitaux, les établissements médico-sociaux (EMS) et les foyers réglés à 23°C et les salles de sport réglées à 17°C ;
- Report du démarrage de la saison de chauffe au plus tôt au 15/10, sauf météo exceptionnelle, les bâtiments performants peuvent démarrer plus tard. Prévoir d'ores et déjà la fin de la saison de chauffe au plus tard début mai, sauf météo exceptionnelle ;
- Conclure des contrats d'optimisation énergétique ;
- Adaptation du chauffage et de la ventilation la nuit, les week-end et vacances selon le taux d'occupation ;
- Suppression de la distribution d'eau chaude dans les bâtiments non résidentiels sauf dans le cas où le circuit d'eau chaude sanitaire (ECS) ne peut être totalement mis à l'arrêt. De manière générale et en particulier lorsque la distribution doit être maintenue, installer des réducteurs de débit.

- Interdiction du chauffage mobile ;
- Réduction du chauffage des transports publics ;
- Température des piscines à 27°C.

## 2. Mesures électriques :

- Optimiser au juste besoin les installations consommant de l'électricité (niveau d'éclairage et détection de présence pour l'éclairage, consignes de froid, de ventilation et d'air comprimé, ...);
- Engager des programmes d'investissements d'économie d'électricité pour remplacer les équipements énergivores d'éclairage, de ventilation, de froid, ... Des subventions sont disponibles dans le cadre du programme Eco21 ;
- Réduction de l'éclairage nocturne des routes, des rues et des chemins, en tenant compte des contraintes techniques et sécuritaires. L'extinction de l'éclairage public sur les 7 routes cantonales est maintenue ;
- Extinction de l'éclairage nocturne intérieur et extérieur des bâtiments non résidentiels ainsi que les cages d'escalier des immeubles résidentiels, dans la mesure du possible ;
- S'assurer de l'extinction systématique des équipements de bureautique en fin d'utilisation et centraliser les machines qui peuvent l'être (imprimantes, broyeurs, plastifieurs, ...);
- Réduire le fonctionnement des escalators uniquement en cas de besoin et limiter autant que possible le nombre d'ascenseurs en fonction pour éviter les doublons ;
- Sobriété des illuminations de Noël.

## 3. Mobilisation des parties prenantes et sensibilisation du grand public :

Le canton a maintenu ses actions de communication visant à encourager les économies d'énergie auprès des particuliers, des entreprises et des institutions publiques. L'accent a été mis sur la pérennisation des bonnes pratiques acquises lors de l'hiver précédent. La coopération s'est poursuivie avec les Services Industriels de Genève (SIG), les communes et les acteurs du secteur immobilier pour mettre en œuvre les mesures et assurer une diffusion efficace des messages.

## 4. Suivi et quantification :

Le mandat confié à l'Université de Genève pour le suivi et la quantification des économies d'énergie a été reconduit, permettant une évaluation précise de l'impact des mesures et une adaptation continue des stratégies.

Dans ce contexte, le rôle de la TFE demeure crucial. Son action coordonnée avec l'ensemble des acteurs du secteur énergétique genevois contribue à renforcer la résilience du canton face aux enjeux énergétiques actuels et futurs. Les enseignements tirés de cet hiver alimenteront la réflexion sur les stratégies à long terme pour garantir un approvisionnement énergétique sûr, propre et abordable pour tous les Genevois, tout en poursuivant et en approfondissant les efforts d'économie d'énergie.

### 3 Profils de consommation et variables explicatives

#### 3.1 Évolution des consommations journalières de gaz et d'électricité

L'analyse des profils de consommation journalière de gaz et d'électricité sur la période d'avril 2021 à mars 2024 révèle des dynamiques distinctes pour ces deux vecteurs énergétiques.

Pour le gaz (Figure 1), on observe une forte saisonnalité avec des pics de consommation hivernaux atteignant environ 20 GWh/jour, contrastant avec des creux estivaux d'environ 3 GWh/jour. Cette variation saisonnière marquée s'explique principalement par l'utilisation prédominante du gaz pour le chauffage des bâtiments. Les périodes hivernales étudiées (octobre à mars) représentent entre 70% et 80% de la consommation annuelle totale de gaz, soulignant l'importance cruciale de ces périodes dans l'analyse de la demande énergétique du canton.

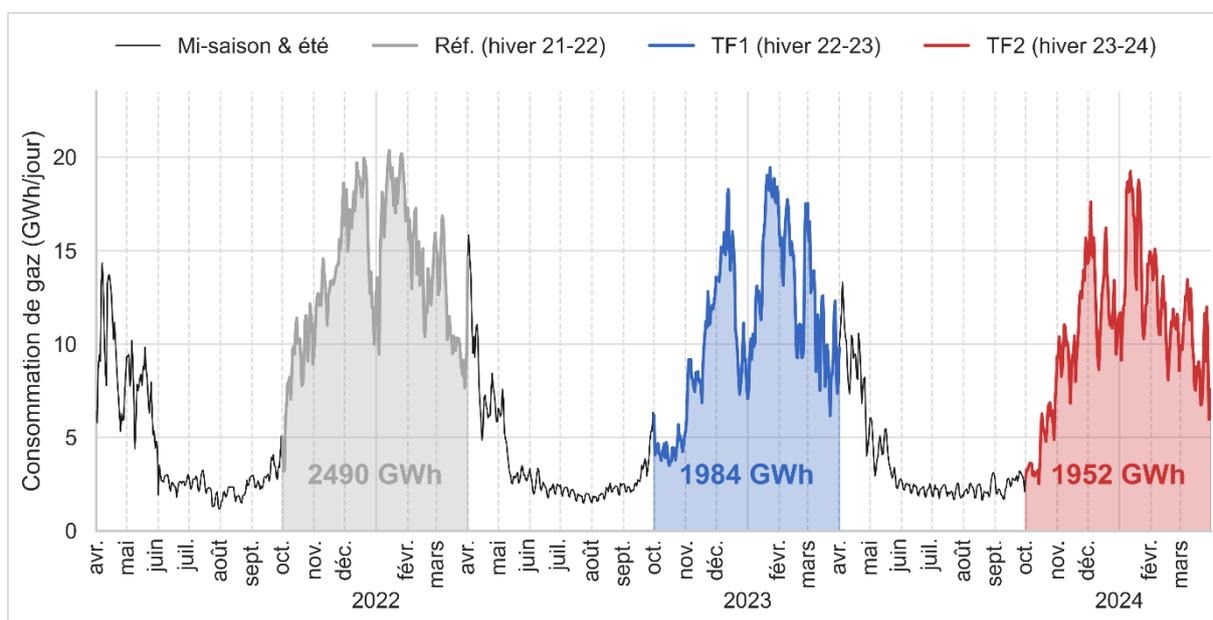


Figure 1 : Evolution de la consommation journalière de gaz dans le canton de Genève d'avril 2021 à mars 2024, avec mise en évidence des consommation totales des périodes hivernales étudiées (surfaces colorées sous la courbe): hiver 2021-2022 (référence, en gris), hiver 2022-2023 (TF1, en bleu), et hiver 2023 (TF2 en rouge)

La consommation d'électricité (Figure 2) présente un profil annuel plus stable, avec des variations saisonnières moins prononcées que pour le gaz. On constate néanmoins une légère augmentation de la consommation en hiver, probablement due à l'éclairage accru et à l'utilisation de chauffages électriques (p.ex. pompe à chaleur). Les fluctuations hebdomadaires sont plus visibles, avec des baisses de consommation régulières correspondant aux week-ends et jours fériés.

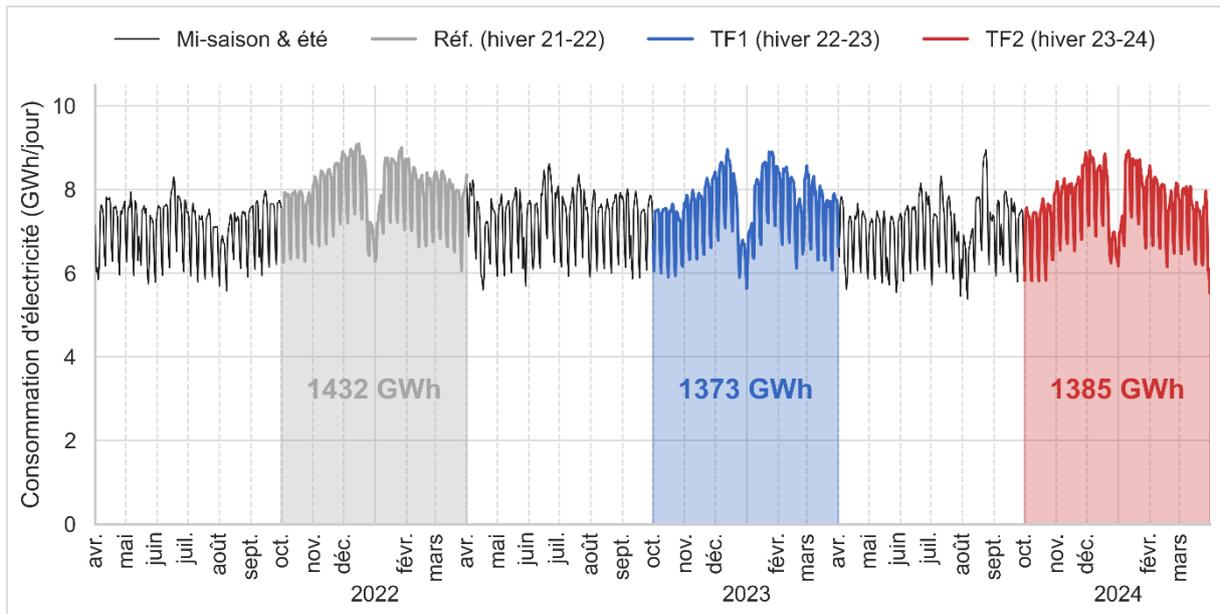


Figure 2 : Evolution de la consommation journalière de l'électricité dans le canton de Genève d'avril 2021 à mars 2024, avec mise en évidence des consommations totales des périodes hivernales étudiées (surfaces colorées sous la courbe): hiver 2021-2022 (référence, en gris), hiver 2022-2023 (TF1, en bleu), et hiver 2023 (TF2 en rouge)

Pour les deux vecteurs énergétiques, on note une tendance à la baisse de la consommation lors des hivers 2022-2023 (TF1) et 2023-2024 (TF2) par rapport à l'hiver de référence 2021-2022. Cependant, il est crucial de souligner que ces diminutions ne sont pas uniquement attribuables aux mesures d'économie d'énergie mises en place. D'autres facteurs, tels que les variations météorologiques, jouent un rôle significatif dans ces réductions. Cette observation souligne la nécessité de modéliser la consommation en tenant compte de multiples variables explicatives afin de distinguer précisément les économies réalisées des autres facteurs influents.

### 3.2 Influence de la température et autres facteurs sur la consommation

La température extérieure joue un rôle crucial dans la consommation énergétique, particulièrement pour le gaz. La Figure 3 montre l'évolution des températures journalières moyennes sur la période étudiée. On observe que les hivers 2022-2023 et 2023-2024 ont été significativement plus doux que l'hiver de référence 2021-2022, avec des températures moyennes respectives de 7.4°C et 7.6°C contre 5.5°C pour l'hiver de référence. Cette différence marquée de conditions climatiques illustre l'importance de prendre en compte ces variations thermiques dans l'analyse de la consommation énergétique.

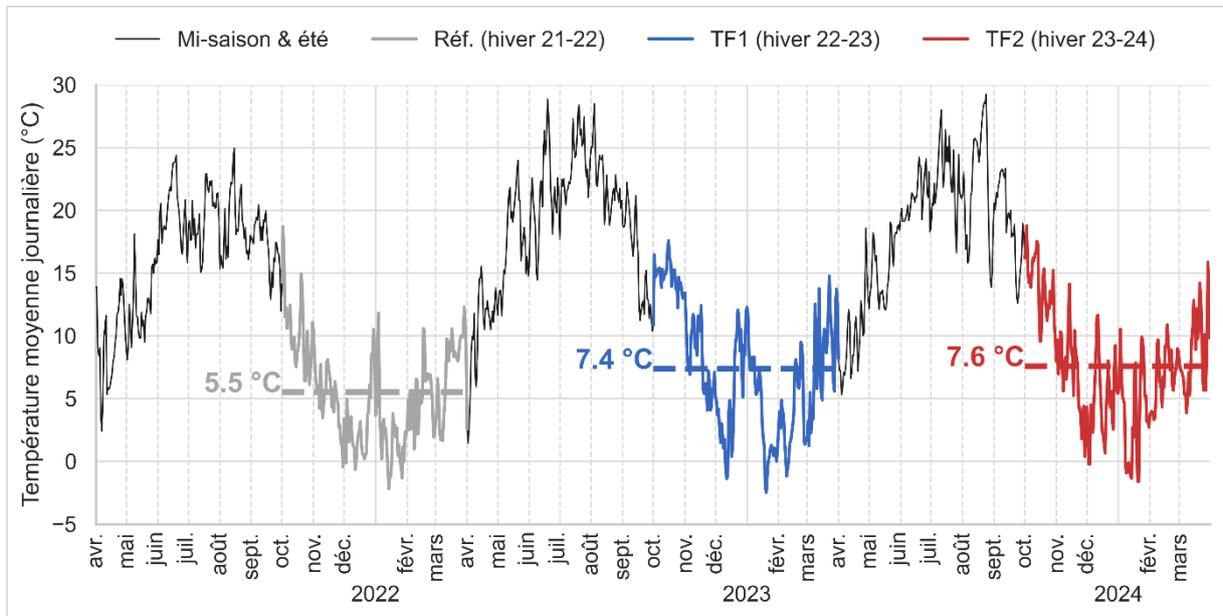


Figure 3 : Evolution de la température journalière moyenne de l'air extérieur (°C) mesurée à la station météorologique de Cointrin (Genève) d'avril 2021 à mars 2024, avec mise en évidence des températures moyennes des périodes hivernales étudiées (lignes pointillées) : hiver 2021-2022 (référence, en gris), hiver 2022-2023 (TF1, en bleu), et hiver 2023 (TF2 en rouge)

Les signatures énergétiques (Figure 4 et Figure 5) illustrent la relation entre la consommation d'énergie et la température extérieure.

- Pour le gaz (Figure 4), on observe une forte corrélation négative : la consommation augmente significativement lorsque la température baisse, reflétant son utilisation principale pour le chauffage. La dispersion des points autour de la tendance principale s'explique par d'autres facteurs tels que l'ensoleillement, le vent, et les variations d'occupation des bâtiments.

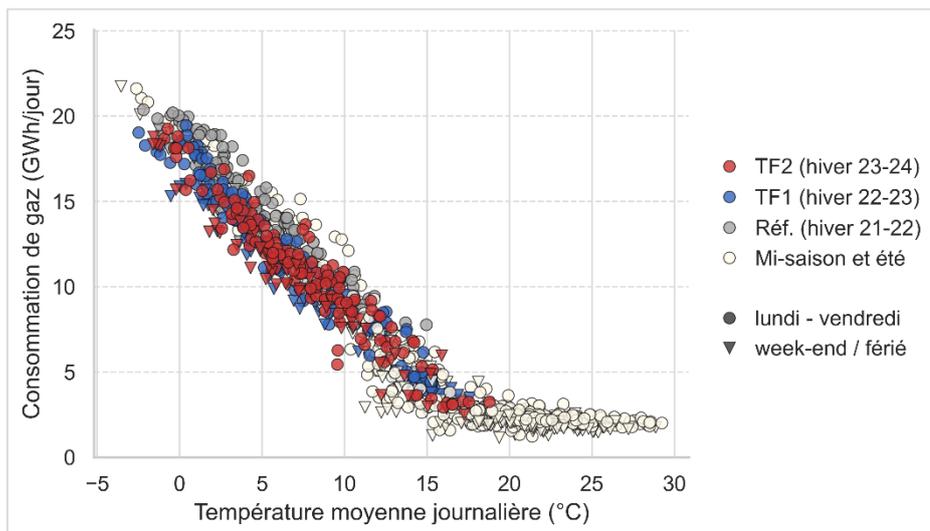


Figure 4 : Signature énergétique de la consommation journalière de gaz dans le canton de Genève de janvier 2021 à mars 2024 avec distinction entre les jours du week-end ou jours fériés et les jours de lundi à vendredi ainsi qu'entre les périodes hivernales étudiées (octobre – mars) et les jours des mois d'avril à septembre (mi-saison / été)

- La signature énergétique de l'électricité (Figure 5) présente une relation plus complexe avec la température. On constate une légère augmentation de la consommation aux températures basses (chauffage, éclairage) et élevées (climatisation). La dispersion importante des points reflète la multitude d'usages de l'électricité, peu dépendants de la température. On distingue clairement deux clusters de points, représentant les jours ouvrables (consommation plus élevée) et les week-ends/jours fériés (consommation plus basse).

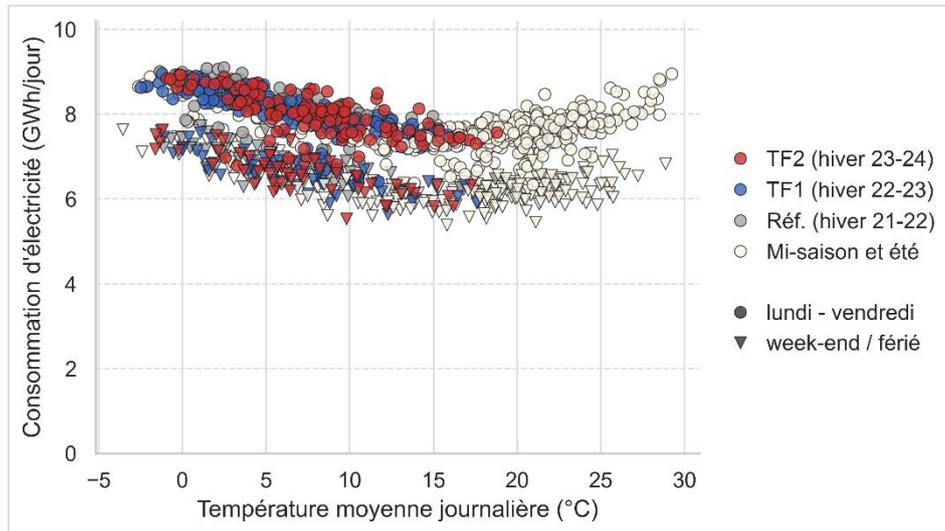


Figure 5 : Signature énergétique de la consommation journalière d'électricité dans le canton de Genève de janvier 2021 à mars 2024 avec distinction entre les jours du week-end ou jours fériés et les jours de lundi à vendredi ainsi qu'entre les périodes hivernales étudiées (octobre – mars) et les jours des mois d'avril à septembre (mi-saison / été)

Ces signatures énergétiques mettent en évidence l'importance de considérer non seulement les conditions météorologiques, mais aussi d'autres variables dans la modélisation de la consommation énergétique. Les différences de consommation entre les jours de semaine et les week-ends/jours fériés, ainsi qu'entre les périodes hivernales et estivales, reflètent les variations des activités humaines et économiques.

L'analyse de ces dynamiques souligne la nécessité d'une approche multifactorielle, prenant en compte le type de jour (ouvré ou non), la saison, et les niveaux d'activité économique et sociale. Cette méthode est essentielle pour isoler l'impact réel des mesures d'économie d'énergie des autres facteurs influençant la consommation. En modélisant la consommation avec ces diverses variables explicatives, il devient possible de quantifier plus précisément les économies réalisées, en les distinguant des variations dues à d'autres facteurs externes. Cette approche constitue la base méthodologique des analyses présentées dans les chapitres suivants, permettant d'évaluer avec une meilleure précision les économies d'énergie réalisées au niveau cantonal, par secteur et par type de mesure.

Pour quantifier les économies d'énergie réalisées, indépendamment des variations climatiques observées, nous avons développé un modèle d'analyse multifactoriel. Ce modèle prend en compte divers facteurs externes influençant la consommation :

- La température de l'air
- L'ensoleillement, qui peut réduire les besoins en chauffage
- La vitesse du vent, affectant les déperditions thermiques des bâtiments

- Les précipitations, pouvant influencer l'humidité et donc les besoins en chauffage
- L'inertie thermique des bâtiments, qui explique le décalage entre les variations de température extérieure et les ajustements de consommation de gaz
- Les périodes de congés et jours fériés, qui modifient les schémas de consommation énergétique dans les secteurs résidentiel et tertiaire

Ce modèle nous permet d'isoler l'impact des efforts d'économie d'énergie des variations dues aux conditions climatiques exceptionnellement clémentes observées lors des hivers 2022-2023 et 2023-2024.

## 4 Données et périodes d'analyse

### 4.1 Données utilisées

Pour évaluer les économies d'énergie en gaz et électricité au niveau cantonal, et pour prendre en compte l'apport des différents secteurs ainsi que les mesures d'économie proposées par la TFE, nous avons utilisé les types de données suivants :

#### Données pour l'estimation des économies d'énergie au niveau cantonal

##### 1. Données énergétiques :

- Courbe de charge horaire du gaz : mesure de l'injection de gaz au réseau du canton.
- Consommation journalière de mazout des chaudières bicom bustibles : estimation effectuée par SIG, sur la base des variations de consommation de gaz.
- Courbe de charge horaire des réseaux CAD-SIG et CADIOM.
- Courbe de charge électrique : données au quart d'heure pour le réseau électrique du canton.
- En complément, pour permettre une comparaison avec les économies réalisées à l'échelle nationale, nous avons utilisé les courbes de charge de gaz et d'électricité pour l'ensemble de la Suisse.

##### 2. Données liées aux variables explicatives :

- Données météorologiques horaires (température, rayonnement solaire, précipitation pluviale, vitesse du vent).
- Dates spécifiques : week-ends, jours fériés, périodes de vacances scolaires.
- Pour l'analyse comparative au niveau national, nous avons utilisé les degrés-jours de chauffage (moyenne pondérée pour l'ensemble du pays).

#### Données pour l'estimation des économies d'énergie par secteur

- Courbes de charge horaires pour les EPA et relevés mensuels des compteurs de gaz, électricité et chaleur pour la facturation de la consommation pour les autres secteurs
- Données liées aux variables explicatives : similaires à celles utilisées au niveau cantonal
- Variables spécifiques pour les EPA (par exemple : nombre de passagers, distance parcourue par les transports publics, surface des expositions, etc.).

#### Données pour l'estimation des économies d'énergie par type de mesure

- Courbe de charge au niveau cantonal
- Courbes de charge des différents agents énergétiques pour un échantillon d'installations
- Estimations de consommation de l'éclairage public (réalisé par SIG)
- Autres variables explicatives comme le nombre d'heures nocturnes mensuelles
- Entretiens auprès de différents acteurs et enquêtes auprès des chauffagistes, des communes et des régies.

### 4.2 Périodes d'analyse

Dans cette étude, les économies d'énergie concernent principalement la période TF2 du 1<sup>er</sup> octobre 2023 au 31 mars 2024 (hiver 2023-2024), en référence à la période du 1<sup>er</sup> octobre 2021 au 31 mars 2022 (hiver 2021-2022). Les résultats sont comparés avec les économies réalisées durant la période TF1 du 1<sup>er</sup> octobre 2022 au 31 mars 2023 par rapport à la même période de référence.

Pour le gaz, ces dates sont utilisées telles quelles pour toutes les périodes d'analyse.

Pour l'électricité, en revanche, nous avons aligné les périodes sur le même jour de la semaine afin d'assurer une comparaison plus pertinente des profils de consommation hebdomadaires. Ainsi :

- La période de référence pour l'électricité s'étend du 3 octobre 2021 au 3 avril 2022.
- La période TF1 pour l'électricité va du 2 octobre 2022 au 2 avril 2023.
- La période TF2 pour l'électricité couvre du 1er octobre 2023 au 31 mars 2024.

Cet alignement sur le même jour de la semaine permet de mieux prendre en compte les variations de consommation liées aux cycles hebdomadaires d'activité, qui sont particulièrement importants pour la consommation d'électricité.

Il est à noter que la période TF2 contient un jour de plus en raison de l'année bissextile 2024, ce qui est pris en compte dans nos analyses comparatives.

Les périodes de calibration utilisées pour établir les paramètres des modèles varient selon le fluide étudié et les données disponibles (voir Tableau 1).

Fluide	Niveau cantonal	Niveau des secteurs
Gaz	Septembre 2021 – juin 2022	Janvier 2015 – juin 2022
Electricité	Janvier 2015 – juin 2022	Janvier 2019 – juin 2022

Tableau 1: Périodes de calibration.

### 4.3 Définition des économies d'énergie

Dans cette étude, nous différencions les économies d'énergies réalisées sur l'hiver 2023-2024 (en lien avec les mesures préconisées par la TFE) de la baisse de consommation totale, qui est influencée par l'effet météo ainsi que d'autres facteurs externes (substitution gaz/mazout, activité, ...).

Afin de quantifier l'impact des effets externes, nous modélisons la consommation d'énergie observée pendant les périodes données dans le Tableau 1. Une fois le modèle calibré, nous l'appliquons aux périodes TF1 et TF2, ce qui permet d'estimer la consommation à laquelle on aurait pu s'attendre sans les mesures préconisées par la TFE.

On en déduit : i) l'économie d'énergie liée aux mesures de la TFE, qui est obtenue par différence entre modèle et consommation mesurée pendant l'hiver 2023-2024 ; ii) l'impact de la variation des facteurs externes (effet météo et autres), qui correspond au solde de la baisse de consommation entre les deux hivers.

Une explication plus détaillée des méthodes utilisées se trouve dans le chapitre 9.

## 5 Suivi régulier des économies d'énergie

Dans la continuité de la démarche initiée lors de la période TF1, un bulletin mensuel de suivi des économies d'énergie a été publié tout au long de la période TF2 (voir Figure 6). Ce monitoring périodique vise à quantifier et analyser à intervalles réguliers les économies d'énergie réalisées sur le terrain pour le gaz comme pour l'électricité. Six bulletins ont été publiés (le 27.11.23, le 08.01.24, le 25.01.24, le 29.02.24, le 28.03.24 et le 25.04.24) et diffusés via la newsletter de l'OCEN à près de 1400 adresses. Ils ont rencontré un intérêt manifeste de la part du public avec un taux d'ouverture et de consultation de 40% en moyenne.

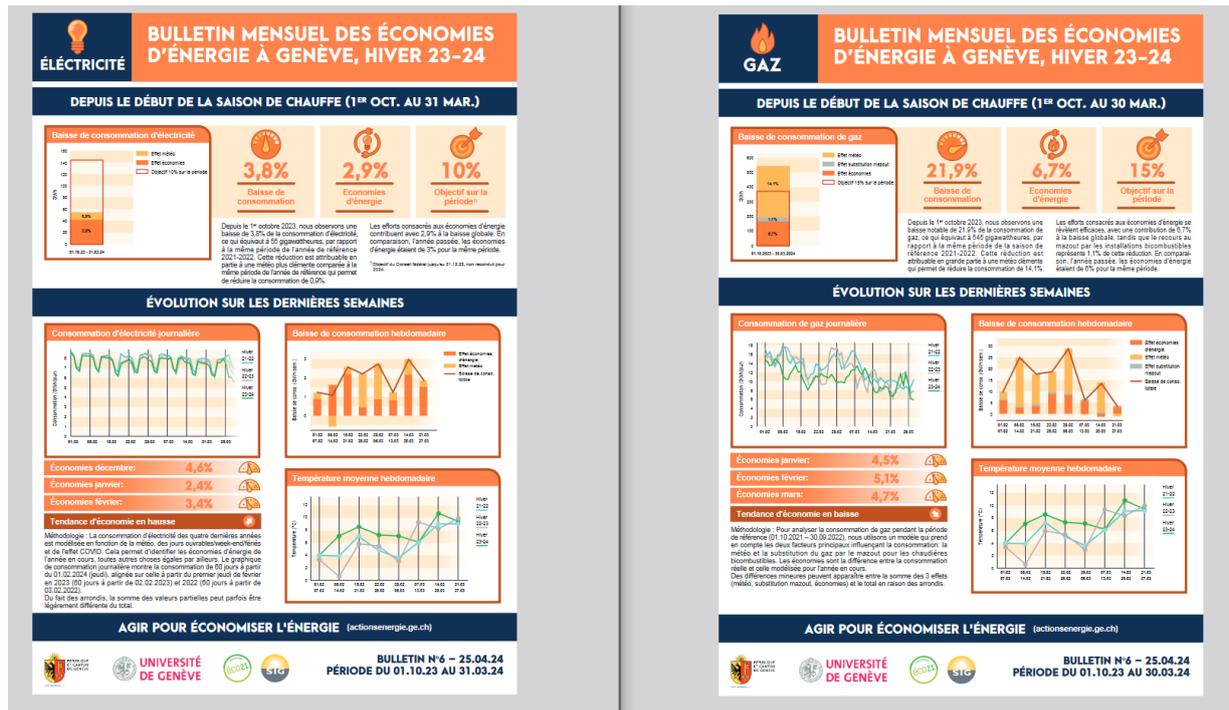


Figure 6 : Exemple de bulletin mensuel des économies d'énergie (électricité à gauche, gaz à droite) publié le 25 avril 2024.

Les bulletins mensuels des économies d'énergie sont organisés comme décrit ci-dessous.

- Chaque bulletin commence par un en-tête, comprenant le titre, le numéro, la date de publication et la période couverte par l'analyse.
- Un résumé des résultats principaux suit, indiquant la baisse totale de consommation en pourcentage et en gigawattheures. Cette réduction est décomposée en trois effets : l'impact de la météo, les économies d'énergie réalisées, et la substitution du mazout pour le gaz. Une comparaison avec les économies réalisées l'année précédente est également fournie.
- La méthodologie employée pour l'analyse est brièvement expliquée, détaillant la méthode de modélisation utilisée et les facteurs pris en compte tels que la météo, les jours ouvrables/week-end/fériés et l'effet COVID. Des précisions sur le traitement des données et les différences potentielles dues aux arrondis sont également incluses.
- Un graphique principal illustre la baisse de consommation depuis le début de la saison de chauffage, décomposée en effets météo, économies d'énergie et substitution mazout pour le

gaz. Ce graphique permet également de comparer les résultats avec les objectifs fixés (10% pour l'électricité et 15% pour le gaz).

- Les sections suivantes montrent l'évolution de la consommation au fil des semaines, avec des graphiques comparant la consommation journalière de l'hiver en cours avec celle des deux hivers précédents, ainsi que des graphiques de la baisse de consommation hebdomadaire et de la température moyenne hebdomadaire.
- Une analyse des tendances mensuelles est également incluse, présentant les économies réalisées mois par mois et commentant sur les tendances observées (hausse, baisse, stabilité).
- Enfin, chaque bulletin rappelle l'objectif d'économie fixé pour la période et fournit un lien vers le site "Agir pour économiser l'énergie".

Cette structure a été conçue dans le but de présenter les informations essentielles sur les économies d'énergie de manière claire et détaillée, tout en offrant des graphiques pour une compréhension visuelle et des commentaires pour interpréter les résultats observés.

## 6 Economies au niveau cantonal

### 6.1 Gaz

La consommation de gaz durant l'hiver 2023-2024 a été significativement inférieure à celle de l'hiver de référence 2021-2022, poursuivant la tendance observée lors de l'hiver 2022-2023. Sur l'ensemble de la période, la baisse de consommation atteint 22.1% par rapport à l'hiver de référence.

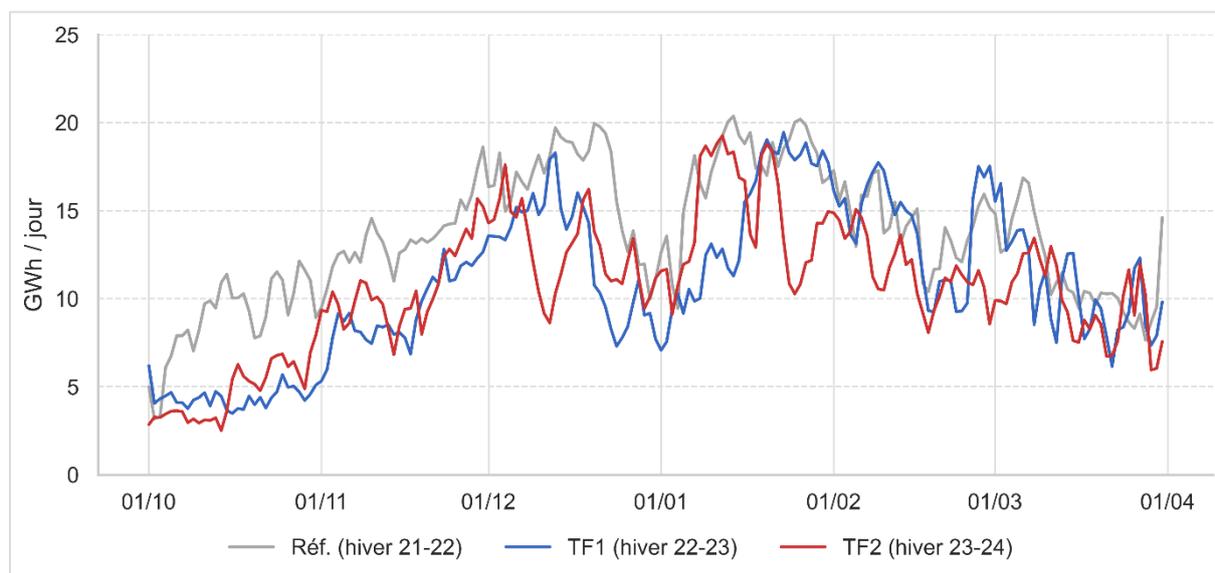


Figure 7 : Consommation de gaz du canton de Genève. Injection journalière de gaz dans le réseau du canton de Genève du 1<sup>er</sup> octobre au 31 mars pour les hivers 2021-2022, 2022-2023, et 2023-2024. Source de données : SIG

La Figure 7 illustre cette réduction de la consommation de gaz, avec des courbes pour les hivers 2022-2023 et 2023-2024 se trouvant souvent en dessous de celle de l'hiver de référence 2021-2022. On observe également que la consommation de l'hiver 2023-2024 est légèrement inférieure à celle de 2022-2023, indiquant une persistance des efforts d'économie d'énergie.

Cependant, comme évoqué dans les chapitres précédents, la consommation de gaz est influencée par plusieurs facteurs, dont la météo extérieure, en particulier la température de l'air. L'analyse de la Figure 8 révèle que les hivers 2022-2023 et 2023-2024 ont tous les deux été particulièrement cléments en comparaison avec l'hiver de référence 2021-2022.

		Réf. (hiver 21-22)	TF1 (hiver 22-23)	TF2 (hiver 23-24)
<b>Durée</b>	Jours	182	182	183
<b>Température</b>	°C	5.5	7.4	7.6
<b>Degrés-jours</b>	K.j	2'589 (182 jours)	2'070	
		2'606 (183 jours)	2'082	2'090

Tableau 2 : Périodes hivernales, durée, température moyenne, et degrés-jours (température moyenne journalière : seuil 12 °C, température ambiante : seuil 20°C)

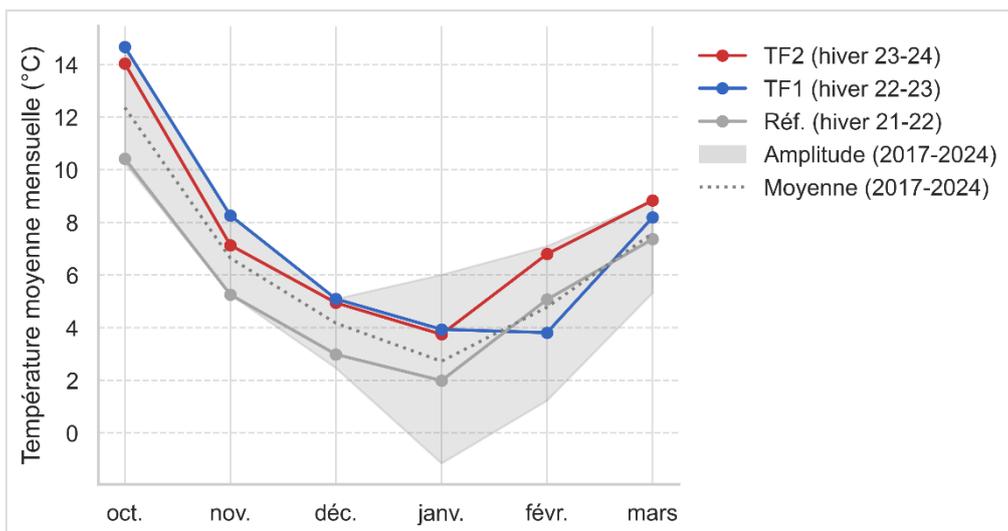


Figure 8 : Température moyenne mensuelle pour la période hivernale (octobre - mars) à la station météo de Cointrin (GE), avec mise en évidence des périodes étudiées ainsi que l'amplitude et moyenne des températures moyenne mensuelles pour les années 2017 à 2024. Source des données : MétéoSuisse

On observe des températures moyennes de 5.5°C pour l'hiver 2021-2022, 7.4°C pour l'hiver 2022-2023, et 7.6°C pour l'hiver 2023-2024. Cette différence marquée de conditions climatiques souligne l'importance de prendre en compte ces variations thermiques dans l'analyse de la consommation de gaz.

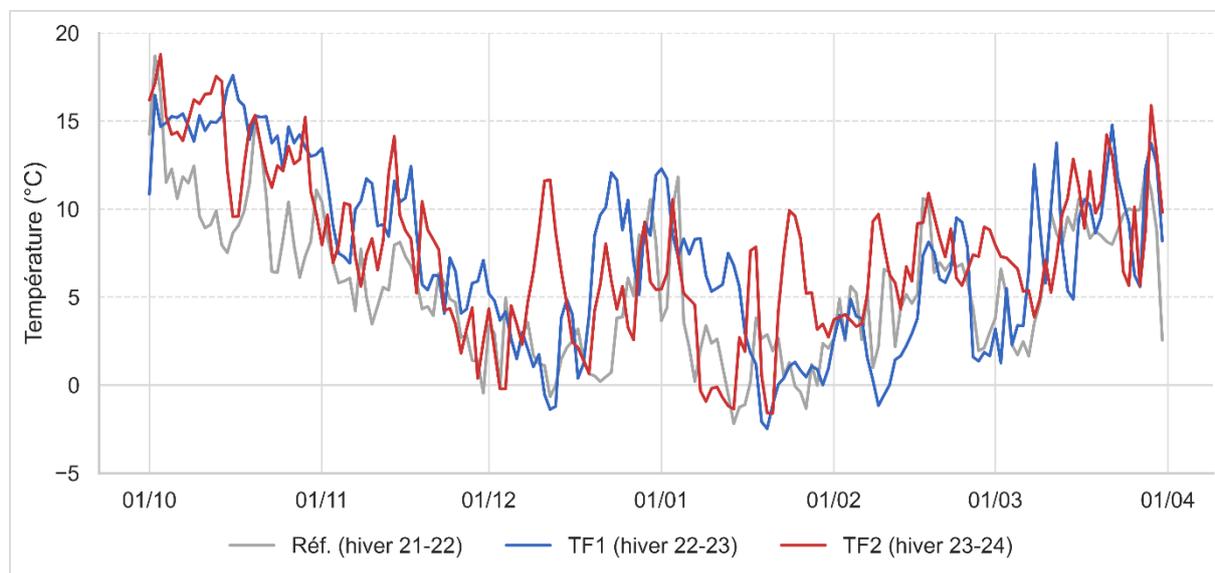


Figure 9 : Température journalière moyenne de l'extérieur à la station météo de Cointrin (GE) de la période de 1<sup>er</sup> octobre au 31 mars pour les hivers 2021-2022, 2022-2023, et 2023-2024. Source des données : MétéoSuisse

En termes de consommation totale, l'hiver 2021-2022 (référence) a enregistré une consommation d'environ 2490 GWh, tandis que l'hiver 2022-2023 (TF1) a vu sa consommation baisser à environ 1984 GWh. L'hiver 2023-2024 (TF2) a poursuivi cette tendance avec une consommation d'environ 1952 GWh.

Ces chiffres se traduisent par une baisse de consommation de 20.3% pour l'hiver 2022-2023 et de 22.1% pour l'hiver 2023-2024 par rapport à la période de référence.

Le Tableau 3 présente une décomposition détaillée de la baisse de consommation de gaz pour les hivers 2022-2023 (TF1) et 2023-2024 (TF2), mettant en évidence les effets de la météo, de la substitution par le mazout, et des économies d'énergie réalisées. Il est à noter que la consommation de référence pour la période TF2 (2505 GWh) est légèrement plus élevée que celle de TF1 (2490 GWh) en raison de l'année bissextile 2024, ajoutant un jour supplémentaire à la période de référence.

Gaz	TF1 (2022-2023)		TF2 (2023-2024)	
	GWh	%	GWh	%
Consommation de référence (2021-2022)	2490	100.0%	2505	100.0%
Consommation de l'hiver	1984	79.7%	1952	77.9%
Baisse de consommation	507	20.3%	552	22.1%
<i>Effet météo</i>	315	12.7%	358	14.3%
<i>Substitution mazout (bicomcombustibles)</i>	38	1.5%	27	1.1%
<i>Économies d'énergie</i>	153	6.2%	167	6.7%
Objectif	374	15.0%	376	15.0%

Tableau 3 : Décomposition de la baisse de consommation de gaz pour les hivers 2022-2023 et 2023-2024 (1er octobre - 31 mars). Les valeurs sont présentées en GWh et en pourcentage de la consommation de référence.

L'analyse révèle plusieurs points importants :

- Dépassement de l'objectif : La baisse totale de la consommation de gaz a largement dépassé l'objectif de 15% pour les deux hivers, atteignant 20.3% en 2022-2023 et 22.1% en 2023-2024. Cependant, ce dépassement est en majorité attribuable aux conditions météorologiques clémentes.
- Impact prépondérant de la météo : L'effet météo représente la majeure partie de la baisse de consommation, avec 12.7% en TF1 et 14.3% en TF2 du fait d'hivers très doux.
- Diminution de la substitution par le mazout : On note une légère baisse de la substitution par le mazout, passant de 1.5% (38 GWh) en TF1 à 1.1% (27 GWh) en TF2. Cette réduction pourrait provenir de l'absence de communication fédérale relative à l'utilisation du mazout dans les installations bicomcombustibles lors de la période TF2.
- Maintien des économies d'énergie : Après avoir pris en compte les effets météorologiques et la substitution par le mazout, les économies de gaz réalisées ont légèrement augmenté, passant de 6.2% (153 GWh) durant l'hiver 2022-2023 à 6.7% (167 GWh) en 2023-2024. Cette différence de 0.5 point de pourcentage (14 GWh) est relativement faible et est comprise dans la marge d'erreur inhérente aux calculs et aux modélisations utilisées.
- Écart persistant par rapport à l'objectif : Malgré la légère augmentation des économies d'énergie observées, celles-ci restent significativement en deçà de l'objectif fixé à 15%. L'écart demeure important et relativement constant, autour de 8.3% à 8.8% (15% - 6.7% ou 6.2%), pour les deux périodes TF1 et TF2. Cette stagnation de l'écart par rapport à l'objectif souligne la difficulté à réaliser des progrès supplémentaires en matière d'économies d'énergie et met

en évidence la nécessité de réévaluer les stratégies actuelles si l'objectif fixé devait être maintenu.

Il est important de souligner que le maintien des économies d'énergie observées résulte essentiellement de la mobilisation continue des acteurs pour optimiser les installations existantes et adapter les conditions de confort. Ces efforts constants ont permis de maintenir un niveau d'économies autour de 6-7%, principalement à travers des ajustements opérationnels et comportementaux (voir chapitre 8).

## 6.2 Electricité

La consommation d'électricité durant l'hiver 2023-2024 a été inférieure à celle de l'hiver de référence 2021-2022, poursuivant la tendance observée lors de l'hiver 2022-2023 (voir Figure 10). Sur l'ensemble de la période d'étude, la baisse de consommation est proche de 4% pour les hivers 2022-2023 (TF1) et 2023-2024 (TF2).

La Figure 10 illustre cette réduction de la consommation d'électricité, avec des courbes pour les hivers 2022-2023 et 2023-2024 généralement en dessous de celle de l'hiver de référence 2021-2022. On peut observer que la différence est moins marquée que pour le gaz, ce qui s'explique par une moindre sensibilité de la consommation électrique aux variations de température.

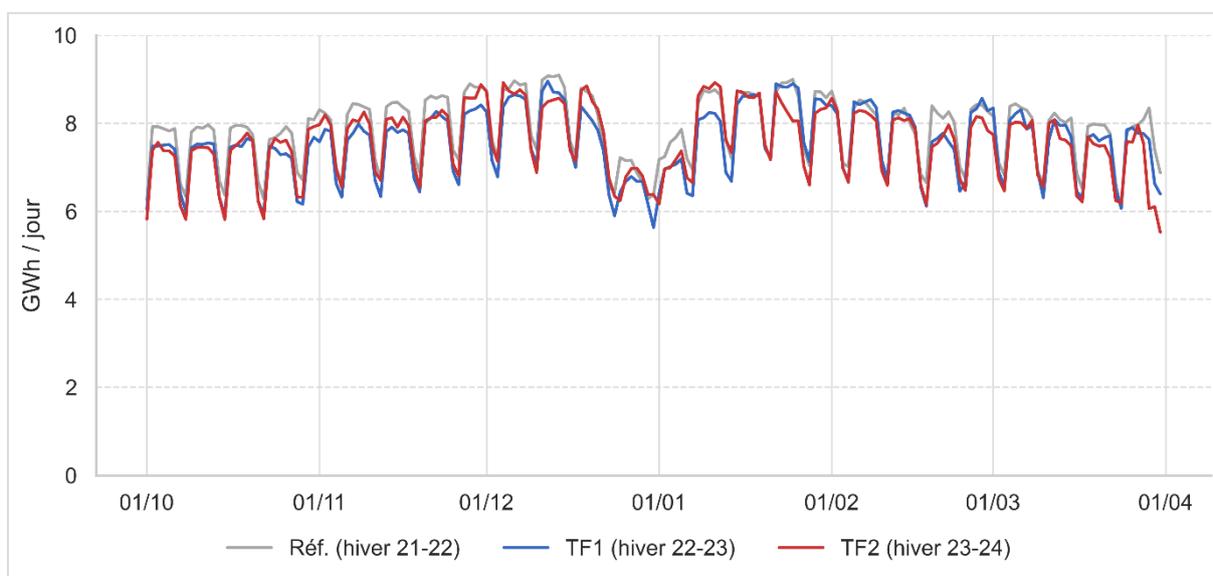


Figure 10: Consommation journalière d'électricité du canton de Genève du 1er octobre au 31 mars pour les hivers de 2021-2022, 2022-2023, et 2023-2024. Source de données : SIG

Pour la période de référence (hiver 2021-2022), la consommation totale s'élève à 1432 GWh. Cette valeur sert de base pour évaluer les changements dans les périodes suivantes. Lors de la période TF1 (hiver 2022-2023), la consommation totale diminue à 1373 GWh. Pour la période TF2 (hiver 2023-2024), on observe une consommation totale de 1385 GWh. La période TF2 contient un jour de plus du fait d'être une année bissextile.

Le profil de consommation conserve une forte cyclicité hebdomadaire et saisonnière, avec des pics réguliers liés aux activités économiques et aux variations météorologiques, variables qui sont prises en compte dans le modèle de simulation pour l'estimation des économies d'énergie.

Le Tableau 4 présente une décomposition détaillée de la baisse de consommation d'électricité pour les hivers 2022-2023 (TF1) et 2023-2024 (TF2) :

Electricité	TF1 (2022-2023)		TF2 (2023-2024)	
	GWh	%	GWh	%
Consommation de référence (2021-2022)	1432	100.0%	1440	100.0%
Consommation de l'hiver	1373	95.9%	1385	96.2%
Baisse de consommation	59	4.1%	55	3.8%
<i>Effet météo et autres</i>	19	1.3%	12	0.8%
<i>Économies d'énergie</i>	40	2.8%	43	3.0%
Objectif	143	10.0%	144	10.0% <sup>1</sup>

Tableau 4 : Décomposition de la baisse de consommation d'électricité pour les hivers 2022-2023 (TF1) et 2023-2024 (TF2) par rapport à l'hiver de référence 2021-2022. Les valeurs sont présentées en GWh et en pourcentage de la consommation de référence. Pour TF2, la période de référence contient un jour supplémentaire puisque TF2 est une année bissextile. Note : Objectif du Conseil fédéral jusqu'au 31.12.23, non reconduit pour 2024

Après avoir pris en compte les effets météorologiques et autres facteurs externes, les économies d'électricité réalisées sont proches de 3% pour les deux périodes (2.8% pour TF1 et 3.0% pour TF2). Ce résultat en légère progression, compte tenu de l'incertitude inhérente à ces estimations, suggère un maintien des efforts d'économie d'énergie sur les deux hivers.

Il convient de souligner que les économies d'électricité présentent généralement plus de défis que celles liées au gaz. Premièrement, l'utilisation de l'électricité est fortement décentralisée et couvre une multitude d'usages (éclairage, appareils électroniques, climatisation, etc.), rendant les interventions complexes et diffuses. De plus, certaines mesures d'économie d'électricité nécessitent des investissements conséquents dans l'efficacité énergétique ou des changements comportementaux à grande échelle, qui sont plus longs à mettre en œuvre et à produire des résultats mesurables que de simples ajustements opérationnels. Dans ce contexte, les résultats obtenus, bien que modestes, démontrent un engagement durable et concret dans la réduction de la consommation électrique.

### 6.3 Comparaison avec la Confédération

Dans le cadre du mandat, il a été demandé d'établir un contact avec l'OFEN afin de comprendre leur méthodologie d'estimation des économies d'énergie et de comparer les résultats obtenus au niveau fédéral avec ceux du canton de Genève. Cette section détaille l'analyse des économies d'énergie en gaz et électricité effectuée selon la méthode de l'OFEN.

L'OFEN utilise une approche différente de celle présentée dans les sections précédentes pour estimer les économies d'énergie :

1. Période de référence : L'OFEN utilise comme référence la moyenne des consommations des 5 années précédant la mise en place de la TFE.
2. Période d'analyse : Comme pour l'analyse cantonale, l'OFEN se concentre sur la période hivernale (octobre à mars).
3. Corrections climatiques : L'OFEN applique des corrections simplifiées basées sur les degrés-jours mensuels.

<sup>1</sup> Objectif du Conseil fédéral jusqu'au 31.12.23, non reconduit pour 2024.

4. Modèle statistique : L'OFEN utilise une combinaison de décomposition de séries temporelles (STL) et de régression pour estimer les économies.

La méthode est détaillée dans le chapitre 9.

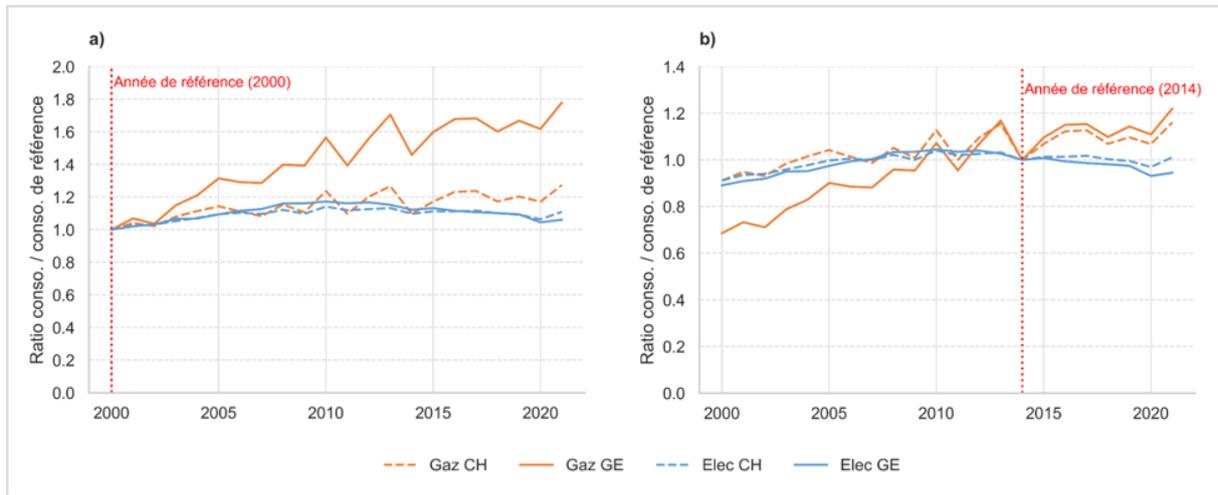


Figure 11 : Évolution relative des consommations de gaz et d'électricité en Suisse (CH) et à Genève (GE) de 2000 à 2022. (a) Consommations normalisées par rapport à l'année 2000. (b) Consommations normalisées par rapport à l'année 2014. L'axe vertical représente le ratio de consommation, où 1 correspond à la consommation de l'année de référence. Les valeurs supérieures à 1 indiquent une augmentation de la consommation, tandis que les valeurs inférieures à 1 signalent une diminution par rapport à l'année de référence.

La Figure 11 illustre que :

- Au niveau fédéral, la consommation de gaz connaît une croissance modérée et constante depuis 2000. Au niveau cantonal, par contre, la croissance est significative entre 2000 et 2015, puis plus modérée à un niveau similaire voire légèrement supérieur à celle du niveau fédéral.
- La consommation d'électricité a été en croissance jusqu'en 2010 puis a connu une stabilisation, voire une diminution, légèrement plus accentuée sur le plan cantonal que fédéral.

Consommation GWh		2000	2015	2022
<b>Gaz</b>	CH	28'299	33'172	29'644
	GE	1'879	3'003	2'802
<b>Electricité</b>	CH	52'372	58'247	57'031
	GE	2'554	2'890	2'723

Tableau 5: Évolution des consommations de gaz et électricité (en GWh) au niveau suisse et genevois

La Figure 12 et la Figure 13 comparent les baisses de consommation de gaz et d'électricité pour la Suisse (lignes pointillées) et Genève (lignes continues pour la méthode OFEN, points pour la méthode UNIGE) durant les périodes TF1 (2022-2023) et TF2 (2023-2024). La différence principale entre ces approches est leur période de référence : l'OFEN utilise une moyenne sur cinq ans, tandis que l'UNIGE se base uniquement sur l'hiver 2021-2022. On observe une tendance marquée à des réductions plus importantes au début de chaque période, particulièrement pour le gaz. Cette tendance est visible tant au niveau suisse que genevois, et avec les deux méthodes d'estimation. Les réductions d'électricité,

bien que moins importantes, suivent une tendance similaire avec des pics au début des périodes TF1 et TF2.

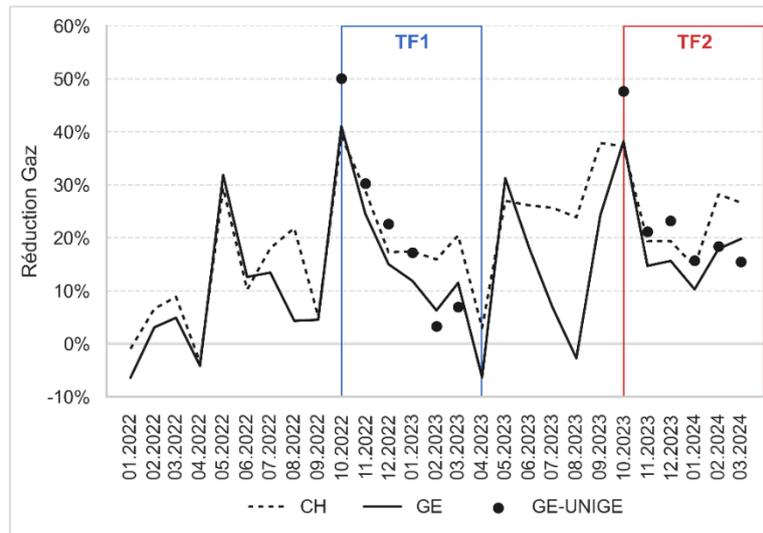


Figure 12 : Réduction mensuelle de la consommation de gaz en Suisse et à Genève pour les périodes TF1 (2022-2023) et TF2 (2023-2024). Lignes : méthode OFEN ; Points : méthode UNIGE.

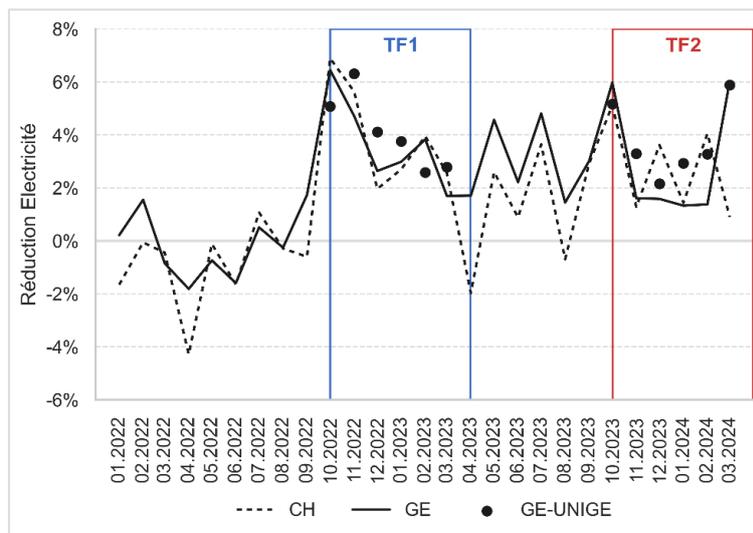


Figure 13 : Réduction mensuelle de la consommation d'électricité en Suisse et à Genève pour les périodes TF1 (2022-2023) et TF2 (2023-2024). Lignes : méthode OFEN ; Points : méthode UNIGE.

La Figure 14 et la Figure 15 illustrent les estimations des économies d'énergie de gaz et d'électricité pour TF1 et TF2, révélant des différences entre les méthodes OFEN et UNIGE, ainsi qu'entre les échelles suisse et genevoise. Pour le gaz, on constate également une tendance à des économies plus importantes en début de période, particulièrement visible avec la méthode UNIGE pour Genève.

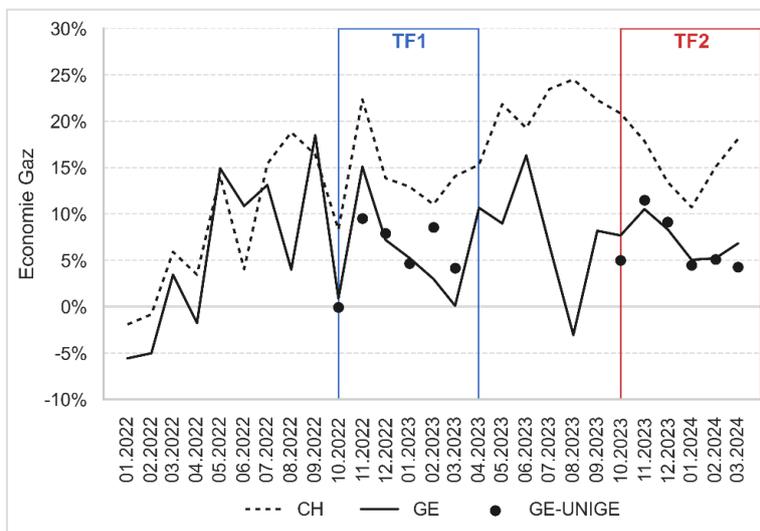


Figure 14 : Estimations des économies mensuelles de gaz en Suisse et à Genève pour les périodes TF1 (2022-2023) et TF2 (2023-2024). Lignes : méthode OFEN ; Points : méthode UNIGE.

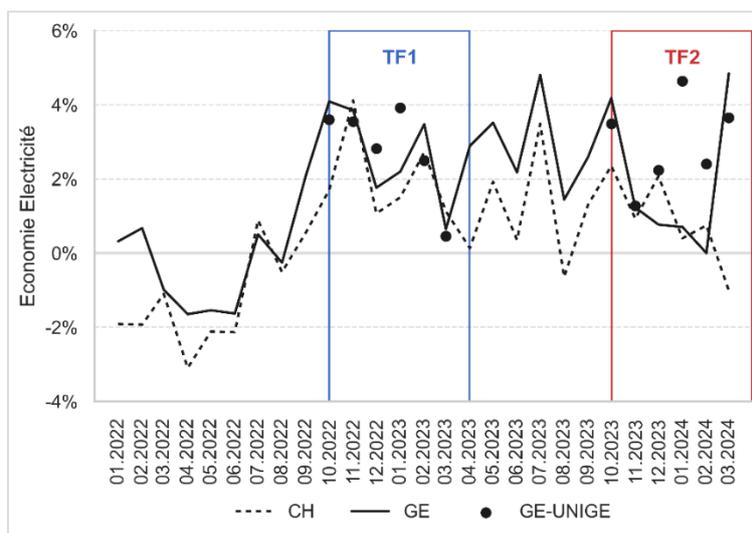


Figure 15 : Estimations des économies mensuelles d'électricité en Suisse et à Genève pour les périodes TF1 (2022-2023) et TF2 (2023-2024). Lignes : méthode OFEN ; Points : méthode UNIGE.

Nos estimations avec la méthode OFEN pour les économies d'énergie durant les périodes TF1 (hiver 2022-2023) et TF2 (hiver 2023-2024) sont présentées ci-dessous :

Pour le gaz :

- Au niveau suisse : 14.0% d'économies pour TF1 et 15.4% pour TF2

- Pour Genève : 5.5% d'économies pour TF1 et 7.1% pour TF2 (contre 7.7% et 7.8% pour la méthode UNIGE<sup>2</sup>)

Pour l'électricité :

- Au niveau suisse : 2.0% d'économies pour TF1 et 0.9% pour TF2
- Pour Genève : 2.7% d'économies pour TF1 et 2.0% pour TF2 (contre 2.8% et 3.0% pour la méthode UNIGE)

Nous avons examiné quelques hypothèses pour expliquer les différences observées, particulièrement pour le gaz :

1. Évolution différenciée des périmètres : Depuis le début des années 2000, Genève a connu une dynamique plus forte qu'en Suisse, de remplacement de chaudières à mazout par des chaudières à gaz, comme en atteste la tendance de consommation de gaz entre 2000 et 2015 (Figure 11). Cependant, à partir de 2015, la consommation de gaz à Genève augmente à un à peine supérieur à celui de la Suisse (voir Figure 11). Cela suggère que la proportion de bâtiments alimentés en plus chaque année au gaz n'est pas beaucoup plus élevée à Genève qu'en Suisse. Dès lors, cet effet ne peut expliquer à lui seul la différence d'économies.
2. Utilisation du gaz pour la production électrique : En Suisse, une faible part du gaz est utilisée pour produire de l'électricité, ce qui n'est pas le cas à Genève. Or celle-ci pourrait connaître une évolution différente de celle du chauffage des bâtiments, en particulier pendant la crise énergétique. Les statistiques fédérales montrent que l'utilisation du gaz pour la production d'électricité et de chaleur de manière centralisée (centrales thermiques + CCF + CAD) a diminué de manière significative en 2022 et 2023<sup>3</sup>. Cependant, la répartition détaillée n'est pas connue et cette réduction ne correspond qu'à environ 2% de consommation totale de gaz en Suisse. Dès lors, son impact sur les différences d'économies observées en Suisse et à Genève devrait être limité et ne peut non plus expliquer à lui seul les différences d'économies.
3. Passage des chaudières bicomcombustibles au mazout : Au niveau fédéral, une demande a été faite au début de l'hiver 2022-2023 pour que les installations bicomcombustibles basculent au mazout sans délai. En revanche, à Genève, il a été recommandé de ne pas anticiper cette opération avant la survenance d'une situation de crise. Cette différence d'approche pourrait avoir conduit à une réduction plus importante de la consommation de gaz au niveau suisse, par substitution du gaz par le mazout sans économie d'énergie. Ce facteur pourrait expliquer une partie des différences observées entre la Suisse et Genève.
4. Effet de l'industrie : La part de gaz utilisé par l'industrie est plus importante au niveau suisse qu'à Genève<sup>4</sup>. Or, le secteur industriel est à priori plus sensible aux fluctuations des prix de l'énergie et plus réactif dans la mise en place de mesures d'économie, du fait d'une intensité énergétique élevée et d'une plus grande capacité à optimiser rapidement les processus de

---

<sup>2</sup> Les économies d'énergie comprennent la substitution au mazout des installations bicomcombustibles puisque cet effet n'est pas identifiable avec la méthode OFEN.

<sup>3</sup> Baisse de 8'420 TJ en 2021 à 6'460 TJ en 2022 et 5'760 TJ en 2023, source: OFEN, Statistique globale suisse de l'énergie 2023

<sup>4</sup> L'industrie consomme 32% du gaz au niveau suisse (OFEN) alors celle-ci est estimée à moins de 15% à Genève (OCEN et SIG, communications personnelles).

production. Ce facteur pourrait également expliquer une partie des différences observées entre la Suisse et Genève.

5. Réalisation précoce d'économies de gaz à Genève : A travers le programme éco21, Genève a enclenché des mesures d'économies de gaz déjà au cours de la période de référence 2017-2021, ce que le reste de la Suisse n'a probablement pas fait dans la même mesure. Dans ce cas, la consommation de référence à Genève contiendrait déjà des effets d'économies, aboutissant à des économies plus limitées durant les périodes d'études TF1 et TF2. Cet effet pourrait expliquer une partie des différences d'économies constatées.

Des analyses complémentaires seraient nécessaires pour quantifier l'impact des différentes hypothèses identifiées et leur éventuel impact cumulé, et conclure sur les causes des différences d'économies d'énergie entre la Suisse et Genève.

## 7 Economies d'énergie par secteur

### 7.1 Introduction

L'analyse sectorielle des économies d'énergie pour l'hiver 2023-2024 (TF2) vise à fournir une compréhension plus nuancée et précise des dynamiques d'économie d'énergie dans chaque secteur clé du canton de Genève. L'analyse porte sur les performances spécifiques de l'administration cantonale, des EPA, des communes, des entreprises et des logements. Pour chacun de ces secteurs, nous quantifions les économies d'énergie réalisées en gaz et en électricité, en les comparant aux résultats de l'hiver précédent. Pour les logements, seule l'économie de gaz a pu être quantifiée. Cette approche permet de mettre en lumière les spécificités entre les secteurs, offrant ainsi des pistes pour des interventions plus ciblées et efficaces dans le contexte des efforts continus pour réduire la consommation énergétique du canton.

Les secteurs, déjà ciblés lors de l'hiver précédent, ont été les suivants :

- L'administration cantonale : comprenant les installations des bâtiments de l'Etat, gérées par l'Office cantonal des bâtiments de l'Etat (OCBA). Comme pour l'hiver précédent, les installations des bâtiments de l'Université et de la HES ont été intégrées dans le périmètre des EPA.
- Les EPA : Pour cette saison, la liste des EPA inclus dans l'analyse a été élargie. Les EPA déjà considérés l'année précédente étaient l'Hospice général, les Transports publics genevois (TPG), l'Institution genevoise de maintien à domicile (IMAD), les Services industriels de Genève (SIG), l'Aéroport International de Genève (AIG), la Haute Ecole Spécialisée de Suisse Occidentale (HES-SO), l'Université de Genève (UNIGE) et les Hôpitaux universitaires de Genève (HUG). Cette année, l'analyse a été étendue pour inclure également la Fondation des Parkings (FDP), la Fondation des Immeubles pour les Organisations Internationales (FIPOI), Palexpo SA, les Ports Francs et Entrepôts de Genève (PFEG), les Fondations Immobilières de Droit Public (FIDP), et les Etablissements publics pour l'intégration (EPI).
- Les communes : englobant à la fois le "patrimoine administratif", c'est-à-dire les bâtiments de l'administration communale (tels que les mairies), les infrastructures publiques communales (écoles primaires, piscines, patinoires, stades, halles de sport, etc.), ainsi que le "patrimoine financier"<sup>5</sup>, c'est-à-dire les bâtiments de logement ou commerciaux loués à des tiers. Lorsque le patrimoine financier est géré par une autre entité que la commune elle-même (p.ex. fondation communale), celui-ci n'est pas inclus dans l'analyse. L'éclairage public communal a également été inclus dans cette catégorie.
- Les entreprises : ce secteur est constitué de l'ensemble des installations catégorisées par l'Office cantonal de la statistique comme appartenant à une branche économique suivante : industrie, hôtels & restaurants, commerces, banques et assurances.
- Les logements : ce secteur comprend les installations de chauffage des bâtiments destinés essentiellement à l'habitat, incluant la consommation des ménages ainsi que celle des espaces communs d'immeubles résidentiels.

---

<sup>5</sup> Pour le gaz, la totalité de la consommation des bâtiments du patrimoine administratif est prise en compte, alors que pour l'électricité seule la consommation des communs d'immeuble l'est, puisque les locataires paient eux-mêmes l'électricité qu'ils consomment.

Pour l'hiver 2023-2024, une attention particulière a été portée à l'amélioration de la collecte et de l'analyse des données, en particulier pour le secteur des EPA et des logements, qui n'avait pas pu être caractérisé de manière satisfaisante lors de l'hiver précédent.

L'analyse des économies d'énergie par secteur a été réalisée en s'appuyant sur les méthodologies développées l'hiver précédent, tout en affinant les modèles dans le but d'améliorer la précision des résultats. Pour les EPA, les courbes de charge par installation ont été utilisées, permettant une analyse plus détaillée de leur consommation énergétique. Pour les autres secteurs (administration cantonale, communes, entreprises et logements), l'analyse s'est basée sur les relevés de consommation des installations ayant au moins 12 relevés annuels. Il est à noter que, grâce à des données plus complètes (notamment pour le dernier mois de la période précédente) et aux améliorations apportées aux modèles et aux filtres de sélection des installations, les estimations pour la période TF1 ont été révisées pour certains secteurs. Par conséquent, les résultats présentés dans ce rapport pour la période TF1 sont considérés comme plus précis que ceux du rapport précédent, offrant ainsi une base de comparaison plus fiable pour l'analyse de la période TF2.

En ce qui concerne la consommation de gaz, le secteur du logement est le plus gros consommateur, devant les entreprises. Pour l'électricité, les logements représentent environ 39% de la consommation, suivi par les entreprises avec environ 32% de la consommation cantonale (voir Figure 16).

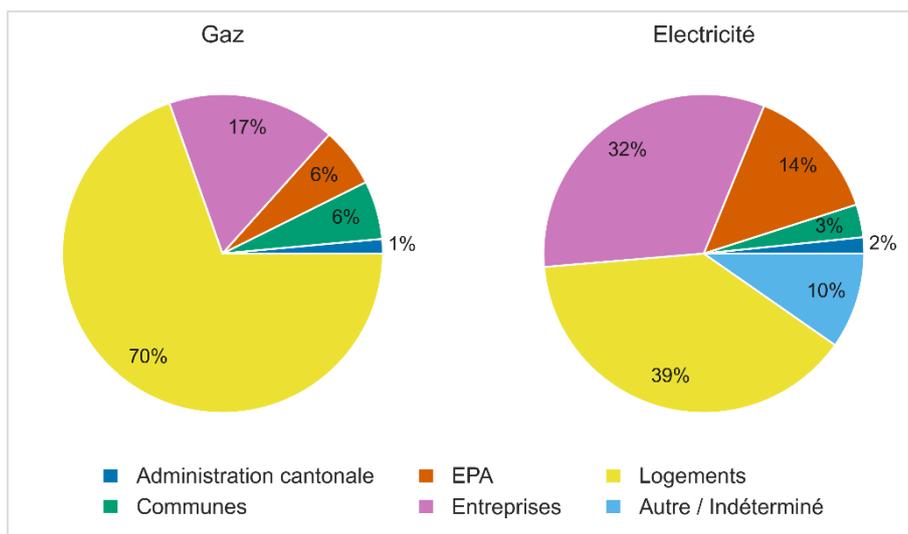


Figure 16: Répartition de la consommation de gaz et d'électricité à Genève en 2023. « Autres / Indéterminé » est la différence entre la consommation totale cantonale et la consommation des secteurs analysés. Source de données : SIG, OCSTAT.

La répartition des consommations des secteurs présentée ci-dessus est basée sur les données fournies par l'Office cantonal de la statistique (OCSTAT) et les Services Industriels de Genève (SIG). L'analyse prend en compte les installations ayant au moins 12 relevés annuels. Pour les logements, une méthodologie spécifique a été appliquée en raison des limites des données disponibles :

- Pour le gaz, la consommation des logements est déduite en calculant la différence entre la consommation totale cantonale et la somme des consommations des autres secteurs identifiés.
- Pour l'électricité, la consommation des logements est estimée en additionnant la consommation des ménages privés (634 GWh) et celle des services généraux d'immeubles (380

GWh), selon les données OCSTAT 2023<sup>6</sup>. La consommation d'électricité lié à l'éclairage public est attribuée à la consommation des communes (sur la base des données SIG), résultant en une consommation totale d'électricité des communes de 87 GWh en 2023 (voir Tableau 6).

- Il reste environ 10% de la consommation d'électricité cantonal non déterminé.

Consommation d'énergie 2023	Gaz		Electricité	
	GWh	%	GWh	%
Administration cantonale	39.4	1.5	42.8	1.6
Communes	159.2	5.9	86.6	3.3
EPA	161.5	6.0	362.0	13.9
Entreprises	456.2	17.0	846.6	32.5
Logements	1870.7	69.6	1013.9	38.9
Autres / indéterminé	-	-	253.6	9.7
<b>Total</b>	<b>2687.0</b>	<b>100.0</b>	<b>2605.6</b>	<b>100.0</b>

Tableau 6 : Répartition de la consommation d'énergie par secteur à Genève en 2023. Source de données : SIG, OCSTAT.

Le Tableau 7 présente une vue d'ensemble de la consommation d'énergie par secteur à Genève en 2023, en distinguant la consommation de gaz et d'électricité, tout en offrant des informations sur les échantillons utilisés pour l'analyse des économies d'énergie, ce qui fournit une répartition détaillée de la consommation énergétique et donne un aperçu de la représentativité des échantillons utilisés dans l'analyse pour chaque secteur.

#### Consommation de gaz :

- *Administration cantonale* : Consommation totale de 39.4 GWh. L'échantillon analysé représente 36.7 GWh, soit 93% de la consommation totale du secteur.
- *Communes* : Consommation totale de 159.2 GWh. L'échantillon analysé représente 144.6 GWh, soit 91% de la consommation totale du secteur.
- *EPA* : Consommation totale de 161.5 GWh. L'échantillon analysé représente 95.8 GWh, soit 59% de la consommation totale du secteur.
- *Entreprises* : Consommation totale de 456.2 GWh. L'échantillon analysé représente 361.5 GWh, soit 79% de la consommation totale du secteur.
- *Logements* : Consommation totale de 1870.7 GWh. L'échantillon analysé représente 76% de la consommation totale du secteur.

#### Consommation d'électricité :

- *Administration cantonale* : Consommation totale de 42.8 GWh. L'échantillon analysé représente 39.7 GWh, soit 93% de la consommation totale du secteur.
- *Communes* : Consommation totale de 86.6 GWh. L'échantillon analysé représente 59.2 GWh, soit 68% de la consommation totale du secteur.

<sup>6</sup> OCSTAT : Consommation d'électricité du réseau genevois, selon le genre d'utilisation, depuis 1984. [Consulté le 30 août 2024]. Disponible à l'adresse : [https://statistique.ge.ch/domaines/08/08\\_02/tableaux.asp#3](https://statistique.ge.ch/domaines/08/08_02/tableaux.asp#3).

- *EPA* : Consommation totale de 362.0 GWh. L'échantillon analysé représente 176.0 GWh, soit 49% de la consommation totale du secteur.
- *Entreprises* : Consommation totale de 846.6 GWh. L'échantillon analysé représente 734.8 GWh, soit 87% de la consommation totale du secteur.

Points notables :

- Les échantillons analysés varient considérablement en taille selon les secteurs et le type de données utilisé (voir Tableau 17 dans la section 9.2.4), allant de 49% (*EPA*, électricité) à 93% (Administration cantonale, gaz et électricité).
- Pour le secteur des logements, les données d'électricité à disposition ne permettaient pas une analyse des économies.
- La catégorie "Autres / indéterminé" n'apparaît que pour la consommation d'électricité, représentant environ 9.7% de la consommation totale d'électricité.

Consommation d'énergie 2023	Gaz			Electricité		
	Total	Echantillon pour l'analyse		Total	Echantillon pour l'analyse	
Secteur	GWh	GWh	%	GWh	GWh	%
Administration cantonale	39.4	36.7	93%	42.8	39.7	93%
Communes	159.2	144.6	91%	86.6	59.2	68%
EPA	161.5	95.8	59%	362.0	176.0	49%
Entreprises	456.2	361.5	79%	846.6	734.8	87%
Logements	1870.7	1426.7	76%	1013.9	-	-
Autres / indéterminé	-	-	-	253.6	-	-
<b>Total</b>	<b>2687.0</b>	<b>2065.3</b>	<b>77%</b>	<b>2605.6</b>	<b>1009.7</b>	<b>39%</b>

Tableau 7 : Répartition de la consommation d'énergie par secteur à Genève et part de la consommation analysée pour l'estimation des économies. Pour le secteur de logements, la consommation de l'échantillon est la consommation annuelle qui inclut la période hivernale TF1 (octobre 2022 à mars 2023) (voir section 7.6).

## 7.2 Administration cantonale

Pour l'hiver 2023-2024, le secteur de l'administration cantonale a consommé environ 23 GWh de gaz et 21 GWh d'électricité (voir Tableau 8).

Fluide	Gaz				Electricité			
	TF1 (2022-2023)		TF2 (2023-2024)		TF1 (2022-2023)		TF2 (2023-2024)	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Consommation de référence (2021-2022)	31.0	100.0%	31.0	100.0%	22.0	100%	22.0	100%
Consommation de l'hiver	24.3	78.5%	22.7	73.4%	21.1	96.3%	20.9	95,2%
Baisse de consommation	6.7	21.5%	8.2	26.6%	0.8	3.7%	1.1	4.8%
<i>Effet météo et autres</i>	1.6	5.0%	3.8	12.3%	0.1	0.4%	0.7	3.1%
<i>Économies d'énergie</i>	5.1	16.5%	4.4	14.3%	0.7	3.3%	0.4	1.7%

Tableau 8 : Baisse de consommation et économies énergie de gaz et d'électricité des installations de l'administration cantonale pour les hiver 2022-2023 et 2023-2024 obtenues à partir des relevés mensuels de consommation.

Après déduction de l'effet météo, les économies d'énergie sont restées significatives :

Pour le gaz :

- Les économies d'énergie ont atteint 14.3%, un niveau similaire à celui de l'hiver 2022-2023 (16.5%).
- La baisse totale de consommation a été 26.6%, dont la moitié attribuable aux effets météo et autres facteurs.

Pour l'électricité :

- Les économies d'énergie se sont maintenues à 1.7%, comparable à l'hiver 2022-2023 (3%).
- La baisse totale de consommation a été 4.8%, dont plus de la moitié due aux effets météo et autres facteurs.

Ces résultats démontrent le maintien des efforts d'économie d'énergie par l'administration cantonale, en particulier pour le gaz où les économies continuent de dépasser largement la moyenne cantonale, malgré les défis croissants après une première année d'efforts importants. Les économies d'électricité sont dans une tendance de recul face à l'hiver précédent. Toutefois, il convient de rester prudent compte tenu des incertitudes inhérentes à ce type d'analyse.

### 7.3 Etablissements publics autonomes (EPA)

L'analyse des économies des EPA a été effectuée pour 4 EPA pour le gaz et 6 EPA pour l'électricité. La consommation d'énergie des EPA analysés représente 79% respectivement 65% de la consommation de gaz et d'électricité de l'ensemble des EPA (en excluant la consommation de gaz des SIG destinée aux activités industrielles ou services comme le chauffage à distance, le pompage d'eau ou le traitement des eaux usées).

Pendant l'hiver 2023-2024, les EPA analysés ont consommé environ 62 GWh de gaz et 68 GWh d'électricité (voir Tableau 9).

Fluide	Gaz				Electricité			
	TF1 (2022-2023)		TF2 (2023-2024)		TF1 (2022-2023)		TF2 (2023-2024)	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Consommation de référence (2021-2022)	82.8	100.0%	79.4	100.0%	90.4	100.0%	74.7	100.0%
Consommation de l'hiver	66.9	80.8%	62.2	78.3%	86.9	96.1%	67.8	90.8%
Baisse de consommation	15.9	19.2%	17.2	21.7%	3.5	3.9%	6.9	9.2%
<i>Effet météo et autres</i>	11.9	14.4%	11.6	14.6%	-0.6	-0.7%	2.0	2.7%
<i>Économies d'énergie</i>	3.9	4.7%	5.6	7.1%	4.1	4.5%	5.0	6.7%

Tableau 9 : Baisse de consommation et économie d'énergie de gaz et d'électricité des installations des EPA pour les hivers 2022-2023 et 2023-2024 obtenues à partir de l'analyse des courbes de charge de consommation<sup>7</sup>.

Durant l'hiver 2023-2024, déduction faite de l'effet météo et d'autres effets y inclus ceux liés au fonctionnement propre des EPA, les économies d'énergie des EPA sont notables, et en hausse par rapport à l'hiver précédent :

Pour le gaz :

- Les économies de gaz ont atteint 7.1%, contre 4.7% lors de l'hiver 2022-2023.
- La baisse totale de consommation a été 21.7%, dont 14.6% attribuables aux effets météo et autres facteurs.

Pour l'électricité :

- Les économies d'électricité se sont établies à 6.7%, contre 4.5% lors de l'hiver 2022-2023.
- La baisse totale de consommation a été 9.2%, dont 2.7% attribuables aux effets météo et autres facteurs.

Les EPA ont renforcé leurs efforts d'économie d'énergie cette année, ce qui est remarquable en comparaison des autres secteurs. Les économies d'électricité sont particulièrement élevées, très nettement au-dessus de la moyenne cantonale. Dans certains cas, des variations importantes entre EPA peuvent être notées.

Comme la consommation d'énergie des EPA dépend fortement de leur niveau d'activité, l'analyse de leurs économies a nécessité la prise en compte de variables explicatives propres au fonctionnement de

<sup>7</sup> Les consommations de référence utilisées pour l'analyse des économies pendant la période TF1 et TF2 ne sont pas les mêmes car pour certains EPA les données pour la période hivernale TF2 n'étaient pas complètes. Toutefois, ce changement de périmètre n'a pas de conséquence notable sur les économies d'énergie relatives de ce secteur, ni pour le gaz, ni pour l'électricité.

chacune d'elles (nombre de passagers, distance parcourue par les transports publics, surface des expositions, etc. ; voir Tableau 18). Ce traitement souligne l'importance d'une collecte systématique de ces variables pour un suivi approprié de leur performance énergétique. Cela permettrait également de mieux comprendre les facteurs influençant la consommation d'énergie à l'échelle du secteur, facilitant ainsi l'identification et le partage des meilleures pratiques entre établissements.

## 7.4 Communes

Pour l'hiver 2023-2024, le secteur des communes a consommé environ 98 GWh de gaz et 29 GWh d'électricité (hors éclairage public) (voir Tableau 10).

Fluide	Gaz				Electricité			
	TF1 (2022-2023)		TF2 (2023-2024)		TF1 (2022-2023)		TF2 (2023-2024)	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Consommation de référence (2021-2022)	122.1	100.0%	122.1	100.0%	30.9	100.0%	30.9	100.0%
Consommation de l'hiver	93.5	76.6%	97.8	80.1%	28.8	93.1%	29.1	94.2%
Baisse de consommation	28.6	23.4%	24.3	19.9%	2.1	6.9%	1.8	5.8%
<i>Effet météo et autres</i>	17.9	14.7%	16.9	13.9%	0.9	3.0%	1.5	4.8%
<i>Économies d'énergie</i>	10.7	8.7%	7.4	6.1%	1.2	3.9%	0.3	1.0%

Tableau 10 : Baisse de consommation et économie d'énergie de gaz et d'électricité des installations des communes pour les hivers 2022-2023 et 2023-2024 obtenues à partir de l'analyse des relevés mensuels de consommation.

Durant l'hiver 2023-2024, déduction faite de l'effet météo, les économies d'énergie des communes sont restées notables, bien qu'en baisse par rapport à l'hiver précédent :

Pour le gaz :

- Les économies d'énergie ont atteint 6.1%, contre 8.7% lors de l'hiver 2022-2023.
- La baisse totale de consommation a été 19.9%, dont 13.9% attribuables aux effets météo et autres facteurs.

Pour l'électricité :

- Les économies d'énergie se sont établies à 1%, contre 3.9% lors de l'hiver 2022-2023.
- La baisse totale de consommation a été 5.8%, dont 4.8% attribuables aux effets météo et autres facteurs.

Malgré des économies en retrait par rapport à l'hiver 2022-2023, la performance des communes reste notable, en particulier pour le gaz où les économies sont proches de la moyenne cantonale.

En ce qui concerne l'électricité, la consommation des communes a été influencées par une tendance à la hausse de deux facteurs principaux de transition énergétique sur lesquels plusieurs communes ont réalisé des efforts importants l'an dernier : l'installation de pompes à chaleur en remplacement des chaudières à combustible (gaz et mazout), ainsi que l'acquisition de véhicules électriques en remplacement des véhicules à carburant (essence et diesel). Ces changements, bien qu'augmentant la consommation électrique, s'inscrivent dans une démarche globale de réduction des émissions de CO2 et de transition vers des sources d'énergie plus durables. Cette évolution explique en partie la baisse moins prononcée des économies d'électricité par rapport à l'hiver précédent, malgré les efforts continus d'optimisation énergétique.

## 7.5 Entreprises

Pour l'hiver 2023-2024, les entreprises des branches prises en compte (industrie, hôtels & restaurants, commerces, banques et assurances) a consommé environ 186 GWh de gaz et 261 GWh d'électricité (voir Tableau 11).

Fluide	Gaz				Electricité			
	TF1 (2022-2023)		TF2 (2023-2024)		TF1 (2022-2023)		TF2 (2023-2024)	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Consommation de référence (2021-2022)	222.4	100.0%	222.4	100.0%	264.6	100.0%	264.6	100.0%
Consommation de l'hiver	184.3	82.9%	185.5	83.4%	259.6	98.1%	260.7	98.5%
Baisse de consommation	37.8	17.0%	37.1	16.7%	5.1	1.9%	3.9	1.5%
<i>Effet météo et autres</i>	16.2	7.3%	17.1	7.7%	-4.6	-1.7%	-3.8	-1.4%
<i>Économies d'énergie</i>	21.9	9.8%	19.9	8.9%	9.6	3.6%	6.7	2.5%

Tableau 11 : Baisse de consommation et économie d'énergie de gaz et d'électricité des installations des entreprises pour les hivers 2022-2023 et 2023-2024 obtenues à partir de l'analyse des relevés mensuels de consommation.

Pour le gaz :

- Les économies d'énergie des entreprises ont atteint 8.9% pendant l'hiver 2023-2024 (TF2), comparé à 9.8% durant l'hiver 2022-2023 (TF1). Bien que légèrement en baisse, ces économies restent significatives et supérieures à la moyenne cantonale de 7.8% pour TF2.
- La baisse totale de consommation a été d'environ 16.7% pour TF2, dont 7.7% attribuables aux effets météorologiques et autres facteurs. Cette baisse totale est légèrement inférieure à celle observée durant TF1 (17.0%).

Pour l'électricité :

- Les économies d'énergie pour l'ensemble des entreprises se sont établies à 2.5% pendant l'hiver 2023-2024 (TF2), en baisse par rapport aux 3.6% réalisés durant l'hiver 2022-2023 (TF1). Ces économies restent importantes mais sont légèrement inférieures à la moyenne cantonale de 3.0% pour TF2.
- La baisse totale de consommation a été d'environ 1.5% pour TF2. Fait notable, les effets météorologiques et autres facteurs ont eu un impact positif sur la consommation de 1.4%, ce qui signifie que sans les efforts d'économie, la consommation aurait augmenté.

Il est important de souligner que notre méthodologie d'analyse ne permet pas d'obtenir des résultats statistiquement significatifs à l'échelle de chaque branche d'activité économique séparément.

La persistance d'un niveau significatif d'économies témoigne de l'engagement continu des entreprises dans la réduction de leur consommation énergétique. Cette tendance est encourageante et suggère une intégration progressive des pratiques d'efficacité énergétique dans le fonctionnement des entreprises genevoises, même si les défis pour maintenir et améliorer ces performances restent importants, notamment pour l'électricité.

## 7.6 Logements

Pour l'hiver 2023-2024, l'analyse des économies de chauffage dans le secteur des logements a été réalisée en utilisant les données de l'Indice de Dépense de Chaleur (IDC). Cette approche permet d'avoir une vue d'ensemble sur un échantillon important de bâtiments résidentiels. Par contre, elle porte sur une année entière et non uniquement sur la période hivernale. A ce titre, les résultats ne sont pas parfaitement comparables avec ceux des autres secteurs, du fait de biais introduits par des effets météo et d'économies d'énergie durant l'été et l'entre-saison sur le chauffage et l'ECS.

L'analyse s'est basée sur les données IDC d'environ 8'500 bâtiments, représentant une consommation totale d'environ 1'430 GWh pour la période annuelle incluant l'hiver de TF1. Pour TF2, l'échantillon est plus faible, car les données IDC n'étaient pas toutes disponibles au moment de l'analyse. Les critères de sélection étaient les suivants :

- Seuls les relevés IDC qui couvrent l'hiver complet (septembre – avril) ont été pris en compte pour l'analyse. Ainsi, les IDC relevés entre mai et août, qui incluent cette période hivernale complète, ont été utilisés, tandis que les autres ont été exclus.
- Données d'IDC disponibles pour les trois périodes (Référence, TF1, TF2).

L'estimation des économies a été réalisée en comparant les IDC (avec correction climatique tel comme établie dans la directive IDC) entre les différentes périodes. La réduction de consommation a été calculée en comparant les énergies finales.

Le Tableau 12 et Tableau 13 présentent les résultats détaillés par type de bâtiments pour les périodes TF1 et TF2 :

Type de bâtiments	Nb EGID	Conso. Réf.	Conso. TF1	Réduction		Economie	
		GWh	GWh	GWh	%	GWh	%
Habitat collectif	8260	1648.2	1418.3	229.9	13.9%	138.8	8.4%
<i>Hab. plusieurs logements</i>	5129	931.8	802.4	129.3	13.9%	78.4	8.4%
<i>Hab. rez - activités</i>	1799	388.1	333.3	53.8	13.9%	33.4	8.6%
<i>Habitation activités</i>	1332	328.3	282.5	45.8	14.0%	27	8.2%
Hab. 1-2 logements	245	9.8	8.4	1.4	14.3%	0.7	7.1%

Tableau 12 : Consommation de gaz, baisse de consommation par rapport l'hiver de référence, et économies par type de bâtiment pour la période annuelle incluant l'hiver de TF1 pour le secteur des logements

Type de bâtiments	Nb EGID	Conso. Réf.	Conso. TF2	Réduction		Economie	
		GWh	GWh	GWh	%	GWh	%
Habitat collectif	719	145.3	119.9	25.5	17.5%	14.7	10.1%
<i>Hab. plusieurs logements</i>	468	88.0	72.4	15.6	17.7%	9.3	10.6%
<i>Hab. rez - activités</i>	138	30.3	25.1	5.2	17.2%	2.9	9.6%
<i>Habitation activités</i>	113	27.0	22.4	4.6	17.0%	2.5	9.3%
Hab. 1-2 logements	10	0.5	0.4	0.1	20.0%	0.0	10.0%

Tableau 13 : Consommation de gaz, baisse de consommation par rapport l'hiver de référence, et économies par type de bâtiment pour la période annuelle incluant l'hiver de TF2(2023-2024) pour le secteur des logements

Les principaux constats pour les logements en TF2 sont les suivants :

- Habitat collectif : Ce type de bâtiments, qui représente la plus grande part de l'échantillon, montre une réduction de consommation de 17.5% et des économies de 10.1%.
- Habitat 1-2 logements : Ce type de bâtiments, qui représente une petite partie de l'échantillon, montre une réduction de consommation de 20.9% et des économies de 10.0%.

Bien que cette analyse offre un aperçu précieux des économies réalisées dans le secteur résidentiel, elle comporte certaines limites : d'une part, l'utilisation de données annuelles peut inclure des effets non directement liés aux mesures d'économie hivernales. D'autre part, l'échantillon, bien que large pour l'habitat collectif, peut ne pas être totalement représentatif de l'ensemble du parc immobilier genevois. Pour affiner cette analyse à l'avenir, il serait intéressant d'obtenir des données plus granulaires (mensuelles ou journalières) pour mieux isoler les effets des mesures hivernales et d'élargir l'échantillon pour améliorer la représentativité.

## 7.7 Synthèse : comparaison entre les secteurs

Au niveau cantonal, les économies de gaz et d'électricité ont évolué entre les périodes TF1 (hiver 2022-2023) et TF2 (hiver 2023-2024). Pour le gaz, les économies sont passées de 6.2% (TF1) à 6.7% (TF2), tandis que pour l'électricité, elles ont légèrement augmenté de 2.8% (TF1) à 3.0% (TF2) (voir les barres "Canton" dans Figure 17 et Figure 18). L'analyse des économies d'énergie par secteur ne permet pas de distinguer la baisse de consommation liée au passage au mazout des installations bicom bustibles comme c'est le cas pour l'analyse au niveau cantonal. Dès lors, au niveau des secteurs, lorsque des baisses de consommation sont obtenues par ce biais, elles sont comptabilisées comme économie d'énergie. C'est pourquoi, la valeur d'économie du niveau cantonal avec laquelle sont comparés les résultats sectoriels comprend la baisse de consommation obtenue par cette mesure.

Pour le gaz (Figure 17) :

- L'administration cantonale maintient sa position de leader avec des économies passant de 16.5% (TF1) à 14.3% (TF2), restant largement supérieures à la moyenne cantonale sur les deux périodes.
- Les EPA ont considérablement amélioré leurs performances, passant de 4.7% (TF1) à 7.1% (TF2) d'économies.
- Les communes ont vu leurs économies légèrement diminuer, passant de 8.7% (TF1) à 6.1% (TF2), mais restent proches de la moyenne cantonale.
- Les entreprises ont maintenu des économies élevées, passant de 9.8% (TF1) à 8.9% (TF2), alignées sur la moyenne cantonale.
- Pour le secteur des logements, les économies ont augmenté de 8.4% (TF1) à 10.1% (TF2). Il est crucial de noter que ces valeurs représentent des économies réalisées sur une année entière.

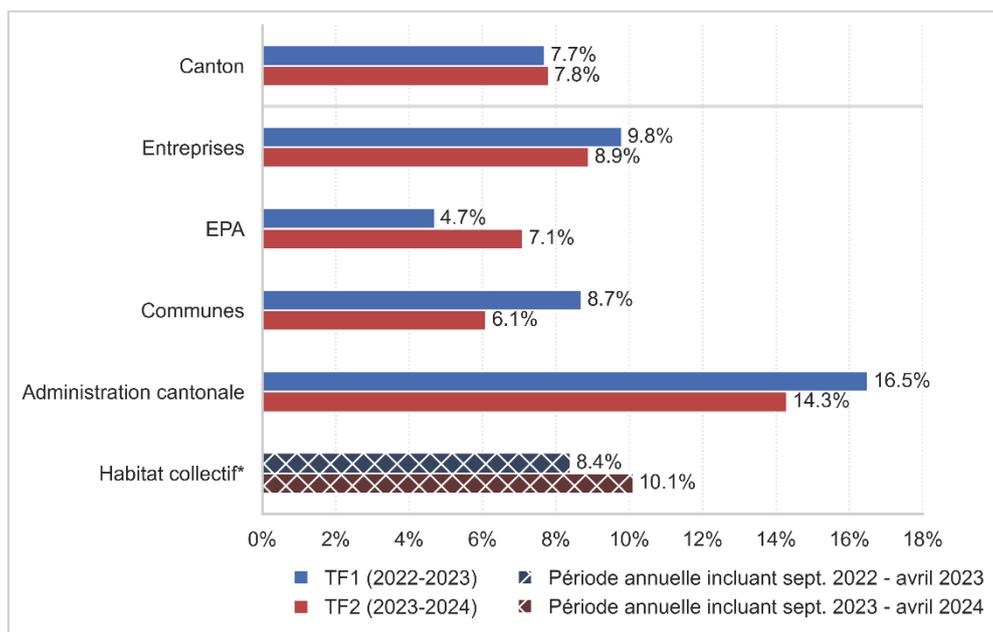


Figure 17: Economies de gaz par secteur par rapport à la période de référence.

Notes : a) Les économies comprennent la baisse de consommation liée à la substitution du gaz par le mazout qui, au niveau sectoriel, ne peuvent être distinguées des économies. b) Pour le secteur « Logements », seules des données annuelles ont pu être utilisées, ne permettant pas une analyse spécifique pour la période hivernale. Les données annuelles retenues sont celles comprenant à minima les mois de septembre à avril sans interruption. Les économies ne sont donc pas directement comparables avec les économies réalisées que pendant les mois d'hiver

(octobre – mars) utilisées pour les autres secteurs. Les données disponibles pour les villas étaient insuffisantes pour pouvoir être considérées comme représentatives.

Pour l'électricité (Figure 18) :

- Les EPA ont significativement amélioré leurs performances, passant de 4.5% (TF1) à 6.7% (TF2) d'économies, se démarquant nettement au-dessus de la moyenne cantonale sur les deux périodes.
- L'administration cantonale a vu ses économies baisser de 3.2% (TF1) à 1.8% (TF2), passant ainsi sous la moyenne cantonale en TF2.
- Les communes ont également connu une baisse, passant de 3.9% (TF1) à 1.0% (TF2) d'économies, mais restent proches de la moyenne cantonale.
- Les entreprises ont légèrement diminué leurs économies, passant de 3.6% (TF1) à 2.5% (TF2), se situant en dessous de la moyenne cantonale en TF2.
- Pour le secteur des logements, les données à disposition ne permettaient pas une analyse des économies réalisées pour l'électricité.

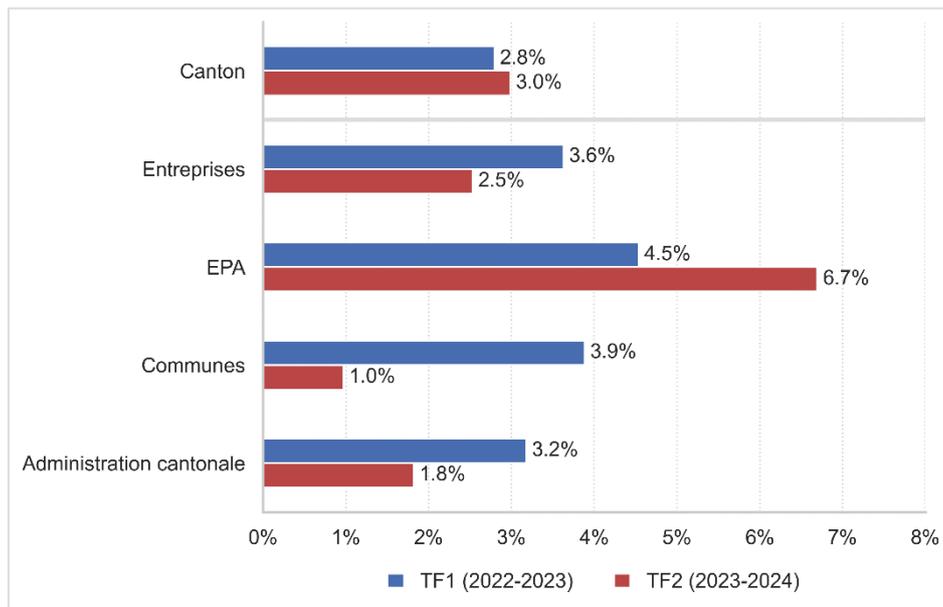


Figure 18: Economies d'électricité par secteur par rapport la consommation pendant l'hiver de référence. Note : Les données à disposition ne permettaient pas une analyse des économies réalisées dans le secteur des logements

## 8 Economies par type de mesure

L'analyse des économies d'énergie par type de mesure vise à évaluer l'efficacité des différentes actions mises en place pour réduire la consommation énergétique durant l'hiver 2023-2024. Cette approche permet de mieux comprendre l'impact spécifique des différentes mesures et d'identifier les stratégies les plus performantes.

Pour réaliser cette analyse, nous avons utilisé plusieurs sources de données et méthodes :

- Analyse des courbes de charge au niveau cantonal et pour un échantillon d'installations.
- Estimations de consommation de l'éclairage public fournies par SIG.
- Utilisation d'autres variables explicatives comme le nombre d'heures nocturnes mensuelles.
- Entretiens auprès d'acteurs clés.
- Enquêtes auprès des chauffagistes, des communes et des régies.

Pour l'hiver 2022-2023 (TF1) :

- Enquête chauffagistes 2023 : 21 chauffagistes représentant 5656 chaufferies.
- Enquête communes 2023 : 31 communes représentant 1143 chaufferies.

Pour l'hiver 2023-2024 (TF2) :

- Enquête chauffagistes 2024 : 6 chauffagistes représentant 3816 chaufferies.
- Enquête régies 2024 : 5 régies, couvrant 2571 chaufferies.
- Enquête communes 2024 : 26 communes, 755 chaufferies.

Les résultats de ces enquêtes nous ont permis de dresser un tableau complet de la mise en œuvre des principales mesures thermiques selon les différents acteurs, comme illustré dans la Figure 19.

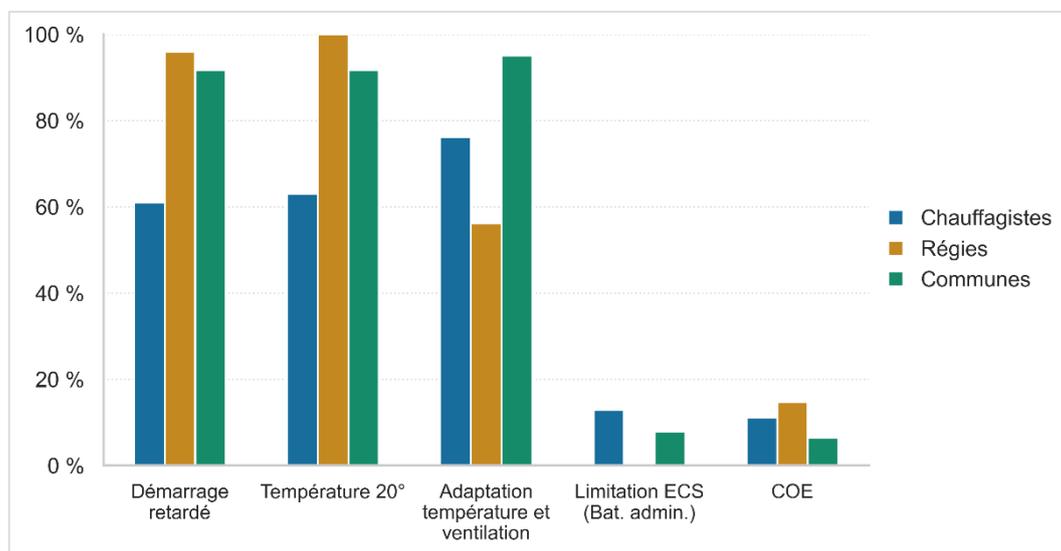


Figure 19 : Mise en œuvre des principales mesures thermiques selon les acteurs. L'abréviation COE signifie « Contrat d'optimisation énergétique ».

L'analyse de ce graphique révèle plusieurs points importants :

- Les mesures prioritaires ont été globalement bien appliquées, notamment le retard de démarrage du chauffage, la limitation de la température, et l'adaptation du chauffage et de la ventilation.
- On observe des différences de perception quant au niveau de mise en œuvre entre les chauffagistes et les régies. Il est important de noter que ces résultats sont basés sur un échantillon limité et doivent donc être interprétés avec prudence.
- La limitation de l'ECS dans les bâtiments administratifs a été très peu suivie, y compris par les communes.

Pour approfondir l'analyse de l'évolution des mesures entre les périodes TF1 et TF2, nous avons comparé la mise en œuvre des mesures thermiques par les communes, comme le montre la Figure 20.

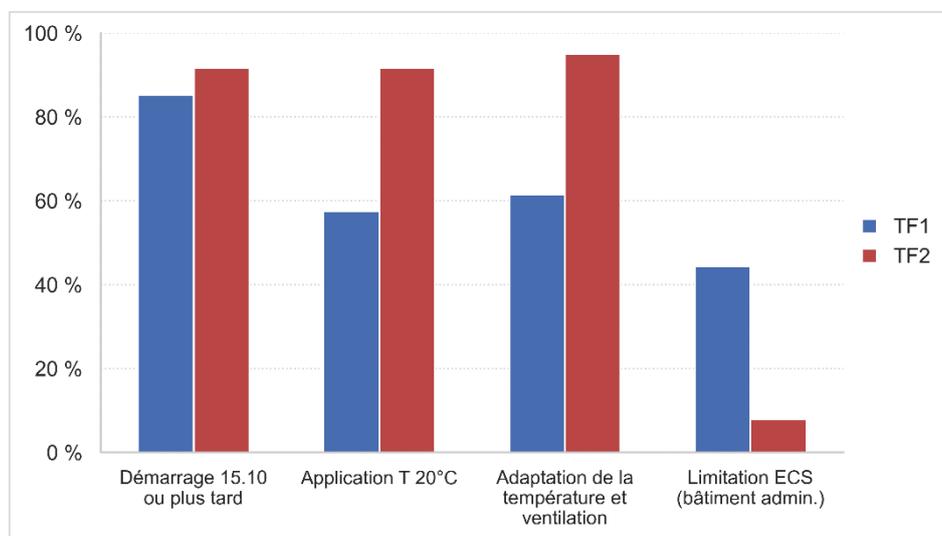


Figure 20 : Mise en œuvre des mesures thermiques par les communes

Ce graphique met en évidence plusieurs tendances :

- Une amélioration générale de la mise en œuvre des mesures prioritaires entre TF1 et TF2, notamment pour le démarrage retardé du chauffage, l'application de la réduction de la température à 20°C, et l'adaptation de la température et de la ventilation.
- Une baisse significative de la limitation de l'ECS dans les bâtiments administratifs, passant d'environ 45% en TF1 à moins de 10% en TF2.

Dans les sections suivantes, nous examinerons en détail les résultats obtenus pour chaque type de mesure, en distinguant les actions liées à la consommation thermique (principalement le gaz) et celles concernant l'électricité.

## 8.1 Thermique

### 8.1.1 Abaissement des températures de chauffage

Mesure du CE : *La température de chauffage est réglée à 20°C dans les bâtiments administratifs, dans les écoles primaires et secondaires et dans les locaux des entreprises ; à 17°C dans les salles de sport ; à 23°C dans les hôpitaux, les EMS, les foyers et les écoles de pédagogie spécialisée.*

Cette mesure a été adressée par le CE à l'administration cantonale en tant qu'obligation, ainsi qu'aux EPA, aux communes, aux entreprises et aux propriétaires de bâtiments de logements en tant que recommandation. Dans sa communication avec les chauffagistes, l'OCEN a recommandé de l'appliquer à l'ensemble des bâtiments, y compris ceux de logement.

L'enquête menée auprès des chauffagistes révèle une application significative de la recommandation de température à 20°C durant l'hiver 2023/2024. Sur l'ensemble des chaufferies gérées par les répondants, 62% ont été réglées selon cette consigne.

L'abaissement des températures de chauffage reste la mesure d'économie d'énergie la plus significative sur le plan thermique. Pour évaluer son impact, nous avons estimé que la demande de chauffage est proportionnelle à la différence entre la température intérieure et extérieure. Nous avons déduit la demande pour l'ECS (consommation normalisée selon les destinations) et celle pour les autres usages (données OCSTAT). Nous avons ensuite comparé la période de référence avec TF1 et TF2. La méthode est détaillée au chapitre 9.

Les résultats de cette analyse montrent que :

- Pour TF1 (hiver 2022-2023), les économies liées à l'abaissement des températures s'élevaient à 128 GWh, représentant près de 90% des économies totales de gaz.
- Pour TF2 (hiver 2023-2024), ces économies ont légèrement augmenté à 141 GWh, constituant 84% des économies totales de gaz pour cette période.

Étant donné l'incertitude inhérente aux calculs et les biais possibles de l'échantillon des enquêtes, ces résultats suggèrent un maintien de l'efficacité de la mesure durant TF2. La légère augmentation en valeur absolue et la baisse en pourcentage doivent être considérés dans la marge d'erreur de nos estimations.

#### Résultats principaux des enquêtes :

Les enquêtes menées auprès des différents acteurs confirment cette tendance :

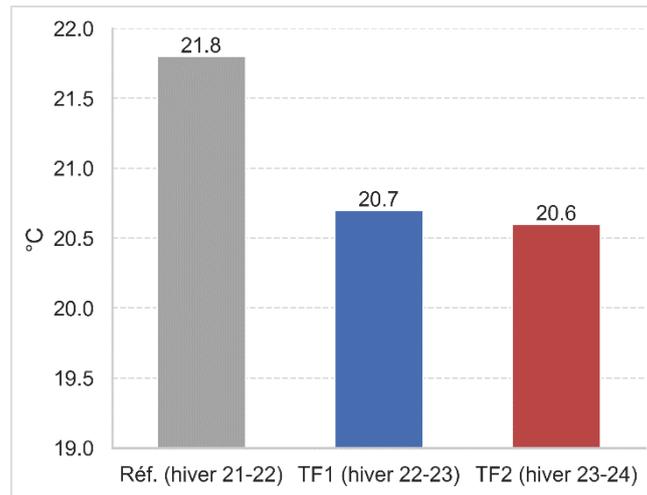


Figure 21: Température moyenne des bâtiments du canton (enquête chauffagistes)

Comme le montre la Figure 21, la température moyenne des bâtiments du canton, selon l'enquête auprès des chauffagistes, a diminué de 21.8°C (référence) à 20.7°C en TF1, puis s'est maintenue à 20.6°C en TF2. Cette baisse d'environ 1°C par rapport à la référence a donc été conservée durant la période TF2.

Type de bâtiment	Temp. moyenne pondérée (TF2)	Nb. de chaufferies	% de chaufferies totales
Immeubles de logement	20.6 °C	1573	71%
Immeubles mixtes (logement + autre activité)	20.8 °C	560	64%
Bâtiments administratifs, bureaux et commerces	20.9 °C	203	87%
Villas	21.6 °C	198	54%
Autres (Industries, etc.)	20.8 °C	127	100%
<b>Tous types de bâtiments</b>	<b>20.7 °C</b>	<b>2661</b>	<b>70%</b>

Tableau 14 : Enquête chauffagiste TF2 (échantillon : 4 chauffagistes - 2661 chaufferies). Question : Veuillez svp indiquer les températures moyennes (en °C) ... [Températures moyennes de vos bâtiments durant cet hiver (2023/2024)].

Concernant les communes, l'application de cette mesure est encore plus prononcée. La Figure 22 détaille l'évolution des températures dans différents types de bâtiments communaux :

- Bâtiments administratifs : baisse de 21.3°C à 20.1°C en TF2, soit une diminution de 1.2°C.
- Écoles, crèches : baisse de 21.7°C à 20.2°C en TF2, soit une diminution de 1.5°C.
- Patrimoine financier (logements et locaux tertiaires) : baisse de 21.0°C à 20.0°C en TF2, une diminution de 1°C.

Ces données montrent que les communes ont appliqué la recommandation de baisse de consigne de température de manière déterminée, avec des baisses significatives dans tous les types de bâtiments.

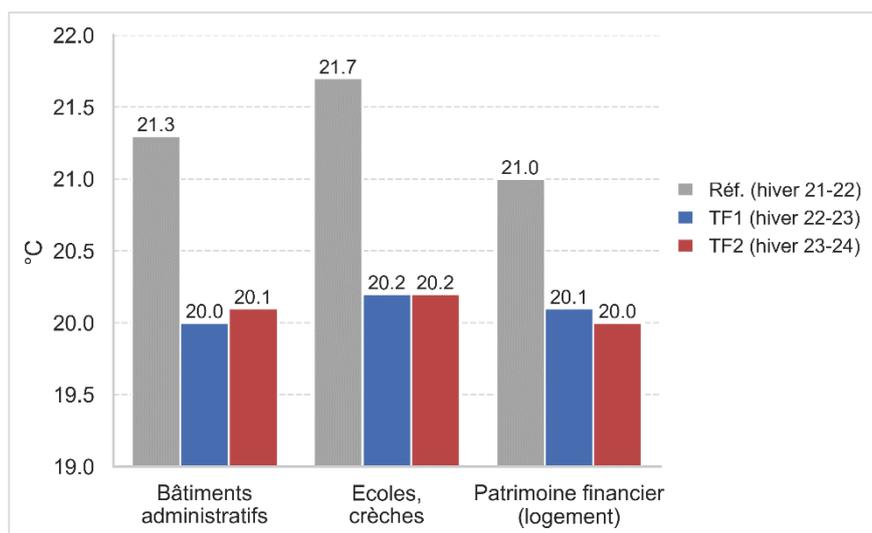


Figure 22 : Température intérieure des bâtiments communaux (enquête communes)

Finalement, l'administration cantonale (OCBA) a donné l'ordre aux chauffagistes de diminuer la température de 2°C sur l'ensemble de son parc, à l'exception de quelques bâtiments. Les économies réalisées suggèrent en effet que cette mesure a été largement appliquée.

Un aspect particulièrement encourageant est l'évolution des plaintes durant l'hiver, illustrée par la Figure 23. Selon l'enquête auprès des régies, les plaintes ont encore diminué en TF2 par rapport à TF1, alors même que les températures des bâtiments n'ont pas été remontées et que le sentiment d'urgence a baissé. Cela pourrait indiquer une acceptation croissante de cette mesure dans la population. Il convient toutefois de noter que ces résultats, bien que portant sur un grand nombre de bâtiments, reposent sur les indications d'un nombre limité de régies (cinq au total).

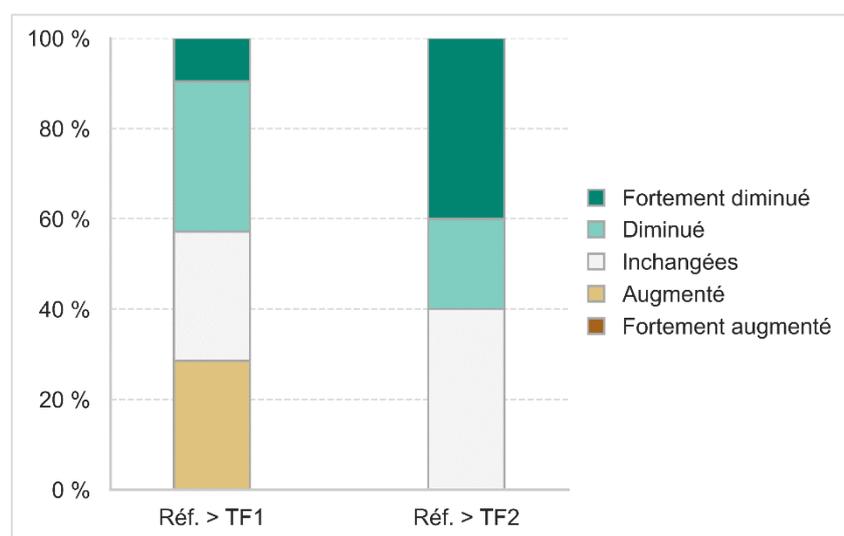


Figure 23: Evolution des plaintes durant l'hiver (enquête régies)

De plus, les acteurs interrogés (régies, chauffagistes, communes) sont majoritairement d'avis que cette mesure pourrait être pérennisée au-delà de la crise énergétique actuelle.

## Résumé des entretiens :

Les entretiens menés auprès des acteurs clés du secteur immobilier et du chauffage à Genève révèlent que l'abaissement des températures de chauffage a été une mesure efficace et progressivement bien acceptée par les occupants.

La mise en œuvre de cette mesure a été accompagnée d'une communication coordonnée entre l'État, le secteur immobilier, les chauffagistes et l'ASLOCA. Une affiche (voir exemple dans la figure ci-dessous) cosignée par ces parties a été largement diffusée dans les immeubles. Les régies ont relayé l'information auprès des locataires, expliquant les raisons de l'abaissement des températures. Cette approche a contribué à une meilleure compréhension de la mesure par les occupants.



Figure 24 : Affiche sur les recommandations d'économie d'énergie dans les logements cosignée par l'Etat et les différents partenaires du domaine immobilier (SIG-éco21, UAPG, AGCV, MBG, USPI, CGI, ASLOCA)

Sur le plan technique, la mesure a été appliquée avec prudence. Les courbes de chauffe ont été abaissées progressivement, souvent par paliers de 0.5°C, pour éviter des changements brusques. Dans certains cas, des ajustements comme l'équilibrage des réseaux de chauffage, le débouillage des installations et le remplacement des vannes thermostatiques ont été nécessaires pour réaliser des économies d'énergie tout en maintenant le confort des occupants.

L'augmentation de l'utilisation d'outils d'optimisation comme les Contrats d'Optimisation Énergétique (COE) et l'emploi de technologies telles que les sondes connectées et la météo prédictive ont permis une gestion plus fine du chauffage.

Les défis ont varié selon les types de bâtiments, avec des approches adaptées pour les bâtiments moins performants énergétiquement, les bâtiments administratifs et les bâtiments mixtes. Pour les bâtiments

moins efficaces, la baisse de température a nécessité une attention particulière pour maintenir le confort.

Un exemple cité par une des régies interrogées a attiré notre attention. Dans les bâtiments mixtes, la séparation des réseaux de chauffage entre les espaces commerciaux et résidentiels s'est avérée bénéfique pour optimiser la consommation.

### **8.1.2 Report du démarrage du chauffage**

Mesure du CE : *Report du démarrage de la saison de chauffe au plus tôt au 15/10, sauf météo exceptionnelle, les bâtiments performants peuvent démarrer plus tard.*

Cette mesure a été officiellement adressée à l'administration cantonale en tant qu'obligation, ainsi qu'aux EPA, aux communes, aux entreprises et aux propriétaires de bâtiments de logement en tant que recommandation.

Pour évaluer l'impact de cette mesure, nous avons utilisé la méthodologie suivante :

- Détermination des signatures énergétiques du chauffage et de l'ECS.
- Calcul de la consommation de gaz hypothétique si le chauffage avait été activé pendant la période habituelle (déterminée à partir du démarrage lors de l'hiver 2021-2022).

Les résultats de notre analyse montrent que :

1. Le report du démarrage du chauffage a été mieux appliqué en TF2 qu'en TF1. Cette amélioration témoigne d'une meilleure adhésion des acteurs à la mesure et d'une coordination plus efficace.
2. Les conditions météorologiques ont joué un rôle crucial dans la mise en œuvre de cette mesure (voir Figure 25)
  - La fin septembre a été plus clémente en TF2 qu'en TF1, facilitant le report du démarrage.
  - En revanche, octobre a été particulièrement doux en TF1, ce qui a facilité le report du démarrage pour les installations n'ayant pas été démarrées lors de la période plus froide de fin septembre, comme par exemple pour l'administration cantonale.

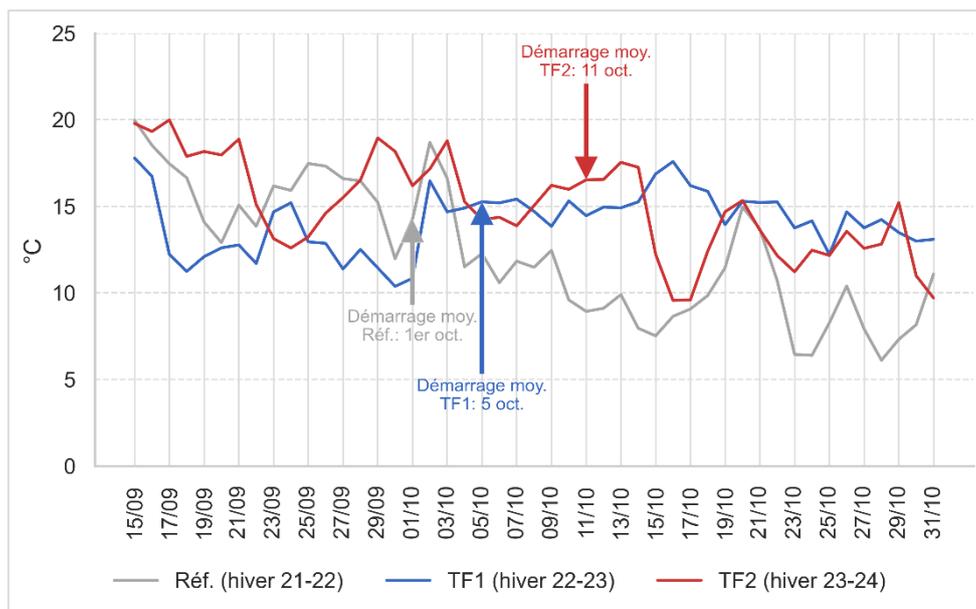


Figure 25 : Température extérieure moyenne journalière pour les périodes de référence (2021-2022), TF1 (2022-2023) et TF2 (2023-2024). Les flèches indiquent les dates moyennes de démarrage du chauffage pour chaque période

L'impact en termes d'économies d'énergie pour la période de démarrage est significatif (entre 5% et 6% des économies totales sur la période), bien qu'il reste difficile à quantifier précisément en raison de sa forte dépendance aux conditions météorologiques.

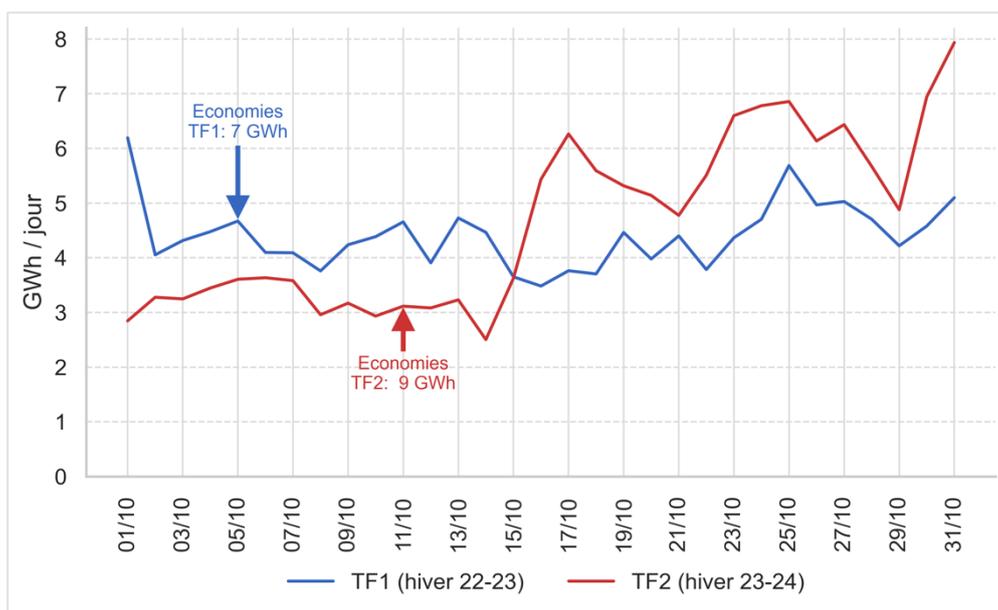


Figure 26: Consommation de gaz journalière en octobre pour les périodes TF1 et TF2

Hiver	Date démarrage	Economies GWh	Part des économies totales
Référence 2021-2022	01.10.2021	-	-
TF1 2022-2023	05.10.2022	7	5%
TF2 2023-2024	11.10.2023	9	6%

Tableau 15 : Tableau récapitulatif des dates de démarrage du chauffage, des économies réalisées et de leur part dans les économies totales pour les périodes de référence, TF1 et TF2

Concernant l'administration cantonale, nous avons observé durant la période TF1 que le démarrage du chauffage avait eu lieu en moyenne le 3 novembre. Pour la période TF2, l'OCBA n'a pas effectué un suivi aussi rigoureux que lors de TF1, ce qui ne nous permet pas de déterminer une date moyenne précise de mise en route. Néanmoins, les économies confirment que cette mesure a été maintenue durant la période TF2.

Concernant les critères de démarrage du chauffage, notre enquête révèle des approches variées selon les acteurs :

- Pour les chauffagistes, l'enquête montre que 4 sur 6 (67%) basent principalement leur décision sur les conditions météorologiques. Parmi eux, un chauffagiste mentionne spécifiquement l'utilisation d'un critère de "nombre de jours consécutifs en-dessous d'une certaine température". Un chauffagiste sur six indique suivre les ordres de la régie, tandis qu'un autre mentionne une date fixe.
- Du côté des régies, 4 sur 5 (80%) prennent en compte les prévisions météorologiques dans leur décision. Parmi elles, 3 régies (60% du total) considèrent également les demandes des locataires, soulignant une approche qui équilibre les considérations techniques avec le confort des occupants. Une régie sur cinq mentionne l'utilisation d'une date fixe.
- Quant aux communes, la majorité (16 sur 26, soit 62%) indique que la météo est un facteur déterminant dans leur décision. Parmi elles, 7 communes mentionnent spécifiquement un critère de nombre de jours sous une certaine température. 5 communes sur 26 (19%) suivent une date fixe, tandis que les autres mentionnent des approches variées, incluant les recommandations cantonales ou des décisions au cas par cas.

Cette diversité d'approches reflète la complexité de la décision de démarrage du chauffage, qui doit prendre en compte non seulement les conditions climatiques, mais aussi les caractéristiques spécifiques des bâtiments et les besoins des occupants. Elle souligne l'intérêt d'une réflexion sur l'établissement de critères plus uniformes, qui pourraient permettre d'optimiser l'efficacité de la mesure tout en tenant compte des spécificités locales et de faciliter la communication et l'adhésion de l'ensemble des acteurs concernés.

Il est intéressant de noter que les communes et les régies interrogées sont majoritairement favorables à pérenniser cette mesure au-delà de la crise énergétique actuelle. En effet, 85% des communes (22 sur 26) et 100% des régies (5 sur 5) interrogées pensent que la température recommandée de 20°C sera maintenue à plus long terme, avec respectivement 31% et 40% d'entre elles répondant "Tout à fait" à cette question. Cette perception positive suggère une acceptation croissante de la mesure et son potentiel d'intégration pérenne dans les pratiques courantes de gestion énergétique. Il est particulièrement notable que parmi les acteurs interrogés, aucune régie et seulement 15% des communes ne pensent pas pouvoir maintenir cette mesure à long terme.

### **8.1.3 Suppression de l'ECS dans les bâtiments administratifs**

Mesure du CE : *Suppression de la distribution d'eau chaude dans les lieux de travail administratifs et les lieux publics sauf dans le cas où le circuit d'eau chaude sanitaire ne peut être totalement mis à l'arrêt et en cas d'exceptions.*

La mesure visant à supprimer l'ECS dans les bâtiments administratifs et publics, initialement proposée lors de l'hiver 2022-2023 (TF1), a connu une application limitée et en déclin pour l'hiver 2023-2024 (TF2).

Lors de la période TF1, cette mesure avait déjà été peu suivie, avec seulement 5% de l'ensemble des bâtiments de bureaux et commerces ayant effectivement coupé l'ECS selon les données recueillies auprès des chauffagistes. Pour la période TF2, nos enquêtes indiquent une baisse encore plus marquée de l'application de cette mesure, avec un taux d'implémentation inférieur à 3%.

Plusieurs facteurs expliquent cette faible adhésion :

- Problèmes techniques : La mise en œuvre de cette mesure s'est heurtée à des difficultés techniques dans de nombreux bâtiments. En particulier, la configuration des systèmes de distribution d'eau chaude ne permet pas toujours une coupure simple et efficace sans impacter d'autres zones du bâtiment.
- Risque de légionellose : Un des principaux freins à l'application de cette mesure est le risque accru de développement de la bactérie *Legionella pneumophila*, responsable de la légionellose, lorsque la totalité de la boucle d'eau chaude ne peut être coupée parce que certains points de puisage doivent être maintenus. En effet, la stagnation de l'eau dans les circuits et le maintien à des températures favorables à la prolifération bactérienne (entre 25°C et 45°C) augmentent significativement ce risque.
- Efficacité énergétique limitée : Dans les cas où il n'était pas possible de couper complètement la circulation d'eau chaude (par exemple, dans les bâtiments avec des douches), le maintien d'une circulation à basse température pour prévenir la légionellose réduit considérablement les économies d'énergie potentielles.
- Acceptabilité sociale : La suppression de l'eau chaude dans les sanitaires a souvent été perçue comme une mesure excessive par les utilisateurs des bâtiments, ce qui a pu influencer la décision des gestionnaires de ne pas l'appliquer ou de l'abandonner après un essai initial.

En conséquence, l'impact de cette mesure sur les économies d'énergie totales est resté marginal. Pour l'hiver 2023-2024, on estime que la suppression de l'ECS dans les bâtiments concernés n'a contribué qu'à environ 0.3% des économies totales de gaz.

Ces résultats soulignent la nécessité de réévaluer l'efficacité et la pertinence de cette mesure dans le cadre des futures stratégies d'économie d'énergie. Il pourrait être plus judicieux de se concentrer sur d'autres actions offrant un meilleur rapport entre les économies réalisées, les contraintes techniques et sanitaires et l'acceptabilité sociale.

#### **8.1.4 Adaptation de la température et la ventilation selon l'occupation des bâtiments**

Les enquêtes et entretiens menées auprès des chauffagistes, des communes et des régions indiquent que l'adaptation de la température et de la ventilation en fonction de l'occupation des bâtiments a été mise en œuvre principalement dans certains types de bâtiments, notamment les bâtiments administratifs, les écoles, et les infrastructures sportives.

Plusieurs communes ont rapporté avoir ajusté les systèmes de chauffage et de ventilation pour réduire les températures et les débits d'air pendant les périodes d'inoccupation, telles que les nuits, les week-ends et les vacances scolaires. Ces mesures ont été facilitées dans les bâtiments équipés de systèmes

de régulation programmables, permettant des abaissements automatiques en dehors des heures d'utilisation.

Les régies ont indiqué que l'application de cette mesure est plus complexe dans les immeubles résidentiels en raison des horaires variés des occupants. Cependant, dans certains immeubles de bureaux et de commerces qu'elles gèrent, des ajustements ont pu être effectués pour adapter les conditions thermiques en fonction de l'occupation réelle des espaces.

Les chauffagistes ont souligné que la mise en place de ces adaptations nécessite souvent des investissements dans des équipements de régulation. Dans certains cas, des contraintes techniques ont limité la possibilité d'ajuster la température et la ventilation de manière optimale.

### 8.1.5 Interdiction du chauffage mobile dans les bâtiments publics

L'application de l'interdiction du chauffage mobile dans les bâtiments publics s'est renforcée entre les périodes TF1 (2022-2023) et TF2 (2023-2024), comme le montre l'analyse pondérée par le nombre de bâtiments.

La proportion de bâtiments où la mesure a été totalement appliquée a augmenté significativement, passant d'environ 32% en TF1 à 48% en TF2. Parallèlement, l'application majoritaire de la mesure a légèrement augmenté, passant d'environ 32% à 37%.

On observe une légère baisse des applications partielles : les bâtiments où la mesure était appliquée "moyennement" sont passés d'environ 19% à 11%, tandis que la catégorie 'un peu' a diminué d'environ 10% à 4%.

Globalement, l'application stricte (totalement ou en majorité) de la mesure est passée d'environ 65% en TF1 à 85% en TF2. Cette évolution démontre un renforcement significatif de l'engagement dans la mise en œuvre de cette mesure d'économie d'énergie.

Ces chiffres témoignent d'une tendance claire vers une application plus rigoureuse de l'interdiction du chauffage mobile.

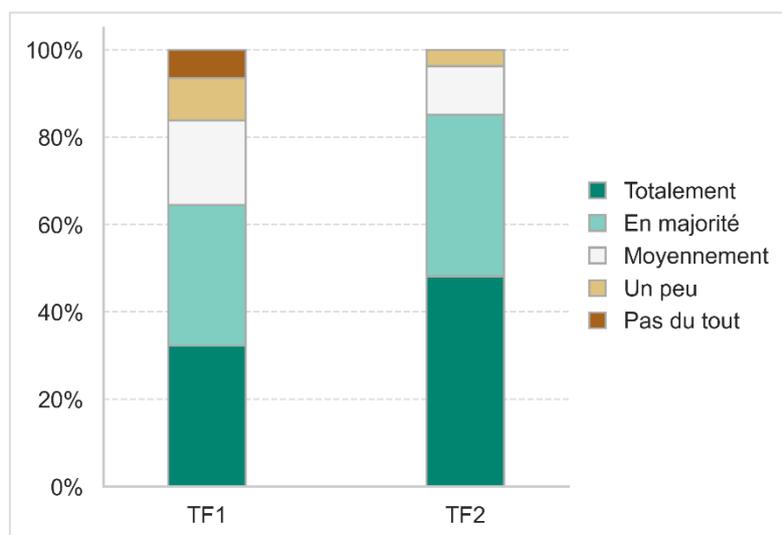


Figure 27 : Application de l'interdiction du chauffage mobile selon les communes (échantillon : 31 communes (TF1), 27 communes (TF2)). Question : Selon votre appréciation, dans quelle mesure l'interdiction de chauffage électrique d'appoint dans les bâtiments publics a-t-elle été appliquée ?

### 8.1.6 Réduction de la température des piscines

Mesure du CE : Réduction des impacts des infrastructures sportives et culturelles ; les mesures précises seront décidées ultérieurement par les communes genevoises.

Dans le cadre des mesures d'économie d'énergie pour les communes, l'association des communes genevoises (ACG) a décidé cet hiver TF2 de porter une attention particulière sur la température des piscines et de recommander une température de 27°C, moins contraignante mais plus facile à être mise en œuvre de manière uniforme sur l'ensemble du canton. La recommandation émise en TF1 était de 26° et, au vu des réactions négatives du public, n'avait pas été respectée de manière systématique par les communes.

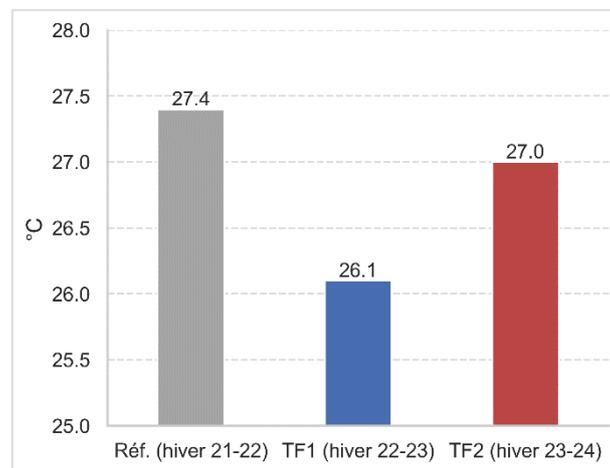


Figure 28 : Température moyenne des piscines communales (échantillon : 6 (Question B et C) ou 7 (Question A) communes).  
Question A : Si vous possédez une ou plusieurs piscines couvertes sur votre commune ... (Veuillez ignorer si ce n'est pas le cas) [Quelle était la température habituelle de l'eau au cours des hivers précédant la crise énergétique (2021/22 et auparavant) ?]  
Question B : Si vous possédez une ou plusieurs piscines couvertes sur votre commune ... (Veuillez ignorer si ce n'est pas le cas) [Quelle a été la température de l'eau durant l'hiver précédent (2022/23) ?]  
Question C : Si vous possédez une ou plusieurs piscines couvertes sur votre commune ... (Veuillez ignorer si ce n'est pas le cas) [Quelle a été la température de l'eau durant cet hiver (2023/24) ?]

Comme le montre la Figure 28, la température moyenne des piscines communales a connu l'évolution suivante :

- En 2021-2022 (période de référence), la température moyenne était de 27.4°C.
- Durant TF1 (2022-2023), une baisse significative a été observée, atteignant 26.1°C.
- Pour TF2 (2023-2024), on constate une remontée à 27.0°C, tout en restant inférieure à la température de référence.

Cette évolution reflète les efforts initiaux importants réalisés durant TF1, suivis d'un ajustement partiel en TF2. Plus précisément :

- Durant TF1, 9 communes sur 14 interrogées ont baissé la température de leurs piscines.

- Pour TF2, sur 7 communes interrogées, 3 ont maintenu une température inférieure à celle d'avant la crise, mais l'ont relevée de 1 à 2°C. Les autres sont revenues à la température initiale.

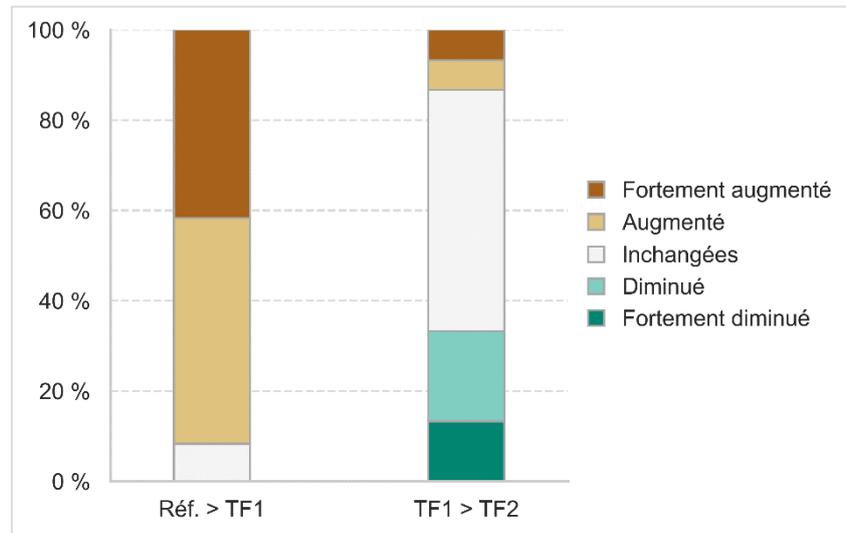


Figure 29 : Evolution des plaintes concernant la température des piscines (échantillon : 13 communes). *Question* : Par rapport à l'hiver précédent (2022/23), cet hiver (2023/24), les plaintes concernant la température de l'eau ont ... [fortement augmenté, augmenté, été inchangée, diminué, fortement diminué]

L'impact de ces changements sur la satisfaction des usagers est illustré par la Figure 29. On observe une évolution notable des plaintes entre TF1 et TF2 :

- Lors du passage de la période de référence à TF1, une augmentation significative des plaintes a été constatée, avec 84% des retours indiquant une augmentation ou une forte augmentation des plaintes.
- Entre TF1 et TF2, la situation s'est nettement améliorée, avec plus de 30% mentionnant une diminution des plaintes.

Cette évolution des plaintes suggère une adaptation progressive des usagers aux nouvelles températures, ainsi qu'un ajustement plus fin des températures par les communes en TF2, trouvant un meilleur équilibre entre économies d'énergie et confort des utilisateurs.

En complément de la réduction de température des bassins, des rénovations significatives du système de ventilation d'une piscine communale ont été effectuées. Les anciennes installations, avec un rendement de récupération de chaleur d'environ 35-40%, ont été remplacées par des systèmes plus efficaces. Pour les vestiaires et la cuisine, des monoblocs de ventilation double flux avec récupérateurs à haut rendement (>70%) ont été installés. La piscine a été équipée d'une centrale de ventilation avec pompe à chaleur pour le chauffage, le refroidissement et la déshumidification. Ces améliorations ont permis une réduction impressionnante de 45% de la consommation thermique, malgré une légère augmentation de la consommation électrique. Le bilan énergétique global reste très positif, démontrant l'efficacité des mesures d'optimisation énergétique dans le secteur des piscines communales.

## 8.2 Electricité

### 8.2.1 Extinction de l'éclairage nocturne des bâtiments non résidentiels

Mesure du CE : *Extinction de l'éclairage nocturne intérieur (locaux, couloirs, vitrines, etc.) et extérieur des bâtiments publics sans activité de nuit, sous réserve d'exception pour des motifs sécuritaires.*

L'extinction de l'éclairage nocturne des bâtiments non résidentiels fait partie des mesures recommandées pour réduire la consommation d'électricité. Les données recueillies auprès des communes pour les périodes TF1 et TF2 montrent une évolution dans l'application de cette mesure.

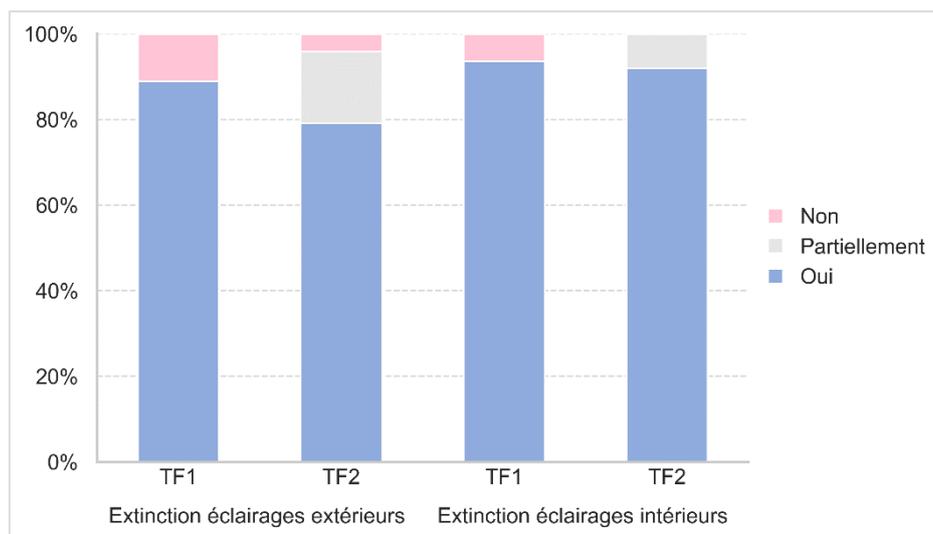


Figure 30 : Extinction de l'éclairage nocturne des bâtiments publics hors activité (échantillon : 22 communes). Question A : Avez-vous éteint les illuminations nocturnes extérieures des bâtiments publics de la commune sans activité de nuit ? Question B : Est-ce que pendant l'hiver 2023/2024, les éclairages intérieurs des bâtiments publics de la commune ont été coupés lorsqu'il n'y avait pas d'activité ?

La Figure 30 illustre l'évolution de l'extinction des éclairages extérieurs et intérieurs des bâtiments publics hors activité entre TF1 et TF2.

#### Eclairages extérieurs

- En TF1, près de 90% des communes appliquaient totalement cette mesure, et environ 10% ne l'appliquaient pas.
- En TF2, on observe une légère amélioration avec plus de 90% des communes l'appliquant, et moins de 10% partiellement.

#### Eclairages intérieurs

- En TF1, plus de 90% des communes appliquaient totalement cette mesure, et moins de 10% ne l'appliquaient pas.
- En TF2, on constate une application totale par la quasi-totalité des communes, avec une part faible d'application partielle.

Ces résultats montrent une adhésion très forte des communes à cette mesure, avec une tendance à l'amélioration entre TF1 et TF2, particulièrement notable pour l'extinction des éclairages intérieurs.

Plusieurs points méritent d'être soulignés :

- Niveau d'application élevé dès TF1 : Dès la première période, la grande majorité des communes avaient déjà mis en place cette mesure, ce qui témoigne d'une réactivité importante face aux recommandations d'économie d'énergie de la TFE.
- Progression entre TF1 et TF2 : Bien que le niveau d'application fût déjà élevé en TF1, on observe une amélioration en TF2, notamment pour les éclairages intérieurs où l'application semble être devenue presque universelle.
- Différence entre éclairages extérieurs et intérieurs : L'extinction des éclairages intérieurs semble légèrement plus facile à mettre en œuvre que celle des éclairages extérieurs, probablement en raison de considérations de sécurité pour ces derniers.
- Absence de non-application : Il est notable qu'aucune commune n'a déclaré ne pas appliquer du tout cette mesure pour l'éclairage intérieur en TF2, ce qui souligne l'engagement général des communes dans cette démarche.

Cette mesure présente plusieurs avantages :

- Facilité de mise en œuvre : Contrairement à d'autres mesures qui peuvent nécessiter des interventions techniques complexes, l'extinction de l'éclairage nocturne est relativement simple à mettre en place.
- Visibilité : Cette action est facilement perceptible par le public, ce qui peut contribuer à sensibiliser la population aux efforts d'économie d'énergie.
- Impact immédiat : Les économies d'énergie sont réalisées dès la mise en place de la mesure, bien que l'impact n'ait pas été quantifié spécifiquement dans les données fournies.

### 8.2.2 Extinction de l'éclairage public

Mesure du CE : *Réduction de l'éclairage nocturne des routes, des rues et des chemins, en tenant compte des contraintes techniques et sécuritaires.*

L'extinction de l'éclairage public a été une mesure importante dans le cadre des efforts d'économie d'énergie du canton. Les données recueillies montrent une réduction progressive de la consommation liée à l'éclairage public sur les périodes TF1 et TF2.

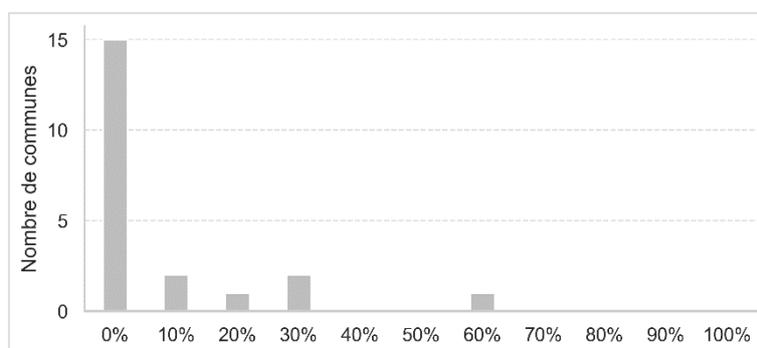


Figure 31 : Pourcentage de points lumineux totalement éteints (échantillon : 21 communes). Question : Selon votre appréciation, dans quelle proportion l'éclairage nocturne public communal (voies communales, parcs, etc.) a-t-il été réduit cet hiver 2023/24 par rapport à la situation précédant la crise

énergétique (hiver 2021/22 et précédents) ? Les réponses concernent la proportion (en pourcentage) des points lumineux concernés (0% signifie qu'aucun point lumineux n'est concerné et 100% signifie que tous les points lumineux sont concernés) [Part de points lumineux totalement éteints]

La Figure 31 indique le nombre de communes selon la part de points lumineux éteints en totalité dans la commune durant la période TF2. Ces résultats représentent les efforts des communes pour réduire la consommation d'énergie en éteignant complètement certains points lumineux. Cela peut correspondre à des stratégies telles que l'extinction d'un luminaire sur deux dans certaines rues, ou l'extinction complète de l'éclairage dans des zones moins fréquentées la nuit.

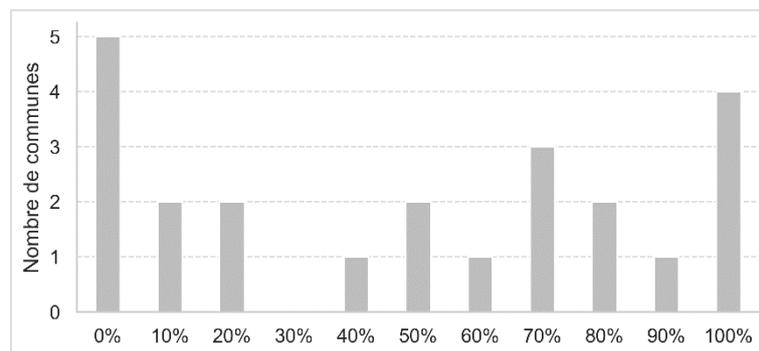


Figure 32 : Pourcentage de points lumineux concernés par des actions d'optimisation (TF2) (échantillon : 23 communes). Question : Selon votre appréciation, dans quelle proportion l'éclairage nocturne public communal (voies communales, parcs, etc.) a-t-il été réduit cet hiver 2023/24 par rapport à la situation précédant la crise énergétique (hiver 2021/22 et précédents) ? Les réponses concernent la proportion (en pourcentage) des points lumineux concernés (0% signifie qu'aucun point lumineux n'est concerné et 100% signifie que tous les points lumineux sont concernés) [Part de points lumineux dont l'éclairage a été réduit en intensité et/ou en durée]

La Figure 32 indique le nombre de communes selon la part de points lumineux de la commune dont l'intensité ou la durée ont été réduite durant TF2. On constate qu'une grande partie des points lumineux ont fait l'objet d'une action d'optimisation. Ceci démontre une volonté importante des communes d'optimiser leur éclairage public. Il est intéressant de noter que ce chiffre est beaucoup plus élevé que celui des extinctions totales, suggérant que de nombreuses actions ont consisté en des réductions d'intensité et/ou durée plutôt qu'en des extinctions complètes.

Malgré ces efforts, la mise en œuvre de cette mesure s'est heurtée à plusieurs difficultés techniques, comme mentionné déjà dans le rapport TF1 :

- **Dégroupage des réseaux** : Les réseaux communaux et cantonaux ne sont souvent pas dégroupés, ce qui complique l'extinction sélective de certaines zones.
- **Contraintes techniques** : L'extinction nécessite généralement une intervention sur le réseau, ce qui peut être complexe et coûteux.
- **Considérations de sécurité** : Certaines zones nécessitent un éclairage constant pour des raisons de sécurité, limitant les possibilités d'extinction.

Ces difficultés expliquent en partie pourquoi, malgré le fait qu'une partie importante des points lumineux aient fait l'objet d'une action d'optimisation, l'impact sur la consommation totale reste modéré, comme le montre le Tableau 16 :

Hiver	Consommation de l'éclairage public (GWh)	Économie (GWh)	Éclairage public économisé (%)	Économies d'éclairage public sur les économies totales du canton (%)
Réf.	9.8	-	-	-
TF1	9.1	0.7	7%	2%
TF2	9.0	0.8	9%	2%

Tableau 16 : Évolution de la consommation et des économies liées à l'éclairage public du canton.

On observe une réduction constante mais modérée de la consommation, passant de 9.8 GWh en période de référence à 9.1 GWh en TF1, puis à 9.0 GWh en TF2. Les économies réalisées sont passées de 0.7 GWh (7%) en TF1 à 0.8 GWh (9%) en TF2.

Ainsi, bien que l'extinction partielle de l'éclairage public démontre une volonté claire d'économie d'énergie, avec près de la moitié des points lumineux concernés par des actions d'optimisation, son impact à l'échelle du canton reste secondaire dans le bilan global des économies d'électricité. Néanmoins, cette mesure conserve une importance symbolique forte et contribue à la sensibilisation du public aux enjeux énergétiques.

## 8.3 Autres résultats provenant des enquêtes

### 8.3.1 Mobilisation et engagement du personnel communal et des chauffagistes dans les mesures d'économie d'énergie

L'investissement des collaborateurs des communes dans l'application des recommandations d'économies d'énergie a connu une évolution positive entre les périodes TF1 (2022-2023) et TF2 (2023-2024) (voir Figure 33).

Pour la période TF2, l'enquête révèle un niveau d'engagement particulièrement élevé : 56% des communes rapportent un investissement "élevé" de leur personnel, tandis que 44% le qualifient de "moyen". Ces résultats sont globalement similaires à ceux obtenus en TF1.

Ces résultats suggèrent une sensibilisation élevée des collaborateurs aux enjeux énergétiques et une appropriation importante des mesures d'économie d'énergie au sein des administrations communales. Elle reflète également l'efficacité des efforts de communication et de formation entrepris par les communes pour impliquer leur personnel dans la démarche d'économie d'énergie.

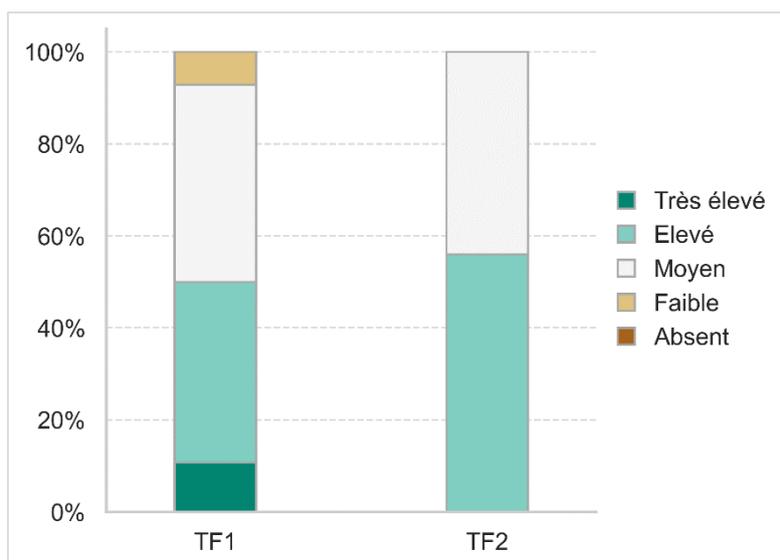


Figure 33 : Évolution de l'investissement des collaborateur.ices des communes dans l'application des recommandations d'économies d'énergie entre TF1 (2022-2023) et TF2 (2023-2024) (échantillon : 25 communes). *Question* : Selon votre appréciation, quel a été l'investissement de la part du personnel de la commune dans l'application des recommandations d'économies d'énergie sur le lieu de travail ?

### 8.3.2 Perception de l'utilité des recommandations de la Task Force Energie

L'utilité des recommandations de la TFE a été évaluée de manière globalement positive par les chauffagistes et les communes, avec quelques nuances (voir Figure 34).

Les chauffagistes ont manifesté une appréciation favorable des recommandations de la TFE. Deux chauffagistes sur cinq les ont jugées "utiles" ou "très utiles", et deux sur cinq "plutôt utiles". Un chauffagiste sur cinq les ont estimées "plutôt inutiles", et aucun ne les a qualifiées d'"inutiles". Cette perception positive suggère que les recommandations ont été bien adaptées aux besoins et aux pratiques des professionnels du chauffage.

Du côté des communes, l'appréciation est également positive, bien que plus modérée. Environ 12% ont trouvé les recommandations "utiles" ou "très utiles", et 76% "plutôt utiles". Trois communes sur 25 (12%) les ont jugées "plutôt inutiles", et aucune ne les a considérées comme "inutiles".

La bonne appréciation des deux groupes témoigne de la pertinence globale des actions proposées par la TFE. La légère différence entre les chauffagistes et les communes pourrait s'expliquer par la nature plus technique et directement applicable des recommandations pour les professionnels du chauffage. Ces résultats encouragent également à poursuivre cette approche tout en continuant à affiner les recommandations pour répondre au mieux aux besoins spécifiques de chaque groupe d'acteurs.

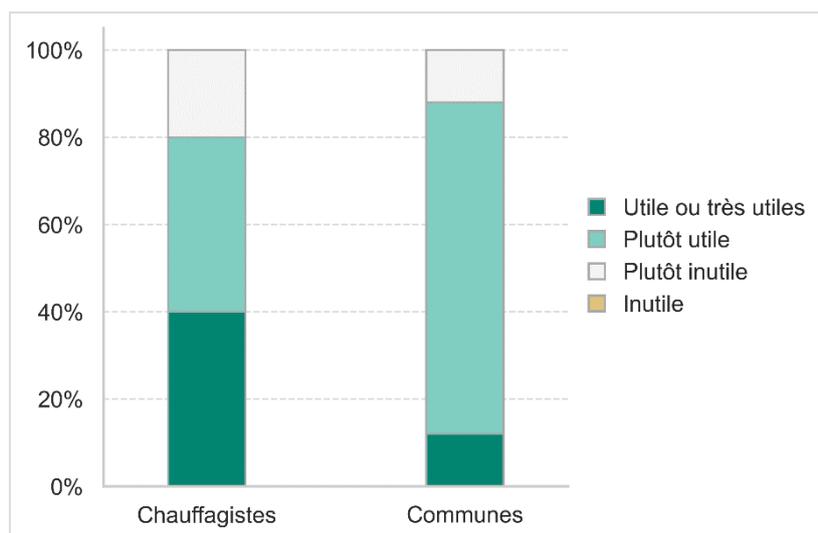


Figure 34 : Perception de l'utilité des recommandations de la TFE (échantillon : 5 chauffagistes, 25 communes). Question : Trouvez-vous que les recommandations de la Task Force Energie vous ont été utiles pour réaliser des économies d'énergie ?

### 8.3.3 Impact à long terme de la crise énergétique sur les pratiques et investissements

L'enquête menée auprès des régies, des chauffagistes et des communes révèle un impact significatif et durable de la crise énergétique sur les pratiques et les investissements liés à l'énergie.

#### Régies immobilières

Les régies anticipent un impact positif à long terme dans plusieurs domaines :

- 100% des régies interrogées (5/5) estiment que la crise aura un impact favorable sur les dynamiques de rénovation des immeubles.
- 80% (4/5) prévoient une meilleure acceptation du retard dans le démarrage des chaufferies.
- 80% (4/5) s'attendent à une acceptation accrue des températures ambiantes de 20°C.
- 80% (4/5) anticipent un impact positif sur les actions éco21 dans leurs immeubles.
- 60% (3/5) pensent que la qualité des relations avec les occupants s'améliorera.

#### Chauffagistes

L'enquête auprès des chauffagistes montre un optimisme marqué :

- 100% des chauffagistes interrogés (5 sur 5) constatent une augmentation de l'intérêt pour les rénovations et optimisations énergétiques, avec 3 répondant "Tout à fait" et 2 "Plutôt oui".

#### Communes

Les communes voient également la crise comme une opportunité d'investissement à long terme :

- 38% des communes interrogées (9/24) affirment que la crise a été une opportunité pour déclencher des investissements à long terme.
- 46% (11/24) estiment que la crise a été partiellement une opportunité.
- Seulement 17% (4/24) ne considèrent pas la crise comme une opportunité d'investissement.

Parmi les investissements cités par les communes, on trouve notamment l'amélioration de l'éclairage public, l'installation de panneaux photovoltaïques (PV) et de pompes à chaleur (PAC).

## 9 Méthodes

### 9.1 Introduction

Cette section présente les méthodes utilisées pour évaluer les économies d'énergie résultant des mesures proposées par la TFE. Notre approche vise à être suffisamment précise de façon à dégager des conclusions valables sur l'impact des initiatives mises en œuvre.

La section 9.2 offre une description des méthodes de calcul des économies d'énergie. Elle explique notamment :

- La définition et l'importance de la période de référence
- L'identification et l'utilisation des variables explicatives pertinentes
- Le développement de modèles de consommation énergétique
- Deux approches distinctes pour calculer les économies réalisées

La section 9.3 apporte des précisions supplémentaires sur les spécificités des modèles et des variables explicatives utilisées. Ces éléments peuvent varier en fonction de plusieurs facteurs :

- Le type d'agent énergétique considéré (électricité, gaz)
- Le secteur d'activité concerné (OCBA, secteurs de l'économie et en particulier pour les EPA)
- La nature spécifique des mesures d'économie étudiées (date de démarrage des chaudières, réduction de la température interne)

### 9.2 Principes et méthodes de calcul des économies d'énergie

#### 9.2.1 Période de référence

La période de référence est une période antérieure aux périodes d'étude TF1 (octobre 2022 à mars 2023) et TF2 (octobre 2023 à mars 2024), choisie comme base de comparaison pour évaluer les économies d'énergie. Elle joue un rôle crucial dans notre méthodologie d'évaluation.

#### Niveau cantonal et sectoriel

Pour les analyses au niveau cantonal et sectoriel, nous avons utilisé l'hiver d'octobre 2021 à mars 2022 comme période de référence. Cette période correspond directement aux périodes d'étude TF1 et TF2, permettant une comparaison cohérente. Pour tenir compte de l'année bissextile durant la période TF2, nous avons ajouté un jour supplémentaire à la période de référence.

#### Comparaison OFEN

Dans le cadre de la comparaison avec l'OFEN, la période de référence s'étend de 2017 à 2022. Ce choix s'aligne sur le modèle de référence utilisé par l'OFEN, assurant ainsi une base de comparaison cohérente avec les données nationales.

#### Flexibilité selon le contexte

La durée de la période de référence peut être ajustée en fonction des analyses spécifiques à réaliser. Par exemple, pour évaluer l'impact du retard de démarrage des chaudières, nous nous concentrons sur les premiers mois d'hiver (septembre à décembre).

Les données de consommation recueillies pendant la période de référence servent de point de départ pour mesurer les progrès réalisés et quantifier les économies d'énergie obtenues grâce aux mesures mises en place.

### 9.2.2 Variables explicatives

On utilise une ou plusieurs variables explicatives qui exercent une influence significative sur la consommation énergétique. Ces variables sont liées aux conditions météorologiques (la température externe, la vitesse du vent, etc.), à l'activité (jours ouvrables, week-ends, jours de vacances) ou à d'autres facteurs pertinents, en particulier pour les EPA (activité du secteur tel le nombre de kilomètre parcourus par les trams, le nombre de passagers à l'aéroport, ou les surfaces utilisées pour les expositions à Palexpo). Le choix de ces variables dépend du contexte spécifique et de leur capacité à expliquer les variations de la consommation énergétique et de la possibilité de les obtenir avec une qualité suffisante. Elles sont détaillées dans la section 9.3.

### 9.2.3 Modèle de consommation énergétique

Un modèle mathématique est développé pour établir une relation entre la consommation énergétique et les variables explicatives choisies. Nous utilisons généralement un modèle mathématique linéaire simple, mais dans des cas plus complexes, des modèles non linéaires ont été appliqués. Concernant les méthodes de régression, ARIMA (autorégressive intégrée à moyenne mobile) est utilisée pour les séries temporelles, combinant des termes autorégressifs, d'intégration pour rendre la série stationnaire, et de moyenne mobile pour capturer les dépendances résiduelles. XGBoost, quant à lui, est une méthode de régression basée sur le boosting de gradient, particulièrement adaptée pour modéliser des relations complexes, qu'elles soient linéaires ou non, tout en optimisant la performance grâce à la régularisation. En Stata, logiciel utilisé pour les simulations, la fonction « arima » permet d'estimer des modèles ARIMA avec des critères de sélection comme AIC et BIC (StataCorp, "Time Series Reference Manual," Stata Press, 2021). En Python, XGBoost s'implémente via la bibliothèque xgboost, compatible avec pandas et scikit-learn (Chen, Tianqi, and Carlos Guestrin. "XGBoost: A Scalable Tree Boosting System." Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 2016).

Le modèle s'exprime sous la forme générale :

$$Conso_{modèle} = f(\text{variables explicatives}) \quad \text{Eq. 1}$$

Ce modèle est calibré en utilisant les données de la période de référence.

### 9.2.4 Calcul des économies : trois approches

Dans cette étude, nous différencions les économies d'énergies réalisées durant la période d'étude (en lien avec les mesures préconisées par la TFE) de la baisse de consommation totale, qui est influencée par des facteurs externes (variables explicatives telles que météo, COVID<sup>8</sup>, substitution gaz/mazout, ...).

---

<sup>8</sup> La variable COVID a été utilisée uniquement dans le cadre de la modélisation pour estimer les paramètres structurels sur la longue période de référence de l'électricité (2015-2022) et éviter tout biais. Toutefois, elle n'a pas été prise en compte pour le calcul des économies d'énergie, car la pandémie ne s'est pas étendue sur les périodes spécifiques d'étude (hivers 2022-2023 et 2023-2024).

Périmètre	Vecteur énergétique	Type de données	Fréquence (base/traitement)	Source	Type de modèle	Paramètres explicatifs	Calibration	Env.
Suisse, Canton	Gaz	Relevés mensuels	mensuel	OFEN, SIG	STL + Régression	DJ mensuels + historique consommation	5 ans avant TF	R
Suisse, Canton	Electricité	Relevés mensuels	mensuel	OFEN, SIG	STL + Régression	DJ mensuels + historique consommation	5 ans avant TF	R
Canton	Gaz	Courbe de charge	horaire/journalier	SIG	Multilinéaire	Température (du jour et précédent, Ensoleillement, Vent, Férié, Température de non-chauffage	Jan21-Sep22	R
Canton	Electricité	Courbe de charge	quart d'heure / journalier	SIG	ARIMA	Jours fériés et week-end, degrés de chauffage et climatisation, Indicateur COVID, ...	2015-2022	Stata
Communes, OCBA, entreprises	Gaz	Relevés mensuels	mensuel	SIG	Ensemble de modèles multilinéaires	Jours fériés et week-end, Température, Indicateur COVID, ...	12 mois	Stata
Communes, OCBA, Entreprises	Electricité	Relevés mensuels	mensuel	SIG	Ensemble de modèles multilinéaires	Jours fériés et week-end, Température, Indicateur COVID, ...	12 mois	Stata
EPA	Gaz	Courbe de charge	horaire/journalier	SIG, EPA	XGBoost	Facteurs météo & autres (>10) + facteurs spécifiques EPA	Jan21-Sep22	Python
EPA	Electricité	Courbe de charge	horaire/journalier	SIG, EPA	XGBoost	Facteurs météo & autres (>10) + facteurs spécifiques EPA	Jan21-Sep22	Python
Logements	Chaleur (én. finale)	Relevés annuels (IDC)	annuel	SITG	Proportionnalité simple	Degrés-Jours	Hiv21-22 (1 valeur)	R

Tableau 17 : Détails concernant l'analyse des économies avec des types de modèle différents.

$$\text{Baisse de consommation} = \text{Conso}_{ref} - \text{Conso}_{étude} \quad \text{Eq. 2}$$

$$\text{Baisse de consommation} = \text{Economies} + \text{Effets variables explicatives} \quad \text{Eq. 3}$$

A noter que les économies d'énergie sur les périodes d'étude (TF1 et TF2) sont calculées en additionnant les économies journalières provenant des simulations. Cela peut être exprimé par l'équation suivante :

$$E_{étude} = \sum_{t=1}^n E_t \quad \text{Eq. 4}$$

Où :

- $E_{étude}$  : L'économie totale sur la période considérée
- $E_t$  : L'économie réalisée le jour t
- n : Nombre de jours dans la période d'étude

Deux méthodes ont été utilisées pour calculer les économies d'énergie en tenant compte de l'influence des variables explicatives. Cela permet également de déduire les variations dues aux variables explicatives.

### Démarche A : méthode directe

Nous modélisons la consommation d'énergie observée durant la période de référence selon les variables explicatives retenues. Une fois le modèle calibré, nous l'appliquons à la période d'étude, ce qui permet d'estimer la consommation à laquelle on aurait pu s'attendre sans les mesures d'économie mises en œuvre. Les économies sont alors calculées comme la différence, pour la période d'étude, entre la consommation prédite par le modèle et la consommation réelle.

$$\text{Economies} = \text{Conso}_{modèleétude} - \text{Conso}_{étude} \quad \text{Eq. 5}$$

Où :

- $\text{Conso}_{modèleétude}$  : Consommation journalière modélisée pour les conditions de la période d'étude
- $\text{Conso}_{étude}$  : Consommation journalière de la période d'étude

L'effet des variables explicatives (notamment l'effet météo) correspond au solde obtenu en déduisant l'économie de la baisse de consommation entre la période de référence et la période d'étude. En combinant les équations 2, 3 et 5, nous obtenons l'équation suivante :

$$\text{Effet variables explicatives} = \text{Conso}_{ref} - \text{Conso}_{modèleétude} \quad \text{Eq. 6}$$

## Démarche B : méthode comparative

Dans cette approche, on rajoute un terme à l'équation Eq. 5 pour retirer l'erreur du modèle observée sur la période de référence. Cette erreur est constituée par l'écart entre la consommation prédite par le modèle et la consommation réelle.

$$\begin{aligned} Economies &= (Conso_{modèle\acute{e}tude} - Conso_{\acute{e}tude}) - (Conso_{modèle\acute{r}\acute{e}f} - Conso_{\acute{r}\acute{e}f}) \\ Economies &= u_{\acute{e}tude} - u_{\acute{r}\acute{e}f} \end{aligned} \quad Eq. 7$$

Où :

- $Conso_{modèle\acute{e}tude}$  : Consommation journalière modélisée pour les conditions de la période d'étude
- $Conso_{\acute{e}tude}$  : Consommation journalière de la période d'étude
- $Conso_{modèle\acute{r}\acute{e}f}$  : Consommation journalière modélisée pour les conditions de la période de référence
- $Conso_{\acute{r}\acute{e}f}$  : Consommation journalière de la période de référence

On considère ainsi que les économies découlent de la différence des erreurs d'ajustement. Comme  $u_{\acute{e}tude} = (Conso_{modèle\acute{e}tude} - Conso_{\acute{e}tude})$  est estimé sur la base de la période de référence, on fait l'hypothèse implicite qu'il contient un biais systématique dû aux économies d'énergie. En faisant sa différence avec  $u_{\acute{r}\acute{e}f} = (Conso_{modèle\acute{r}\acute{e}f} - Conso_{\acute{r}\acute{e}f})$ , qui est de moyenne nulle par construction, on met en évidence les économies.

L'effet des variables explicatives (Eq. 8) est alors obtenu en soustrayant les économies de la baisse de consommation, en combinant les équations 2, 3 et 7 :

$$Effet\ variables\ explicatives = Conso_{modèle\acute{r}\acute{e}f} - Conso_{modèle\acute{e}tude} \quad Eq. 8$$

## Démarche C : méthode explicite

Dès que nous avons disposé d'un recul suffisant permettant de récolter assez de données sur la période TFE, nous avons pu tenter d'estimer explicitement les économies au moyen d'un modèle linéaire (cf Eq. 1) dans lequel nous avons ajouté une variable 0/1, nommée *écono*. Cette variable vaut 1 durant les TFE, et 0 auparavant. Ainsi le paramètre  $\gamma$  donne une évaluation directe des économies.

$$Conso_{modèle} = f(variables\ explicatives) + \gamma \times \acute{e}cono$$

Relevons que dans ce cas, les estimations statistiques se font sur l'ensemble des observations disponibles, et non plus sur la seule période de référence.

## 9.3 Modélisation des économies selon les niveaux d'analyse

### 9.3.1 Economies gaz au niveau cantonal méthode UNIGE

Pour l'analyse de la consommation de gaz au niveau cantonal, nous avons utilisé un modèle de régression qui prend en compte plusieurs variables explicatives. Ce modèle de régression s'exprime sous la forme suivante :

$$P(j) = \alpha_0 + \alpha_1 * (T_0 - T_{ext}(j))^+ + \alpha_2 * (T_0 - T_{ext}(j - 1))^+ + \alpha_3 * Rad(j) + \alpha_4 * Prec(j) + \alpha_5 * Vent(j) + \alpha_6 * JF(j) \quad Eq. 9$$

Où :

- $P(j)$  : Puissance moyenne journalière estimée pour le jour j
- $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_6$  : Coefficients à estimer
- $T_0$  : Température de non-chauffage, fixée à 17 °C
- $T_{ext}(j)$  : Température extérieure moyenne du jour j
- $T_{ext}(j - 1)$  : Température extérieure moyenne du jour j-1 (pour prendre en compte l'inertie des bâtiments)
- $Rad(j)$  : Irradiation solaire moyenne du jour j
- $Prec(j)$  : Précipitation du jour j
- $Vent(j)$  : Vitesse moyenne du vent du jour j
- $JF(j)$  : Variable indicatrice pour les jours fériés
- $+$  : Seulement les valeurs positives sont prises en compte

Ce modèle a été choisi pour sa capacité à capturer les différents facteurs influençant la consommation de gaz au niveau cantonal. Il prend en compte non seulement la température extérieure moyenne du jour actuel et du jour précédent (inertie thermique), mais aussi d'autres variables météorologiques importantes comme l'irradiation solaire, les précipitations et la vitesse du vent. L'inclusion d'un indicateur pour les jours fériés, week-end et vacances permet également de tenir compte des variations de consommation liées aux changements d'activité durant ces jours.

Pour l'implémentation et l'analyse de ce modèle, nous avons utilisé le langage de programmation R. Le modèle de régression est estimé en utilisant une méthode numérique de Newton (méthode du gradient) pour minimiser la somme des carrés des résidus.

### 9.3.2 Economies électricité au niveau cantonal méthode UNIGE

Pour l'analyse de la consommation d'électricité au niveau cantonal, nous avons élaboré un modèle plus complexe que celui utilisé pour le gaz, intégrant l'autocorrélation des données afin d'optimiser la précision de notre évaluation. Le modèle sélectionné est un ARIMA (Auto-Regressive Integrated Moving Average) avec variables exogènes.

L'équation pour la puissance moyenne journalière est la suivante :

$$\begin{aligned}
 P(j) = & \beta_0 + \beta_1 * P(j - 7) + \beta_2 * J_0(j) + \beta_3 * J_1(j) + \beta_4 * J_2(j) + \beta_5 * J_3(j) \\
 & + \beta_6 * J_4(j) + \beta_7 * J_5(j) + \beta_8 * J_6(j) + \beta_9 * Fete(j) + \beta_{10} \\
 & * DegreClim(j) + \beta_{11} * DegreChauffage(j) + \beta_{12} * Covid(j) \\
 & + \varepsilon(j)
 \end{aligned}
 \tag{Eq. 10}$$

Où :

- $P(j)$  : Puissance moyenne journalière pour le jour j
- $P(j - 7)$  : Puissance moyenne journalière 7 jours avant (terme autorégressif)
- $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{12}$  : Coefficients à estimer
- $J_0(j), J_1(j), J_2(j), \dots, J_6(j)$  : Variables indicatrices pour chaque jour de la semaine
- $Fete(j)$  : Variable indicatrice pour les jours fériés
- $DegreClim(j)$  : Moyenne journalière des valeurs horaires maximales entre  $(T_{ext}(h) - 23)$  et 0, où  $T_{ext}(h)$  est la température extérieure horaire
- $DegreChauffage(j)$  : Moyenne journalière des valeurs horaires maximales entre  $(13 - T_{ext}(h))$  et 0, où  $T_{ext}(h)$  est la température extérieure horaire

- $Covid(j)$  : Variable indicatrice pour les périodes de télétravail liées au COVID-19<sup>9</sup>
- $\varepsilon(j)$  : Terme d'erreur

Le modèle ARIMA utilisé est un AR(1) avec des termes de moyenne mobile (MA) aux ordres 2 et 6.

Ce modèle a été choisi après analyse des autocorrélations partielles des résidus, qui ont montré la nécessité d'inclure ces termes pour capturer adéquatement la structure temporelle des données.

Les économies d'électricité ont été évaluées en utilisant la méthode B1 décrite à la section 9.2.4. En raison de la diversité des usages de l'électricité, il n'est pas possible de modéliser la consommation du réseau à l'aide d'une relation d'ingénierie simple basée sur un nombre restreint de variables explicatives. La méthode appliquée repose donc principalement sur des techniques d'analyse de données. Par conséquent, les économies ne peuvent être définies par une expression mathématique unique, ce qui justifie la formulation indirecte présentée dans la section 9.2.4.

Pour l'estimation du modèle pour la période TF1, nous avons utilisé l'ensemble des données disponibles depuis janvier 2015 jusqu'au 30 septembre 2022. Pour la période TF2, afin d'optimiser la précision de notre analyse, nous avons intégré les données couvrant la période TF1 (jusqu'au 30 septembre 2023) dans la calibration du modèle. Cette approche implique que les économies estimées pour la période TF2 représentent des effets cumulés, combinant les économies de TF1 par rapport à la référence et celles de TF2 par rapport à TF1. Cette démarche a nécessité un ajustement méthodologique dans la formulation des économies, permettant d'incorporer les nouvelles données lorsque cela était pertinent. Le processus a impliqué une évaluation rigoureuse de l'estimation de TF1 pour détecter d'éventuels biais systématiques. Ces biais, une fois identifiés et quantifiés, ont été pris en compte dans l'estimation de TF2. Cette approche a permis de corriger les estimations des économies de TF2 sur la base d'une analyse rétrospective des imprécisions observées dans les résultats de TF1, améliorant ainsi la robustesse globale de notre évaluation.

### 9.3.3 Economies gaz et électricité méthode OFEN

Pour comparer les économies de gaz et d'électricité au niveau fédéral versus cantonal, une méthode inspirée de celle utilisée par l'OFEN a été appliquée. La méthode utilisée pour l'estimation des économies de gaz et d'électricité selon l'OFEN repose sur une approche permettant de séparer les effets climatiques, plus particulièrement la température externe à travers les Degrés-jours de chauffage. Cette méthode a été utilisée pour l'évaluation des économies d'énergie à l'échelle nationale.

#### Données d'entrée

Deux types de données principales sont utilisées pour cette estimation :

##### 1. Données météorologiques :

- Degrés-jours mensuels en base 12/20 (HDD).
- Période de référence : janvier 2000 à avril 2024.
- Source spécifique à Genève : Station Météo-Suisse de Cointrin.

##### 2. Données de consommation de gaz :

---

<sup>9</sup> Périodes COVID-19 définies du 16 mars 2020 au 2 septembre 2020 (172 jours) et du 13 janvier 2021 au 31 mai 2021 (139 jours).

- Consommations mensuelles pour la Suisse allant de janvier 2000 à mars 2024.
- Source : OFEN, avec des données horaires agrégées en mensuel.
- Consommations mensuelles pour Genève allant de juillet 2014 à mars 2024.
- Source : Services Industriels de Genève (SIG), avec des données horaires agrégées en mensuel.

## Méthodologie

La méthodologie suivie pour l'estimation des économies d'énergie repose sur plusieurs étapes :

### 1. Définition d'une période de référence

Une période de référence de cinq ans est définie pour chaque mois, afin de comparer les consommations de gaz ou d'électricité. Généralement, cette période s'étend de 2017 à 2021 pour les mois de juillet à décembre, et de 2018 à 2022 pour les mois de janvier à juin. Cette période de référence permet de calculer une consommation moyenne mensuelle,  $Q_{ref(m)}$  qui sert de base pour les comparaisons.

### 2. Estimation de la baisse de consommation

L'estimation de la baisse de consommation se fait en plusieurs étapes :

#### a) Calcul de la baisse totale :

La baisse totale de la consommation est estimée en calculant la différence entre la consommation de référence et la consommation réelle pour chaque mois :

$$Q_{redTot(a,m)} = Q_{ref(m)} - Q_{(a,m)} \quad Eq. 11$$

Où :

- $Q_{redTot(a,m)}$  : Baisse totale de la consommation pour le mois m de l'année a
- $Q_{ref(m)}$  : Consommation de référence pour le mois m
- $Q_{(a,m)}$  : Consommation de gaz ou d'électricité pour le mois m de l'année a

Cette réduction totale est ensuite décomposée en deux éléments principaux : l'effet climatique et les économies d'énergie dues aux mesures d'optimisation.

#### b) Décomposition de la consommation :

Pour cette décomposition, un modèle STL (Seasonal-Trend decomposition using Loess) est utilisé. Ce modèle permet de distinguer la composante saisonnière, la tendance à long terme, et la partie résiduelle des données de consommation. La formule générale utilisée est la suivante :

$$Q_{(a,m)} = STL_{Season(m)} + STL_{Trend(a,m)} + STL_{Remain(a,m)} \quad Eq. 12$$

Où :

- $Q_{(a,m)}$  : Consommation de gaz ou d'électricité pour le mois m de l'année a
- $STL_{Season(m)}$  : Composante saisonnière
- $STL_{Trend(a,m)}$  : Tendance à long terme
- $STL_{Remain(a,m)}$  : Composante résiduelle

### 3. Estimation des économies hors effet climat :

Pour estimer les économies hors effet climatique, la méthode OFEN utilise une régression quantile permettant de modéliser la consommation en tenant compte de la variation des degrés-jours par rapport à la moyenne historique. L'équation suivante est appliquée :

$$QQR_{(a,m)} = r_0 + r_1 * Diff_{HDD(a,m)} + r_2 * STL_{Season(m)} + r_3 * STL_{Trend(a,m)} \quad Eq. 13$$

Où :

- $QQR_{(a,m)}$  : Consommation estimée pour le mois m de l'année a
- $r_0, r_1, r_2, r_3$  : Coefficients de la régression quantile
- $Diff_{HDD(a,m)}$  : Différence entre les degrés-jours réels et ceux de la période de référence
- $STL_{Season(m)}$  : Composante saisonnière
- $STL_{Trend(a,m)}$  : Tendance à long terme

L'effet climatique est ensuite isolé en soustrayant la consommation estimée hors effet climat de la consommation totale estimée :

$$Q_{EffetClimat(a,m)} = QQR_{(a,m)} - QQR_{NoClim(a,m)} \quad Eq. 14$$

Où :

- $Q_{EffetClimat(a,m)}$  : Variation de la consommation due à l'effet climatique pour le mois m de l'année a
- $QQR_{(a,m)}$  : Consommation estimée pour le mois m de l'année a
- $QQR_{NoClim(a,m)}$  : Consommation estimée hors effet climatique pour le mois m de l'année a

Finalement, les économies d'énergie hors effet climatique sont calculées comme suit :

$$Q_{Economies(a,m)} = Q_{redTot(a,m)} - Q_{EffetClimat(a,m)} \quad Eq. 15$$

Où :

- $Q_{Economies(a,m)}$  : Economies d'énergie
- $Q_{redTot(a,m)}$  : Baisse totale de la consommation pour le mois m de l'année a
- $Q_{EffetClimat(a,m)}$  : Variation de la consommation due à l'effet climatique pour le mois m de l'année a

Cette méthode permet ainsi de fournir une estimation des économies d'énergie réalisées, en distinguant les effets liés aux conditions météorologiques des économies obtenues grâce aux mesures d'efficacité énergétique mises en place.

#### 9.3.4 Economies gaz et électricité pour les différents secteurs

Pour l'analyse des consommations de gaz et d'électricité au niveau des secteurs, utilisant des données mensuelles, nous avons développé des modèles plus détaillés qui tiennent compte des spécificités des installations et de la saisonnalité de la consommation.

##### Modèle de consommation électrique

Pour l'électricité, nous avons utilisé un modèle de différence qui compare la consommation d'un mois donné à celle du même mois de l'année précédente. Le modèle s'exprime comme suit :

$$\Delta Cons_{(i,t)} = \alpha_1 Cons_{(i,t-12)} + \alpha_2 Econo_{(i,t)} + \alpha_3 DegChauf_{(i,t)} + \alpha_4 DegClim_{(i,t)} + \alpha_5 Ferie_{(i,t)} + \alpha_6 Vacances_{(i,t)} + \alpha_7 Covid_{(i,t)} + \varepsilon_{(i,t)} \quad Eq. 16$$

Où :

- $\Delta Cons_{(i,t)}$  : Différence de consommation de l'installation i entre le mois t et le même mois de l'année précédente
- $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_7$  : Coefficients à estimer
- $Cons_{(i,t-12)}$  : Consommation de l'installation i pour le mois t de l'année précédente
- $Econo_{(i,t)}$  : Variable évaluant les économies d'énergie pendant les périodes TF1 et TF2
- $DegChauf_{(i,t)}$  : Besoins de chauffage, moyenne journalière des valeurs horaires maximales entre  $(13 - T_{ext(h)})$  et 0, où  $T_{ext(h)}$  est la température extérieure horaire
- $DegClim_{(i,t)}$  : Besoins de climatisation, moyenne journalière des valeurs horaires maximales entre  $(T_{ext(h)} - 23)$  et 0, où  $T_{ext(h)}$  est la température extérieure horaire
- $Ferie_{(i,t)}$  : Nombre de jours fériés pendant le mois t
- $Vacances_{(i,t)}$  : Nombre de jours de vacances scolaires pendant le mois t
- $Covid_{(i,t)}$  : Nombre de jours pendant le mois t avec restrictions COVID<sup>10</sup>
- $\varepsilon_{(i,t)}$  : Terme d'erreur

Ce modèle est ajusté pour chaque installation en utilisant une approche de sélection de variables basée sur la significativité statistique.

### Modèle de signature énergétique pour le chauffage (CAD & GAZ)

Pour le gaz et le chauffage à distance (CAD), nous avons développé un modèle de signature énergétique plus complexe qui tient compte des périodes de chauffage et hors chauffage. Le modèle de base s'écrit :

$$C_t = a + \delta_t(b + cT_{air_t}) \quad Eq. 17$$

Où :

- $C_t$  : Consommation au temps t
- $a$  : Consommation journalière d'ECS
- $b, c$  : Paramètres liés au chauffage
- $\delta_t$  : Indicateur de la période de chauffage
- $T_{air_t}$  : Température moyenne extérieure du jour t

Pour l'estimation des économies, nous avons étendu ce modèle en distinguant les périodes avant et après l'introduction de la politique énergétique (octobre 2022) :

$$C_m = N_m a + [N_{m_{avant}}^{ch} * b_{avant} + c_{avant} * \sum T_{air_{avant}}] + [N_{m_{après}}^{ch} * b_{après} + c_{après} * \sum T_{air_{après}}] + c_{été} Eté_m + u_t \quad Eq. 18$$

Où :

- $C_m$  : Consommation du mois m

<sup>10</sup> Périodes Covid-19 définies du 16 mars 2020 au 2 septembre 2020 (172 jours) et du 13 janvier 2021 au 31 mai 2021 (139 jours).

- $N_m$  : Nombre de jours du mois m
- $a, b_{avant}, c_{avant}, b_{après}, c_{après}, c_{été}$  : Paramètres du modèle
- $N_{m_{avant}}^{ch}$  : Nombre de jours de chauffage avant octobre 2022 dans le mois m
- $T_{air_{avant}}$  : Somme des températures journalières avant octobre 2022
- $N_{m_{après}}^{ch}$  : Nombre de jours de chauffage après octobre 2022 dans le mois m
- $T_{air_{après}}$  : Somme des températures journalières après octobre 2022
- $Eté_m$  : Variable indicatrice pour les mois d'été (0 ou 1)
- $u_t$  : Terme d'erreur pour le mois m

Ce modèle permet d'estimer les économies en comparant les consommations prédites avec les paramètres "avant" et "après" pour la période post-octobre 2022.

### Modèle mixte (CAD & GAZ)

Pour certaines installations dont le profil de consommation ne correspond pas au modèle de signature énergétique standard (par exemple, les piscines avec une demande plus forte en été), nous avons développé un modèle mixte. La décision d'utiliser ce modèle est basée sur un test statistique comparant les coefficients avant et après la période d'économie.

Ces modèles nous permettent d'analyser finement les consommations de gaz et d'électricité au niveau des secteurs, en tenant compte des spécificités de chaque installation et des effets de la politique d'économie d'énergie mise en place.

### Modèle de consommation de gaz et d'électricité des EPA

Pour estimer les économies de gaz et d'électricité des EPA, un modèle de Machine Learning du type « XGBoost » a été développé en utilisant la régression XGBoost<sup>11</sup> de la librairie « xgboost »<sup>12</sup> en python. XGBoost est un algorithme d'apprentissage automatique qui utilise des ensembles d'arbres de décision pour faire des prédictions précises. Les arbres de décision sont créés de manière itérative, chaque nouvel arbre corrigeant les erreurs commises par les arbres précédents, ce qui améliore progressivement la précision du modèle. Pour chaque EPA, selon la disponibilité des données de consommation et des variables explicatives propre au fonctionnement de l'EPA, le modèle a été calibré soit sur la période du 1 janvier 2018 au 30 septembre 2022 soit du 1 janvier 2021 au 30 septembre 2022 avec des données journalières.

En plus des variables liées aux conditions météorologiques (degrés de chauffage et climatisation, précipitations, vitesse du vent, irradiation globale et diffuse) et l'activité (jours de week-end, vacances, période de COVID, jours fériés, période de Noël), d'autres facteurs influençant la consommation d'énergie ont été pris en compte pour certains des EPA (voir Tableau 18).

EPA	Variables explicatives propres au fonctionnement de l'EPA
Aéroport de Genève	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre de passagers</li> <li>• Fret total (kg)</li> </ul>
TPG	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kilomètre parcouru</li> <li>• Type d'horaires (4 variables binaires (0,1) : normal, vacances, samedi, dimanche)</li> <li>• Jour de grève (variable binaire (0,1))</li> </ul>
Palexpo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surface occupée (m<sup>2</sup>) :</li> </ul>

<sup>11</sup> Paramètres : `n_estimators = 500`, `max_depth = 3`, `learning_rate = 0.1`, `colsample_bytree = 1`, `subsample = 0.8`, `random_state = 42`

<sup>12</sup> <https://xgboost.readthedocs.io/en/latest/python/index.html> (dernier accès 26 août 2024).

- 
- Évènement en cours
  - Montage
  - Démontage
  - Total (évènement en cours, montage, démontage)
  - Variable binaire (0,1) identifiant les jours du Salon international de l'automobile
  - Variable binaire (0,1) identifiant les jours d'évènement « Watches & Wonders »
- 

Tableau 18 : EPA et variables explicatives additionnelles

Les économies d'énergie ont été calculées ensuite avec la méthode directe (voir section 9.2.4), comme la différence entre la consommation prédite par le modèle et la consommation réelle de la période d'étude.

### 9.3.5 Economies par type de mesure

#### Economies provenant de l'abaissement des températures de chauffage

Objectif : Quantifier les économies de gaz réalisées grâce à l'abaissement des températures de chauffage dans les bâtiments, en analysant les périodes TF1 (hiver 2022-2023) et TF2 (hiver 2023-2024).

##### 1. Données utilisées :

Les données utilisées pour les calculs proviennent des SIG, de l'OCSTAT et des enquêtes menées auprès des chauffagistes.

- Consommation totale de gaz au niveau cantonal ( $C_{totale}$ )
- Part de gaz utilisé pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire (ECS) ( $P_{chauffage+ECS}$ )
- Consommation de gaz pour l'ECS ( $C_{ECS}$ )
- Températures internes moyennes ( $T_{int}$ ) issues des enquêtes auprès des chauffagistes pour la période de référence et les périodes TF1 et TF2. La réponse de chaque chauffagiste est pondérée avec le nombre de bâtiments qu'il gère.
- Température externe moyenne ( $T_{ext}$ ) pour chaque période, basée sur les données météorologiques journalières

##### 2. Estimation de la consommation de gaz pour le chauffage

$$C_{chauffage} = (C_{totale} * P_{chauffage+ECS}) - C_{ECS} \quad \text{Eq. 19}$$

Où :

- $C_{chauffage}$  : Consommation de gaz estimée pour le chauffage
- $C_{totale}$  : Consommation totale de gaz au niveau cantonal
- $P_{chauffage+ECS}$  : Part de gaz utilisé pour le chauffage et l'ECS
- $C_{ECS}$  : Consommation de gaz pour l'ECS

##### 3. Méthodologie de calcul des économies

- a) Calcul de la consommation ajustée de gaz pour le chauffage :

$$C_{ajustée} = C_{chauffage} * \frac{(T_{int_{réf}} - T_{ext})}{(T_{int_{TF}} - T_{ext})} - C_{chauffage} \quad Eq. 20$$

Où :

- $C_{ajustée}$  : Consommation de gaz ajustée pour le chauffage
- $C_{chauffage}$  : Consommation de gaz estimée pour le chauffage
- $T_{int_{réf}}$  : Température intérieure pendant la période de référence
- $T_{ext}$  : Température extérieure moyenne pour la période considérée
- $T_{int_{TF}}$  : Température intérieure pendant la période TF (TF1 ou TF2)

b) Calcul de la part des économies attribuables à la réduction de température interne :

$$Part_{économies} = \left( \frac{C_{ajustée}}{C_{réf}} \right) * 100 \quad Eq. 21$$

Où :

- $Part_{économies}$  : Part des économies attribuables à la réduction de la température intérieure
- $C_{ajustée}$  : Consommation de gaz ajustée pour le chauffage
- $C_{réf}$  : Valeur de référence pour les économies d'énergie totales

#### 4. Analyse des données d'enquête

Les enquêtes menées auprès des chauffagistes ont fourni les températures internes moyennes utilisées dans les calculs. La température annoncée dans l'enquête a été pondérée avec le nombre de bâtiments gérés par le chauffagiste (ou entreprise de chauffage) répondant à l'enquête. Ensuite, une moyenne a été utilisée.

#### Economies provenant du report du démarrage du chauffage

Pour évaluer l'impact du report du démarrage du chauffage, nous avons développé une méthode basée sur l'analyse des signatures énergétiques au niveau cantonal. Cette approche permet d'isoler l'effet du chauffage des autres usages du gaz et d'estimer les économies réalisées grâce au report du démarrage.

##### 1. Modélisation de la signature énergétique

Nous avons utilisé un modèle de régression linéaire par morceaux pour représenter la relation entre la consommation de gaz et la température extérieure. Le modèle est défini comme suit :

$$C_T = \{ a_1 * T + b_1, si T \leq T_{seuil}; a_2 * T + b_2, si T > T_{seuil} \} \quad Eq. 22$$

Où :

- $C_T$  : Consommation journalière de gaz pour le jour T
- $a_1, a_2, b_1, b_2$  : Paramètres du modèle
- $T$  : Température extérieure moyenne journalière
- $T_{seuil}$  : Température de seuil, déterminée par l'analyse

##### 2. Périodes d'analyse

Nous avons défini trois périodes d'analyse :

- Période de référence : du 1er juillet 2021 au 31 mars 2022
- Période TF1 : du 1er juillet 2022 au 31 mars 2023
- Période TF2 : du 1er juillet 2023 au 31 mars 2024

### 3. *Calibration du modèle*

Pour chaque période, nous avons calibré le modèle en utilisant la méthode des moindres carrés. Les données ont été séparées en deux groupes autour de la température de seuil, qui est déterminée de manière à optimiser l'ajustement du modèle.

### 4. *Détermination du jour de démarrage du chauffage*

Pour identifier le jour de démarrage du chauffage, nous avons analysé l'évolution de la consommation de gaz en fonction de la température. Le jour de démarrage est déterminé comme étant celui où la consommation de gaz commence à augmenter significativement avec la baisse de température, indiquant le début de l'utilisation du chauffage.

### 5. *Estimation des économies*

Pour estimer les économies liées au report du démarrage du chauffage, nous avons procédé comme suit :

- Nous avons appliqué la signature énergétique de référence aux températures observées pendant les périodes TF1 et TF2 pour obtenir une consommation de chauffage "attendue" sans report du démarrage.
- Nous avons comparé cette consommation attendue avec la consommation de chauffage estimée en utilisant les signatures de TF1 et TF2.
- Les économies sont calculées comme la différence entre ces deux valeurs pour la période spécifique de début de saison de chauffe, déterminée par l'analyse pour chaque période.

Cette méthodologie nous permet d'estimer les économies spécifiquement attribuables au report du démarrage du chauffage, en isolant cet effet des autres facteurs influençant la consommation de gaz.

## **Méthodologie d'évaluation des économies d'éclairage public**

Pour quantifier les économies d'énergie réalisées sur l'éclairage public, nous avons développé une méthode d'analyse basée sur les données de consommation et les caractéristiques temporelles de l'éclairage. Cette approche vise à isoler les économies pour les périodes d'étude TF1 et TF2.

### 1. *Collecte et analyse des données*

Nous avons utilisé trois sources principales de données : a) La consommation annuelle totale de l'éclairage public pour l'ensemble des communes du canton. b) La consommation mensuelle d'un échantillon d'installations d'éclairage public. c) Une estimation du nombre d'heures de nuit par mois, basée sur les données astronomiques locales.

### 2. *Calcul des heures de nuit*

Le nombre d'heures de nuit par jour a été calculé selon l'équation suivante :

$$H_{nuit} = 24 - (t_{coucher} - t_{lever}) \quad \text{Eq. 23}$$

Où :

- $H_{nuit}$  : Consommation journalière de gaz pour le jour T
- $t_{coucher}$  : Heure du coucher du soleil
- $t_{lever}$  : Heure du lever du soleil

Ces valeurs journalières ont ensuite été additionnées pour obtenir le nombre total d'heures de nuit par mois.

### 3. Validation de la relation consommation-durée d'éclairage

Une analyse de corrélation a été effectuée entre le nombre d'heures de nuit et la consommation mensuelle de l'échantillon d'installations. Cette étape a permis de confirmer et de quantifier la relation entre ces deux variables.

### 4. Modélisation de la distribution mensuelle de la consommation

À partir de la consommation annuelle totale et de la distribution observée dans l'échantillon représentatif, nous avons modélisé la répartition mensuelle de la consommation pour l'ensemble de l'éclairage public du canton.

### 5. Définition et extraction des périodes d'étude

Trois périodes ont été définies pour l'analyse :

- Référence : octobre 2021 - mars 2022
- TF1 : octobre 2022 - mars 2023
- TF2 : octobre 2023 - mars 2024

Les consommations mensuelles correspondant à ces périodes ont été extraites du modèle de distribution.

### 6. Calcul des économies

Les économies d'énergie ont été calculées en comparant les consommations des périodes TF1 et TF2 à celle de la période de Référence.

## Références

CABRERA SANTELICES, José Daniel et al. *Suivi et quantification des économies d'énergie relatives aux mesures préconisées par la Task Force Energie du Canton de Genève - Hiver 2022 - 2023*. 2023