

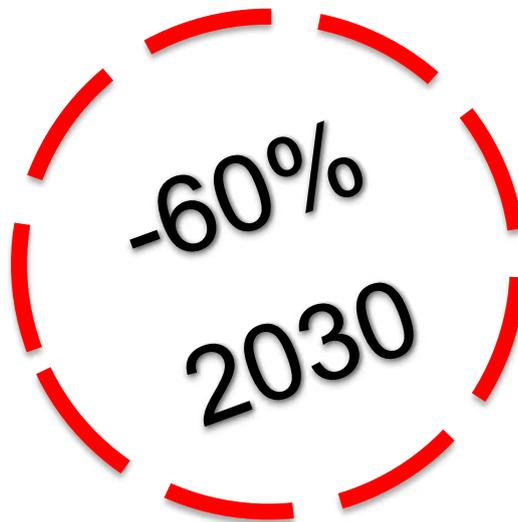


## Urgence climatique :

**Diminuer de 60% les émissions de CO<sub>2</sub>  
à Genève d'ici 2030**

Genève, mars 2020

Philippe de Rougemont, Jérôme Strobel, Felix Dalang, Pierre Gautier



ONG indépendante spécialisée dans les solutions au changement climatique  
Membre du Bureau européen de l'environnement, du Conseil européen pour l'efficacité énergétique eceee et du Réseau climat Europe CAN-E  
Accréditée à la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques

## Table des matières

1	RÉSUMÉ	3
2	CONTEXTE DE L'ÉTUDE	5
3	DE QUOI PARLE-T-ON ?	6
3.1	Que mesurer ?	6
3.2	Comment le mesurer ?	7
3.3	Comment agir ?	8
4	STRATÉGIE D'ACTION	9
5	PLAN D'ACTION POUR RÉPONDRE À LA CATASTROPHE CLIMATIQUE	10
6	CHAUFFAGE DES BÂTIMENTS	12
6.1	ACTION 1 – BÂTIMENTS – Abaissement de la température des logements en hiver	12
6.2	ACTION 2 – BÂTIMENTS – Optimisation technique des chaufferies	14
6.3	ACTION 3 – BÂTIMENTS – Massification des rénovations des bâtiments	14
6.4	ACTION 4 – BÂTIMENTS – Interdiction d'installation de chaudières fossiles dans les bâtiments existants	18
7	MOBILITÉ	20
7.1	ACTION 5 – MOBILITÉ – Réduire le besoin de mobilité	21
7.2	ACTION 6 – MOBILITÉ – Réduire la part modale de la voiture	22
7.3	ACTION 7 – MOBILITÉ – Améliorer l'efficacité des voitures thermiques et de leur conduite	23
8	TRAFIC AÉRIEN	25
8.1	ACTION 8 – TRAFIC AÉRIEN – Taxe CO <sub>2</sub> sur le kérosène	26
8.2	ACTION 9 – TRAFIC AÉRIEN – Quotas de vols	27
8.3	ACTION 10 – TRAFIC AÉRIEN – Suppression des vols courts	28
8.4	ACTION 11 – TRAFIC AÉRIEN – Amélioration de l'efficacité des avions grâce à l'augmentation de la surtaxe sur les émissions/bruit	28
9	ÉLECTRICITÉ	30
9.1	ACTION 12 – ÉLECTRICITÉ– Renforcement du programme éco21	31
9.2	ACTION 13 – ÉLECTRICITÉ– Développement des énergies renouvelables locales et « semi-locales »	32
10	IMPORTATIONS (ALIMENTATION & BIENS DE CONSOMMATION)	34
10.1	Alimentation	34
10.2	Généralisation de matériaux de construction biosourcés	35
10.3	Biens de consommation	36
11	ACTIVITÉS FINANCIÈRES	37
12	CONCLUSION	38
13	REMERCIEMENTS & RÉFÉRENCES	39

# 1 RÉSUMÉ

**Le canton de Genève s'est engagé, d'ici à 2030, à réduire ses émissions de gaz à effet de serre (GES) de 60% par rapport au niveau de 1990** et à atteindre la neutralité carbone en 2050. Comment y parvenir ? Quelles doivent être les actions à mettre en œuvre pour répondre à cette ambition ?

**Le présent rapport propose un plan d'action pour l'urgence climatique qui démontre que l'objectif de neutralité carbone est atteignable.** Il donne une vision synthétique et complète des priorités climatiques à Genève pour les prochaines décennies. Il a pour fonction de servir d'outil d'aide à la décision pour les parties prenantes, de tracer les grandes orientations à suivre et de distinguer l'utile du futile.

**Le plan d'action est décliné en 13 mesures prioritaires qui ont été chiffrées en termes de gains d'émissions de GES d'ici à 2030 et 2050.** Les actions concernent le chauffage des bâtiments, la mobilité, le trafic aérien ainsi que, pour l'électricité, la consommation et l'approvisionnement. D'autres actions en lien avec l'alimentation, la généralisation des matériaux biosourcés et les biens de consommation sont également proposées, mais n'ont pas été chiffrées pour des raisons méthodologiques (absence de données fiables).

L'ordre dans lequel les actions doivent être engagées est déterminant. **Il est essentiel, d'abord, de réduire nos dépenses énergétiques puis d'améliorer notre efficacité énergétique avant de développer le recours aux énergies renouvelables.**

Il faut aussi distinguer les actions ayant des effets à court terme de celles n'en ayant qu'à moyen ou long terme.

Les premières devront être mises en œuvre dès que possible **pour parvenir à infléchir rapidement les émissions de GES et atteindre -60% d'ici 2030 ; ce sont des « ruptures comportementales »**. Il s'agit d'actions de sobriété qui visent à éviter des dépenses d'énergie qui n'apportent pas de valeur ajoutée réelle. Elles ne nécessitent que pas ou peu de développement d'infrastructures et peuvent être actionnées immédiatement, l'enjeu majeur étant de susciter l'adhésion de la population. Il s'agit :

- D'abaisser de la température intérieure des bâtiments en hiver ;
- D'augmenter massivement la part modale de la mobilité douce et répondre à « l'envie de vélo » ressentie par la population ;
- De réduire le nombre de passagers de l'aéroport de Genève à un niveau autour de 10 millions en 2030 ;
- De basculer vers des régimes alimentaires moins carnés et à base de produits locaux.

**Les secondes nécessiteront des mesures structurelles importantes dont la mise en œuvre prendra du temps** que ce soit en termes de coordination, d'organisation, de formation, de mobilisation des moyens ou encore de modifications réglementaires et légales. Au vu de cette inévitable inertie, leur contribution à la réduction des émissions de GES sera moindre d'ici 2030, mais montera en puissance au cours des décennies suivantes. Parmi ces mesures, citons le développement des réseaux de chaleur et la massification des rénovations énergétiques des bâtiments. L'interdiction des chaudières fossiles en fait aussi partie, ses effets ne se déployant qu'à moyen/long terme (faible taux de renouvellement).

**En ce qui concerne l'approvisionnement énergétique, des mesures devront être prises rapidement pour :**

- Développer le solaire et l'éolien dans le canton et au niveau semi-local (Grand Genève et Suisse) pour augmenter la production d'électricité renouvelable et s'affranchir autant que possible des

importations européennes dont la qualité environnementale est difficilement maîtrisable à moyen/long terme.

- Développer le stockage thermique et électrique en utilisant la production excédentaire d'électricité de l'été en hiver (chauffage, alimentation des pompes à chaleur, etc.).

Une approche climatique qui privilégie la réduction des besoins à la simple substitution des énergies fossiles par du renouvelable a pour conséquence que l'électrification des véhicules individuels devient marginale. Après avoir réduit le besoin en mobilité et privilégié la mobilité douce et les transports publics, il ne reste pas assez de trajets individuels pour qu'il soit pertinent d'électrifier une part importante des véhicules.

Le tableau suivant répertorie l'ensemble des actions proposées (les valeurs des gains ne tiennent pas compte des émissions de l'alimentation et la consommation) :

No	Secteur	Actions	Catégorie	Gains 2030	Gains 2050
1	Bâtiment	Abaissement de la température des logements en hiver	Sobriété	9%	7%
2	Bâtiment	Optimisation technique des chaufferies	Sobriété	3%	3%
3	Bâtiment	Massification des rénovations des bâtiments	Efficacité	3%	14%
4	Bâtiment	Interdiction d'installation de chaudières fossiles dans le neuf et de renouvellement dans l'existant	Énergies renouvelables	5%	9%
5	Mobilité	Réduire le besoin de mobilité	Sobriété	2%	5%
6	Mobilité	Réduire la part modale de la voiture	Sobriété	4%	7%
7	Mobilité	Efficacité voitures thermiques / écoconduite	Efficacité	1%	1%
8	Trafic aérien	Taxe CO <sub>2</sub> sur le kérosène	Sobriété	2%	4%
9	Trafic aérien	Quotas de vols	Sobriété	5%	4%
10	Trafic aérien	Suppression des vols courts	Sobriété	1%	1%
11	Trafic aérien	Amélioration de l'efficacité des avions à Genève grâce à l'augmentation de la surtaxe	Efficacité	1%	4%
12	Électricité	Renforcement du programme éco21	Sobriété	3%	6%
13	Électricité	Développement des énergies renouvelables locales et « semi-locales »	Énergies renouvelables	2%	6%
--	Alimentation et consommation	Différentes actions sectorielles (non chiffrées)	Variable	17%	25%
				<b>60%</b>	<b>95%</b>

## 2 CONTEXTE DE L'ÉTUDE

À la fin de 2015, le Canton de Genève s'est engagé à réduire ses émissions de gaz à effet de serre de 40% d'ici 2030, sur la base des émissions de 1990. Dans le même élan, le Conseil d'État a publié le Plan climat cantonal Volet 1 (PCC V1) proposant un état des lieux et les axes stratégiques nécessaires pour atteindre cet objectif.

Le Volet 2 du PCC (PCC V2) est arrivé deux ans plus tard, fin 2017, avec la description des mesures déjà prises, celles en cours et les mesures additionnelles encore à prendre. Il incluait les émissions grises provoquées à l'étranger (Chine, Inde, etc.) par la fabrication des produits importés.

Au printemps 2019, la députation des Verts au Grand conseil a demandé au GTEC (Groupe Thématique Énergie Climat des Verts genevois) d'analyser le PCC V2 en vue de préparer et alimenter les débats en commissions du Grand conseil. Le bureau des Verts genevois a alors confié, en septembre 2019, un mandat à l'ONG Noé21 avec les objectifs suivants :

1. Évaluer si les mesures proposées dans le Volet 2 du PCC sont pertinentes et suffisantes pour atteindre les objectifs climatiques du Canton ;
2. Identifier les mesures à prioriser au cours de la législature actuelle et les moyens de suivi à mettre en place pour assurer qu'elles produisent les effets attendus ;
3. Proposer des mesures additionnelles à celles qui sont dans le PCC, en particulier sur le trafic aérien.

En octobre 2019, suite à une pétition des jeunes, la députation verte au Grand Conseil a déposé une motion invitant le conseil d'Etat à déclarer l'urgence climatique et réviser le PCC en conséquence. En décembre 2019, le Conseil d'État, en réponse à la motion amendée<sup>1</sup> des Verts, déclarait l'urgence climatique et renforçait les objectifs, une réduction de 60% des émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2030 (au lieu de -40%) par rapport à leur niveau en 1990 ainsi que la neutralité carbone en 2050<sup>2</sup>. Il a annoncé que le PCC serait revu en conséquence.

Noé21, tenant compte de ces changements et en accord avec les Verts, a adapté son étude en conséquence en se concentrant sur les mesures à prendre pour diminuer de 60% (et non plus 40%) les émissions de gaz à effet de serre (GES) du Canton d'ici 2030 et de 95% d'ici 2050, permettant la neutralité carbone moyennant la prise en compte des puits de carbone pour les 5% restants.

La rédaction finale de ce rapport s'est faite pendant la pandémie du COVID19. Nous n'avons donc pas pu intégrer dans nos propositions les premières leçons qu'on peut en tirer, par exemple :

- Forte adhésion de la population aux mesures de prévention (distanciation sociale, confinement, etc.) dès qu'on explique et justifie ces mesures ;
- Nécessité de relocaliser la production pour ne pas dépendre de la mondialisation (à l'exemple de la fabrication des masques de protection) ;
- Nécessité de promouvoir une économie et une agriculture de proximité avec des circuits courts.

Une fois la crise passée, il conviendra d'en tirer des leçons et d'en évaluer les conséquences sur les stratégies de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>.

---

<sup>1</sup> <http://ge.ch/grandconseil/data/texte/M02520B.pdf>

<sup>2</sup> Rapport du Conseil d'Etat du 4 décembre 2019 <http://ge.ch/grandconseil/data/texte/M02520B.pdf>

### 3 DE QUOI PARLE-T-ON ?

Il y a un consensus parmi les scientifiques pour déclarer que le réchauffement climatique est une catastrophe objective pour la planète, particulièrement pour le vivant, et que l'activité humaine en est responsable à travers les émissions anthropiques<sup>3</sup> de gaz à effet de serre (GES)<sup>4</sup>. Répondre à la catastrophe climatique revient donc à entreprendre des actions visant à diminuer (puis annuler à l'horizon 2050) les émissions anthropiques de GES.

Dans le cadre de ce rapport, nous proposons de reprendre le scénario « sans ou avec peu de dépassement des 1.5°C » du GIEC<sup>5</sup> lequel prescrit la neutralité carbone mondiale en 2050, avec l'objectif de réduire de 60% les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030, et de 95% d'ici 2050<sup>6</sup>. Selon la décision du Conseil d'État citée ci-dessus, l'évolution suivante est à mettre en place :

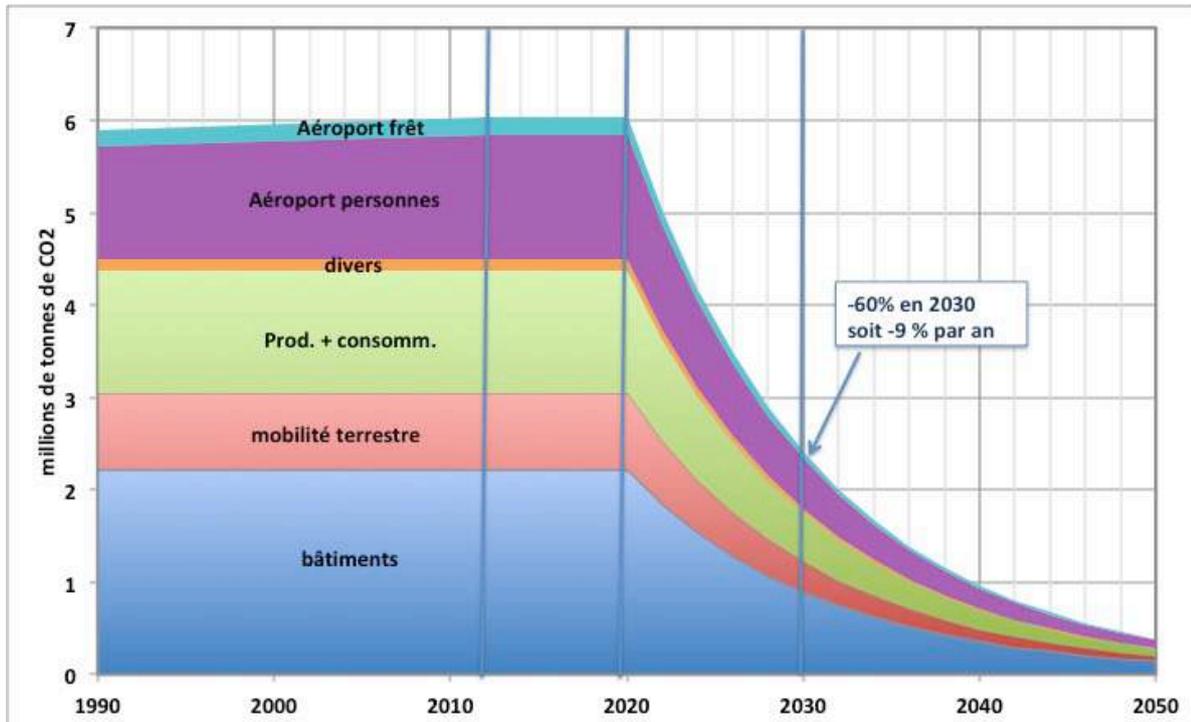


Fig. 1 Émissions de CO<sub>2</sub> selon les objectifs du PCC volet 1 (schématique).

#### 3.1 Que mesurer ?

Lorsqu'on se donne pour objectif de réduire de 60% les émissions de CO<sub>2</sub> du Canton de Genève à l'horizon 2030, il faut d'abord définir quelle est l'année de référence (la base) à partir de laquelle sera mesurée cette diminution de 60% et quelles émissions seront prises en compte.

Pour la base temporelle, le message du Conseil d'État proclamant l'urgence climatique est très clair : il s'agit des émissions de GES de l'année 1990. Toutefois, nous ne disposons de données détaillées des émissions ni pour 1990 ni pour 2020, mais uniquement de celles de 2012 du Bilan Carbone

<sup>3</sup> Dues à l'activité humaine.

<sup>4</sup> Les GES sont principalement le CO<sub>2</sub> (74%), le méthane (« gaz naturel ») pour 17%, le protoxyde d'azote, l'ozone et les hydrocarbures halogénés pour le reste. Pour comparer les effets de ces différents gaz, on utilise un « équivalent CO<sub>2</sub> » qui est, pour un gaz à effet de serre (GES), la quantité de CO<sub>2</sub> qui aurait la même capacité à retenir le rayonnement solaire. ([https://fr.wikipedia.org/wiki/Gaz\\_à\\_effet\\_de\\_serre](https://fr.wikipedia.org/wiki/Gaz_à_effet_de_serre)). **Dans la suite de ce texte, nous parlerons indifféremment de GES ou de CO<sub>2</sub>.**

<sup>5</sup> [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM\\_fr.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_fr.pdf)

<sup>6</sup> Le scénario prévoit, dès 2050, une décarbonation globale par stockage dans des puits de carbone. Au niveau genevois, les environ 0,2 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> restants en 2050 seront compensés par du stockage dans des puits de carbone à créer. La neutralité carbone sera ainsi atteinte en 2050. **Dans la suite de ce texte, nous parlons de neutralité carbone en tenant compte implicitement des puits carbone absorbant 5% des émissions en 2050.**

territorial du Canton de Genève du bureau Maneco<sup>7</sup>. La recherche de données détaillées pour 1990 et 2020 dépassant le cadre de ce mandat, nous avons systématiquement utilisé les données de 2012, en faisant l'hypothèse d'une relative stabilité des émissions entre 1990 et 2020, les variations entre ces deux dates étant de toute façon négligeables par rapport aux -60% visés<sup>8</sup>.

En ce qui concerne les émissions prises en compte, il n'est pour l'instant pas facile de tenir compte de l'ensemble des émissions de CO<sub>2</sub> générées à Genève (émissions endogènes) ou hors de Genève pour la production et le transport de biens - et par analogie celles des services<sup>9</sup> - consommés à Genève (émissions exogènes, aussi appelées « grises »<sup>10</sup>). La même remarque vaut pour les « puits de carbone », *réservoirs (naturels ou artificiels) qui absorbent du carbone en circulation dans la biosphère*<sup>11</sup>, qui ont fait l'objet d'études commandées par le service cantonal du développement durable (non publiées).

En conséquence et de manière pragmatique<sup>12</sup>, nous nous sommes limités dans ce rapport à proposer des mesures visant à diminuer les émissions de CO<sub>2</sub> dans les secteurs suivants :

- Émissions endogènes : bâtiments, mobilité terrestre, transport aérien.
- Émissions exogènes : électricité (part consommée à Genève, mais pas produite dans le canton), matériaux de construction, alimentation.

Enfin, selon le rapport *Maneco*, les émissions provenant des industries genevoises ne représentant que 4% des émissions du canton, ces émissions sont réparties, dans ce rapport, dans les secteurs Bâtiments et Électricité.

## 3.2 Comment le mesurer ?

Nous avons chiffré les actions en gains d'émissions<sup>13</sup> pour les secteurs pour lesquels nous disposons de statistiques fiables : Bâtiments, mobilité, électricité, trafic aérien<sup>14</sup>. Ce chiffrage a été établi sur la base des statistiques énergétiques correspondant aux émissions directes (territoriales) de la « Méthode bilan carbone » de l'ADEME<sup>15</sup>. Nous en avons déduit des gains en pourcentage et avons estimé que la part d'émissions grises liées à ces secteurs (p.ex. les matériaux de construction des bâtiments) diminuait dans les mêmes proportions. Il s'agit d'une hypothèse forte, mais nécessaire en l'absence de données disponibles.

**Avertissement : Les valeurs de réduction présentées dans la suite de ce texte sont des estimations basées sur de nombreuses hypothèses contenant des niveaux d'incertitudes parfois élevés. Il convient de les considérer comme indiquant des tendances et ne pas se focaliser sur la valeur numérique présentée.**

---

<sup>7</sup> Bilan Carbone® territorial du Canton de Genève, Maneco, Meyrin, octobre 2015, ci-après *Maneco* (<https://www.ge.ch/document/bilan-carbone-plan-actions-environnementales-administration-cantonale-genevoise/telecharger>)

<sup>8</sup> Les résultats de cette étude pourraient être actualisés lors que nous disposerons de données fiables pour 2020.

<sup>9</sup> L'évaluation du bilan carbone des services est difficile et controversée. Le bilan carbone des activités liées aux services financiers et au trading des hydrocarbures, potentiellement un multiple des émissions endogènes de Genève, sont évoquées dans le chapitre 10 de ce rapport. Le bilan carbone des services informatiques (internet), bien qu'important (de l'ordre de 4% au niveau mondial) n'a pas été traité.

<sup>10</sup> L'énergie grise est la quantité d'énergie consommée lors de la fabrication d'un objet ou service à l'exception de son utilisation. Par exemple, une voiture roulant de Cornavin à Cointrin émet du CO<sub>2</sub> dans ses gaz d'échappements (endogène) ; sa construction et son transport de la fabrique à Genève ont aussi leur propre bilan carbone (émissions exogènes).

<sup>11</sup> [fr.wikipedia.org/wiki/Puits\\_de\\_carbone](http://fr.wikipedia.org/wiki/Puits_de_carbone)

<sup>12</sup> L'urgence climatique impose d'agir rapidement sans trop se disperser en études et compléments d'études.

<sup>13</sup> Par gain d'émission, nous comprenons la diminution d'émission estimée ou calculée due à la mise en œuvre de la mesure proposée.

<sup>14</sup> Nous nous sommes principalement basés sur les chiffres de *Maneco* pour 2012. Le PCC est basé sur les mêmes sources.

<sup>15</sup> Agence française de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

### 3.3 Comment agir ?

Il n'existe pas de baguette magique pour mettre en place les actions décrites plus bas. Leur mise en œuvre nécessitera l'adhésion des élus, des ménages, des milieux économiques et des acteurs sociaux. Des majorités devront être trouvées pour voter des lois au Grand conseil et pour remporter des votations populaires en cas de référendums. Dans certains cas, le cadre légal fédéral devra être modifié, nécessitant là aussi une majorité des voix. En l'absence de consensus sur l'état d'urgence climatique, l'adhésion de la société civile devra être gagnée par l'anticipation, l'écoute et la prise en compte des retours d'expérience. Les principes suivants pourront notamment être utiles :

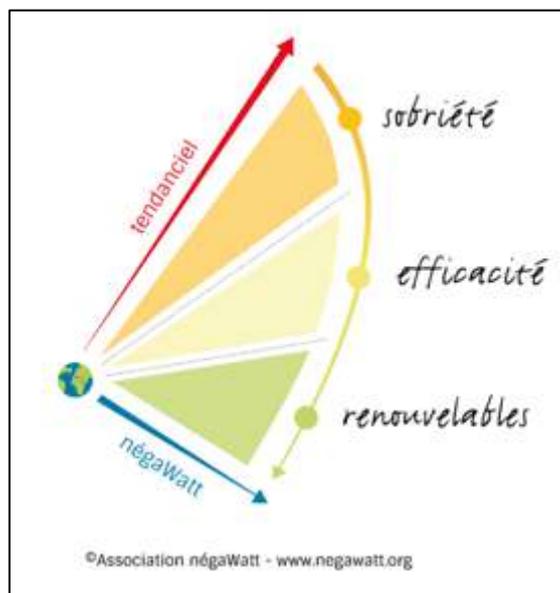
- Les mesures de réduction des émissions de GES devront aussi apporter des **bienfaits hors climat**, pour emporter l'adhésion de populations ou d'intérêts non motivés par l'urgence climatique. Parmi ces bienfaits sociaux : création d'emplois non délocalisables ; renforcement des filières de formation professionnelle et académique ; logements plus confortables ; réduction des paiements aux pays extracteurs d'hydrocarbures ; air de meilleure qualité ; diminution du bruit et augmentation de la convivialité dans les quartiers ; etc.
- La mise en place de **consultations citoyennes encadrées** permettra de questionner des habitants choisis au hasard, hors des représentants de lobbies. Leur responsabilité : échanger sur les différents moyens pour atteindre les objectifs climatiques et interroger les experts de leur choix pour sélectionner les mesures qui auront leur préférence. La situation sera favorable si les mesures passant la rampe législative ont au préalable passé par une délibération de conférence citoyenne composée de personnes dans lesquelles la population se reconnaîtra. Il s'agira de démocratiser la société civile et de socialiser la politique<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> "Thomas COUTROT "Jalons vers un monde possible - Redonner des racines à la démocratie", Le Bord de l'eau éd. 2010

## 4 STRATÉGIE D'ACTION

Il convient de rappeler que toute stratégie de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> doit impérativement prioriser ses actions en respectant l'ordre suivant : d'abord éviter de dépenser inutilement de l'énergie (sobriété énergétique), puis améliorer l'efficacité des dispositifs utilisant de l'énergie (efficacité énergétique) et, enfin, s'assurer que les énergies encore utilisées soient renouvelables (sources d'énergie renouvelables). L'association française négaWatt a popularisé cette stratégie avec le schéma suivant.



**Sobriété énergétique.** Tous les scénarios pour intégrer la contrainte climatique passent par une élimination des consommations qui n'apportent aucun confort ou service, héritées de décennies de croissance insouciante pendant lesquelles le confort n'a pas suivi la même courbe ascensionnelle que la consommation. Cette démarche d'économie, c'est la sobriété énergétique. Remplacer les sources d'énergie polluantes et importées (carburants, combustibles, uranium, soit 85% de notre consommation) par des énergies d'origine renouvelable, sans faire la chasse aux gaspillages au préalable, représenterait un défi gigantesque (si ce n'est impossible !) et les résultats ne seraient significatifs, s'ils le sont, qu'à long ou très long terme.

**Efficacité énergétique.** L'autre pan de la gestion de la demande d'énergie est l'efficacité énergétique. Ici, il s'agit de remplacer des machines, des pompes de circulation, etc., par de nouveaux modèles faits pour être le plus efficaces et économes. Genève est pionnière dans l'efficacité énergétique (plans d'action éco21 de SIG), mais il reste d'immenses gisements d'économies encore à exploiter, tant dans les ménages et que dans les entreprises.

**Sources d'énergies renouvelables.** Avec le succès des réductions de consommation déjà atteintes et celles à venir, le défi du remplacement des importations d'énergie sale par du 100% renouvelable local et national, est facilité. Il s'agit de mobiliser les gisements dormants, solaires, éoliens, géothermiques et biogaz notamment, dans le Canton, le Grand Genève et en Suisse.

## 5 PLAN D'ACTION POUR RÉPONDRE À LA CATASTROPHE CLIMATIQUE

Les prochains chapitres présentent 13 actions, qui, si elles sont mises en œuvre, devraient permettre d'atteindre une réduction de 60% des émissions d'ici 2030 et la neutralité carbone dans le Canton de Genève à l'horizon 2050. Elles sont réparties selon cinq secteurs : bâtiments, mobilité, électricité, trafic aérien et alimentation / consommation<sup>17</sup>. Le tableau suivant donne l'évolution prévisionnelle de ces cinq secteurs d'ici 2030 et 2050 si toutes les actions sont mises en œuvre.

	Répartition des émissions en 2020		Répartition des émissions en 2030			Répartition des émissions en 2040			Répartition des émissions en 2050		
					Par rapport à 2012						Par rapport à 2012
Émissions ktCO <sub>2</sub> <sup>18</sup> Canton de Genève	2020		2030			2040			2050		
Bâtiments	1 640	34%	623	30%	13%	246	29%	5%	33	14%	1%
Mobilité	617	13%	234	11%	5%	25	3%	1%	0	0%	0%
Électricité	565	12%	360	18%	8%	201	24%	4%	93	41%	2%
Trafic aérien	578	12%	232	11%	5%	131	15%	3%	35	15%	1%
Alimentation et consommation	1 400	29%	597	29%	12%	249	29%	5%	67	29%	1%
<b>TOTAL</b>	<b>4 800</b>	<b>100%</b>	<b>2 046</b>	<b>100%</b>	<b>43%</b>	<b>852</b>	<b>100%</b>	<b>18%</b>	<b>228</b>	<b>100%</b>	<b>5%</b>

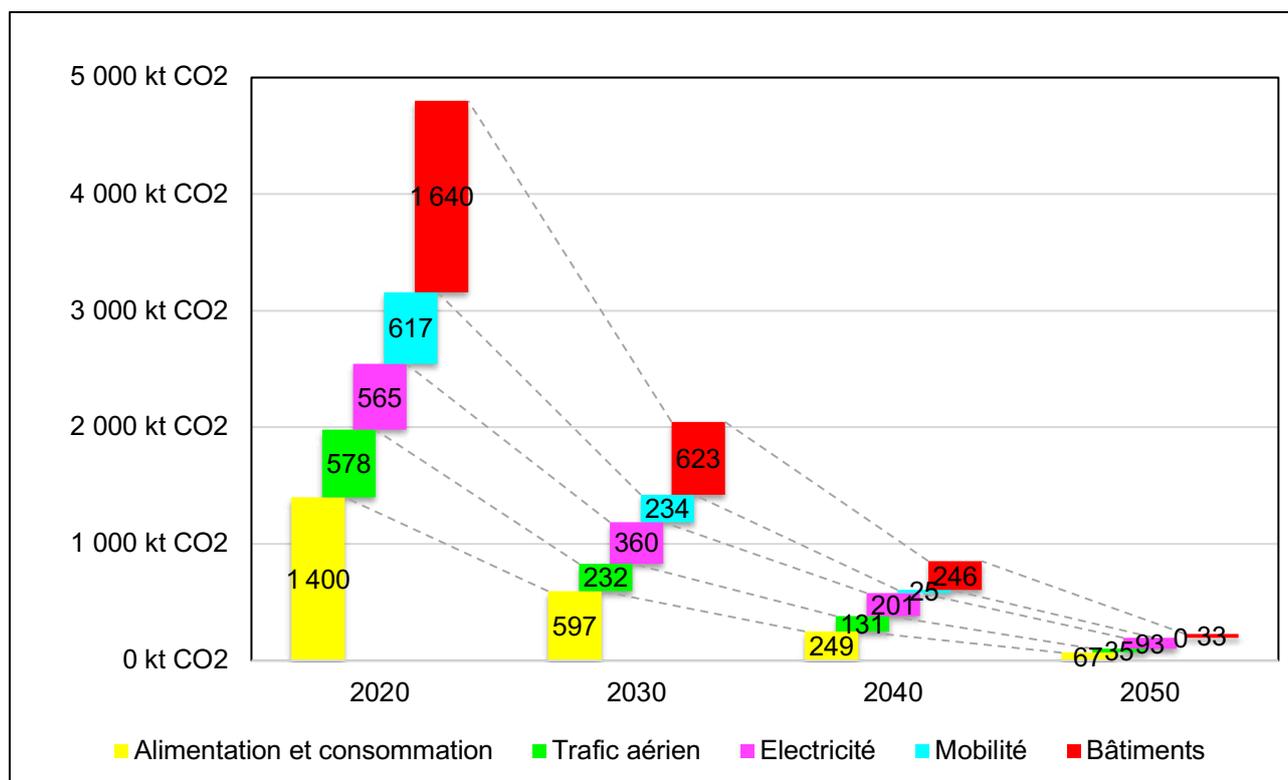


Fig.2. Évolution des émissions de CO<sub>2</sub> du Canton en 2020, 2030, 2040 et 2050 en tenant compte des mesures de réduction proposées dans ce rapport.

<sup>17</sup> La part due à la production industrielle est à ce jour, incluse dans les secteurs Bâtiment (pour la part due au gaz et mazout) et Électricité.

<sup>18</sup> ktCO<sub>2</sub> : kilotonne de CO<sub>2</sub>, c'est-à-dire millier de tonnes de CO<sub>2</sub>.

## Des mesures structurelles lourdes et multidimensionnelles...

Afin d'atteindre la neutralité carbone en 2050, des mesures structurellement ambitieuses et multidimensionnelles doivent être mises en œuvre. Elles vont probablement transformer profondément notre société. Elles nécessitent un important travail de préparation en termes de coordination entre les acteurs, de construction de nouvelles infrastructures, de développement de technologies, de mobilisation de financement, de mise en place de formations, de nouvelles normes et de nouvelles réglementations, etc. Ainsi, malgré tout le volontarisme dont Genève pourrait collectivement faire preuve, il faut tenir compte de la résistance au changement d'une partie de la société, de l'inertie dont font parfois preuve les administrations, etc. Il faut aussi accepter que les effets de certaines de ces mesures ne se déploient que progressivement.

C'est le cas, par exemple, de la massification des rénovations énergétiques des bâtiments qui, à ce jour, souffre d'un manque de consensus entre les acteurs, de difficultés de financement, de manque de professionnels qualifiés, de réglementations inadaptées. Dès lors, même en cas de forte mobilisation collective sur ce sujet dès aujourd'hui, plusieurs années seront nécessaires avant que les effets commencent à se faire pleinement sentir. On ne peut pas tripler ou quadrupler le nombre de rénovations annuelles du jour au lendemain !

Pour ce type d'action, il nous paraît essentiel de ne pas confondre vitesse et précipitation : prendre le temps pour que ces actions soient bien organisées afin que les parties prenantes soient alignées dans leur mise en œuvre. **Ces mesures structurelles sont nécessaires pour atteindre l'objectif de neutralité carbone en 2050, mais il est difficile d'attendre d'elles qu'elles participent significativement à l'atteinte du -60% en 2030.**

## ... mais aussi des ruptures comportementales !

Dans cette perspective, des changements d'habitudes sont nécessaires à court terme afin de ne pas remettre à plus tard ce qui doit être réalisé sans tarder et atteindre une réduction de 60% des émissions de CO<sub>2</sub> d'ici 10 ans. C'est le cas, par exemple, de l'abaissement de la température intérieure des logements en hiver, en moyenne à 23,5 °C aujourd'hui. Des réductions considérables peuvent être atteintes si on diminue cette température, avant tous travaux. Ce type de mesure de sobriété peut être mis en œuvre (presque) du jour au lendemain, car il ne nécessite que l'adhésion des usagers. Décider de changer s'avère souvent difficile sur le plan psychologique, mais une fois la décision est prise, le changement est immédiat.

Nous pensons que la priorité doit d'abord être donnée aux actions facilitant ces changements d'habitudes et permettant d'obtenir rapidement des réductions importantes d'émissions de CO<sub>2</sub>. Elles sont le préalable aux mesures structurelles dont les effets viendront plus tard et prépareront la population aux changements sociétaux induits.

## 6 CHAUFFAGE DES BÂTIMENTS

Le secteur des bâtiments, avec 34% des émissions en 2012, est le principal émetteur du Canton. Nous proposons les quatre actions suivantes pour ramener les émissions de ce secteur de 1'600 ktCO<sub>2</sub> en 2012 à 32 ktCO<sub>2</sub> en 2050.

Baisse des émissions de CO <sub>2</sub> Secteur des bâtiments		Gains espérés par rapport à 2012 en :	
Action	Description	2030	2050
1	Abaissement de la température des logements en hiver	27%	21%
2	Optimisation technique des chaufferies	10%	10%
3	Massification des rénovations des bâtiments	9%	41%
4	Interdiction d'installation de chaudières fossiles. Mise en place d'alternatives renouvelables	16%	26%

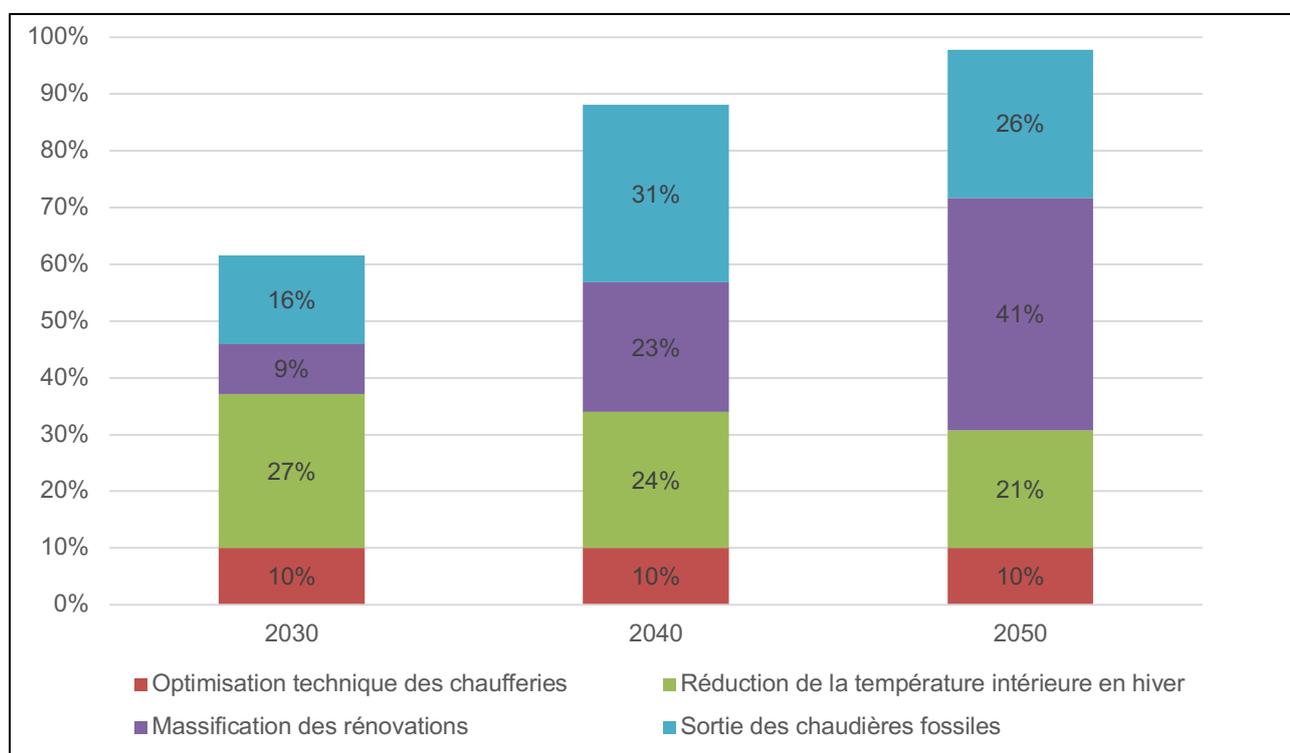


Fig. 3. Répartition de la baisse des émissions dans le secteur du bâtiment<sup>19</sup>.

### 6.1 ACTION 1 – BÂTIMENTS – Abaissement de la température des logements en hiver

L'abaissement de la température dans les logements en hiver est une action relativement simple à mener et dont les effets sont importants.

Gains d'émissions en 2030 (base 2012)	Gains d'émissions en 2050 (base 2012)
-27% sur le secteur bâtiment <sup>20</sup>	-21% sur le secteur bâtiment
-9% sur l'ensemble des émissions	-7% sur l'ensemble des émissions

<sup>19</sup> Les gains apportés par la réduction de la température intérieure baissent lorsque les bâtiments commencent à être rénovés à large échelle et que la demande en énergie diminue.

<sup>20</sup> Calcul « toutes choses restant égales par ailleurs », c'est-à-dire avec la même structure d'approvisionnement énergétique. Cette remarque est valable pour tout ce chapitre.

## Situation actuelle

En moyenne, la température intérieure est de 23,5 °C dans les bâtiments à Genève, alors qu'une température comprise entre 17° (nuit) et 19° (jour) est considérée comme suffisante.

## Proposition

À travers des campagnes de communication et d'accompagnement, abaisser la température intérieure de 3°C d'ici 2030, de 3,5°C d'ici 2040 et de 4°C d'ici 2050.

Commencer par les administrations publiques, les bâtiments gérés par les services publics (bureaux, crèches, écoles, etc.) et les régies publiques.

## Hypothèses de travail

- Une baisse de 1°C permet de réduire entre 6% et 9% les besoins en chaleur du bâtiment, cette baisse dépendant évidemment de la qualité thermique du bâtiment. De plus en plus de bâtiments étant progressivement rénovés, l'abaissement de la température intérieure aura un effet mécaniquement de plus en plus faible sur les émissions sectorielles des bâtiments, ce qui explique que les gains d'émissions passent de -27% en 2030 à -21% en 2050.

## Faisabilité

- Une expérience de sociologie menée par l'Université de Genève<sup>21</sup> montre que les occupants sont aujourd'hui prêts à volontairement à abaisser de 1°C la température intérieure. Parmi toutes les mesures de ce rapport, cette mesure est la plus dépendante, pour réussir, d'une campagne de communication convaincante et d'incitations ciblées.
- L'abaissement de la température dans les logements peu performants doit être fortement accompagné pour ne pas renforcer l'inconfort des occupants. L'inconfort ressenti est lié à la fois à la température de l'air et à la température des parois qui l'entourent (vitres, sol, plafond, murs) et qui, par rayonnement, créent cet inconfort. Dans les logements énergivores, mal isolés, les parois sont froides. Dès lors, si les occupants surchauffent leur logement, c'est en partie pour compenser le rayonnement froid des parois. On peut pallier en partie à ce problème en « coupant » le rayonnement froid, par exemple en installant des stores intérieurs pour couper le rayonnement froid des simples vitrages, ou des tapis au sol pour couper celui du sol. Ce rôle d'accompagnement pourrait être rempli par le programme éco21 des SIG.
- L'augmentation de la température due au réchauffement climatique diminue les besoins de chauffage. Cette diminution n'a pas été prise en compte dans cette étude, l'augmentation anticipée de l'usage de la climatisation en été annulant en partie cet effet<sup>22</sup>.
- Se baser sur les leçons apprises par le travail de SIG auprès des bâtiments de la CPEG et Rentes genevoises.

## Co-bénéfices en plus du CO<sub>2</sub>

- Santé par la baisse de différentiel de température entre l'intérieur/l'extérieur.
- Diminution des coûts de chauffage.

---

<sup>21</sup> Projet Living labs mené par la Prof. Marlyne Sahakian dans le cadre du projet de recherche européen (H2020) qui vise à comprendre les routines et les ruptures potentielles dans les pratiques de consommation énergétique des ménages à partir du contexte social et des interactions qui les encadrent, vers une réduction de la consommation. (<https://www.unige.ch/sciences-societe/socio/fr/recherche/living-labs-energise/>)

<sup>22</sup> C'est pourquoi il est important de prendre en considération l'isolation thermique également pour les températures chaudes (été).

## 6.2 ACTION 2 – BÂTIMENTS – Optimisation technique des chaufferies

Gains d'émissions en 2030 (base 2012)	Gains d'émissions en 2050 (base 2012)
-10% sur le secteur bâtiment	-10% sur le secteur bâtiment
-3% sur l'ensemble des émissions	-3% sur l'ensemble des émissions

### Situation actuelle

Le fréquent déséquilibre des réseaux hydrauliques de chauffage<sup>23</sup> ainsi que le manque d'optimisation dans la gestion de la chaufferie engendrent des surconsommations estimées entre 10% et 15%. Pour tenter de remédier à cette situation, l'Office cantonal de l'énergie (OCEN) a introduit en 2009 des contrats à la performance pour les chauffagistes qui ont ensuite été repris par SIG. En outre, l'OCEN propose des aides financières à l'équilibrage des réseaux hydrauliques

### Proposition

Généralisation de l'optimisation des performances des chaufferies à travers le maintien et la généralisation des aides et de la diffusion de l'information.

### Hypothèses de travail

- Potentiel de gain de 10% accessible au cours de la prochaine décennie, par une généralisation d'une conduite performante des installations de chauffage

### Faisabilité

- Expérience existante avec les Contrats d'optimisation énergétique, financés par la baisse des charges liés au combustible.

## 6.3 ACTION 3 – BÂTIMENTS – Massification des rénovations des bâtiments

Cette action a, à terme, un gain comparable à celui de l'interdiction du chauffage fossile. Mais un modèle de financement doit encore être développé, ce sera l'objet de la fin de ce chapitre.

Gains d'émissions en 2030 (base 2012)	Gains d'émissions en 2050 (base 2012)
-9% sur le secteur bâtiment	-41% sur le secteur bâtiment
-3% sur l'ensemble des émissions	-14% sur l'ensemble des émissions

### Situation actuelle

On utilise l'indice de dépense de chaleur (IDC) pour mesurer la consommation d'énergie par m<sup>2</sup> d'un bâtiment donné. La loi sur l'énergie prévoit qu'au-delà d'un certain seuil de l'IDC, les bâtiments doivent être assainis. Ce seuil est fixé par règlement<sup>24</sup>, c'est le seul moyen légal d'obliger les propriétaires de « passoires énergétiques » à rénover, il permet donc de piloter la politique de rénovation des bâtiments. Actuellement, deux seuils sont fixés : au-delà de 800 MJ/m<sup>2</sup>/an, le propriétaire doit effectuer un audit énergétique et, au-delà de 900 MJ/m<sup>2</sup>/an, le propriétaire doit effectuer des travaux d'amélioration énergétique (moins de 1% des bâtiments dépassent ce seuil). L'IDC moyen de l'ensemble des immeubles d'habitation et d'activité est d'environ 487MJ/m<sup>2</sup>/an<sup>25, 26</sup> à Genève, l'IDC d'un

<sup>23</sup> Lorsque le réseau d'eau de chauffage d'un immeuble n'est pas bien équilibré, les radiateurs de certains logements de l'immeuble auront un débit d'eau chaude plus faible que d'autres. Ainsi, certains logements auront du mal à être bien chauffés. Suite aux plaintes des occupants, la plupart du temps la puissance de chauffage est augmentée pour l'ensemble de l'immeuble, ce qui génère des surchauffes dans d'autres logements. La meilleure solution est l'équilibrage hydraulique du réseau de chauffage de l'immeuble.

<sup>24</sup> Le seuil est défini par règlement et pas par la loi. Sa définition est de la compétence du Conseil d'Etat.

<sup>25</sup> Données SITG : IDC moyen sur 3 ans de 2015 à 2017, prise en compte des logements et du tertiaire.

<sup>26</sup> Le suivi de l'indice de dépense de chaleur (IDC) - qui sert à évaluer la conformité des bâtiments par rapport au seuil - n'est actuellement effectué que pour les immeubles de logements et d'activités, mais pas pour les villas (les immeubles

bâtiment Minergie étant d'environ 200 MJ/m<sup>2</sup>/an et celui d'un bâtiment Minergie-P ou THPE est de 180 MJ/m<sup>2</sup>/an. Le graphique qui suit montre le nombre de bâtiments à Genève en fonction de leur IDC.

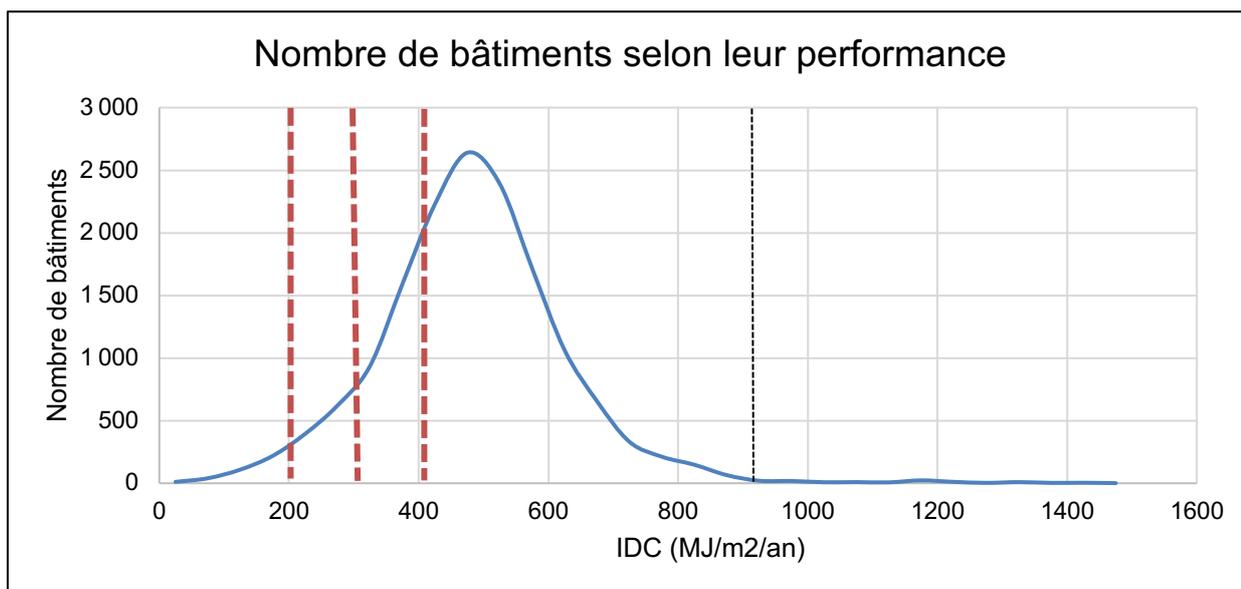


Fig. 4. Nombre de bâtiments du Canton selon leur performance. La ligne bleue indique la quantité de logements existants selon le niveau IDC<sup>27</sup>. Les pointillés verticaux indiquent les déplacements de seuils IDC déclenchant des rénovations, de 900 (seuil actuel, en noir) à 400 en 2030 ; 300 en 2040 ; 200 (norme Minergie) en 2050.

## Proposition

- Abaisser progressivement le seuil de l'IDC de 400 MJ/m<sup>2</sup>/an en 2030 à 300 MJ/m<sup>2</sup>/an en 2040 puis 200 MJ/m<sup>2</sup>/an en 2050 (niveau Minergie - HPE). Lorsqu'un bâtiment a un IDC supérieur au seuil, il doit être rénové.
- Conditionner partiellement l'obtention des subventions à la réalisation effective des gains prévus lors de la demande de subvention.

## Hypothèse de travail

- L'abaissement progressif du seuil ne vise plus seulement les « passoires énergétiques » comme jusqu'ici, mais sert également à rénover l'ensemble du parc existant en 30 ans.
- Le seuil doit être abaissé de manière prévisible et échelonnée dans le temps afin de permettre aux propriétaires de se préparer à la rénovation de leur parc immobilier.
- La cible (dans le sens d'objectif) pour les rénovations est d'atteindre 200 MJ/m<sup>2</sup>/an en 2030 (niveau Minergie) puis de l'amener progressivement jusqu'à 150 MJ/m<sup>2</sup>/an d'ici 2050.
- Le degré d'atteinte visé est que 60% des rénovations en 2030 atteignent la cible de 200 MJ/m<sup>2</sup>/an, et passe progressivement à 100% en 2050.
- Une partie des bâtiments est réputée non-rénovable (20% aujourd'hui, 10% à partir de 2030).

## Faisabilité

- Les seuils proposés sont adaptés afin que le nombre de rénovations annuelles soit absorbable par les métiers du bâtiment. Selon notre modèle, le taux de rénovation double pour la décennie

représentent environ 50% des bâtiments et 80% de la consommation alors que les villas concernent 50% des bâtiments et 20% de la consommation). Une extension du suivi de l'IDC aux villas permettrait de leur appliquer les seuils de rénovation obligatoire (IDC), donc de diminuer les émissions.

<sup>27</sup> A noter que, avec la réalisation de l'ACTION 1 d'abaissement de la température intérieure des bâtiments, la courbe bleue va se déplacer vers la gauche, car les besoins de chaleur des bâtiments va se réduire en conséquence.

à venir et quadruple ensuite, une fois que personnel et entreprises auront été formés en nombre suffisant pour répondre à la demande. Cela permet une montée en puissance de la filière en termes de main d'œuvre, de formation, d'organisation et de financement.

- Avec un coût moyen pour les rénovations complètes de 1'000 CHF/m<sup>2</sup>, on peut estimer que la rénovation énergétique mobilise entre 300 et 400 MCHF/an actuellement, ce qui représente moins de 25% des montants dépensés pour les travaux et l'entretien des bâtiments (plus de 1'500 MCHF/an<sup>28</sup>) et moins de 8% des montants dépensés au total dans la construction (près de 5'000 MCHF/an<sup>29</sup>). Dès lors, on peut estimer que les moyens existent à Genève pour un doublement des montants dépensés dans la rénovation énergétique à court terme. À plus long terme (échéances 2040 et 2050), le coût lié à l'augmentation du nombre de rénovations devrait en partie être compensé par une réduction des coûts grâce à une industrialisation à grande échelle et des progrès techniques. La question du financement des rénovations à l'échelle de chaque bâtiment reste un enjeu majeur (la fin de ce chapitre revient sur ce sujet).
- Actuellement, les gains de consommation de chauffage effectif des bâtiments rénovés sont décevants : seuls 42% du potentiel de gain était atteint en moyenne par les rénovations à Genève<sup>30</sup>. Les principales causes identifiées sont : température intérieure trop élevée; ouverture des fenêtres lorsque cela n'est pas nécessaire ; débit d'air effectif du système de ventilation supérieur aux besoins ; mauvais réglage des installations de production de chaleur ; défauts de conception, etc. Une amélioration de ces gains passe par la formation et l'accompagnement des parties prenantes visant à améliorer globalement la qualité des rénovations<sup>31</sup>, par l'obligation de faire des rénovations complètes et pas uniquement partielles et par des aménagements faits aux propriétaires de parcs immobiliers<sup>32</sup>.

## Co-bénéfices en plus du CO<sub>2</sub>

- Amélioration du confort dans les logements.
- Réduction des dépenses de chauffage et de l'exposition aux variations du prix de l'énergie.
- Création d'emplois locaux non délocalisables.

## Actions à déployer pour permettre la massification des rénovations de qualité<sup>33</sup>

L'abaissement des seuils de rénovation obligatoire ne saurait avoir l'effet d'une baguette magique. De nombreuses actions d'accompagnement doivent être prévues en parallèle pour massifier des rénovations à courte échéance. Nous en proposons quelques-unes ci-dessous.

### Formation et accompagnement

- **Renforcement significatif des filières de formation** du secteur dès que possible permettant une augmentation très significative de la main-d'œuvre formée pour réaliser un grand volume de rénovations dans un horizon de 5 à 10 ans.

---

<sup>28</sup> OCSTAT, Dépenses de construction réalisées, selon le type de travaux et le genre de construction, T09.04.2.11

<sup>29</sup> ibid

<sup>30</sup> Khoury et al. & OFEN-OCEn, COMPARE RENOVE : du catalogue de solutions à la performance réelle des rénovations énergétiques, UNIGE, 2016

<sup>31</sup> Les SIG ont mis en place un service d'accompagnement d'Assistant à maîtrise d'ouvrage (AMO) lors de la conception et réalisation de travaux, et d'Assistant à maîtrise d'usage (AMU) lors de l'utilisation pour réduire ces écarts. Les premiers résultats paraissent encourageants. Des formations et subventions ont été mises en place en 2019 dans le cadre du programme GEnergies 2050 pour développer cet outil d'accompagnement des rénovations.

<sup>32</sup> Pour les propriétaires de parc : favoriser une approche globale par parc plutôt que l'application obligatoire des seuils à l'échelle de chaque bâtiment. Des engagements d'amélioration de la performance globale par parc de bâtiment peuvent remplacer l'application obligatoire des seuils à l'échelle de chaque bâtiment, pour autant que le niveau de résultat au niveau du parc soit au moins aussi ambitieux et que le suivi soit strictement contrôlé. Cette marge de manœuvre doit permettre aux grands propriétaires de définir leurs propres priorités dans les rénovations à effectuer

<sup>33</sup> Ces propositions n'ont pas fait l'objet de calculs spécifiques d'impact CO<sub>2</sub> ; leur mise en œuvre est nécessaire pour que les cibles soient atteintes.

- **Amélioration de l'efficacité des rénovations** à travers un accompagnement AMO/AMU<sup>34</sup>. Les travaux de grosses rénovations incités par des subventions doivent être subordonnés à un accompagnement AMO et AMU énergétique dans un cadre à définir. Cela suppose aussi la mise en place d'une formation reconnue par l'Etat.
- **Déploiement généralisé du décompte individuel des frais de chauffage (DIFC)** couplé aux smart meters (obligatoires d'ici 2027) et à une tarification incitant les occupants à diminuer leur consommation (avec un système de feedback incitatif pour les usagers).
- **Affichage de la consommation des communs** de l'immeuble à l'entrée ainsi que les objectifs d'économie pour les années à venir. Économies réalisées redistribuées aux occupants ou servant à financer des équipements communs.
- **Rénovation légère et rapide** (dans l'attente de rénovations lourdes) avec des aménagements amovibles, rideaux thermiques jusqu'au sol, ajustement de températures des chambres selon leur usage (séjour/sommeil), dispositif de maintien des portes fermées entre séjours/chambres, contrat d'optimisation énergétique, équilibrage hydraulique, etc.
- **Poursuite de la collecte et de l'analyse des retours d'expérience** et diffusion des leçons apprises.

#### Organisation et contrôle

- **Augmentation substantielle des moyens humains et techniques de l'administration** pour limiter les délais des décisions, en garantir la cohérence et la qualité ainsi qu'assurer la disponibilité d'interlocuteurs fiables pour le suivi et le contrôle. Parallèlement, **simplification des procédures administratives** lorsque c'est possible, notamment avec la définition concertée de solutions standard de rénovation par type de bâtiment. **Facilitation du parcours administratif** en assurant une définition claire et partagée des rôles de chaque service intervenant dans la prise de décision.
- **Renforcement de la « police de l'énergie »** pour assurer la mise en œuvre de la réglementation.
- **Mise en place par l'État de « facilitateurs de rénovation énergétique urbaine »** intervenant dans le cadre de grands projets structurants à l'échelle de quartiers ou de communes.
- **Renforcement du programme des grands consommateurs** qui a fait ses preuves et abaissement du seuil à partir duquel on considère un consommateur comme « grand » consommateur. Le seuil actuel est de 5 GWh/an de consommation thermique et 1 GWh de consommation électrique. Il peut être progressivement abaissé à 1 GWh/an pour le thermique et 0,5 GWh pour l'électricité.

#### Financement

- **Incitations fiscales** pour encourager les propriétaires à procéder à des travaux menant à des économies de chauffage et **poursuite de l'augmentation des subventions publiques**.
- **Révision du mécanisme de la Baisse prévisionnelle des charges (BPC)** visant à faire participer les locataires de manière équitable aux coûts de rénovation afin de le rendre fonctionnel.
- **Mise en place d'un mécanisme de tiers-financement** des rénovations permettant de surmonter les difficultés liées à l'application de la BPC.
- **Augmentation des budgets cantonaux et communaux pour la rénovation** du patrimoine de l'Etat et des communes (en occupation propre ou en tant que bailleur).
- **Taxe annuelle** pour les bâtiments ne respectant pas les seuils des IDC. Le produit de cette taxe doit être intégralement reversé dans le financement des rénovations.

<sup>34</sup> AMO : Assistance à maîtrise d'ouvrage et AMU : Assistance à maîtrise d'usage

## 6.4 ACTION 4 – BÂTIMENTS – Interdiction d'installation de chaudières fossiles dans les bâtiments existants

Cette action est l'une des plus efficaces à l'horizon 2050 parmi celles proposées par ce rapport.

Gains d'émissions en 2030 (base 2012)	Gains d'émissions en 2050 (base 2012)
-16% sur le secteur bâtiment	-26% sur le secteur bâtiment
-5% sur l'ensemble des émissions	-9% sur l'ensemble des émissions

### Situation actuelle

Actuellement, près de 90% des bâtiments sont équipés de chaudières fossiles, environ 10% sont connectés au réseau de chauffage à distance (CAD) et 2% sont équipés soit de chauffage à bois soit de PAC<sup>35</sup> individuelles (sondes géothermiques ou PAC air). Au total, en tenant compte de l'apport renouvelable de CADIOM<sup>36</sup> dans le CAD, l'approvisionnement en chaleur renouvelable ne représente actuellement que 5 à 7% de la demande en chaleur<sup>37</sup>.

### Propositions

- Interdire dès que possible l'installation de chaudières à carburants fossiles (mazout ou gaz à l'exception du biogaz) dans les bâtiments existants (les bâtiments neufs ne peuvent déjà plus installer ce type d'énergie) et remplacer la production de chaleur par le raccordement au réseau CAD et au réseau Génilac, une PAC (sol/eau ou air/eau) ou une chaudière à pellets (là où c'est autorisé).
- Utiliser massivement l'énergie solaire pour le préchauffage de l'eau chaude sanitaire.

### Hypothèses de travail

- L'évaluation des gains d'émission est basée sur un taux de renouvellement des chaudières de 3,3% par an (durée de vie estimée d'une chaudière : 30 ans).
- Une partie des besoins de pointe du CAD est couverte par du biogaz<sup>38</sup>.
- L'installation de centrales chaleur force (CCF) qui produisent à la fois de la chaleur et de l'électricité avec un haut rendement est nécessaire pour produire de l'électricité en hiver lorsqu'il y a un déficit important dû à la baisse de la production liée au photovoltaïque et la hausse de la demande liée au déploiement des pompes à chaleur (PAC). Nous avons fait l'hypothèse que les CCF étaient exclusivement alimentées en biogaz.
- La possibilité d'étendre l'interdiction aux chaudières existantes après un certain nombre d'années de service (10 ans par exemple comme à Monaco) pourrait être étudiée en tenant compte, en particulier, de la disponibilité à ce moment-là d'énergie renouvelable en quantité suffisante.

<sup>35</sup> PAC : Pompes à chaleur.

<sup>36</sup> CADIOM = réseau de chauffage à distance alimenté par la chaleur des Cheneviers.

<sup>37</sup> Quiquerrez *et al*, UNIGE, 2016.

<sup>38</sup> A terme, le gaz de synthèse produit avec des énergies renouvelables pourrait venir en complément du biogaz. Son bilan environnemental est toutefois aujourd'hui contesté.

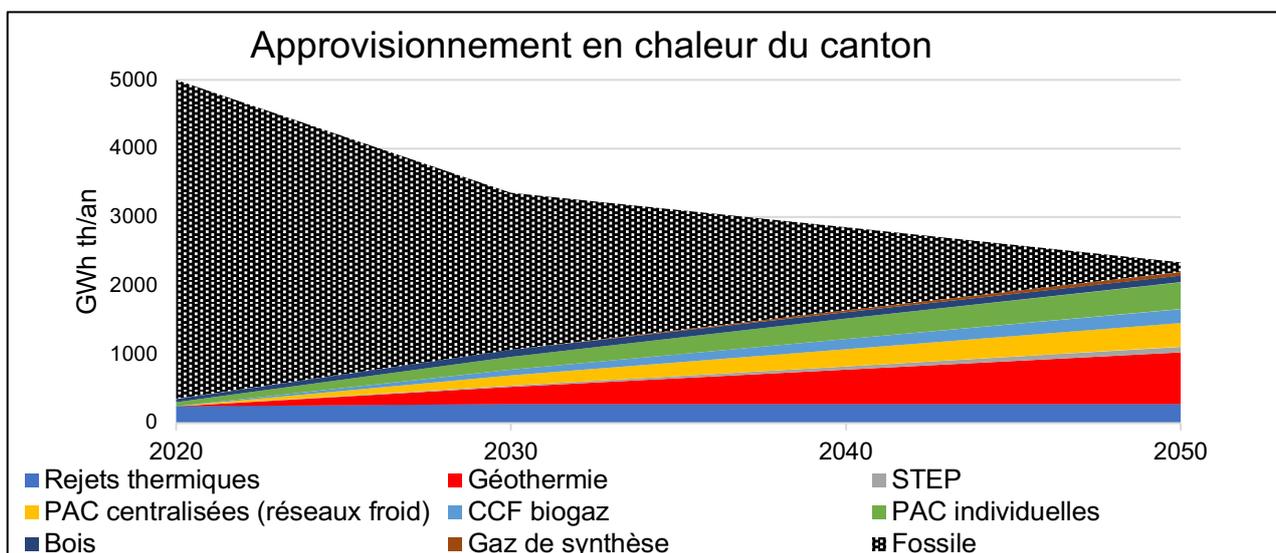
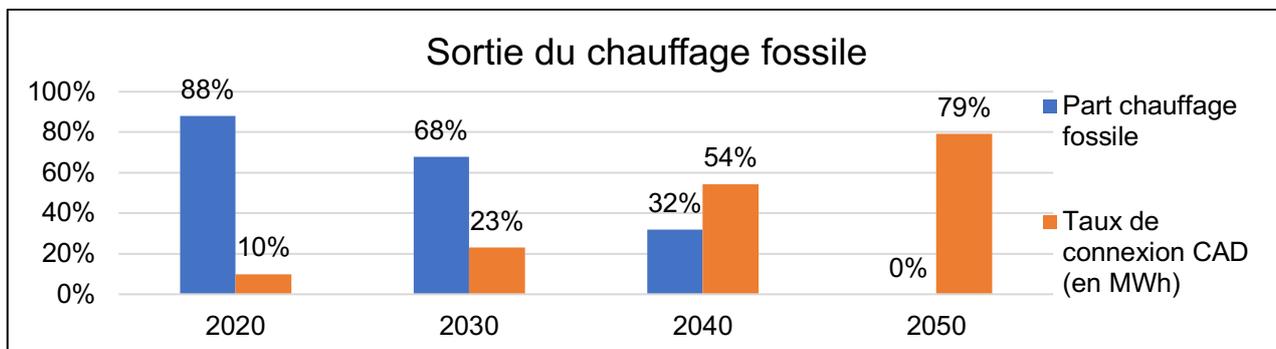


Fig. 5. Sortie du chauffage fossile et évolution de l'approvisionnement en chaleur du Canton

## Faisabilité

- Pour répondre aux besoins de chaleur, les gisements d'énergie thermique renouvelable disponibles dans le Canton doivent être utilisés au maximum. Cela suppose des investissements massifs.
- Les réseaux de chauffage à distance (CADIOM, Génilac, etc.) doivent être fortement développés pour profiter de la mutualisation possible des gisements renouvelables et de la récupération de chaleur. Il est probable qu'une partie du réseau de gaz doive être démantelée, par exemple dans l'hypercentre, au profit du CAD.
- Les PAC individuelles et centralisées doivent être déployées de manière raisonnable afin d'éviter un déficit de couverture d'électricité trop important. La performance des PAC doit être optimisée pour éviter une consommation trop importante d'électricité aux périodes où celle-ci est importée et produite à partir d'énergie non-renouvelable.
- Des solutions de stockage saisonnier de chaleur et d'électricité (power-to-gas) doivent être développées et déployées dans des proportions importantes. Il s'agit d'un défi conséquent au vu du manque de maturité actuel de ces technologies.
- Un accompagnement de qualité et complet doit être proposé aux propriétaires (immeubles et villas) pour anticiper le changement de chaudière, sur la base des accompagnements existants, notamment de la part d'éco21/SIG.

## Co-bénéfices en plus du CO<sub>2</sub>

- Réduction de la dépendance à des agents énergétiques importés.
- Relocalisation des dépenses précédemment allouées aux pays exportateurs de ressources fossiles

## 7 MOBILITÉ

Dans le cadre de ce rapport :

- Nous avons traité séparément la mobilité et le transport aérien (prochain chapitre), parce que les mesures pour réduire les émissions dues à la mobilité sont principalement du ressort du Canton et celles pour le trafic aérien de la Confédération. En 2012, la part de ces deux secteurs dans les émissions genevoises était du même ordre de grandeur (617 ktCO<sub>2</sub> pour la mobilité et 578 ktCO<sub>2</sub> pour le trafic aérien, ce qui représente ensemble environ 25% des émissions genevoises).
- Nous n'avons pas tenu compte du potentiel d'économie d'émissions de CO<sub>2</sub> du remplacement des véhicules thermiques par des véhicules électriques. La figure 14 (p. 33) montre que l'impact de l'électrification des véhicules devrait rester faible sur la consommation totale d'électricité en 2050 (de l'ordre de 40 GWh/an sur une consommation d'environ 3'500 GWh/an). Cette hypothèse, à contrecourant du consensus actuel vers le « tout électrique », est faite pour éviter que les actions proposées (réduire la part modale de la voiture et le besoin de mobilité) ne soient délaissées au profit d'une électrification massive du parc automobile. La réduction de la part modale de la voiture est d'ailleurs indispensable pour des questions d'amélioration des espaces publics, de qualité de vie dans les villes du canton et de santé publique (mobilité douce et diminution de la pollution de l'air).

Le secteur de la mobilité, avec 13% des émissions en 2012, est le deuxième émetteur du Canton. Nous proposons les trois actions suivantes pour ramener les émissions de ce secteur de 620 ktCO<sub>2</sub> en 2012 à 31 ktCO<sub>2</sub> en 2050, soit une réduction de 95% des émissions.

Baisse des émissions de CO <sub>2</sub> Secteur de la mobilité		Gains espérés par rapport à 2012 en :	
Action	Description	2030	2050
5	Réduire le besoin de mobilité	17%	36%
6	Réduire la part modale de la voiture	34%	53%
7	Efficacité voitures thermiques / écoconduite	10%	6%

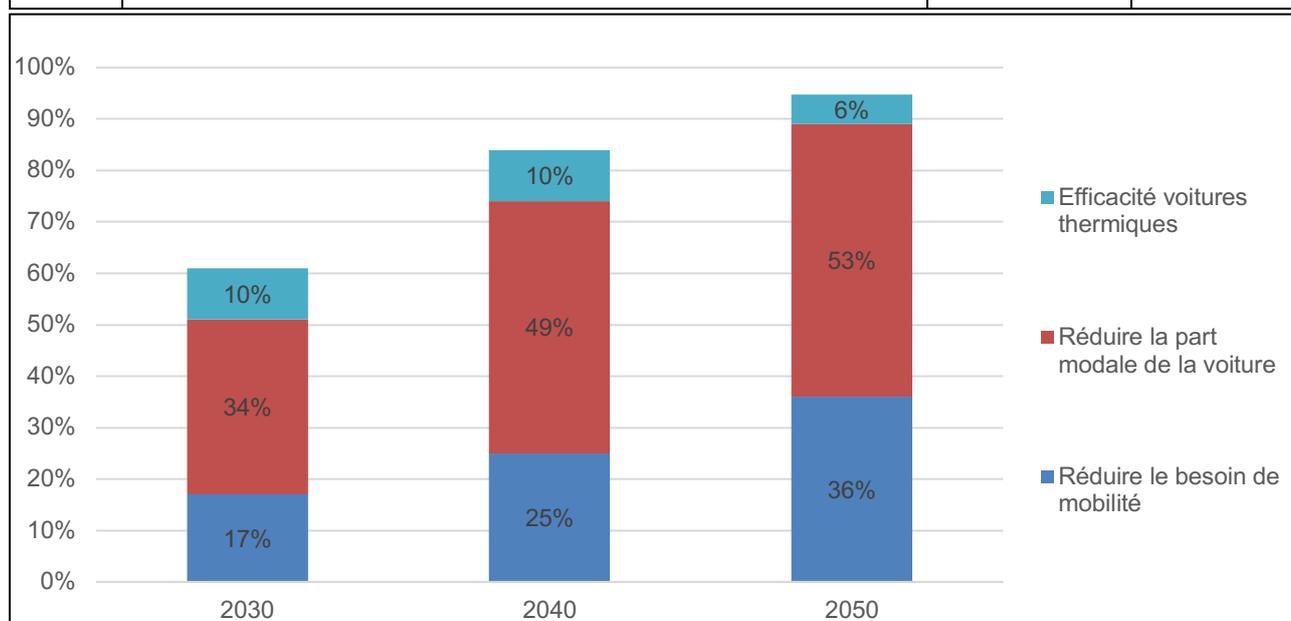


Fig. 6. Répartition de la baisse des émissions dans le secteur de la mobilité.

Avant de décrire les actions proposées, une vue d'ensemble de la distance parcourue (et donc des émissions de CO<sub>2</sub>) en fonction des motifs de déplacement montre que les déplacements liés au travail ne représentent qu'un cinquième du total, loin derrière les loisirs qui comptent presque pour la moitié.

## Distance parcourue selon les motifs de déplacements

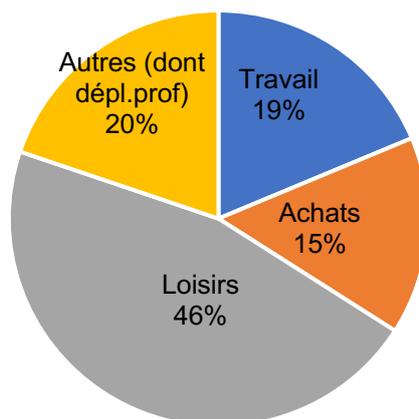


Fig. 7. Répartition de la distance parcourue selon les motifs de déplacements

### 7.1 ACTION 5 – MOBILITÉ – Réduire le besoin de mobilité

Gains d'émissions en 2030 (base 2012)	Gains d'émissions en 2050 (base 2012)
-17% sur le secteur mobilité	-36% sur le secteur mobilité
-2% sur l'ensemble des émissions	-5% sur l'ensemble des émissions

#### Situation actuelle

Chaque habitant fait en moyenne 30 km par jour à Genève, tous modes de transport confondus (hors aviation). Cette distance est restée relativement stable ces 20 dernières années<sup>39</sup>.

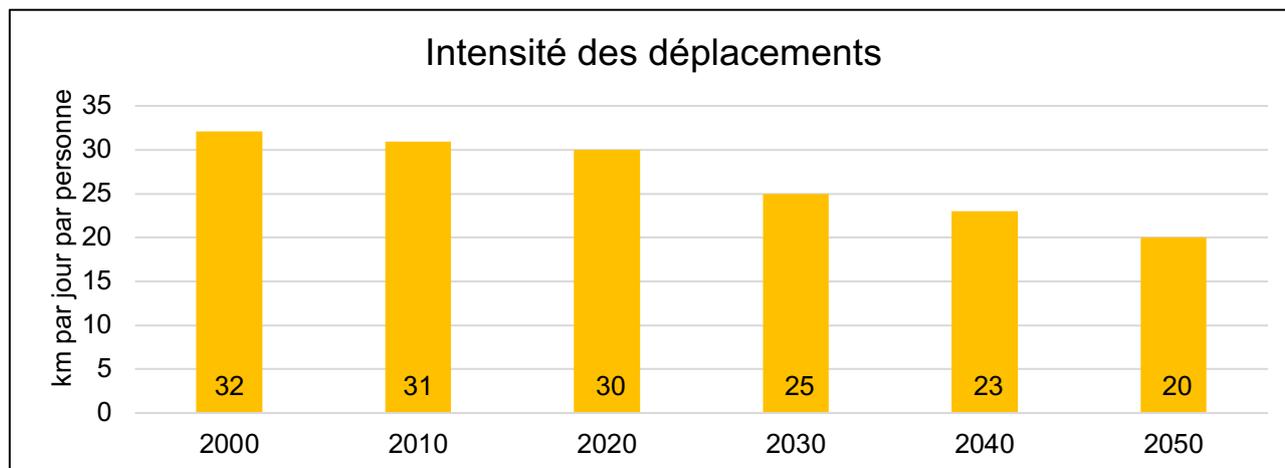


Fig. 8. Évolution des distances parcourues/jour/habitant

#### Proposition

Pour réduire les besoins de déplacement, il faut notamment :

- Développer le télétravail. Appliqué à large échelle avec un potentiel de 2 jours de télétravail en moyenne par personne, le gisement de gain de déplacements total est de l'ordre de 2,5 km/j/personne<sup>40</sup>.
- Adapter davantage le développement territorial pour favoriser la mixité et la proximité des activités.

<sup>39</sup> <https://www.are.admin.ch/are/fr/home/transports-et-infrastructures/bases-et-donnees/mrmt.html>

<sup>40</sup> Cette mesure pourrait diminuer la demande en surface de bureau chauffée, bénéfice potentiel non-chiffré dans cette étude.

- Favoriser l'emploi local par un « versement transports » proportionnel à la distance employé-employeur, basé sur le modèle français. Le versement transport est une contribution locale des employeurs. Il est perçu par l'État qui le reverse ensuite au budget des transports publics.
- Valoriser les lieux de détente à l'intérieur du Grand Genève pour les destinations de loisirs.
- Favoriser des achats en ligne avec un système de livraisons optimisé pour les habitants distants des commerces et la mise en œuvre des mesures prévues dans le Plan marchandises de l'État<sup>41</sup>.

## Co-bénéfices en plus du CO<sub>2</sub>

La diminution du temps passé à se déplacer (actuellement 90 minutes/jour) représente un potentiel d'amélioration de la qualité de vie.

## 7.2 ACTION 6 – MOBILITÉ – Réduire la part modale de la voiture

Gains d'émissions en 2030 (base 2012)	Gains d'émissions en 2050 (base 2012)
-34% sur le secteur mobilité	-53% sur le secteur mobilité
-4% sur l'ensemble des émissions	-7% sur l'ensemble des émissions

### Situation actuelle

La part modale de la voiture<sup>42</sup> dans les déplacements des Genevois est en baisse constante depuis deux décennies, notamment grâce au développement des transports publics.

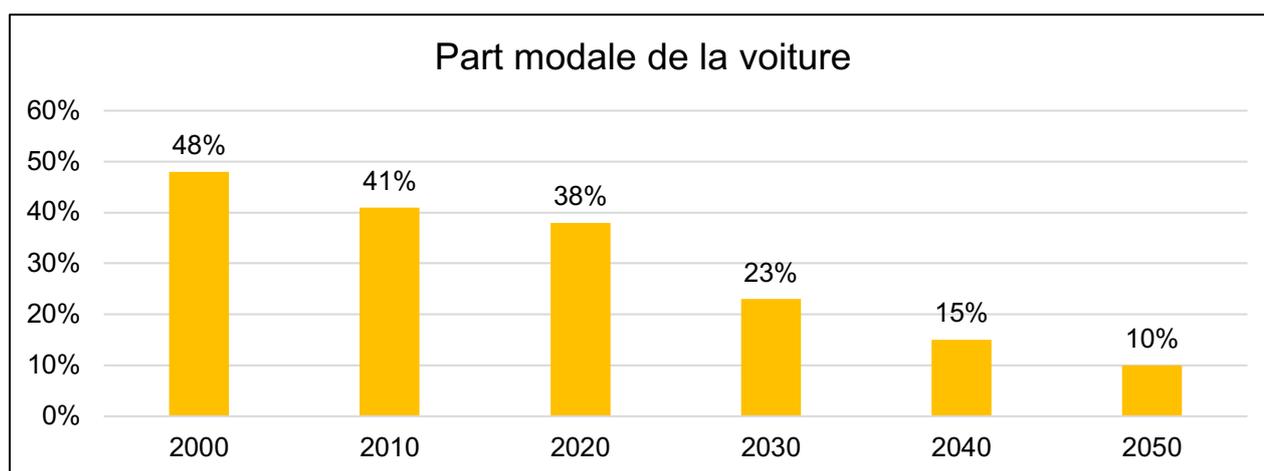


Fig. 9. Part modale de la voiture

### Propositions

D'ici 2050, la part de la voiture privée dans la mobilité doit être divisée par 5 au profit des transports publics et des modes de déplacements doux. À cette fin, il faut renforcer toutes les mesures envisageables pour réduire l'utilisation de la voiture. Parmi les mesures envisageables à mettre en œuvre, nous recommandons les suivantes :

- **Réduction drastique du nombre des places de stationnement** favorisant ainsi l'abandon de la voiture en ville, la restitution des espaces libérés aux habitants et permettant la création d'espaces végétalisés et arborisés ainsi que de zones de convivialité.
- **Covoiturage 1.** Restreindre, aux heures de pointe, l'accès des voitures privées dans la ville de Genève aux véhicules ayant au moins deux personnes à bord (première étape), puis au moins trois personnes à bord.

<sup>41</sup> <https://www.ge.ch/document/plan-action-marchandises-logistique-urbaine-2019-2023/telecharger>

<sup>42</sup> La part modale de la voiture est mesurée en divisant le total des déplacements en voiture dans n'importe quelle période de temps par le nombre total de déplacements effectués sur la même période.

- **Covoiturage 2.** Installer des stations de collecte de passagers pour automobilistes le long de routes pénétrantes, à des emplacements proches des concentrations de logements.
- **Covoiturage 3.** Favoriser les initiatives privées complémentaires aux transports publics : covoiturage par destination commune (entreprises, quartiers).
- **Pistes cyclables.** Installation de voies vertes conviviales et sécurisées comme alternative aux voitures. Mettre en œuvre l'initiative Mobilité douce (IN 144) *Des pistes cyclables continues, directes et sécurisées sont aménagées pour tout le réseau de routes primaires et secondaires.* S'appuyer notamment sur le Schéma cyclable 2030 du Forum d'agglomération du Grand Genève et les recommandations contenues dans le rapport *Mobilité douce* du Forum d'agglomération.
- **Transports publics.** Développer le réseau en fonction des besoins d'une ville sans voiture. Améliorer le flux de passagers/h en augmentant la vitesse commerciale avec la priorisation aux feux de croisement et la mise en site propre.
- **Développer de nouvelles lignes ferroviaires régionales.** En attendant, créer des lignes de bus de qualité et favoriser l'emploi de bus à haut niveau de service sur des voies existantes en site protégé.
- **Une ville pour les piétons.** Généraliser la circulation réglementée comme dans les rues Basses à l'ensemble de la ville (livraisons autorisées jusqu'à 11h).
- **Installations temporaires de zones sans voitures,** durant l'été par exemple, pour susciter l'engouement pour une mesure durable.
- **P+R :** Remplacement de la doctrine de développement de P+R dédiés aux voitures par des P+R dédiés à la mobilité douce « à vélo vers mon transport public ».
- **Grands consommateurs :** Inclusion du trafic professionnel d'entreprise dans le programme des grands consommateurs qui a fait ses preuves sur les volets thermiques et électriques.

## Faisabilité

Les hypothèses sont ambitieuses et nécessitent d'agir sans délai. Elles paraissent néanmoins réalisables, car elles s'inscrivent dans une dynamique favorable avec la mise en service d'infrastructures structurantes de transports publics (Léman Express et lignes de tram) ainsi que la forte augmentation de l'intérêt de la population pour la mobilité douce et l'assouplissement du dogme pro voiture.

## Co-bénéfices en plus du CO<sub>2</sub>

- Réduction de la pollution atmosphérique
- Amélioration de la santé des habitants (vélo et marche)
- Libération d'une partie importante de l'espace public aujourd'hui monopolisé par les voitures et pouvant être utilisé pour la végétalisation et arborisation de la ville et des lieux de convivialité.

## 7.3 ACTION 7 – MOBILITÉ – Améliorer l'efficacité des voitures thermiques et de leur conduite

Gains d'émissions en 2030 (base 2012)	Gains d'émissions en 2050 (base 2012)
-10% sur le secteur mobilité	-6% sur le secteur mobilité
-1% sur l'ensemble des émissions	-1% sur l'ensemble des émissions

## Situation actuelle

Des moteurs thermiques disponibles sur le marché sont de plus en plus efficaces, notamment grâce à l'hybridation électrique (sans recharge).

## Propositions

- Planifier une baisse du niveau maximum autorisé d'émissions/km pour l'immatriculation des véhicules, jusqu'à l'interdiction de l'immatriculation de véhicules à moteur thermique, en jouant, au niveau cantonal, sur l'impôt des véhicules à moteur.
- Mettre en place des incitations pour les automobilistes afin qu'ils suivent un cours d'écoconduite (ecodrive). L'écoconduite permet de réduire la consommation jusqu'à 15%<sup>43</sup>. Rendre obligatoire la formation ecodrive dans le cursus d'obtention du permis de conduire.
- Réduire la vitesse maximale sur l'autoroute à 60 km/h.

## Hypothèses de travail

- Amélioration de l'efficacité de 8% d'ici 2030 et de 5% d'ici 2050.

## Faisabilité

- Des moteurs purement thermiques à 2 l/100 km sont techniquement faisables.
- Sous le leadership de l'Union européenne, la pression réglementaire sur les constructeurs est forte pour améliorer l'efficacité des moteurs.
- Ces dernières années, les gains d'efficacité des moteurs ont en grande partie été absorbés par l'augmentation du poids, de la puissance et du nombre des véhicules (effet rebond<sup>44</sup>) et les fraudes industrielles.

---

<sup>43</sup> Eco-driving Uncovered. The benefits and challenges of eco-driving. Source: Fiat (2010) [https://ecodrive.driveuconnect.eu/uploadedFiles/Fiatcouk/Stand\\_Alone\\_Sites/EcoDrive2010/en/ECO-DRIVING\\_UNCOVERED\\_summary\\_2010\\_EN.pdf](https://ecodrive.driveuconnect.eu/uploadedFiles/Fiatcouk/Stand_Alone_Sites/EcoDrive2010/en/ECO-DRIVING_UNCOVERED_summary_2010_EN.pdf)

<sup>44</sup> On appelle « effet rebond » la façon dont certains gains environnementaux obtenus grâce à l'amélioration de l'efficacité énergétique (isolation, chauffage plus performant, diminution des consommations des véhicules, etc.) vont être annulés par une augmentation des usages. ([www.alternatives-economiques.fr/leffet-rebond-lefficacite-energetique-accroit-demande/00066786](http://www.alternatives-economiques.fr/leffet-rebond-lefficacite-energetique-accroit-demande/00066786))

## 8 TRAFIC AÉRIEN

Le plan climat cantonal ne liste pas de mesures s'appliquant au secteur aérien. Ce rapport corrige cette omission. La gestion et la réglementation du trafic aérien sont des compétences fédérales et pas cantonales. En ce sens, les actions proposées (à l'exception de la quatrième Amélioration de l'efficacité) devront être prises et mises en œuvre au niveau fédéral. Si rien n'est fait à Berne, il faudra compenser cette absence de gain en renforçant les autres actions. Le tableau ci-dessous, repris du chapitre 5 (p. 10), montre l'effet sur les émissions genevoises au cas où la Confédération n'appliquait aucune des mesures proposées, en ne gardant que la mesure en main cantonale (Amélioration de l'efficacité)

	Répartition des émissions en 2020			Répartition des émissions en 2030			Répartition des émissions en 2040			Répartition des émissions en 2050		
					Par rapport à 2012						Par rapport à 2012	
Émissions ktCO <sub>2</sub> Canton de Genève	2020		2030			2040			2050			
Bâtiments	1 640	34%	623	26%	13%	246	20%	5%	33	6%	1%	
Mobilité	617	13%	234	10%	5%	25	2%	1%	0	0%	0%	
Électricité	565	12%	360	15%	8%	201	17%	4%	93	16%	2%	
<b>Trafic aérien</b>	<b>578</b>	<b>12%</b>	<b>555</b>	<b>23%</b>	<b>12%</b>	<b>491</b>	<b>41%</b>	<b>10%</b>	<b>405</b>	<b>68%</b>	<b>8%</b>	
Alimentation et consommation	1 400	29%	597	25%	12%	249	21%	5%	67	11%	1%	
TOTAL	4 800	100%	2 369	100%	49%	1 212	100%	25%	598	100%	12%	

### Hypothèses de travail

- Tant le *Rapport 2016 sur la politique aéronautique de la Suisse*<sup>45</sup> que la législation fédérale prévoient qu'il incombe aux autorités gérant les aéroports d'adapter leur offre à la demande. Du côté du Canton, l'objectif officiel, mais non contraignant, est de parvenir en 2030 à une stabilisation des émissions au niveau de 2014.
- Nous ne retenons pas les prévisions de l'étude Intraplan<sup>46</sup> qui prévoit 25 millions de passagers en 2030, car elles nous paraissent peu réalistes. Nous tablons sur 22 millions de passagers.
- L'aéroport de Genève servant aussi une population non-résidente du Canton, **nous n'avons considéré que les émissions du trafic aérien attribuables aux habitants du Canton**. Selon les données publiées par Intraplan, 30% de passagers sont en provenance / à destination du Canton de Genève.
- L'amélioration de l'efficacité des avions ne montrera d'effets significatifs que pour autant que la surtaxe sur les émissions gazeuses et le bruit soit nettement augmentée (sinon, attention à l'effet rebond !).

Quatre mesures sont proposées pour aligner la trajectoire d'émissions de l'aéroport sur celle des autres secteurs d'activité du canton.

<sup>45</sup> <https://www.admin.ch/opc/fr/federal-gazette/2016/1675.pdf>

<sup>46</sup> Intraplan Consult GmbH « Prévisions de trafic aérien Aéroport International de Genève » Résumé 2015

Baisse des émissions de CO <sub>2</sub> Secteur du transport aérien		Gains espérés par rapport à 2012 en :	
Action	Description	2030	2050
8	Taxe CO <sub>2</sub> sur le kérosène	15%	26%
9	Quotas de vols	29%	28%
10	Suppression des vols courts	8%	8%
11	Amélioration de l'efficacité des avions à Genève grâce à l'augmentation de la surtaxe sur les émissions gazeuses et le bruit	4%	30%

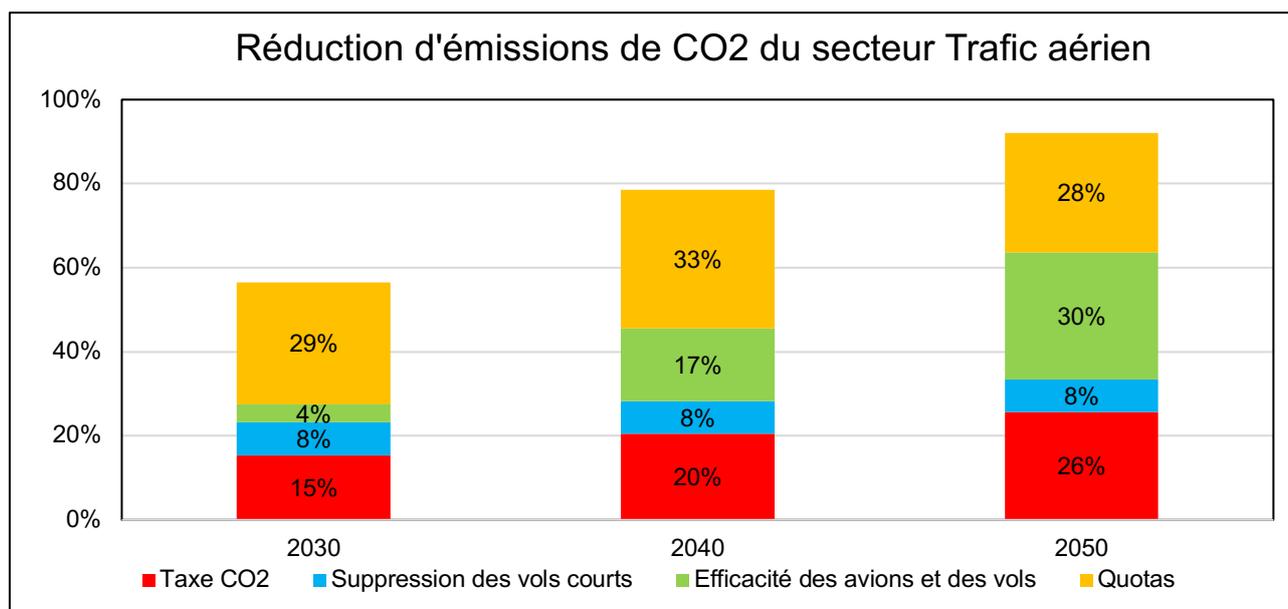


Fig. 10. Réduction des émissions du trafic aérien

## 8.1 ACTION 8 – TRAFIC AÉRIEN – Taxe CO<sub>2</sub> sur le kérosène

Gains d'émissions en 2030 (base 2012)	Gains d'émissions en 2050 (base 2012)
-15% sur le secteur trafic aérien	-26% sur le secteur trafic aérien
-2% sur l'ensemble des émissions	-4% sur l'ensemble des émissions

### Situation actuelle

Actuellement le kérosène est détaxé pour les vols internationaux et n'est frappé d'aucune taxe<sup>47</sup> sur le CO<sub>2</sub>, au contraire des combustibles (96 CHF/tCO<sub>2</sub>).

Une directive européenne de 2003 exempte de taxe le kérosène du transport aérien. Le même texte précise que les États membres ont toute latitude pour taxer le kérosène des vols domestiques, et de faire de même pour les vols internationaux sur la base d'accords bilatéraux. Aucun des 27 états membres ne l'a fait à ce jour.

### Proposition

Mise en place d'une taxe CO<sub>2</sub> sur le kérosène à hauteur de 150 CHF/tCO<sub>2</sub> en 2030, 200 CHF/tCO<sub>2</sub> en 2040 et 250 CHF/tCO<sub>2</sub> en 2050<sup>48</sup>.

<sup>47</sup> Convention de Chicago.

<sup>48</sup> Selon l'association spécialisée T&E le niveau minimal de taxation pour que celle-ci constitue une incitation substantielle est de 150 €/t CO<sub>2</sub>.

## Hypothèses de travail

- Les émissions de CO<sub>2</sub> sont de 70 kgCO<sub>2</sub>/passager à Genève.
- L'amélioration de l'efficacité des avions n'est pas prise en compte dans cette mesure.
- La demande baisse de 1,5% avec une augmentation du prix du billet de 1% (élasticité des prix)<sup>49</sup>. Il s'agit des valeurs pour des vols moyen-courriers pour motif de loisirs, ce qui représente la majorité des vols à Genève.
- On peut s'attendre à une baisse théorique de 4 millions de passagers par an en 2030.

## Faisabilité

- L'acceptabilité politique d'une telle taxe a fortement augmenté au cours de l'année écoulée. Dans le cadre de la révision actuelle de la loi sur le CO<sub>2</sub>, une commission du Conseil des États a proposé en 2019 une taxe CO<sub>2</sub> sur le kérosène pouvant se monter au maximum à 120 CHF/tCO<sub>2</sub>.
- La taxe CO<sub>2</sub> est inéquitable, son impact est plus fort sur les bas revenus.

## Co-bénéfice en plus du CO<sub>2</sub>

- Amélioration de la qualité de vie pour les riverains.
- Amélioration de la qualité de l'air dans la région de l'aéroport.

## 8.2 ACTION 9 – TRAFIC AÉRIEN – Quotas de vols

Gains d'émissions en 2030 (base 2012)	Gains d'émissions en 2050 (base 2012)
-29% sur le secteur trafic aérien	-28% sur le secteur trafic aérien
-5% sur l'ensemble des émissions	-4% sur l'ensemble des émissions

## Situation actuelle

Sans l'instauration d'un système de droits de polluer (échangeables ou pas) annuel et personnel, il ne sera pas possible d'atteindre les objectifs de l'urgence climatique pour le trafic aérien. Seuls les quotas de vol permettront de dimensionner le volume du trafic aérien pour suivre la trajectoire -60% en 2030 et -95% en 2050, équivalent à réduire le nombre de passagers à un peu moins de 10 millions en 2030 (contre 22 millions selon la planification actuelle).

## Proposition

Mettre en place un système de quotas de vols permettrait de dimensionner le volume de passagers selon une enveloppe annuelle de droits de polluer. Cette enveloppe diminuerait chaque année jusqu'en 2030 pour rester dans la trajectoire d'émissions décidées par le Canton et respecter le principe de l'équité. Des enveloppes différenciées selon les besoins pourront être envisagées.

Cette proposition doit encore être développée et faire l'objet de larges concertations.

## Faisabilité

- Cette mesure nécessite des changements législatifs au niveau fédéral.
- L'acceptabilité sociale de cette mesure risque d'être difficile dans un premier temps, même si son caractère équitable vise précisément l'acceptation.
- Cette mesure est équitable par opposition à la taxe CO<sub>2</sub>.

<sup>49</sup> Ministère des finances du Canada, « Élasticités de la demande de transport aérien de passagers : concepts, problèmes et mesure », 2008

## Co-bénéfice en plus du CO<sub>2</sub>

- Amélioration de la qualité de vie pour les riverains.
- Amélioration de la qualité de l'air dans la région de l'aéroport.

### 8.3 ACTION 10 – TRAFIC AÉRIEN – Suppression des vols courts

Gains d'émissions en 2030 (base 2012)	Gains d'émissions en 2050 (base 2012)
-8% sur le secteur trafic aérien	-8% sur le secteur trafic aérien
-1% sur l'ensemble des émissions	-1% sur l'ensemble des émissions

#### Situation actuelle

En 2018, Paris, Zürich et Bruxelles constituent respectivement la 2<sup>e</sup>, la 6<sup>e</sup> et la 8<sup>e</sup> destination de l'aéroport de Genève en termes de passagers. Les vols pour ces 3 destinations les plus proches représentent près de 15% des passagers et environ 10% des émissions de CO<sub>2</sub>. Or, en prenant en compte les temps d'attente et de trajet aéroport-centre-ville, l'utilisation du train devrait s'imposer pour ces trajets.

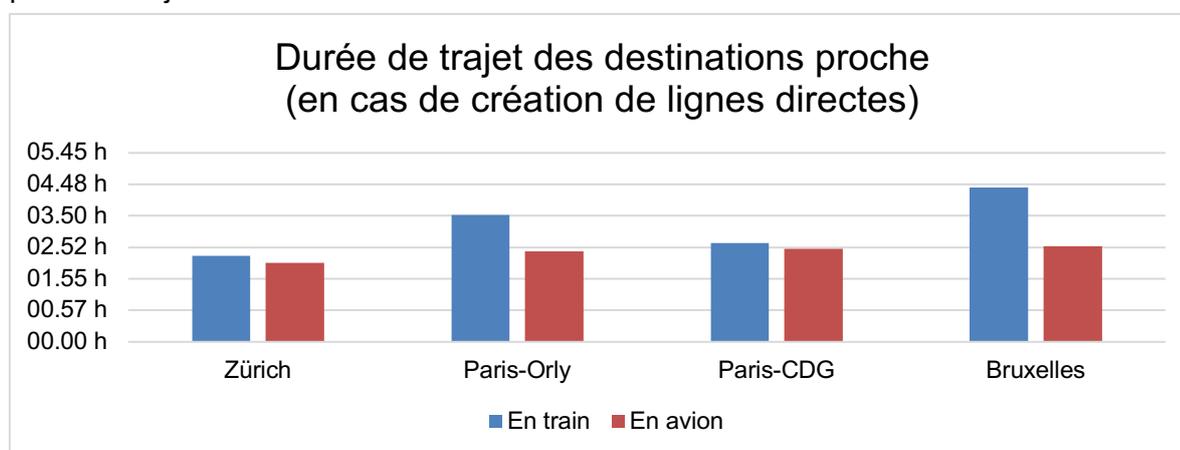


Fig. 11. Durée des trajets des destinations proches

#### Proposition

Interdire tout vol dont la destination finale se trouve à moins de 8 heures de Genève par le train au plus tard en 2030.

#### Faisabilité

- Une telle mesure paraît difficilement compatible avec la liberté de commercer et le système actuel d'octroi des routes aériennes délivrées par l'Office Fédéral de l'Aviation Civile (OFAC). Des changements légaux importants sont nécessaires. La compétence est au niveau de la Confédération.

## Co-bénéfice en plus du CO<sub>2</sub>

- Amélioration de la qualité de vie pour les riverains.
- Réduction de la pollution atmosphérique.

### 8.4 ACTION 11 – TRAFIC AÉRIEN – Amélioration de l'efficacité des avions grâce à l'augmentation de la surtaxe sur les émissions/bruit

Gains d'émissions en 2030 (base 2012)	Gains d'émissions en 2050 (base 2012)
-4% sur le secteur trafic aérien	-30% sur le secteur trafic aérien
-1% sur l'ensemble des émissions	-4% sur l'ensemble des émissions

## Situation actuelle

L'amélioration technique des avions disponibles sur le marché et, surtout, les mesures pour améliorer le taux de remplissage des avions augmentent l'efficacité énergétique par passager de l'aviation de 1 à 2% par an. Cette amélioration s'explique par les rénovations effectuées dans les avions existants (accessoires plus légers), l'introduction de modèles neufs plus performants et l'amélioration de la gestion du trafic aérien. La pression sur les fabricants d'avions et sur les compagnies aériennes pour accroître les gains d'efficacité énergétique va continuer, les coûts des carburants représentant la part la plus importante des coûts de l'aviation.

En même temps, la croissance du secteur aérien est de 1,7% par an à Genève<sup>50</sup>, ce qui annule les effets positifs dus à l'augmentation de l'efficacité énergétique. Diminuer les émissions liées à l'aéroport demande une autre incitation, en augmentant significativement la taxe sur le bruit et les émissions gazeuses des avions pour inciter les compagnies aériennes à déployer les avions les plus efficaces à Genève et maximiser leur remplissage.

## Proposition

Augmenter fortement la taxe sur le bruit et les émissions de GES pour accélérer le déploiement d'appareils plus efficaces à l'aéroport de Genève et maximiser le taux d'occupation des vols.

## Hypothèse de travail

- Un accroissement de la taxation assurera l'amélioration de l'efficacité énergétique des avions au cours des prochaines décennies.

## Faisabilité

- Cette mesure correspond à la tendance actuelle et est soutenue par les compagnies d'aviation elles-mêmes.

## Co-bénéfice en plus du CO<sub>2</sub>

- Amélioration de la qualité de vie pour les riverains.
- Réduction de la pollution atmosphérique.

---

<sup>50</sup> Intraplan 2015

## 9 ÉLECTRICITÉ

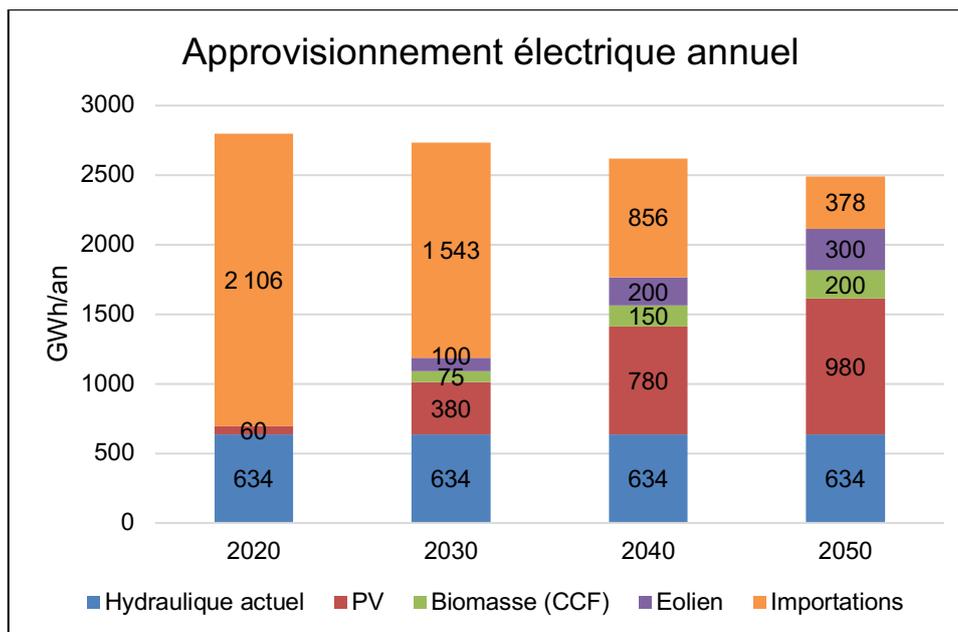


Fig.12. Approvisionnement électrique annuel<sup>51</sup>

On estime que SIG vend environ 80% de l'électricité consommée à Genève, que cela soit aux clients captifs ou sur le marché libéralisé (gros consommateurs). Nous ne disposons pas d'information sur l'origine renouvelable ou non des 20% d'électricité vendue par d'autres que SIG. Celle vendue par SIG est réputée 100% renouvelable. Elle provient environ pour 50% (estimation) des barrages que possède SIG sur le Rhône et des installations photovoltaïques (PV) genevoises, ou d'autres barrages et installations de production renouvelables avec lesquels SIG a des contrats d'approvisionnement. Pour l'autre moitié, SIG s'approvisionne sur le marché, c'est-à-dire achète des électrons dont on ne connaît pas le mode de production (éolien, PV, nucléaire, hydraulique, gaz, charbon, etc.) et achète parallèlement des certificats de garantie d'origine « électricité renouvelable » pour la même quantité d'énergie<sup>52</sup>. Il s'agit d'un effort réel du fournisseur public à Genève en faveur de la transition énergétique qu'il convient de saluer. Nous pourrions dès lors considérer que le recours à l'électricité est globalement neutre en carbone à Genève et ne pas prendre en compte les émissions de CO<sub>2</sub> associées.

Ce n'est malheureusement pas le cas, car **les certificats obtenus ne tiennent pas compte du moment où ils ont été produits**. Cela signifie que la consommation d'un kWh d'électricité en hiver, lorsque la production indigène est limitée et la demande forte, peut être considérée comme renouvelable grâce à un certificat pour un kWh d'électricité produite en été, lorsque la production est plus importante et la demande plus faible. Ce manque de concordance entre temps de production et temps de consommation de l'électricité est un enjeu majeur de la transition énergétique.

Pour ces raisons, une analyse plus fine du contenu carbone de l'électricité genevoise est nécessaire, bien que complexe à effectuer, car, physiquement, les électrons n'ont pas de « couleur », ni verte ni grise. L'Université de Genève a récemment présenté une étude sur le facteur d'émission de l'électricité suisse en tenant compte des importations et exportations et de leur contenu carbone heure par heure sur l'ensemble de l'année<sup>53</sup>. Selon les résultats de cette étude, les émissions moyennes

<sup>51</sup> La production photovoltaïque est prévue essentiellement sur le canton. Par contre l'éolien est produit à la fois sur le canton et en Suisse (parts de parcs éolien appartenant à SIG).

<sup>52</sup> Les marchés d'achat de l'électricité et celui des certificats de garantie d'origine renouvelable sont deux marchés séparés. Par exemple, SIG, pour compléter sa production propre, achète d'un côté de l'électricité et, d'un autre, des certificats.

<sup>53</sup> E.Romano, Contenu CO<sub>2</sub> du mix électrique suisse et implications sur le développement des pompes à chaleur et du photovoltaïque, 16 Mai 2019, UNIGE – Energy Seminar

de l'électricité consommée en Suisse sont de l'ordre de 150 gCO<sub>2</sub>/kWh. Lors des jours froids d'hiver, le facteur peut monter à plus de 500 gCO<sub>2</sub>/kWh, soit l'équivalent de la production d'une centrale thermique au fioul. Il se peut que les émissions moyennes genevoises soient légèrement différentes, eu égard au mix particulier de notre canton, il n'en demeure pas moins que notre consommation d'électricité n'est pas climatiquement neutre et qu'il nous faut donc impérativement diminuer notre consommation lorsque c'est possible et développer la production d'électricité renouvelable locale.

Notons, pour conclure cette introduction, que peu de fournisseurs étant aussi vertueux que SIG, la demande pour les certificats de garantie d'origine d'électricité renouvelable est limitée. Il est donc aujourd'hui relativement bon marché d'acquérir ces certificats. On peut cependant faire l'hypothèse que la concurrence pour accéder à ces certificats va considérablement augmenter au cours des prochaines années puisque l'ensemble des acteurs vont faire leur transition énergétique. Cette éventualité fera augmenter fortement le prix de l'électricité « renouvelable » et devrait favoriser les économies d'énergie.

Baisse des émissions de CO <sub>2</sub> Secteur l'électricité		Gains espérés par rapport à 2012 en :	
Action	Description	2030	2050
12	Renforcement du programme éco21	- 500GWh	- 1000GWh
13	Développement des énergies renouvelables locales et « semi-locales »	+500GWh	+1400GWh

## 9.1 ACTION 12 – ÉLECTRICITÉ– Renforcement du programme éco21

Gains en 2030 (base 2012)	Gains en 2050 (base 2012)
<b>-500 GWh/an</b> de consommation électrique (sur environ 2950 GWh au total)	<b>-1000 GWh/an</b> de consommation électrique (sur environ 2950 GWh au total)
<b>-24%</b> sur le secteur de l'électricité	<b>-47%</b> sur le secteur de l'électricité
<b>-3%</b> sur l'ensemble des émissions	<b>-6%</b> sur l'ensemble des émissions

### Situation actuelle

Le programme éco21 de SIG a fait ses preuves. Il permet actuellement de réaliser des économies d'électricité de l'ordre de 210 GWh/an, soit environ 5% de la consommation actuelle.

L'électricité est vouée à remplacer le mazout, l'essence/diesel et peut-être le kérosène. La disponibilité d'électricité en quantité suffisante est donc capitale pour permettre le remplacement des agents fossiles. L'utilisation efficace de l'électricité, visée par éco21, déterminera la vitesse de la transition du fossile vers l'électricité, vouée à provenir à 100% de sources renouvelables. L'impact d'éco21 est donc indirect, mais capital sur les émissions de GES.

### Propositions

- Le contenu de l'accompagnement peut être encore amélioré, notamment avec un système de « carottes / bâtons » tarifaires.
- Mise en place d'une obligation légale pour les fournisseurs approvisionnant le marché libre (consommateurs > 100'000 kWh par an) d'offrir des incitations de diminution de la consommation énergétique à leurs clients. Nécessité d'harmoniser la situation entre fournisseurs via la Commission de la concurrence.

## Faisabilité

Les retours d'expérience d'éco21 montrent que les gisements d'économies restent considérables malgré le travail déjà effectué et sont même plutôt en augmentation au fur et à mesure du développement du savoir-faire et de la sensibilité des ménages et entreprises.

Les gisements de sobriété énergétique (modifications de comportements des usagers) sont prometteurs et quasi-inexploités à ce jour. Selon l'association négaWatt (France), la sobriété énergétique à elle seule permettrait de réduire la consommation d'électricité de 30%.

## 9.2 ACTION 13 – ÉLECTRICITÉ– Développement des énergies renouvelables locales et « semi-locales »

Gains en 2030 (base 2012)	Gains en 2050 (base 2012)
<b>+500 GWh/an</b> de production électrique locale et semi-locale (contre environ 700 GWh en 2012)	<b>+1400 GWh/an</b> de production électrique locale et semi-locale (contre environ 700 GWh en 2012)
<b>-13%</b> sur le secteur de l'électricité	<b>-46%</b> sur le secteur de l'électricité
<b>-2%</b> sur l'ensemble des émissions	<b>-6%</b> sur l'ensemble des émissions

### Situation actuelle

La production électrique genevoise est d'environ 700 GWh/an, assurant un quart des besoins. L'hydroélectrique constitue la majorité de l'approvisionnement local. Le photovoltaïque reste très peu développé alors qu'il constitue le principal gisement disponible sur le Canton (production d'environ 60 GWh/an pour un potentiel de l'ordre de 1000 GWh/an).

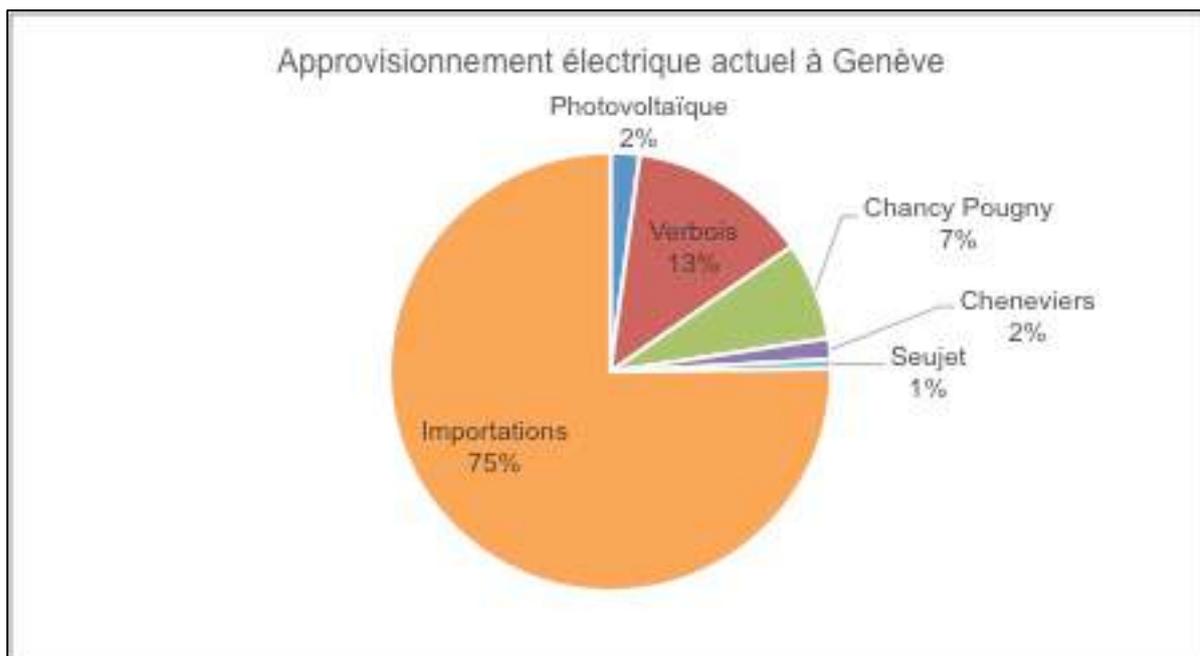


Fig. 13. Approvisionnement électrique actuel à Genève

### Proposition

Massification de la production renouvelable, en particulier solaire.

### Faisabilité

Malgré la croissance de la population et des usages électriques, la demande du canton a diminué de 6,1% depuis le maximum de 2010. La Stratégie énergétique 2050 au niveau fédéral vise une légère diminution de la consommation électrique. Toutefois, la demande en électricité pourrait augmenter au-delà de 2030 du fait des nouveaux usages de l'électricité.

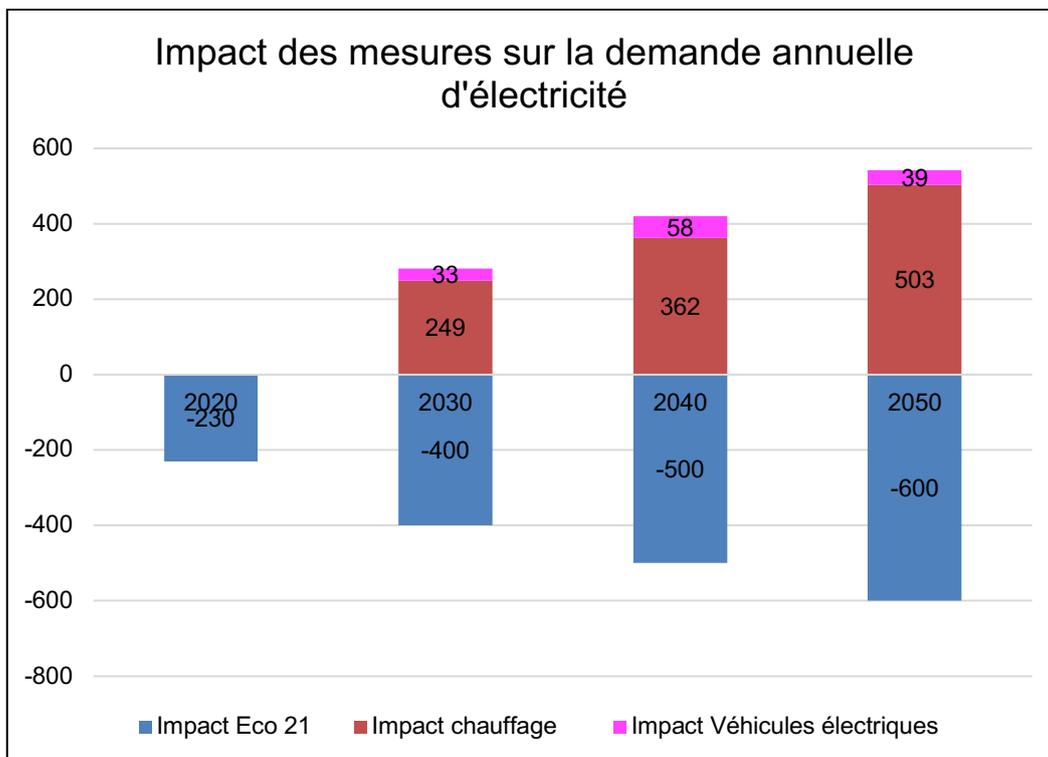


Fig. 14. Le développement maximal des énergies renouvelables sur le Canton ne permet de ne couvrir qu'une partie des besoins, même en allant chercher la presque totalité du gisement disponible. Nous avons laissé, pour information, l'impact des véhicules électriques en remarquant qu'il est faible par rapport à celui du chauffage<sup>54</sup>.

Pour couvrir les besoins en importations, nous proposons que SIG investisse dans des moyens de production renouvelables « semi-locaux », c'est-à-dire dans un environnement proche du Canton (Grand Genève, Suisse) plutôt que de s'approvisionner sur le marché de l'électricité et d'acheter des certificats d'origine pour pouvoir qualifier l'électricité de renouvelable.

En effet, dans une perspective de durabilité à l'horizon 2050, chaque territoire doit globalement « faire sa part », même si les échanges conserveront leur importance. L'accès à la production renouvelable sera plus difficile demain et il deviendra moins facile de s'approvisionner sur le marché en électricité renouvelable avec une origine fiable. L'investissement dans de telles capacités de production permettrait au Canton d'avoir une réelle maîtrise de son approvisionnement.

Avec le développement important du photovoltaïque, **le stockage décentralisé d'électricité constitue un enjeu majeur à résoudre surtout au-delà de 2030**. Il s'agit de stockage infrajournalier pour répartir sur l'ensemble de la journée le pic de production lorsque l'ensoleillement est maximal. Il en est de même pour le stockage saisonnier pour les besoins de chauffage en hiver. Les nouvelles solutions techniques à mettre en œuvre pour le stockage saisonnier existent et demandent des investissements très importants alors que la technologie est nouvelle et probablement pas encore arrivée à maturité. Le rehaussement des barrages alpins est problématique pour des questions environnementales. L'engagement des SIG dans des expériences pilotes de stockage saisonnier d'électricité (power-to-gas) est crucial.

Les niveaux de production renouvelables locaux et semi-locaux suivants sont visés :

	2020	2030	2050	Commentaires
Photovoltaïque	60 GWh	380 GWh	980 GWh	Essentiellement sur le canton
Éolien	0 GWh	100 GWh	300 GWh	En partie hors du canton et dans le canton
Biomasse	0 GWh	75 GWh	200 GWh	CCF produisant chauffage et électricité en hiver

<sup>54</sup> Du fait de la configuration urbaine du canton, nous avons priorisé des mesures de réduction de la part modale de la voiture et des besoins de mobilité en général plutôt que le basculement de la mobilité actuelle en motorisation électrique.

## 10 IMPORTATIONS (ALIMENTATION & BIENS DE CONSOMMATION)

Le secteur des importations (l'essentiel des biens de consommation et l'alimentation), avec 29% des émissions en 2012, est le deuxième plus gros émetteur du canton. Toutefois et par opposition aux chapitres précédents, nous ne disposons pas de sources suffisamment fiables pour chiffrer les gains CO<sub>2</sub> liés aux actions proposées. Nous énumérons donc les mesures à disposition sans chiffrer leur impact spécifique. Comme pour les autres secteurs, ces mesures sont en partie des renforcements de programmes existants et en partie des mesures nouvelles. Leur mise en œuvre vise à diminuer les émissions (grises) du secteur importations de 60% à l'horizon 2030.

### 10.1 Alimentation

Diminuer les émissions de GES du secteur de l'alimentation de plus de la moitié d'ici 2030 nécessite de réduire le volume des importations et d'améliorer le contenu des importations résiduelles :

- Réduire le gaspillage alimentaire.
- Réduire la consommation de viande.
- Augmenter fortement la surface cultivée en agriculture biologique et agriculture régénérative permettant le stockage de CO<sub>2</sub> dans le sol.
- Augmenter l'autoapprovisionnement (actuellement 10% de la consommation cantonale).
- Augmenter l'autoapprovisionnement en fourrages.

#### Mesures immédiates

- Travailler avec la banque alimentaire genevoise Partage pour identifier des moyens additionnels de lutte contre le gaspillage de denrées. Mettre en place les mesures identifiées.
- Accentuer l'alimentation locale du bétail avec des fourrages grossiers produits sur les exploitations locales.
- Poursuivre le développement de la filière volaille genevoise, intégrant également la production de fourrage local<sup>55</sup>.
- Pour les institutions sous contrôle direct ou indirect des collectivités publiques (État, communes, régies publiques, etc.), appliquer une politique d'achat visant le 100% d'approvisionnement en denrées locales (GRTA).
- Passer d'un à trois repas végétariens<sup>56</sup> par semaine dans la restauration collective sous contrôle direct ou indirect des collectivités publiques (État, communes, régies publiques, etc.).

#### Mesures structurantes (effet différé)

- Renforcer les filières cantonales de production-transformation-commercialisation.
- Favoriser les projets pilotes d'agroforesterie et de non-labour renforçant la séquestration du carbone par les sols<sup>57</sup>.
- Mettre en place un système de stages payés pour les personnes issues des écoles agricoles afin de renforcer le développement des filières agricoles-alimentaires locales.
- Créer une interface entre, d'une part, des propriétaires privés de terrains agricoles en déshérence ou s'approchant de la fin d'exploitation et, d'autre part, des jeunes diplômés en agriculture sans

---

<sup>55</sup> Cette filière est 6 fois moins émettrice de GES que celle du bœuf à poids égal.

<sup>56</sup> Le régime alimentaire flexitarien, biologique et local est plus bas en émissions que le régime végétarien : Société Suisse de Nutrition (SSN), FOODprints® Astuces pour manger et boire de manière durable, Feuille d'info, Berne, 2014

<sup>57</sup> <https://unepgrid.ch/storage/app/media/legacy/Foresight013.pdf>

capacité d'investissement à la recherche de terrain<sup>58</sup>. Ces nouveaux exploitants locataires de terrain remplissent un contrat de prestation avec l'État (ou une structure à créer) pour répondre à la demande croissante en approvisionnement alimentaire bio et local (GRTA).

## Faisabilité

- Augmenter significativement l'approvisionnement local est un objectif de plus en plus partagé par la société et les partis politiques.
- La marge de progression pour augmenter l'autoapprovisionnement est importante. Des outils et programmes ont été mis en place, ils doivent être renforcés et complétés par de nouveaux programmes.

## 10.2 Généralisation de matériaux de construction biosourcés

### Situation actuelle

Malgré les progrès opérés dans les cimenteries, celles-ci ont toujours un très lourd bilan carbone alors qu'existe une filière bois arrivée à maturité. Le bois a un bilan carbone positif (évite le recours à l'acier ou au béton + stockage de CO<sub>2</sub>, voir comparatif ci-dessous). On sait aujourd'hui construire des immeubles de 10 étages et plus<sup>59</sup> en structure bois. Le bois peut également être utilisé en remplissage. Les isolants biosourcés (fibre de bois, ouate de cellulose, etc.) ont des performances aussi intéressantes que les isolants minéraux (laine verre ou laine de roche, etc.) ou synthétiques (polyuréthane, polystyrène, etc.), mais avec des performances environnementales nettement meilleures. Le règlement cantonal sur les forêts prévoit des variantes bois systématiques pour les projets des collectivités publiques, mais cela n'est que très rarement respecté.

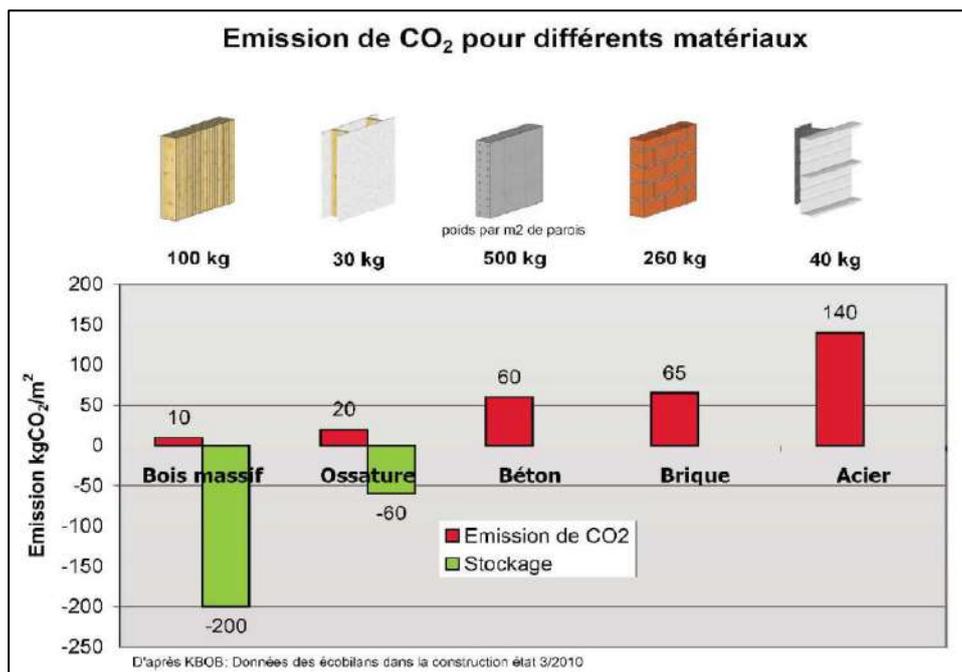


Fig. 15. Émissions de CO<sub>2</sub> de différents matériaux de construction.

### Mesures

- De même que des niveaux de performance thermique sont exigés des bâtiments neufs et en rénovation, des niveaux minimaux de performance environnementale doivent être définis et imposés. Cette performance environnementale sera évaluée en termes d'émissions de carbone de

<sup>58</sup> Exemple : Rat für Nachhaltige Entwicklung, Allemagne

<sup>59</sup> <https://www.designbuild-network.com/features/worlds-tallest-wooden-buildings/>

matériaux sur l'ensemble du cycle de vie, à l'image de la Réglementation environnementale RE 2020 en préparation en France qui va remplacer la réglementation thermique RT 2012. Les bilans carbone devront être établis sur la base d'une méthodologie propre et utiliser des bases de données de matériaux standardisés. Le recours au béton, à l'acier ou aux isolants minéraux sera ainsi réduit.

### 10.3 Biens de consommation

<u>Gains en 2030 (base 2012)</u>	<u>Gains en 2050 (base 2012)</u>
-300'000 tCO <sub>2</sub>	-450'000 tCO <sub>2</sub>

#### Contexte

Les biens de consommation (voitures, électroménager, meubles, multimédias, etc.) génèrent environ 11% des émissions totales genevoises<sup>60</sup>. Ces émissions sont indirectes (mais bien réelles) puisqu'elles sont générées à l'étranger, essentiellement en Asie.

Réduire nos émissions indirectes nécessite de modifier nos habitudes de consommation, prendre l'habitude d'entretenir et de réparer les biens de consommation, enfin de ne se fournir qu'auprès de fabricants relocalisés pratiquant la récupération/réparation/revente ou de fabricants installés dans des pays à législation environnementale développée.

#### Mesures

Le chiffrage de l'impact carbone est difficilement prévisible pour les différentes mesures<sup>61</sup> visant à réduire les émissions des biens de consommation. Pour ces mesures, la plupart pionnières, le retour sur expérience et l'évaluation de leur impact permettra de maintenir, améliorer ou renoncer aux politiques publiques concernées.

##### Appliquer une discrimination entre les biens importés selon leur durabilité

- Mettre en place un étiquetage facilitant l'identification de produits réparables.
- Limiter les importations aux produits assortis d'une garantie d'au moins 3 ans.
- Soutenir, via la subsidiarité active<sup>62</sup>, le projet de taxe carbone sur les produits importés (« taxe carbone aux frontières ») discutée à partir de début 2020 par la Commission européenne et en 2009 dans un rapport commun de l'OMC et le PNUE.
- Répertorier les supports de communication des organes paraétatiques (p. ex., véhicules TPG) et appliquer une politique de droit de regard sur les publicités pour sélectionner celles qui favorisent la transition énergétique<sup>63</sup>.

##### Développer les services de réparation-vente/prêt/location

- Mettre en place des mesures de facilitation pour les métiers de la réparation/entretien des biens<sup>64</sup>.
- Mettre en place des directives pour les centrales publiques d'achat (services cantonaux, écoles, hôpital, etc.) assurant qu'avant de remplacer un objet, on s'assure qu'il n'est pas réparable et qu'il n'est pas possible de le remplacer par un bien de seconde main.

<sup>60</sup> Maneco

<sup>61</sup> <https://www.halteobsolescence.org/ce-que-va-changer-la-loi-anti-gaspillage/>

<sup>62</sup> Même si la compétence est fédérale, un canton peut « faire remonter » des besoins identifiés d'orientations politiques à actionner par ses relais fédéraux. Voir : [http://www.citego.org/bdf\\_fiche-document-224\\_fr.html](http://www.citego.org/bdf_fiche-document-224_fr.html)

<sup>63</sup> Dans la lutte contre le tabagisme, le frein à la publicité a été un vecteur efficace de changement de comportement.

<sup>64</sup> Mesures répertoriées dans le rapport "Augmenter le marché de la réparation d'appareils et objets à Genève - Liste des principaux freins et accélérateurs" Liste établie par Noé21 à partir de trois tables rondes organisées avec la participation de Cédric Vuillemin, EPI, Ecotechnic, et Itopie. noé21 2016. A commander à [info@noe21.org](mailto:info@noe21.org)

# 11 ACTIVITÉS FINANCIÈRES

Une grande partie de l'économie cantonale (finance et le trading de matières premières) participe à financer les activités d'exploration, d'extraction, de transport et de raffinage de ressources fossiles à travers le monde.

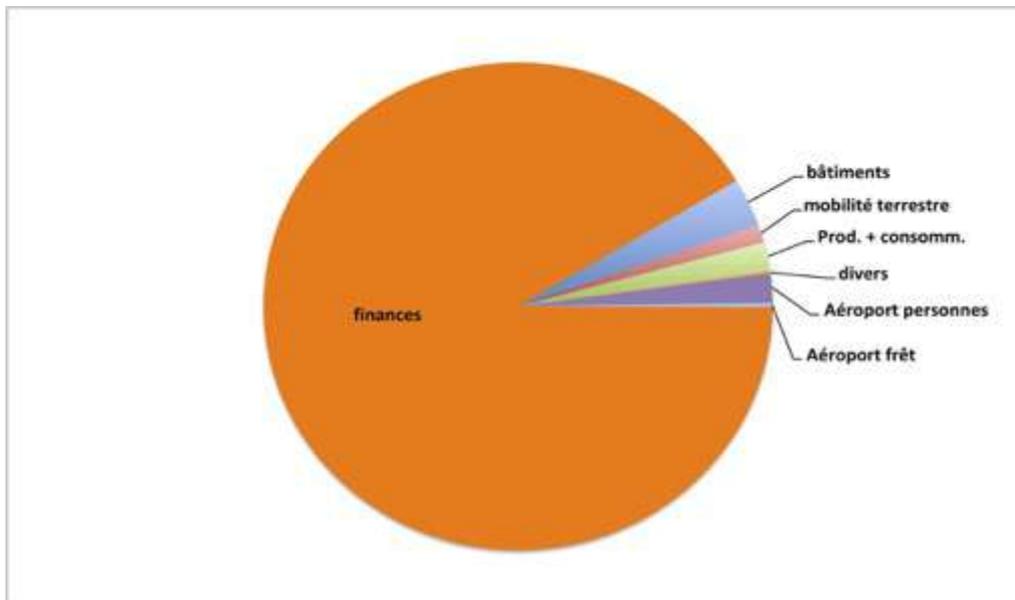


Fig. 16 : Les émissions selon PCC1, augmentées des émissions dues aux activités financières <sup>65</sup>.

L'État doit établir et déployer un plan sur plusieurs années visant au désinvestissement fossile de la part des institutions financières basées dans le canton. Il pourrait se baser sur l'article 2.1c de l'Accord de Paris, entré en vigueur en novembre 2016, contraignant les États-partie à rendre les flux financiers climato-compatibles.

Par exemple, la région Ile-de-France « demande désormais à ses partenaires financiers de rendre publics les montants placés actuellement dans les entreprises contribuant aux changements climatiques puis d'engager un mouvement de désinvestissement complet de leurs placements dans ces sociétés »<sup>66</sup>.

Ceci nécessite une recherche spécifique **L'établissement d'un plan de mesures pour ce secteur est primordial**, mais il dépasse le mandat de noé21. Il devrait se faire en consultant les parties prenantes et associations<sup>67</sup> actives dans le domaine.

<sup>65</sup> source Masterplan Climat, ramené au canton de Genève au pro rata de la population [https://uploads.strikingly-cdn.com/files/92bdd800-5946-47f8-aa7f-aabc601ff1f9/Alliance\\_climatique\\_Suisse\\_Masterplan\\_climat.pdf](https://uploads.strikingly-cdn.com/files/92bdd800-5946-47f8-aa7f-aabc601ff1f9/Alliance_climatique_Suisse_Masterplan_climat.pdf)

<sup>66</sup> PCC v2 Etat de Genève, p.29

<sup>67</sup> <http://www.alliance-climatique.ch/blog/desinvestissement> et <https://www.sfgeneva.org/>

## 12 CONCLUSION

Dans ce rapport nous avons montré que l'atteinte des objectifs climatiques du gouvernement est possible. Nous avons produit un catalogue de 13 actions dont nous avons chiffré l'impact climatique aux horizons 2030 et 2050. Nous avons également défini des priorités dans l'ordre de réalisation des actions. Il s'agit de mener d'abord les actions de sobriété, ensuite celles d'efficacité et enfin celles consistant à s'approvisionner en énergies renouvelables.

Ce rapport doit servir d'outil d'aide à la décision pour les parties prenantes. C'est une contribution au débat public. Nous avons évalué qualitativement la faisabilité des différentes actions en première approche. A présent, chaque action doit faire l'objet d'une évaluation détaillée quant à son opérationnalisation, c'est-à-dire son coût, ses moyens de financement et la manière avec laquelle susciter l'adhésion de la population et des milieux économiques.

Nous en sommes convaincus : répondre à l'urgence climatique représente un défi d'une telle ampleur que des changements structurels de la société entière sont nécessaires. Ceux-ci, dans une démocratie qui respecte les avis et les libertés de chacun, ne peuvent être atteints que grâce à une adhésion forte de la population et des milieux économiques. Ce travail, de nature politique au sens noble du terme, reste entièrement à réaliser. Les orientations sont posées, mais le travail, lui, ne fait que commencer.

## 13 REMERCIEMENTS & RÉFÉRENCES

### Remerciements

Nous remercions chaleureusement celles et ceux qui ont contribué par leurs conseils, par leur soutien et/ou leur patiente et attentive relecture(s) de ce rapport : Kristine Balslev ; Ruedi Berli ; Christian Buenzod ; Samuel Chenal ; Derek Christie ; Olivier Epelly ; Sabine Estier-Thévenoz ; Jérôme Faessler ; Eric Flückiger ; Alain Gaumann ; Damien Gumy ; Valentina Hemmeler-Maïga ; François Hiltbrand ; Benoit Lambert ; Stève Honsberger ; Catherine Lavallez ; Julien Nicolet-dit-Félix ; Lorenzo Pagliano ; Pascal Peduzzi ; Jean Rossiaud ; Stéphane Rousset ; Marlyne Sahakian ; Jean-Luc Zanasco ; Rémy Zinder

Notre profonde reconnaissance et nos excuses auprès de celles et ceux qui auront apporté leur soutien et attention pendant l'élaboration de ce rapport, de près ou de loin, mais qui ne figurent pas ici, qu'ils et elles soient à nouveau remerciés.

### Références

Alliance climatique suisse, Le Masterplan climat Suisse, 2016  
ATEE, Principaux projets de démonstration de Power to Gas > 100kWe en Europe, 2019  
État de Genève, Plan climat cantonal volet 1 et 2, 2015  
Faessler et al, Valorisation énergétique des biomasses : gisements brut, accessible et mobilisable, UNIGE, 2010  
Kaufmann et Munafò, La mobilité des genevois et des vaudois, EPFL-UNIGE, 2014  
Khoury et al. & OFEN-OCEn, COMPARE RENOVE : du catalogue de solutions à la performance réelle des rénovations énergétiques, UNIGE, 2016  
INRA, Stocker du carbone dans le sol français, 2019  
OCSTAT, statistiques énergies et coûts de la construction, consulté en 2019 et 2020  
OCSTAT, La mobilité des habitants du Canton de Genève, mai 2019  
OFEV, Effets des prescriptions relatives aux émissions de CO<sub>2</sub> pour les voitures de tourisme entre 2012 et 2015, 2016  
Quiquerez et al, Évaluation quantitative de scénarios de développement du marché de la chaleur à Genève à l'horizon 2035 : Quel rôle pour les réseaux de chaleur ? UNIGE, 2016  
SITG, données sur les IDC, les chaudières  
Suissenergie, Réseau thermique Genève-Lac-Nations (GLN) Étude de cas, 2017