

Le *Donut* du Grand Genève, une boussole pour la stratégie de transition écologique du territoire

Méthode et résultats

Centre de compétences en durabilité
Université de Lausanne, octobre 2022.

Rédacteur.ice.s principaux :

Camille Gilloots (camille.gilloots@unil.ch) et Victor Rey (victor.rey@unil.ch)

Avec la contribution de Nelly Niwa, Johann Recordon, Augustin Fragnière et Julia Gonzalez Holguera.

TABLE DES MATIERES

1. Synthèse	5
2. Contexte de l'étude et méthode	7
2.1. Méthode et cadre conceptuel du <i>donut</i>	7
3. Définir la transition écologique	11
3.1. Définition de la transition écologique	11
3.2. Dix objectifs, 10 dimensions pour le Donut du Grand Genève	12
3.2.1. Quadrant Global-Ecologique	12
3.2.2. Quadrant Local-Ecologique	13
3.2.3. Quadrant Local-Social	14
3.2.4. Quadrant Global-Social	16
4. Fixer le cap pour 2050 : un set d'indicateurs pour la Transition du Grand Genève	17
4.1. Indicateurs de transition écologique	17
4.1.1. Vue d'ensemble des indicateurs	17
4.1.2. Indicateur #1 : Empreinte azote	18
4.1.3. Indicateur #2 : Empreinte matérielle	22
4.1.4. Indicateur #3 : Empreinte carbone	25
4.1.5. Indicateur #4 : Espèces menacées et éteintes localement	29
4.1.6. Indicateur #5 : Part des cours d'eau et des lacs en bon état biologique et physicochimique	34
4.1.7. Indicateur #6 : Disponibilité en eau	37
4.1.8. Indicateur #7 : Part de sol fonctionnel	42
4.1.9. Indicateur #8 : Part de la population surexposée aux 3 polluants atmosphériques « classiques » selon les seuils de l'OMS	45
4.1.10. Indicateur #9 : Espérance de vie en bonne santé (à la naissance)	47
4.1.11. Indicateur #10 : Part de la population qui se déclare en (très) bon état de santé	49
4.1.12. Indicateur #11 : Part des habitant-e-s précaires dans un moins une catégorie : monétaire familiale, emploi, logement	50
4.1.13. Indicateur #12 : Inclusion sociale ressentie	53
4.1.14. Indicateur #13 : Etat de la démocratie ressentie (note /10)	55
4.1.15. Indicateur #14 : Travail forcé et travail des enfants importés	57
4.2. Quantifier la hauteur de la marche	59
4.2.1. Le <i>donut</i> du Grand Genève	59
4.2.2. Vers l'appropriation des objectifs de transition écologique : des politiques publiques à hauteur ?	60

5. Méthodologie	63
5.1. Méthode de définition des valeurs-cibles pour 2050	63
5.2. Caractérisation des indicateurs de transition écologique	64
5.3. Articuler les sets d'indicateurs pour opérationnaliser le <i>Donut</i>	65
5.4. Prévoir le suivi de la transition écologique du Grand Genève	66
6. Conclusion & perspectives	69
7. Bibliographie	71
8. Annexes	75
8.1. Expert·e·s consulté·e·s par thématique	75
8.2. Méthode de calcul de l'état actuel des indicateurs	76
8.2.1. Hypothèses démographiques	76
8.2.2. Empreinte azote	77
8.2.3. Empreinte matérielle	79
8.2.4. Empreinte carbone	81
8.2.5. Etat physicochimique et biologique des cours d'eau et des lacs	90
8.2.6. Précarité	91
8.2.7. Travail forcé et travail des enfants	93

1. SYNTHÈSE

Le présent rapport fait état des éléments produits au cours de l'année 2021 et visant à guider les politiques publiques de transition écologique du Grand Genève.

En 2021, le Grand Genève s'est doté de plusieurs outils, présentés en détails dans le présent rapport :

- > Le Grand Genève s'est doté d'une définition partagée de la transition écologique, produite de manière participative et inspirée et la théorie du *donut* (Raworth, 2017)

Définition partagée de la transition écologique

La transition écologique est un processus de transformation profonde et indispensable du modèle économique et social actuel qui vise à renouveler les façons de produire, de consommer, de travailler, de vivre ensemble. À l'échelle des bassins de vie, elle consiste à inscrire, dès maintenant, les acteur·ices de la société dans une démarche partagée visant à la fois :

- À respecter les limites planétaires¹, à en préserver les ressources naturelles et la biodiversité ;
- À assurer durablement les conditions d'un bien-vivre² individuel et collectif (santé, justice sociale, alimentation, logement, énergie, emploi, loisirs, mobilité...).

- > Cette définition est déclinée en 10 objectifs qualitatifs de transition écologique, qui recouvrent des dimensions sociales et écologiques aux échelles locales et globales.

		DOMAINE	
		Plancher Social	Plafond Ecologique
ECHELLE	Locale : Grand Genève	7. Favoriser la bonne santé de tou-te-s les habitant·e-s du territoire du Grand Genève	3. Préserver et régénérer la biodiversité locale du Grand Genève
		8. Assurer la capacité de tou-te-s les habitant·e-s du Grand Genève à poursuivre leur projet de vie	4. Préserver la qualité du réseau hydrographique du Grand Genève
		9. Assurer un sentiment d'inclusion pour tou-te-s les habitant·e-s du Grand Genève	5. Préserver et améliorer la qualité des sols du Grand Genève
	6. Améliorer et garantir la qualité de l'air du Grand Genève		
	Globale	10. Contribuer à l'amélioration du bien-être de la population mondiale	1. Limiter l'impact des activités du Grand Genève sur les limites planétaires
2. Atteindre la neutralité carbone sur le territoire du Grand Genève			

Tableau 1 : Objectifs qualitatifs thématiques guidant la production du Donut du Grand Genève

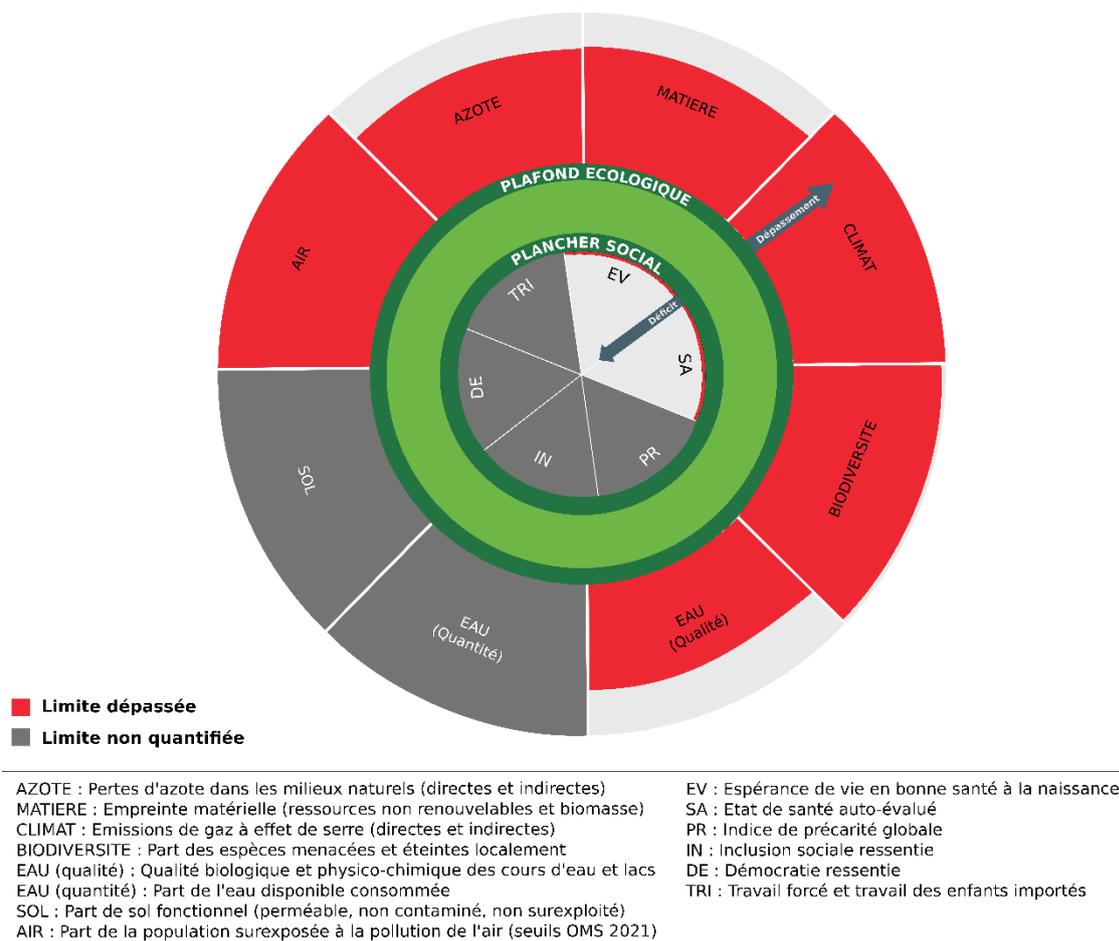
- > A chaque objectif de transition écologique est assigné un ou plusieurs indicateurs, visant à suivre l'évolution du Grand Genève jusqu'en 2050. Ensemble, les 14 indicateurs de transition écologique forment le baromètre de la transition qui permet de fixer la *hauteur de la marche* et de mesurer l'efficacité des politiques publiques à son égard.

¹ *Limites planétaires* : Cette notion fait référence aux seuils de perturbation des processus naturels à ne pas franchir, afin d'assurer la stabilité du système Terre. Sur les neuf limites considérées, au moins quatre sont déjà dépassées (Rockstrom et al., « A Safe Operating Space for Humanity ».)

² *Bien-vivre* : Si cette notion peut faire l'objet de définitions variables, la référence faite ici correspond à l'ensemble des initiatives prises à différents niveaux territoriaux par différent·e-s acteur·ices institutionnel·le-s ou non-institutionnel·le-s (collectivités territoriales, régions, États, organisations internationales, associations) afin de définir des indicateurs alternatifs ou complémentaire à la mesure de la croissance (PIB) comme seul indicateur de la qualité de vie.

Quadrant	Objectif	Indicateur	Etat actuel estimé (GG)	Valeur-cible pour 2050
Global Ecologique	Objectif 1 : Limites planétaires	Pertes d'azote dans les milieux naturels (directes et indirectes)	11,4 – 13,7 kg N/hab.an	2,9 kg N/hab/an
		Empreinte matérielle en tonne par habitant, par an (ressources non renouvelables et biomasse)	19 – 27 t/hab/an	5,1 t/hab/an
Local Ecologique	Objectif 2 : Neutralité carbone	Empreinte carbone (3 scopes, directes et indirectes) en tonne de CO ₂ equ par habitant, par an	11 t CO ₂ equ /hab/an	0 t CO ₂ equ /hab/an
	Objectif 3 : Biodiversité	Part des espèces menacées et éteintes dans le Grand Genève	20%	< 1%
	Objectif 4 : Eau	Part des cours d'eau et des lacs a minima en bon état biologique et physicochimique	30%	100%
		Disponibilité en eau	À mesurer	À définir
Objectif 5 : Sol	Part du sol fonctionnel (sol perméable, sol agricole en bonne santé, sol non exploité industriellement, non contaminé)	À mesurer	Augmenter la part de sol fonctionnel	
Objectif 6 : Air	Part des habitant-e-s du Grand Genève surexposées à <u>au moins un</u> des trois principaux polluants atmosphériques (particules fines, oxydes d'azote et ozone) selon les seuils de l'OMS (2021)	100%	0%	
Local Social	Objectif 7 : Santé	Espérance de vie en bonne santé à la naissance	68 ans	Maintenir et réduire les inégalités
		Part de la population qui <u>se déclare</u> en "bon" ou "très bon" état de santé	78%	Maintenir et réduire les inégalités
	Objectif 8 : Capacité	Part des habitant-e-s précaires dans <u>au moins</u> une catégorie : monétaire familiale, emploi, logement	> 14,4%	0%
	Objectif 9 : Inclusion	Inclusion sociale ressentie	À mesurer	À définir suite à l'estimation de l'état actuel.
Etat de la démocratie ressenti		À mesurer	À définir suite à l'estimation de l'état actuel.	
Global Social	Objectif 10 : Bien-être mondial	Travail forcé et travail des enfants importés	À mesurer	0%

- > La quantification des 14 indicateurs de transition écologique permet au Grand Genève de se doter d'un outil graphique afin d'appréhender la hauteur de la marche : le *donut du Grand Genève*.



2. CONTEXTE DE L'ETUDE ET METHODE

Le Grand Genève est une métropole transfrontalière de 2'000km² regroupant plus d'un million d'habitant.e-s entre la France et la Suisse. Bassin de vie et d'emploi, le Grand Genève est, depuis 2013, une entité juridique à part entière représentée par le Groupement local de coopération transfrontalière (GLCT). Il regroupe le canton de Genève (CH), la région de Nyon (canton de Vaud – CH) et le Genevois français (départements de l'Ain et de la Haute-Savoie, FR).



Figure 1 : Localisation de la métropole du Grand Genève. Source : Annemasse Agglo

Territoire transfrontalier, le Grand Genève regroupe 209 communes très hétérogènes qui sont toutes en interdépendance forte avec le canton et la ville de Genève. La métropole est particulièrement dynamique et continue à attirer des travailleur.se-s et entreprises, augmentant notamment les besoins en logements et en infrastructures de transport. La diversité fonctionnelle et paysagère du Grand Genève est également renforcée par la situation géopolitique unique de la ville de Genève : *capitale de la paix* et de la coopération internationale. Tous ces éléments font du territoire franco-valdo-genevois un terrain d'expérimentation unique de la transition écologique alimenté par un devoir d'exemplarité que les élu.e-s du Grand Genève ont souhaité formaliser à travers le projet PACTE.

Le projet PACTE Grand Genève, pour « Programme d'Actions Concerté pour la Transition Ecologique du Grand Genève », initié en 2019 à la demande des élu.e-s du territoire franco-valdo-genevois, consiste à produire un plan d'actions concret et coordonné pour engager la transition écologique du Grand Genève.

Le présent rapport a été produit dans le cadre du projet PACTE et propose une *Stratégie de transition écologique* pour le territoire, en définissant une vision commune de la transition écologique dans le Grand Genève et en fixant des objectifs pour 2050 afin de guider les plans d'actions politiques. Inspiré de la *théorie du Donut* de Raworth (2017), la *Stratégie de transition écologique* du Grand Genève propose un baromètre de la transition écologique, à travers un set de 14 indicateurs macroscopiques ayant vocation à guider les politiques publiques et à mesurer leur efficacité au regard des objectifs fixés. Le présent rapport contient une estimation de la *hauteur de la marche*, entre l'état actuel du Grand Genève et l'état souhaitable en 2050. L'état du Grand Genève en 2050, décrit dans le présent rapport, est l'état *souhaitable* d'après la littérature scientifique et selon le cadre conceptuel du *donut*.

2.1. Méthode et cadre conceptuel du *donut*

La *stratégie de transition écologique du Grand Genève*, co-produite par les Universités de Lausanne (CH) et de Grenoble-Alpes (FR), s'appuie sur le cadre théorique du *Donut*, théorisé par l'économiste

britannique Kate Raworth en 2017³. En associant le cadre des limites planétaires⁴ à celui des besoins humains fondamentaux, Raworth dessine un *espace juste et sûr pour l'humanité*, placé entre le *plafond environnemental* et le *plancher social*. Cette théorie vise à introduire les notions de justice sociale aux côtés des enjeux environnementaux pour mieux guider les décideur-se-s politiques vers la transition écologique.

Dans la théorie initiale de K. Raworth, le plafond écologique est incarné par les neuf limites planétaires identifiées en 2009 par Rockström *et al.* Ces neuf limites concernent les paramètres biophysico-chimiques dont l'équilibre doit être maintenu au niveau mondial pour maintenir les conditions de vie favorables à la vie humaine telle que nous les connaissons aujourd'hui. Le concept de limites planétaires est reconnu et adopté au niveau européen⁵, international (Nations Unies) et national, en France⁶ et en Suisse⁷.

Le plancher social du *donut* est défini sous l'angle des besoins humains fondamentaux : l'auteur décrit 12 paramètres vitaux qui devraient être assurés pour tou-te-s : eau, nourriture, santé, éducation, emplois, etc. Ce cadre théorique a été décliné, en 2020, en méthodologie plus opérationnelle applicable à une ville. Porté par le Doughnut Economics Action Lab (DEAL), la méthode vise à décliner la théorie du *donut* à l'échelle locale. Elle a été implémentée et testée pour la première fois en 2019, à Amsterdam⁸. La méthodologie issue de projets pilotes menés à Amsterdam, Philadelphia et Portland, nommée « Creating city portrait »⁹, a guidé la déclinaison du *Donut* au territoire du Grand Genève.

Pour adapter le donut global de K. Raworth à une échelle locale, la méthode consiste à décliner le donut dans une matrice à quatre quadrants qui croisent les dimensions écologiques et sociales aux échelles locales et globales. Les paramètres jugés les plus importants de chaque case de la matrice créent un donut territorialisé, mobilisant les enjeux écologiques et sociaux locaux sans omettre l'impact global des activités territoriales. Le guide méthodologique suggère par la suite de choisir des

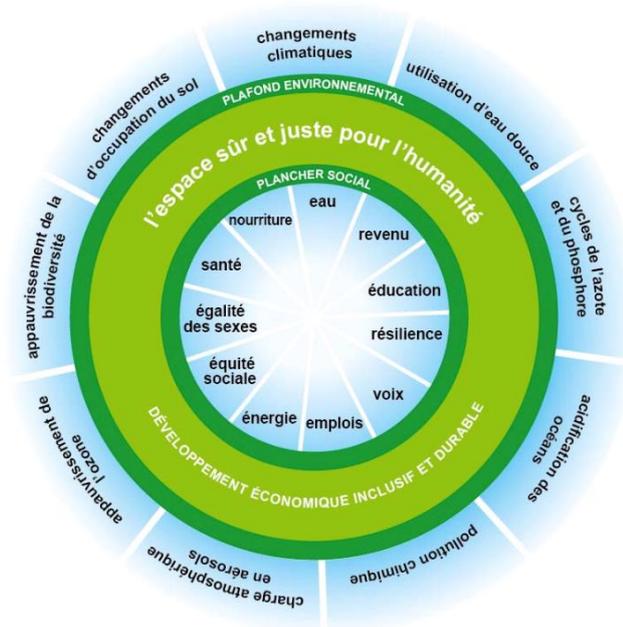


Figure 2 : Représentation du donut par K. Raworth, 2017 (trad. 2018)

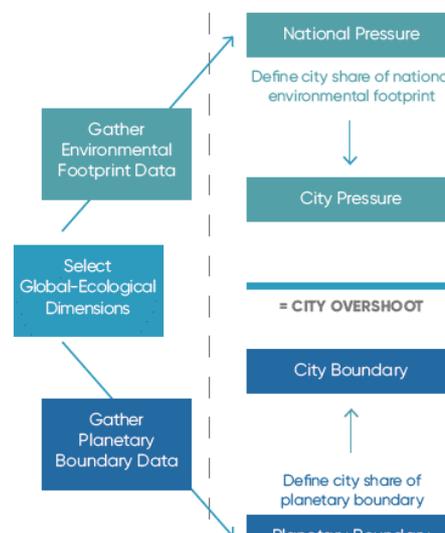


Figure 3 : Arbre méthodologique pour le quadrant Global-Ecologique du Donut for Cities. Source : DEAL *et al.*, 2020, figure 9.

³ Raworth, *La théorie du donut : l'économie de demain en 7 principes*.

⁴ Rockström *et al.*, « A Safe Operating Space for Humanity ».

⁵ European Environment Agency EEA et Federal Office for the Environment FOEN, « Is Europe living within the limits of our planet? »

⁶ « Limites planétaires ».

⁷ Dao *et al.*, « Environmental Limits and Swiss Footprints Based on Planetary Boundaries ».

⁸ DEAL *et al.*, « The Amsterdam city doughnut, a tool for transformative action ».

⁹ DEAL *et al.*, « Creating City Portraits, A methodological guide from The Thriving Cities Initiative ».

indicateurs relatifs aux dimensions du *donut local* pour évaluer leur état actuel et dessiner ainsi le « portrait » du territoire analysé. Enfin, ce portrait est comparé à l'état du territoire dans « l'espace juste et sûr » du *donut*, pour évaluer le dépassement ou déficit par rapport aux seuils écologiques et sociaux.

La déclinaison du *Donut* au Grand Genève est principalement inspirée de cette méthodologie. Néanmoins, celle-ci n'a pas été appliquée à la lettre¹⁰. Les mandataires l'ont adapté au contexte local transfrontalier et au cahier des charges du projet PACTE.

		DOMAINE	
		Plancher Social	Plafond Ecologique
ECHELLE	Grand Genève	<p>1.</p> <p>Quels sont les besoins essentiels aux habitant-e-s du Grand Genève pour s'épanouir ? Quelles menaces pèsent sur elles et eux ?</p>	<p>2.</p> <p>Quels sont les éléments naturels qu'il faut préserver dans le territoire du Grand Genève ? Quelles menaces pèsent sur eux ?</p>
	Monde entier	<p>4.</p> <p>Quel est l'impact du Grand Genève sur le bien-être de la population mondiale ?</p>	<p>3.</p> <p>Quel est l'impact du Grand Genève sur les limites planétaires ?</p>

Tableau 2 : Matrice de travail pour l'Atelier de concertation n°1, issu de la méthode *Donut for Cities*

Le cadre conceptuel du *donut* a ainsi guidé le **processus participatif** de définition de la transition écologique et des objectifs de transition du Grand Genève. Au cours de deux ateliers, les acteur-ric-e-s du territoire (technicien-ne-s, élu-e-s et membres de la société civile représenté-e-s par le Forum d'Agglomérations) ont participé à la sélection des dimensions écologiques et sociales du *donut* du Grand Genève. Les 10 dimensions écologiques et sociales sélectionnées ont par la suite été déclinées en 10 objectifs qualitatifs de transition écologique, chargés de traduire la définition partagée de la transition écologique en objectifs sectoriels. Enfin, chaque objectif de transition écologique a été qualifié par un ou plusieurs indicateurs macroscopiques, qui forment le baromètre de la transition écologique.

La démarche d'élaboration de la stratégie de transition écologique a été, autant que possible, menée de manière participative. Au total, quatre ateliers participatifs ont été organisés à différentes étapes de construction de la stratégie. De plus, le projet a mobilisé plusieurs dizaines d'expert-e-s du territoire (technicien-ne-s, statisticien-ne-s) et de chercheur-euse-s pour choisir les meilleurs indicateurs de transition écologique et leur valeur cible pour 2050 (voir Annexe 8.1). La démarche présente néanmoins des lacunes, notamment en matière de participation citoyenne pour la co-construction des objectifs sociaux du *Donut* du Grand Genève.

¹⁰ A titre d'exemple, les dimensions Locales-Ecologiques du donut du Grand Genève ont été choisies par processus participatif simple, comme celles des autres quadrants, plutôt que via une analyse des services écosystémiques du territoire comme la méthode *Donut for Cities* le suggère (DEAL et al., 15.). Néanmoins, l'approche ressources adoptée par les participant-e-s dans le quadrant Local-Ecologique rejoint partiellement l'analyse par les services écosystémiques.

3. DEFINIR LA TRANSITION ECOLOGIQUE

Face à l'urgence climatique mondiale, et plus largement au dépassement généralisé des limites planétaires menaçant les équilibres écosystémiques, la transition écologique s'impose. Néanmoins, la manière d'opérer cette transition et les paramètres associés ne font pas consensus : en amont de l'élaboration d'une stratégie de transition écologique pour le Grand Genève, il convient d'accorder les territoires sur une vision partagée de cette transition.

La stratégie de transition écologique du Grand Genève est fondée sur une **définition de la transition écologique** et **dix objectifs sectoriels**, produits par un processus participatif.

3.1. Définition de la transition écologique

La définition partagée de la transition écologique est issue des deux premiers ateliers de concertation, organisés en mars 2021, et d'une enquête en ligne réalisée auprès des participant-e-s aux ateliers. La définition est articulée en trois parties : une définition générale comme socle théorique, une définition territorialisée pour le territoire du Grand Genève et une définition de la *démarche* de transition écologique.

Définition partagée de la transition écologique



La transition écologique est un processus de transformation profonde et indispensable du modèle économique et social actuel qui vise à renouveler les façons de produire, de consommer, de travailler, de vivre ensemble. À l'échelle des bassins de vie, elle consiste à inscrire, dès maintenant, les acteur·ice·s de la société dans une démarche partagée visant à la fois :

- À respecter les limites planétaires¹¹, à préserver les ressources naturelles et la biodiversité ;
- À assurer durablement les conditions d'un bien-vivre¹² individuel et collectif (santé, justice sociale, alimentation, logement, énergie, emploi, loisirs, mobilité...).

Définition territorialisée la transition écologique



Appliquée au territoire transfrontalier du Grand Genève, bénéficiant d'une dynamique socio-économique exceptionnelle et d'une visibilité internationale - dans un espace aux ressources limitées confronté aux grands enjeux environnementaux (changement climatique, perte de la biodiversité, risques sanitaires) et marqué par de fortes différenciations internes - la démarche de transition écologique doit prendre en compte des enjeux d'équité territoriale, de solidarité, d'innovation en matière de gouvernance et d'exemplarité.

La transition écologique comme démarche



La démarche mise en œuvre dans cette perspective doit :

- Traduire et produire une vision commune de la situation initiale et de ses enjeux, des objectifs, des actions et des moyens à mettre en œuvre ;
- Prendre en compte l'incertitude et la complexité pour adapter les choix afin de faire différemment, voire faire différent, en soutenant des changements fondamentaux ;
- Mettre en place des cadres et des modalités de décision et d'action inédites, rapides et, si nécessaire, radicales.

¹¹ *Limites planétaires* : Cette notion fait référence aux seuils de perturbation des processus naturels à ne pas franchir, afin d'assurer la stabilité du système Terre. Sur les neufs limites considérées, au moins quatre sont déjà dépassées (Rockstrom et al., « A Safe Operating Space for Humanity ».)

¹² *Bien-vivre* : Si cette notion peut faire l'objet de définitions variables, la référence faite ici correspond à l'ensemble des initiatives prises à différents niveaux territoriaux par différents acteurs institutionnels ou non-institutionnels (collectivités territoriales, régions, États, organisations internationales, associations) afin de définir des indicateurs alternatifs ou complémentaire à la mesure de la croissance (PIB) comme seul indicateur de la qualité de vie.

3.2. Dix objectifs, 10 dimensions pour le Donut du Grand Genève

Le processus participatif d'identification des dimensions du *donut* du Grand Genève a abouti à la création du set d'objectifs qualitatifs de transition écologique, aux échelles locales et globales. Les dimensions écologiques et sociales identifiées collectivement comme les *plus importantes* pour les acteur-ice-s du territoire ont été traduits en objectifs qualitatifs pour 2050.

		DOMAINE	
		Plancher Social	Plafond Ecologique
ECHELLE	Locale : Grand Genève	7. Favoriser la bonne santé de tou-te-s les habitant-e-s du territoire du Grand Genève	3. Préserver et régénérer la biodiversité locale du Grand Genève
		8. Assurer la capacité de tou-te-s les habitant-e-s du Grand Genève à poursuivre leur projet de vie	4. Préserver la qualité du réseau hydrographique du Grand Genève
		9. Assurer un sentiment d'inclusion pour tou-te-s les habitant-e-s du Grand Genève	5. Préserver et améliorer la qualité des sols du Grand Genève
	6. Améliorer et garantir la qualité de l'air du Grand Genève		
	Globale	10. Contribuer à l'amélioration du bien-être de la population mondiale	1. Limiter l'impact des activités du Grand Genève sur les limites planétaires
2. Atteindre la neutralité carbone sur le territoire du Grand Genève			

Tableau 3 : Matrice des 10 objectifs qualitatifs guidant la production du Donut du Grand Genève.

3.2.1. Quadrant Global-Ecologique

L'importance du respect des limites planétaires est très largement admise par la communauté scientifique et les acteur-ice-s du Grand Genève. Ces limites planétaires sont déclinées en deux objectifs :

1. Limiter l'impact des activités du Grand Genève sur les limites planétaires

Les neuf limites planétaires identifiées par la recherche et régulièrement quantifiées au niveau global sont les suivantes :

- Changement climatique
- Erosion de la biodiversité
- Perturbation des cycles biogéochimiques de l'azote et du phosphore
- Changements d'utilisation des sols
- Acidification des océans
- Utilisation mondiale de l'eau douce
- Appauvrissement de l'ozone troposphérique (couche d'ozone)
- Augmentation des aérosols dans l'atmosphère
- Introduction d'entités nouvelles dans la biosphère

Ces limites ne sont pas toutes quantifiées aujourd'hui, néanmoins la recherche montre que six d'entre elles sont dépassées déjà dépassées en 2022 (changement climatique, érosion de la

biodiversité, perturbation du cycle de l'azote, changement d'utilisation des sols¹³ et plus récemment pollution chimique (nouvelles entités)¹⁴ et consommation d'eau (verte)¹⁵).

L'objectif n°1 de transition écologique du Grand Genève est de réduire l'impact du Grand Genève sur toutes ces limites planétaires ; et tout particulièrement sur celles dont l'état est évalué comme *critique* en Suisse : le changement climatique, l'acidification des océans, l'érosion de la biodiversité et la perturbation du cycle de l'azote (d'après Dao et al., 2015¹⁶).

2. Atteindre la neutralité carbone dans le territoire du Grand Genève

L'objectif n°2 vise à réduire les émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique jusqu'à atteindre la neutralité carbone, soit **zéro émission nette de dioxyde de carbone**. D'après le GIEC, cet état est atteint lorsque les émissions anthropiques de CO₂ sont équilibrées à l'échelle mondiale par les *absorptions anthropiques* (donc actives) de CO₂ sur une période donnée. L'absorption active de CO₂ implique la séquestration définitive de dioxyde de carbone, à l'aide de technologies dites à « émissions négatives ».

Cet objectif est en réalité un moyen pour respecter les limites planétaires, et tout particulièrement les limites liées au **changement climatique** et à l'**acidification des océans**. Néanmoins, au regard de l'importance politique, sociale et environnementale de la réduction drastique des émissions de gaz à effet de serre, il a été décidé de formuler un objectif de transition écologique dédié à la neutralité carbone. Les objectifs 1 et 2 sont ainsi largement interdépendants.

3.2.2. Quadrant Local-Ecologique

Les dimensions les plus importantes du quadrant relatif aux enjeux écologiques locaux ont été choisies de manière participative dans une approche *ressources* : les ressources en eau, en sol, en air et la biodiversité sont les paramètres qui ont émergé le plus distinctement. Quatre objectifs sectoriels ont ainsi été formulés concernant les enjeux écologiques locaux.

3. Préserver et régénérer la biodiversité locale du Grand Genève

L'objectif n°3 vise à ne pas dégrader, voire à améliorer, l'état de la biodiversité sur le territoire du Grand Genève. Cet objectif est local mais participe à l'état de la limite planétaire relative à l'érosion de la biodiversité. Il est, en ce sens, un **objectif central de la stratégie de transition écologique** car la bonne santé des écosystèmes est une condition indispensable à la perpétuation de la vie humaine sur Terre. Au niveau global, cette santé est interdépendante avec les autres limites planétaires dont le changement climatique, l'acidification des océans, la perturbation du cycle azote-phosphore, etc.

La biodiversité est ici considérée sous un angle écosystémique, même si des co-bénéfices liées au paysage, à l'esthétique et au cadre de vie émergent de la régénération de la biodiversité locale.

4. Préserver la qualité du réseau hydrographique du Grand Genève

L'objectif n°4 concerne la ressource en eau : il s'agit de préserver la **qualité** et la **quantité** de la ressource au long terme. Cet objectif concerne toutes les masses d'eau : lacs et cours d'eau aériens ainsi que l'eau souterraine (nappes phréatiques) ; eau potable et eau non potable. La qualité de lacs et rivières du territoire est une préoccupation importante, qui rejoint celle de l'accès à une **eau potable** de qualité et en quantité suffisante, y compris en 2050. La notion de **juste partage** de l'eau dans toutes ses dimensions (entre activités du Grand Genève, entre territoires dépendants de la ressource en eau issue du Grand Genève et entre humains et écosystèmes aquatiques ou semi-aquatiques) est au cœur de cet objectif.

¹³ Steffen et al., « Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet ».

¹⁴ Persson et al., « Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities ».

¹⁵ Wang-Erlandsson et al., « A Planetary Boundary for Green Water ».

¹⁶ Dao et al., « Environmental Limits and Swiss Footprints Based on Planetary Boundaries ».

5. Préserver et améliorer la qualité des sols du Grand Genève

L'objectif n°5 concerne la ressource sol, comme support de vie, support de production et support de biodiversité. En effet, la qualité des sols est le plus souvent exprimée sous l'angle des services écosystémiques. Par ailleurs, la protection du sol dans le territoire très contraint et urbanisé du Grand Genève est un enjeu majeur de la transition écologique et concerne directement les politiques d'aménagement du territoire. L'objectif est formulé en parlant *des sols* afin de souligner l'importance de la diversité des sols, garante de la diversité biologique (flore, faune). Cet objectif est fortement lié à l'objectif n°1 (limites planétaires, celle de l'azote notamment), n°3 (biodiversité) et n°7 (santé, sous la dimension alimentation).

6. Améliorer et garantir la qualité de l'air du Grand Genève

L'objectif n°6 porte sur la pollution atmosphérique locale. La qualité de l'air est une préoccupation traitée depuis plusieurs années par les politiques environnementales. La qualité de l'air local peut avoir un effet sur les limites planétaires relatives à l'appauvrissement de la couche d'ozone ou à l'augmentation des aérosols dans l'air, mais cette préoccupation est avant tout un enjeu de **santé publique** directement corrélé à l'objectif n°7 (santé). Cet objectif vise à améliorer la qualité de l'air pour tou-te-s les habitant-e-s du Grand Genève en réduisant les émissions de polluants néfastes pour la santé humaine.

3.2.3. Quadrant Local-Social

Le quadrant local-social vise à définir les principaux enjeux sociaux locaux, **actuels et émergents** notamment au regard du **changement climatique** et des **politiques de transition écologique** à venir. Selon la méthode du *donut*, l'objectif global de ce quadrant est d'assurer à tou-te-s les habitant-e-s du Grand Genève les moyens de satisfaire leurs **besoins humains fondamentaux**. Le processus participatif, complété par une revue de littérature scientifique, a permis de qualifier ce que serait le socle social minimum pour le Grand Genève en interrogeant les besoins essentiels des habitant-e-s du Grand Genève. En premier lieu, **la santé, l'alimentation, le logement, le lien social, la mobilité et le cadre de vie** sont les paramètres sociaux locaux qui ont été jugés essentiels par les acteur-ice-s du Grand Genève. Le cadre de vie recouvre des notions telles que le contact à la nature et à la lumière naturelle. Par ailleurs, le thème de **l'équité sociale et territoriale** a été identifié comme un objectif transversal dans le contexte transfrontalier du Grand Genève. Les objectifs sociaux sont ainsi formulés de manière à souligner l'importance d'offrir à *tous et toutes les habitant-e-s du Grand Genève* l'accès *équitable* aux paramètres sociaux évoqués ci-dessus.

Les dimensions sociales les plus importantes, issues du processus participatif, étaient trop nombreuses pour être traduites en objectifs de transition écologique. Pour rassembler certaines dimensions entre-elles et formuler les objectifs de transition, les mandataires ont mobilisé *une des théories des besoins humains* : la théorie de Doyal et Gough, publiée en 1984¹⁷ puis 1991¹⁸.

Il existe en effet plusieurs théories des besoins humains. Si leur contenu diffère légèrement, les théories fréquemment mobilisées dans la littérature scientifique récente¹⁹ (Max-Neef (1991)²⁰, Doyal et Gough (1991), Nussbaum (2012)²¹), partagent le même constat : il existe un nombre fini de besoins humains fondamentaux universels mais ce sont les *moyens* de les satisfaire qui diffèrent d'un individu à l'autre (pour des raisons culturelles, socio-économiques, etc). Ainsi, une incapacité à

¹⁷ Doyal et Gough, « A Theory of Human Needs ».

¹⁸ Doyal et Gough, *A Theory of Human Need*.

¹⁹ O'Neill et al., « A Good Life for All within Planetary Boundaries »; Fanning et al., « The Social Shortfall and Ecological Overshoot of Nations ».

²⁰ Max-Neef, *Human scale development : conception, application and further reflections*.

²¹ Nussbaum, *Capabilités, comment créer les conditions d'un monde plus juste ?*

remplir l'un de ces besoins mènerait alors à une incapacité fondamentale à poursuivre son projet de vie, quel qu'il soit.

D'autres théories auraient pu offrir un cadre théorique à la formulation des objectifs sociaux locaux, telle que la *théorie de la qualité sociale* de Laurent J.G. Van der Maesen et Alan Walker²². Celle-ci repose sur 4 enjeux clés :

- la sécurité socio-économique : la possession des ressources nécessaires ;
- la cohésion sociale : l'existence de valeurs et normes acceptées collectivement ;
- l'inclusion sociale : l'accessibilité du cadre institutionnel et structurel ;
- l'autonomie sociale : la capacité des structures sociales à favoriser les interactions dans la vie quotidienne.

Cette théorie a l'avantage de décentrer la définition, parfois considérée individualiste, des besoins humains fondamentaux de Doyal et Gough vers une échelle mésoscopique, intermédiaire entre l'individu et le global. Néanmoins, les objectifs et indications de transition écologique associés auraient certainement été très similaires à ceux choisis dans le cadre conceptuel de la théorie des besoins humains de Doyal et Gough. Finalement, *la théorie des besoins humains* de Doyal et Gough a été jugée particulièrement adaptée au contexte du Grand Genève, par les expert-e-s interrogé-e-s.

D'après la *théorie des besoins humains*, la satisfaction des besoins universels est la condition préalable à toute forme de construction d'un projet de vie. Ils doivent tous être satisfaits pour que l'individu soit capable de formuler des objectifs de vie et d'identifier les moyens de les atteindre²³. Doyal et Gough soutiennent ainsi que deux besoins principaux et fondamentaux existent : **la santé physique** et **l'autonomie**. En effet, l'accomplissement de tâches pratiques de la vie quotidienne exige des aptitudes manuelles, mentales et émotionnelles avec lesquelles une mauvaise **santé physique** interfère. L'**autonomie**, quant à elle, réfère à la "*capacité de choisir de manière éclairée ce qui devrait être fait et comment le faire*". Pour cela, Ian Gough a identifié 3 variables-clés sur lesquelles repose cette capacité d'*autonomie* :

- l'*autonomie* repose en premier lieu sur la capacités cognitive et émotionnelle d'une personne permettant le passage à l'action. A son niveau le plus basique, cette capacité correspond à l'absence de maladie mentale et se réfère à la **santé mentale**.
- le second déterminant de l'*autonomie* concerne le **niveau de compétence sociale et culturelle**. Cette compétence influence la compréhension que l'individu a de sa culture, des attendus de ses proches et de soi-même.
- enfin, l'*autonomie* nécessite **un certain nombre d'opportunités de proximité** permettant à une personne d'entreprendre des activités sociales dites *signifiantes*.

L'application de *la théorie des besoins humains* de Doyal et Gough à la liste des paramètres sociaux locaux identifiés comme essentiels par les acteur-ice-s du Grand Genève a mené à formuler les trois objectifs suivants :

7. Favoriser la bonne santé de tou-te-s les habitant-e-s du territoire du Grand Genève

La santé est un objectif à part entière. Elle recouvre l'ensemble des besoins primaires en termes de **santé physique**, ainsi que la **santé mentale**, nécessaire à l'*autonomie* (au sens de Doyal et Gough). L'objectif n°7 intègre ainsi également les dimensions alimentaires (santé physique) et le cadre de vie, comme un élément déterminant de la santé mentale.

Tout comme l'objectif n°3 (Biodiversité), l'objectif n°7 revêt une importance particulière puisque la préservation de la vie et de la santé des habitant-e-s au long terme est finalement l'objectif ultime de tout processus de transition écologique. En ce sens, l'objectif relatif à la santé est interdépendant avec l'ensemble des autres objectifs de transition écologiques : les objectifs écologiques (1 à 6) constituent les *déterminants environnementaux* de la santé (leur atteinte est une condition nécessaire

²² Social Quality – From Theory to Indicators – Laurent J.G. Van der Maesen, Alan Walker – 2012

²³ Gough, « Climate change and sustainable welfare ».

à l'atteinte de l'objectif n°7) et les objectifs n°8 et n°9 sont les *déterminants sociaux* de la santé, notamment de la santé mentale.

Dans la théorie de Doyal et Gough, les déterminants sociaux de la santé reflètent les besoins dits **intermédiaires**, incarnés par les objectifs de capacité (n°8) et d'inclusion sociale (n°9).

8. Assurer la capacité de tou-te-s les habitant-e-s du Grand Genève à poursuivre leur projet de vie

L'objectif n°8 vise ainsi à assurer la *capacité* des habitant-e-s du Grand Genève à imaginer et poursuivre leur projet de vie. Parmi les paramètres sociaux essentiels identifiés dans le Grand Genève, cet objectif recouvre les dimensions d'**accès au logement, à la mobilité et à la vie sociale et culturelle**. L'accès à la formation et au travail, comme moyen d'épanouissement mental mais également moyen de subsistance, est également intégré dans cet objectif. Tous ces paramètres sont des *moyens d'acquérir l'autonomie*, au sens de Doyal and Gough.

9. Assurer un sentiment d'inclusion pour tou-te-s les habitant-e-s du Grand Genève

L'inclusion, telle que considérée dans l'objectif n°9, englobe trois **préconditions sociétales** nécessaires à l'*autonomie* au sens de Doyal et Gough, c'est-à-dire nécessaires pour que l'individu puisse construire et réaliser un projet de vie socialement valorisé : les **compétences sociales et culturelles** nécessaire pour s'intégrer, l'**accès à des opportunités de proximité** pour entreprendre des activités sociales dites signifiantes et la **participation politique**. Parmi les paramètres sociaux essentiels identifiés dans le Grand Genève, cet objectif recouvre la **vie sociale** en tant que facteur d'inclusion sociale, mais intègre surtout l'**équité sociale et transfrontalière** comme paramètre nécessaire au sentiment d'inclusion.

3.2.4. Quadrant Global-Social

Le quadrant global-social vise à illustrer l'impact des activités du Grand Genève sur le socle social des habitant-e-s vivant à l'extérieur du territoire. Ces impacts peuvent être directs, en générant de l'instabilité géopolitique ou économique, ou de la précarité via la chaîne de production de biens et services importés ; ou indirects via les dégradations des conditions de vie induite par le dépassement des limites planétaires (changement climatique, notamment). Le dépassement des limites planétaires étant déjà pris en compte dans le quadrant global-écologique (dans les objectifs n°1 et n°2), ce quadrant considère surtout les impacts sociaux directs de la consommation de produits importés.

Au cours du processus participatif, certains secteurs d'activité du Grand Genève ont été identifiés comme les principaux moteurs du dépassement des limites planétaires et de la dégradation du bien-être la population mondiale :

- la surconsommation, notamment de biens importés, associée à un fort pouvoir d'achat
- les secteurs financiers et économiques (négoce de matière première) accélérant les échanges internationaux de biens et services potentiellement responsables de la dégradation du bien-être d'une partie de la population mondiale

10. Contribuer à l'amélioration du bien-être de la population mondiale

Un seul objectif, relativement générique, a été formulé dans le quadrant global-social. Dans un premier temps, il vise à évaluer l'impact des activités du Grand Genève (activités économiques mais également consommation individuelle) sur le bien-être des populations qui interviennent dans l'approvisionnement du territoire en biens et services.

Le bien-être doit ici également être compris dans l'approche des besoins humains fondamentaux. Cependant, conformément à la méthodologie du *Donut for Cities* et pour des raisons pragmatiques, l'objectif entend surtout **activer les leviers** dont dispose le Grand Genève pour permettre à l'ensemble de la population mondiale *d'entrer dans le donut*. Aussi, cet objectif entend surtout **réduire l'impact social des activités d'importation du Grand Genève** et **mobiliser la Genève Internationale vers le respect du socle social** pour tou-te-s.

4. FIXER LE CAP POUR 2050 : UN SET D'INDICATEURS POUR LA TRANSITION DU GRAND GENEVE

Le *baromètre de la transition écologique* est composé de 14 indicateurs renseignant l'état socio-environnemental de Grand Genève – ou l'état du *Donut* du Grand Genève. En amont de la production du programme d'actions politiques du Grand Genève, ce set d'indicateur complété de valeurs-cibles permet de fixer le cap pour 2050 puis de suivre l'efficacité des politiques publiques pour *rentrer dans le Donut*.

4.1. Indicateurs de transition écologique

4.1.1. Vue d'ensemble des indicateurs

Quadrant	Objectif	Indicateur	
		n°	Description
Global Ecologique	Objectif 1 : Limites planétaires	1	Pertes d'azote dans les milieux naturels (directes et indirectes)
		2	Empreinte matérielle en tonne par habitant, par an (ressources non renouvelables et biomasse)
	Objectif 2 : Neutralité carbone	3	Empreinte carbone (3 Scopes, directes et indirectes) en tonne de CO ₂ equ par habitant-e, par an
Local Ecologique	Objectif 3 : Biodiversité locale	4	Part des espèces menacées et éteintes dans le Grand Genève
	Objectif 4 : Eau	5	Part des cours d'eau et des lacs a minima en <i>bon état</i> biologique <u>et</u> physicochimique
		6	Quantité d'eau disponible, déduite de la consommation
	Objectif 5 : Sol	7	Part du sol fonctionnel (sol perméable, sol agricole en bonne santé, sol non exploité industriellement, non contaminé)
Objectif 6 : Air	8	Part des habitant-e-s du Grand Genève surexposées à <u>au moins</u> un des trois principaux polluants atmosphériques (particules fines, oxydes d'azote et ozone) selon les seuils de l'OMS (2021)	
Local Social	Objectif 7 : Santé	9	Espérance de vie en bonne santé à la naissance (en années)
		10	Part de la population qui <u>se déclare</u> en (très) bon état de santé
	Objectif 8 : Capacité	11	Part des habitant-e-s précaires dans <u>au moins</u> une catégorie : monétaire familiale, emploi, logement
	Objectif 9 : Inclusion	12	Inclusion sociale ressentie (note /10)
13		Etat de la démocratie ressentie (note /10)	
Global Social	Objectif 10 : Bien-être mondial	14	Travail forcé et travail des enfants importés

Tableau 4 : Indicateurs mobilisés dans le Donut du Grand Genève

4.1.2. Indicateur #1 : Empreinte azote

L'indicateur #1 vise à renseigner l'objectif n°1 : *limiter l'impact des activités du Grand Genève sur les limites planétaires*. Il traite d'une des deux limites planétaires relatives aux cycles biogéochimiques mondiaux, identifiés par Rockström et al.²⁴, à savoir la déstabilisation du cycle global de l'azote.

Description de l'indicateur #1



Quantité d'azote introduit en excès dans le cycle biogéochimique global, issu des fertilisants agricoles (organiques et minéraux). L'azote *perdu* est la part d'azote introduit dans les cultures qui n'est pas absorbé par les végétaux. L'indicateur est exprimé en kilogrammes par habitant.e du Grand Genève, par an. Il représente les pertes d'azote dans les milieux naturels, sous forme de NO₃⁻ dilué dans l'eau et le sol ou sous forme de NH₃ relâché dans l'air.

L'indicateur est calculé sous forme d'**empreinte azote** : il recouvre les émissions territoriales (liées aux pratiques agricoles dans le Grand Genève) et les émissions importées via la consommation de produits alimentaires générant un excédent d'azote ailleurs dans le monde.

Justification du choix de l'indicateur

Parmi les neuf limites planétaires identifiées par l'équipe du Stockholm Resilience Center en 2009²⁵, la perturbation des cycles biogéochimiques englobe en réalité deux indicateurs : un relatif à l'azote et l'autre relatif au phosphore. Les seuils globaux sont évalués pour ces deux composantes, il aurait donc été méthodologiquement plus juste de choisir deux indicateurs relatifs aux cycles biogéochimiques, l'un traitant de l'azote et l'autre du phosphore. Néanmoins, d'après Dao et al. (2015), les données sur l'empreinte Phosphore de la Suisse sont trop lacunaires pour donner lieu à une analyse. De plus, cette même étude identifie l'azote comme l'**un des quatre domaines prioritaires pour la Suisse**. A échelle nationale, l'azote fait effectivement partie des limites où la Suisse et la France dépassent très largement le seuil planétaire²⁶.



Figure 4 : Représentation de l'état des limites planétaires et du socle social en Suisse et en France en 2015, d'après Fanning et al. (2021)

²⁴ Rockstrom et al., « A Safe Operating Space for Humanity ».

²⁵ Rockstrom et al.

²⁶ Fanning et al., « The Social Shortfall and Ecological Overshoot of Nations ».

De plus, entre les années 1960 et 2013, la quantité d'azote synthétique utilisée dans le monde a augmenté de 85 Tg N/an, tandis que celle de phosphore synthétique a augmenté de 10 Tg P/an²⁷. L'azote est ainsi le fertilisant chimique le plus utilisé dans le monde. Ainsi et par souci de simplification, seul un indicateur lié à l'Azote est conservé dans le set d'indicateurs de transition écologique du Grand Genève.

Introduire un indicateur relatif à l'Azote dans le *baromètre de la transition écologique* du Grand Genève est essentiel, malgré la faible notoriété des cycles biogéochimiques occultés par les non moins importants défis relatifs au climat et à la biodiversité. Les impacts écologiques de l'excès d'azote dans le cycle global sont multiples et complexes. Conformément au *DPSIR framework*²⁸, les pertes d'azote sont une des pressions (*pressure*) qui agit sur l'érosion de la biodiversité et sur le changement climatique. En effet, les activités humaines (industries, transport, agriculture) conduisent à la *fixation*, le plus souvent intentionnelle, de l'azote. On parle de *fixation* de l'azote lorsqu'une forme atmosphérique biologiquement indisponible de celui-ci (N₂) est transformée en composants biologiquement réactifs (N₂O, NO_x, etc). L'azote *fixé* qui n'est pas absorbé par les végétaux (en excès par rapport à la demande) est dit *perdu* et cause des réactions en chaîne sur le réchauffement climatique, la formation de l'ozone troposphérique et l'eutrophisation et acidification des océans²⁹. **L'eutrophisation³⁰ des eaux de surface** est le principal problème directement lié à la déstabilisation du cycle azote-phosphore.

Les fertilisants agricoles représentent 63% de la fixation mondiale d'azote (2005)³¹. La deuxième source d'azote la plus importante est le secteur des transports (13% en 2005), qui émet d'importantes quantités de NO_x liées à la combustion d'énergie fossile³². La part restante de la fixation d'azote est issue d'une dynamique naturelle. Considérant la part de l'agriculture dans les émissions d'azote, les études les plus récentes sur les limites planétaires³³ ont choisi un indicateur lié à **l'usage de fertilisants agricoles** pour évaluer l'état de l'empreinte azote au regard des seuils globaux. L'indicateur de transition écologique #1 s'aligne sur les publications scientifiques et se focalise donc sur le secteur agricole.

Par ailleurs, les études diffèrent dans le choix de la variable de contrôle liée au cycle Azote-Phosphore : Dao *et al.* et l'EEA utilisent l'azote agricole *perdu* dans les milieux naturels³⁴, tandis que O'Neill *et al.*³⁵ et Steffen *et al.*³⁶ utilisent l'azote *fixé* intentionnellement (azote industriel produit par procédé Haber-Bosch et fixation biologique intentionnelle par les légumineuses)³⁷. Toutes ces études négligent les émissions non intentionnelles de NO_x dues au transport et aux industries. L'azote perdu et la fixation d'azote sont deux processus intégrés au même cycle, mais ne sont pas exactement proportionnels³⁸. Dao *et al.* et l'EEA préfèrent utiliser la *perte* d'azote car les impacts

²⁷ Lu et Tian, « Global Nitrogen and Phosphorus Fertilizer Use for Agriculture Production in the Past Half Century: Shifted Hot Spots and Nutrient Imbalance », 187.

²⁸ Ness, Anderberg, et Olsson, « Structuring Problems in Sustainability Science ».

²⁹ Dao *et al.*, « Environmental Limits and Swiss Footprints Based on Planetary Boundaries ».

³⁰ L'eutrophisation est un phénomène de dégradation des écosystèmes aquatiques lié à l'augmentation de la concentration en nutriments dans l'eau. Un excès de nutriments (d'origine azoté par exemple) entraîne la prolifération d'organismes végétaux (zooplancton, algues) pouvant générer une réduction de la teneur en oxygène de l'eau et un effondrement local de la biodiversité.

³¹ Dao *et al.*, « Environmental Limits and Swiss Footprints Based on Planetary Boundaries », 50.

³² Dao *et al.*, 50.

³³ O'Neill *et al.*, « A Good Life for All within Planetary Boundaries »; Dao *et al.*, « Environmental Limits and Swiss Footprints Based on Planetary Boundaries »; European Environment Agency EEA et Federal Office for the Environment FOEN, « Is Europe living within the limits of our planet? »

³⁴ Dao *et al.*, « Environmental Limits and Swiss Footprints Based on Planetary Boundaries ».

³⁵ O'Neill *et al.*, « A Good Life for All within Planetary Boundaries ».

³⁶ Steffen *et al.*, « Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet ».

³⁷ O'Neill *et al.*, « A Good Life for All within Planetary Boundaries ».

³⁸ Dao *et al.*, « Environmental Limits and Swiss Footprints Based on Planetary Boundaries ».

environnementaux de l'azote actif ne sont pas directement proportionnels à la quantité d'azote fixé ou à la quantité d'engrais azoté utilisé³⁹. En référence au *DPSIR framework* (cf section 5.1), l'azote *fixé intentionnellement* pour l'agriculture est une *Driving Force* ; tandis que l'azote *perdu* dans les milieux naturels fait état de la *pression* opérée par l'excédent d'azote fixé sur les cycles biogéochimiques globaux. L'état final associé (*state*) est le bilan global en Azote qui, s'il est déséquilibré, devient une *pression* sur le climat et la biodiversité. Conformément aux critères de sélection des indicateurs de transition écologique (cf section 5.1), *l'indicateur de transition écologique #1* est relatif aux **pertes d'azote** dans les milieux naturels car il rend compte plus directement des problèmes engendrés par l'usage excessif d'engrais azoté (*pressure*).

Evaluation quantitative

Valeur-cible pour 2050

L'étude de l'EEA/OFEN (2020) sur les limites planétaires en Europe considère un seuil global maximal de pertes d'azote liées à l'agriculture de 28,5 Tg N par an. Rapportée au nombre d'habitant-e-s en 2011 dans le monde, conformément au principe d'égalité, les chercheur-se-s indiquent un budget maximal de 4 kg d'azote perdu en agriculture, par personne et par an. En considérant que la population mondiale aura atteint, en 2050, 9,7 milliards d'habitant-e-s⁴⁰, l'empreinte azote maximale pour 2050 en pertes d'azote dans l'eau et l'air (en agriculture) est de 2,9 kg N par habitant-e et par an.

Dans une logique de répartition équitable des efforts pour le respect des limites planétaires, l'objectif attribué au Grand Genève est ainsi de réduire la quantité d'azote introduite dans le cycle Azote-Phosphore à 2,9 kg par habitant-e et par an d'ici 2050 (en pertes d'azote). Dans une approche de responsabilité partagée mais différenciée, cette valeur aurait pu être inférieure (cf section 5.3).

Etat actuel du Grand Genève

Plusieurs études sont mobilisables pour estimer l'état actuel de l'indicateur #1 dans le Grand Genève : Dao *et al.*⁴¹ ont évalué cet indicateur à l'échelle de la Suisse, en 2015, puis l'EEA et l'OFEN⁴² ont évalué cet indicateur en Europe en 2020. Ces deux études sont basées sur des données datant de 2011 et compilent deux indicateurs relatifs aux pertes d'azotes dans l'eau et dans l'air.

L'EEA montre que l'empreinte azote moyenne en Europe, par habitant-e, est de 11,4 kg N (en 2011). L'étude montre que les pertes d'azote en Europe sont liées à plus de 85% à l'azote dilué dans l'eau. Le NH₃ relâché dans l'air en raison des activités agricole représente donc environ 15% de l'empreinte calculée. Par ailleurs, l'étude de Dao *et al.* (2015) évalue l'état de l'indicateur #1 en Suisse à 13,7 kg N par habitant-e et par an (données 2011). À titre de comparaison, l'empreinte azote mondiale en 2011 (en pertes d'azote liées à l'agriculture) est estimée à 49,3 Tg N/an, soit 7 kg N/cap/an, selon la méthode de calcul de GIEC et les données disponibles⁴³.

L'état actuel de cet indicateur dans le Grand Genève, obtenu à partir des meilleures connaissances disponibles, est considéré compris entre la moyenne européenne et la valeur Suisse. Les pertes d'azote dans les milieux naturels (eau, sol) liées aux activités agricoles sont ainsi estimées entre 11,4 et 13,7 kg N par habitant-e du Grand Genève et par an⁴⁴.

³⁹ Dao *et al.*, 41.

⁴⁰ D'après les scénarios démographiques des Nations Unies, <https://population.un.org/wpp/DataQuery/>

⁴¹ Dao *et al.*, « Environmental Limits and Swiss Footprints Based on Planetary Boundaries ».

⁴² European Environment Agency EEA et Federal Office for the Environment FOEN, « Is Europe living within the limits of our planet? »

⁴³ European Environment Agency EEA et Federal Office for the Environment FOEN.

⁴⁴ Ce chiffre est sans doute sous-estimé car la France est en réalité un plus grand consommateur de fertilisant azoté par ha que la Suisse. De plus, les données agglomérées ont une décennie environ. Sachant que la quantité d'azote consommé dans le monde n'a cessé d'augmenter (Food and Agriculture Organization of the

Pour d'avantage d'informations sur la méthode de calcul adoptée ici, consulter l'annexe 8.2.2.

Hauteur de la marche

Etat actuel du Grand Genève	Valeur-cible pour 2050
11,4 – 13,7 kg N/ hab./an	Réduire l'empreinte azote à 2,9 kg N/hab./an

Considérant la quantité d'azote **perdu dans l'air et l'eau**, dans le secteur agricole, l'état actuel dans le Grand Genève est estimé **entre 11,4 et 13,7 kg N/hab./an** tandis que le budget mondial réparti équitablement entre chaque personne en 2050 est fixé à **2,9 kg N/hab./an**.

Les pertes d'azote dans l'agriculture (locale ou produits importés) doivent donc diminuer d'un **facteur 4 à 5** d'ici 2050 (soit une réduction d'environ 75%). Ce facteur est sans doute encore supérieur entre 2021 et 2050, puisque les données disponibles sur l'état actuel datent de 2011 et que la consommation de fertilisant azoté n'a cessé d'augmenter en Suisse et en France pendant la dernière décennie⁴⁵.

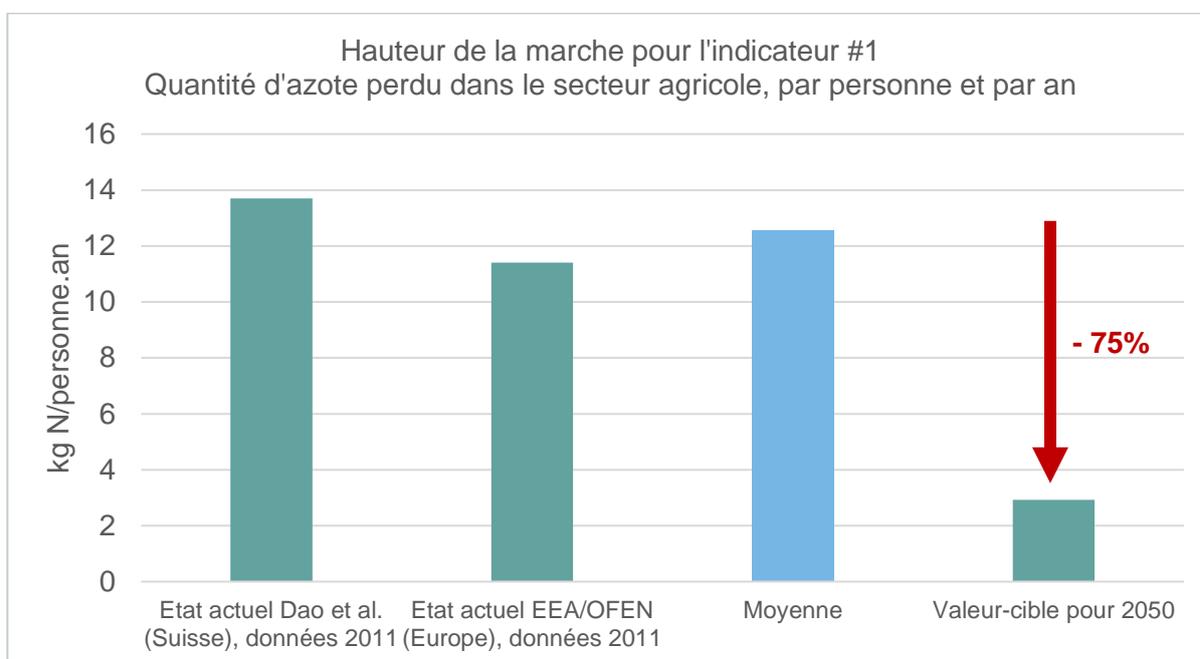


Figure 5 : Hauteur de la marche pour l'indicateur #1

United Nations, *World Fertilizer Trends and Outlook to 2022.*; SSP, « Enquête pratiques culturales en grandes cultures et prairies 2017- Principaux résultats ».), il serait nécessaire d'obtenir des données plus récentes.

⁴⁵ Food and Agriculture Organization of the United Nations, *World Fertilizer Trends and Outlook to 2022.*; SSP, « Enquête pratiques culturales en grandes cultures et prairies 2017- Principaux résultats ».

4.1.3. Indicateur #2 : Empreinte matérielle

L'indicateur #2 vise à renseigner l'objectif n°1 : *limiter l'impact des activités du Grand Genève sur les limites planétaires*. Il traite de l'exploitation des ressources, renouvelables et non renouvelables, au regard des stocks disponibles.

Description de l'indicateur #2



L'empreinte matérielle est aussi connue sous le nom de "Consommation de matière première". Elle mesure, en tonnes par personne et par an, les extractions associées à la demande finale en biens et services. Elle inclut les minerais (métalliques et non métalliques), les combustibles fossiles (pétrole, gaz, uranium, etc) et la biomasse (récoltes, bois).

L'indicateur est calculé sous forme d'**empreinte** : il recouvre les extractions de matière sur le territoire (bois, céréales, fruits et légumes, graviers, sable, etc) et les extractions de matières à l'étranger dues à la consommation de biens et services dans le Grand Genève.

Justification du choix de l'indicateur

L'empreinte matérielle n'est pas une limite planétaire telle que définie en 2009 par Rockstrom et al.⁴⁶, mais elle est intégrée dans l'étude de O'Neill *et al.* sur les limites planétaires nationales⁴⁷ en tant qu'indicateur sous forme d'empreinte, basé sur la consommation. Comme les auteurs l'expliquent dans l'annexe de l'article, l'empreinte matérielle est un indicateur pertinent pour mesurer l'impact des activités socioéconomiques sur l'ensemble des limites planétaires. En effet, l'extraction de ressources, qu'elles soient renouvelables ou non renouvelables, entraîne nécessairement des conséquences, plus ou moins graves, sur le changement climatique (combustion), l'érosion de la biodiversité (perte d'habitat), etc. Conformément au *DPSIR framework*⁴⁸, l'empreinte matérielle est une pression (*pressure*) qui agit sur toutes les limites planétaires (cf section 5.1).

Au niveau national, l'empreinte matérielle de la France et de la Suisse dépassent largement le seuil fixé par la littérature scientifique (et divisé équitablement entre chaque habitant-e de la planète).

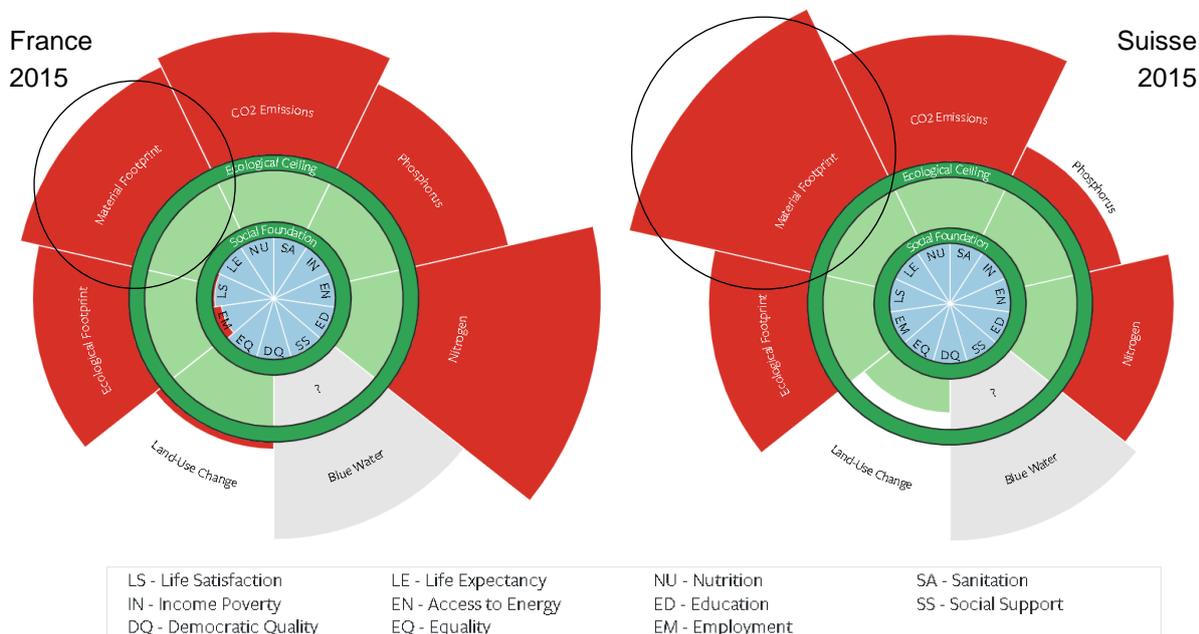


Figure 6 : Représentation de l'état des limites planétaires et du socle social en Suisse et en France en 2015, d'après Fanning *et al.* (2021)

⁴⁶ Rockstrom et al., « A Safe Operating Space for Humanity ».

⁴⁷ O'Neill et al., « A Good Life for All within Planetary Boundaries ».

⁴⁸ Ness, Anderberg, et Olsson, « Structuring Problems in Sustainability Science ».

De plus, l’empreinte matérielle étant le reflet de la consommation globale de biens et services, elle-même fortement corrélée au pouvoir d’achat ; il est particulièrement important de mesurer cet indicateur dans le territoire du Grand Genève. D’après l’enquête de consommation dans le Grand Genève (2019)⁴⁹, les résident-e-s du genevois français dépensent en effet au moins 4% de plus de revenus pour la consommation courante que la moyenne nationale. Cette consommation supérieure est liée à des revenus moyens par foyers fiscaux plus élevés dans le Grand Genève qu’ailleurs en France et en Suisse : les revenus moyens dans le Genevois français sont 50% plus élevés que la moyenne nationale française ; tandis que les revenus moyens dans la région de Nyon et le canton de Genève sont environ 25% plus élevés que la moyenne nationale Suisse⁵⁰.

Evaluation quantitative

Valeur-cible pour 2050

Plusieurs études suggèrent qu’il existe un seuil global à l’extraction de matière première, qu’elle soit renouvelable ou fossile. O’Neill *et al.* estiment que la littérature scientifique n’est pas très mature sur la valeur de ce seuil global⁵¹, mais les chercheur-euse-s s’appuient néanmoins sur l’étude de Dittrich *et al.* (2012) qui a estimé ce seuil à 50 gigatonnes par an. Cette étude, et l’UNEP, traduisent cet objectif global en une valeur-cible par personne (répartie équitablement) comprise entre 6 et 8 tonnes de matériaux par an et par personne dans le monde (en 2018).

En considérant une population mondiale de 9,7 milliards de personnes en 2050⁵² au sein de laquelle serait divisé équitablement le budget global annuel de matière, l’objectif pour 2050 est fixé à **5,1 tonnes de matière première par personne et par an**.

Etat actuel du Grand Genève

Plusieurs bases de données internationales fournissent des données nationales sur l’empreinte matérielle (cf Annexe 8.2.3). Les deux articles de l’Université de Lead relatifs aux limites planétaires⁵³ utilisent la base de données Eora MRIO, qui mobilise sur les données de l’UNEP⁵⁴. D’après cette base de données, l’empreinte matérielle moyenne d’une personne en France et en Suisse était environ égale à, respectivement, 22 tonnes et 31 tonnes par an (entre 2011 et 2015). En considérant ces chiffres nationaux, pondérés en fonction de la population du Grand Genève en 2011, **l’empreinte matérielle moyenne d’un-e habitant-e du Grand Genève est de 26,7 tonnes/an environ** (donnée 2011, selon Fanning *et al.*⁵⁵. Au regard des résultats de l’enquête sur la consommation du Grand Genève à propos des revenus moyens des habitant-e-s du territoire, cette valeur issue de valeurs moyennes nationales est probablement sous-estimée.

Hauteur de la marche

Etat actuel du Grand Genève	Valeur-cible pour 2050
26,7 tonnes/ hab./an	Réduire l’empreinte matérielle à 5,1 tonnes /hab./an

⁴⁹ SSP, « Enquête pratiques culturelles en grandes cultures et prairies 2017- Principaux résultats ».

⁵⁰ Aid Observatoire, « Enquête de consommation dans le Grand Genève ».

⁵¹ O’Neill *et al.*, « A Good Life for All within Planetary Boundaries - Supplementary Information ».

⁵² D’après les scénarios démographiques des Nations-Unies : <https://population.un.org/wpp/DataQuery/>

⁵³ O’Neill *et al.*, « A Good Life for All within Planetary Boundaries »; Fanning *et al.*, « The Social Shortfall and Ecological Overshoot of Nations ».

⁵⁴ UNEP, « International Resource Panel’s Global Material Flows Database ».

⁵⁵ Fanning *et al.*, « The Social Shortfall and Ecological Overshoot of Nations ».

L’empreinte matérielle du Grand Genève en 2011 est estimée à environ **27 tonnes par habitant-e**, par an. Au regard du **seuil planétaire fixé à 5,1 tonnes/personne/an en 2050**, les habitant-e-s du Grand Genève doivent diviser leur empreinte matérielle par 5 environ pour respecter les limites planétaires. Cela correspond à une **réduction de l’empreinte matérielle de 80% environ**.

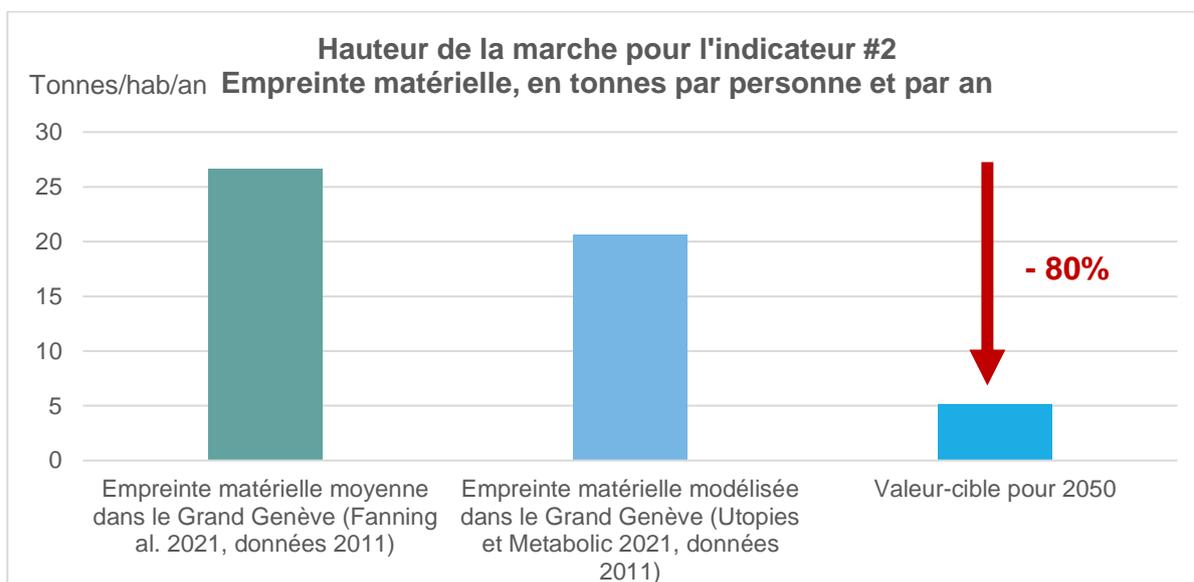


Figure 7 : Hauteur de la marche pour l'indicateur #2

4.1.4. Indicateur #3 : Empreinte carbone

L'indicateur #3 est relatif à l'objectif n°2 : *Atteindre la neutralité carbone dans le territoire du Grand Genève sur les limites planétaires*. Il entend mesurer l'impact du Grand Genève sur au moins deux limites planétaires : le changement climatique et l'acidification des océans.

Description de l'indicateur #3



Emissions de gaz à effet de serre, directes et indirectes, liées aux activités et à la consommation du Grand Genève. L'indicateur est exprimé en tonnes de CO₂ équivalent par habitant-e du Grand Genève et par an. L'indicateur est mesuré sous forme d'empreinte carbone, incluant :

- Les émissions territoriales de gaz à effet de serre (Scope 1)
- Les émissions indirectes de gaz à effet de serre liées à la production de l'énergie consommée dans le Grand Genève, mais produite ailleurs (Scope 2)
- Les émissions indirectes de gaz à effet de serre liées à la production et au transport des biens consommés sur le territoire ; mais produits ailleurs (Scope 3)

L'indicateur #3 intègre, pour information mais sans objectif pour 2050, les émissions indirectes liées aux investissements financiers dans le territoire (Scope 4).

Justification du choix de l'indicateur

Les émissions de gaz à effet de serre sont au cœur des politiques publiques de transition écologique. D'après les travaux du GIEC, le réchauffement climatique est directement corrélé à la concentration en CO₂ dans l'atmosphère, elle-même proportionnelles aux émissions de gaz à effet de serre par les activités humaines (dites émissions d'origine anthropique). En France, en Suisse et dans le monde, les émissions de gaz à effet de serre dépassent largement la limite planétaire associée et renforcent indirectement l'acidification des océans et l'érosion de la biodiversité. Selon Dao *et al.* (2015), le changement climatique et l'acidification des océans induits par les émissions de gaz à effet de serre sont des limites « clairement risquées » en Suisse et dans le monde, et donc prioritaires.

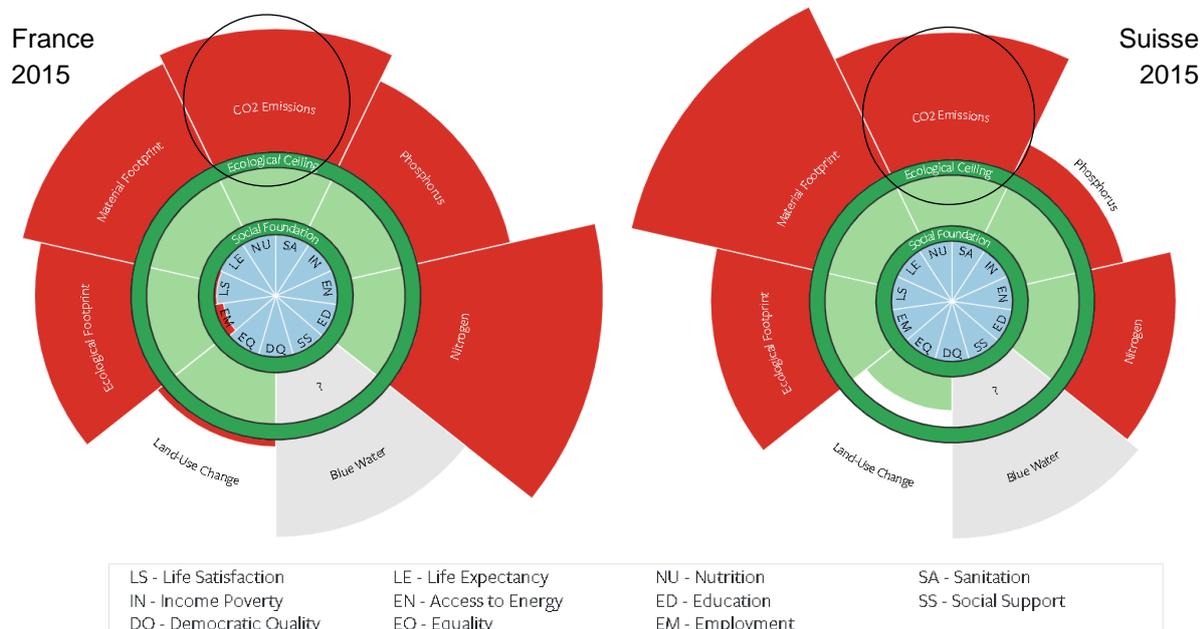


Figure 8 : Représentation de l'état des limites planétaires et du socle social en Suisse et en France en 2015, d'après Fanning *et al.* (2021)

Au regard de la prépondérance des enjeux climatiques dans l'équilibre planétaire et dans les débats politiques, les mandataires ont choisi de formuler un objectif de neutralité carbone dédié, artificiellement détaché de l'objectif n°1 dans lequel il est, en réalité, inclus (objectif relatif au respect

des limites planétaires).

Dans la littérature scientifique récente sur les limites planétaires⁵⁶, les émissions de gaz à effet de serre sont calculées sous forme d'empreinte carbone. Les émissions territoriales sont ainsi calculées aux côtés des émissions indirectes, relatives aux modes de consommation des habitant-e-s du Grand Genève. Les mandataires adoptent également une approche consommation, en choisissant un indicateur intégrant les 3 scopes dont les émissions importées.

Le scope 4, qui correspond aux émissions indirectes générées par les investissements financiers, est calculé pour sensibiliser les décideur-se-s politiques et la population sur l'impact environnemental de ce poste, souvent invisibilisé. Au regard des données disponibles et conformément aux méthodes actuelles de calcul d'empreinte carbone, le scope 4 n'est néanmoins pas inclus dans le bilan carbone du Grand Genève.

Evaluation quantitative

Valeur-cible pour 2050

Scopes 1-3

S'il existe une valeur seuil mondial d'émissions de gaz à effet de serre à ne pas dépasser pour limiter le réchauffement climatique à 2°C, si possible à 1,5°C (conformément aux Accords de Paris), la répartition des efforts de réduction entre les pays est d'autant plus difficile que les émissions s'expriment sous forme de budget restant, car elles s'accumulent dans le système Terre au cours du temps. Une simple répartition du « budget CO₂ » restant d'ici 2100, de manière équitable entre les habitant-e-s de la planète, ne suffit pas puisque la définition du *budget restant* dépend de plusieurs facteurs : les émissions historiques intégrées au calcul, le nombre d'années restantes entre le temps T initial et la date de neutralité carbone visée, l'évolution démographique et le type d'émissions intégrées (scopes).

L'objectif de transition écologique, tel que formulé dans la stratégie de transition écologique du Grand Genève, est bien d'atteindre la neutralité carbone en 2050. En considérant que l'indicateur associé est celui de l'empreinte carbone, cet objectif indique que le **bilan des émissions de gaz à effet de serre (directes et indirectes) du Grand Genève devront être nulles en 2050**. Les émissions concernées ici sont les émissions anthropiques, soit d'origine humaine.

Objectif zéro tonne de CO₂equ en 2050 ?



La littérature scientifique récente et l'étude réalisée par Utopies et Metabolic sur le Grand Genève⁵⁷ mentionnent un objectif compris entre 1,6 et 2,8 tonnes de CO₂e par personne en 2050. Pourtant, basé sur les publications du Commissariat Général au Développement Durable (2019), cet objectif ne permet pas de respecter les engagements climatiques internationaux de la France et la Suisse, en 2021. La **neutralité carbone** consiste bel et bien à viser **zéro émission nette** : les émissions d'origine anthropiques doivent être nulles ou absorbées par des techniques actives de captation/stockage de carbone. Le stockage carbone issue d'une dynamique naturelle, par les océans et forêts par exemple, ne peut être comptabilisé pour compenser les émissions anthropiques résiduelles. L'objectif de **neutralité carbone** pour 2050 est donc bien un **bilan émissions/captage anthropique de 0 tonne de CO₂e par personne et par an**. Les chiffres fréquemment évoqués, entre 1 et 2 tonnes de CO₂e/hab, expriment en réalité **l'empreinte moyenne par habitant-e à ne pas dépasser entre 2020 et 2050**. Cette valeur est indicative, elle n'est pas une valeur-cible mais bien un budget carbone divisé équitablement au sein d'une période donnée (cf Annexe 8.2.4).

⁵⁶ Dao et al., « Environmental Limits and Swiss Footprints Based on Planetary Boundaries »; O'Neill et al., « A Good Life for All within Planetary Boundaries - Supplementary Information »; Fanning et al., « The Social Shortfall and Ecological Overshoot of Nations ».

⁵⁷ Utopies et Metabolic, « Diagnostic du métabolisme économique du Grand Genève ».

Etat actuel du Grand Genève

Scope 1

L'agrégation des derniers bilans carbone territoriaux disponibles dans le Grand Genève permet d'obtenir des émissions moyennes de gaz à effet de serre territoriales, par personne et par an. Sur la base des inventaires territoriaux de gaz à effet de serre, datés entre 2008 et 2015, les émissions territoriales de gaz à effet de serre moyennes du Grand Genève sont de **5 tonnes CO₂ equ. par habitant-e et par an** (scope 1 uniquement).

Scopes 1-3

L'empreinte carbone (3 scopes) du Grand Genève est disponible selon quatre sources, dont les résultats diffèrent légèrement :

- O'Neill et al. (2018) ont évalué l'empreinte carbone de chaque pays en fonction des données nationales. Pondérées en fonction du nombre d'habitant-e-s du côté français et suisse du Grand Genève, l'empreinte carbone moyenne dans le territoire est estimée à 11,4 tonnes de CO₂ equ par habitant et par an, en 2011.
- D'après le bilan des émissions de gaz à effet de serre du Grand Genève⁵⁸, publié en 2015, l'empreinte carbone moyenne d'un-e habitant-e du Grand Genève est estimée à 11,2 tonnes de CO₂ equ par personne et par an, en 2012.
- Le Plan Climat du canton de Genève (2^{ème} génération, 2021) estime l'empreinte carbone des habitant-e-s à 11,0 tonnes de CO₂e par personne et par an.
- Enfin, le diagnostic des bureaux Utopies et Metabolic estime l'empreinte carbone moyenne d'un Grand Genevois à 10 tonnes de CO₂ equ par personne et par an⁵⁹.

Au regard des données disponibles, les mandataires considèrent que l'empreinte carbone moyenne dans le Grand Genève est environ égale à celle d'un-e habitant-e du canton de Genève, soit **11 tonnes de CO₂ equ par personne et par an**.

Scope 4

L'état actuel du scope 4 dans le Grand Genève a été estimé de manière simplifiée par les mandataires. D'après les données disponibles, relatives à la fortune des habitant-e-s du territoire et à l'impact carbone par unité monétaire disponible dans les établissements bancaires, le scope 4 a été estimé **entre 2,8 et 90 tonnes de CO₂ equ par personne et par an**.

Des incertitudes majeures subsistent quant à la fortune présente dans le Grand Genève et au contenu carbone des investissements bancaires, qui dépend de la part réelle d'investissement carboné des établissements bancaires.

Hauteur de la marche

Etat actuel du Grand Genève	Valeur-cible pour 2050
11 tonnes CO₂ equ par habitant-e et par an <i>Hors scope 4</i>	0 tonnes (nettes) CO ₂ equ par habitant-e et par an, en 2050 - 30% à -87% d'ici 2030

Conformément aux hypothèses décrites dans la section 8.2.4 du présent rapport, l'empreinte carbone du Grand Genève doit suivre une trajectoire comprise entre les deux courbes de descente des émissions de gaz à effet de serre représentées dans la Figure 9.

⁵⁸ Bureau Burgeap et Bureau Monecco, « Cahier n°18-22, Bilan des émissions de gaz à effet de serre du Grand Genève ».

⁵⁹ Utopies et Metabolic, « Diagnostic du métabolisme économique du Grand Genève ».

Pour avoir 33% de chances de limiter le réchauffement global à 1,5°C (courbe verte), ou 50% de le limiter à 2°C (courbe rouge), les émissions de gaz à effet de serre du Grand Genève doivent suivre l'évolution suivante⁶⁰ :

Date	Émissions totales Mio t CO2e/an	Émissions/hab t CO2e/an	Réduction des Egés à partir de 2020
2020	11,75	11,0	-
2025	5.8 - 11.1	5.2 - 9.9	10 à 53%
2030	1.8 - 9.1	1.5 - 7.7	30 à 87%
2035	0.5 - 6.2	0.4 - 4.9	56 à 96%
2040	0.2 - 2.8	0.1 - 2.1	81 à 99%
2045	0 - 0.6	0 - 0.4	96 à 100%
2050	0	0	100%

Tableau 5 : Tableau d'objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre dans le Grand Genève (3 scopes)

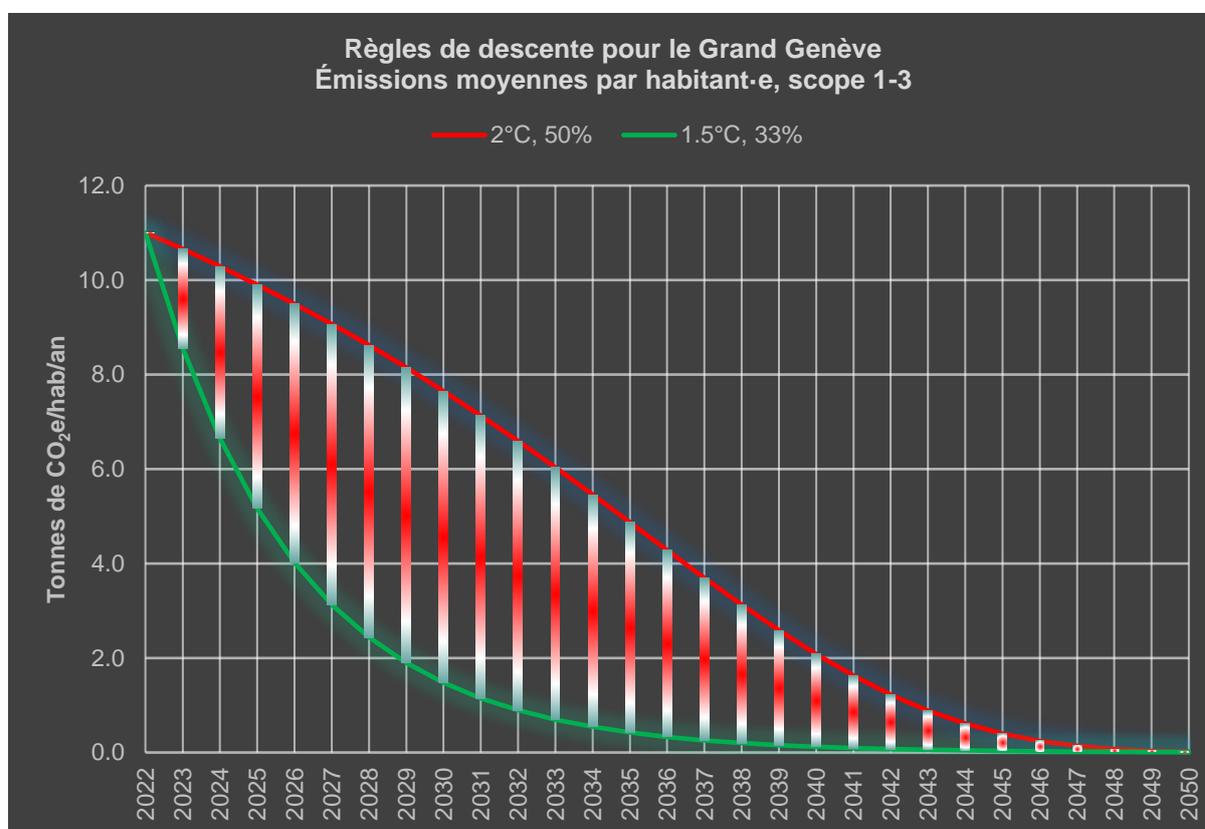


Figure 9 : Courbes d'émissions annuelles de CO2e par habitant-e pour le Grand Genève, sur la base des deux combinaisons température/probabilité retenues et de la part des budgets carbone du rapport AR6, permettant d'atteindre 0 émissions nettes en 2050.

⁶⁰ Les probabilités plus importantes de limiter le réchauffement climatique global à 1,5°C ou 2°C sont d'ores-et-déjà inatteignables à l'échelle du Grand Genève (le budget carbone équivalent, suivant nos clés de répartition) ayant déjà été épuisé dans le territoire.

4.1.5. Indicateur #4 : Espèces menacées et éteintes localement

L'indicateur #4 renseigne l'état de l'objectif de transition écologique n°3 : *Préserver et régénérer la biodiversité locale dans le Grand Genève*.

Description de l'indicateur #4



Part des espèces menacées et éteintes à partir de 2025, selon les Listes Rouges régionales des localités du Grand Genève. Cet indicateur recouvre toutes les familles d'espèces dont le statut de menace est renseigné conformément aux critères de la Liste Rouge de l'UICN. Il est exprimé en pourcentage d'espèces menacées et éteintes régionalement, par rapport au nombre total d'espèces répertoriées sur les Listes Rouges régionales.

La notion d'*espèce menacée* comprend les statuts suivants : Vulnérable (VU), En danger (EN), Au bord de l'extinction (CR). Y sont ajoutées les espèces éteintes régionalement (RE) afin d'inclure au calcul les espèces dont la stratégie de conservation a définitivement échoué (localement, a minima).

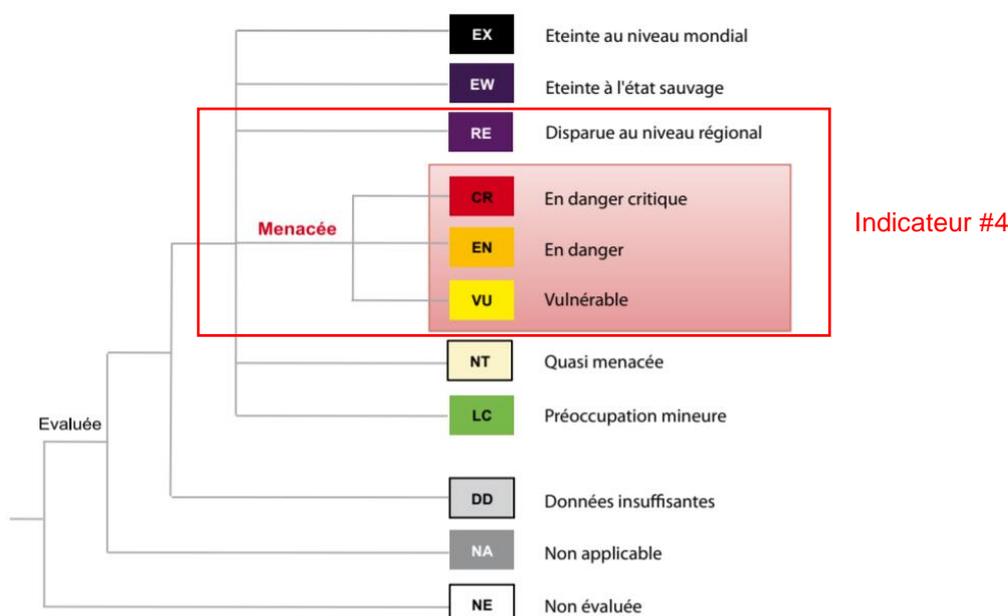


Figure 10 : Catégories de l'UICN pour classer les espèces et sous-espèces selon les critères de la Liste Rouge. Source : UICN Comité français & MNHN (2020)⁶¹

Justification du choix de l'indicateur

L'érosion de la diversité biologique dont la première cause est la perte d'habitat, est identifiée comme une limite planétaire prioritaire à l'échelle de la Suisse, car elle se trouve à un seuil critique dans le monde et en Suisse⁶². L'indicateur #4, en pourcentage d'espèces menacées et éteintes, renseigne directement l'état de la biodiversité du Grand Genève : plus le taux d'espèces menacées -et éteintes- est grand, plus le seuil planétaire est dépassé. Conformément au cadre *DPSIR*⁶³, l'indicateur #4 exprime l'état (**state**) de la limite planétaire relative à la diversité biologique (cf section 5.1).

Le statut des espèces est défini selon cinq critères de la Liste rouge. Une espèce peut être classée comme menacée (à un degré plus ou moins élevé) s'il est prouvé que :

1. sa population subit un fort déclin ;
2. ou que son aire de répartition est particulièrement réduite (rareté) ;

⁶¹ UICN Comité Français et MNHN, « La liste rouge des espèces menacées en France ».

⁶² Dao et al., « Environmental Limits and Swiss Footprints Based on Planetary Boundaries ».

⁶³ Maxim, Spangenberg, et O'Connor, « An Analysis of Risks for Biodiversity under the DPSIR Framework ».

3. ou que sa population déjà petite est en déclin ;
4. ou que sa population est très petite (rareté) ;
5. ou alors qu'une analyse qualitative a justifié son statut de risque d'extinction.

En fonction des meilleures données disponibles sur la famille d'espèces concernée, les expert-e-s mobilisent l'un ou l'autre critère et attribuent un statut en fonction des seuils quantitatifs proposés par l'UICN. On notera que la Liste Rouge de l'UICN n'évalue pas seulement la rareté d'une espèce mais bien son *risque de disparition* : « des espèces perçues comme communes peuvent être en fort déclin et donc apparaître menacées »⁶⁴. Au regard de ces critères, la méthode de classement de l'UICN est particulièrement adaptée pour qualifier le statut de menace d'un maximum de familles d'espèces dont les paramètres de suivi sont variables. Le taux d'espèces menacées est un indicateur transversal qui exprime la **diversité** des espèces mais également leur **abondance** absolue (critère 4) et la **dynamique de leur population** (critères 1, 2, 3). Afin de prévenir une réduction apparente de la part des espèces menacées suite à l'extinction régionale de certaines espèces, la **part d'espèces éteintes régionalement** est également intégrée dans l'indicateur #4.

Par ailleurs, d'autres indicateurs relatifs à la biodiversité auraient pu être mobilisés. Parmi eux, le *Living Planet Index* du WWF est un indicateur portant sur les populations de vertébrés. Il ne traite pas de la diversité des espèces mais du nombre d'individus, soit de l'abondance des populations. Néanmoins, ces données ne sont pas disponibles pour toutes les familles d'espèces et, lorsque ces données sont disponibles, elles sont prises en compte dans la méthode de la Liste Rouge de l'UICN (critère 1, 3, 4). D'autres indicateurs, utilisés localement, auraient pu être choisis. A titre d'exemple, la ville de Genève s'appuie sur un marqueur du déclin des espèces : celui des populations d'oiseaux nicheurs. Cet indicateur du *Cercle des Indicateurs* suisse est un marqueur de la situation globale de la biodiversité commune dans les villes, mais ne sauraient traduire l'état de la biodiversité dans tous les habitats du Grand Genève (milieux aquatiques et humides, espace urbain, couronne agricole, prairies et alpages, forêts).

A échelle globale, d'autres indicateurs sont mobilisés dans la littérature scientifique pour exprimer le déclin des espèces. Rockstrom *et al.*⁶⁵ a initialement exprimé la limite planétaire associée à la diversité biologique en utilisant deux indicateurs : l'un portant sur la diversité génétique (*taux d'extinction*) et l'autre portant sur la diversité fonctionnelle (*Biodiversity Intactness Index - BII*). Ces indicateurs sont néanmoins peu pertinents pour l'échelle spatiotemporelle du Grand Genève. En revanche, l'état de la biodiversité en Suisse a été évalué par Frischknecht *et al.* en 2013 et 2015, en mobilisant l'indicateur *Biodiversity Damage Potential (BDP)*⁶⁶. Basé sur l'analyse des types d'habitats dans un territoire donnée, le BDP quantifie l'impact de l'usage des sols sur la diversité de la faune et de la flore. En analysant la perte d'habitat, plutôt que l'état absolu de la biodiversité, le BDP est un indicateur qui mesure les causes (*Driver forces*) et les pressions (*Pressure*) sur la biodiversité, selon le cadre DPSIR. Néanmoins, il ne prend pas en compte la compétition pour les habitats ou les services écosystémiques⁶⁷, ni la continuité des habitats entre eux : un élément pourtant central dans un territoire semi-urbain comme celui du Grand Genève. Plus récemment, l'EEA et l'OFEN⁶⁸ ont évalué l'intégrité de la biosphère grâce à un indicateur de « *Potential for global species loss due to land use* » également basé sur la perte d'habitat. En outre, un travail de définition d'indicateurs relatifs à la biodiversité dans le Grand Genève a été conduit par le groupe de recherche GE21, qui a

⁶⁴ UICN Comité Français, *Guide pratique pour la réalisation de Listes rouges régionales des espèces menacées - Méthodologie de l'UICN & démarche d'élaboration. Seconde édition.*

⁶⁵ Rockstrom *et al.*, « A Safe Operating Space for Humanity ».

⁶⁶ Frischknecht, Nathani, et Stolz, « Environmentally Extended Input-Output Table for Switzerland 2008 - Biodiversity Damage Potential Due to Land Use (Biodiversity Footprint) ».

⁶⁷ Frischknecht, Nathani, et Stolz, 3.

⁶⁸ European Environment Agency EEA et Federal Office for the Environment FOEN, « Is Europe living within the limits of our planet? »

qualifié l'*infrastructure écologique*⁶⁹ du canton de Genève⁷⁰. Cette analyse multi-critères de chaque point du territoire, incluant la richesse des espèces et habitats, la continuité écologique et les services écosystémiques, a permis d'identifier les 30% du territoire les plus importants à conserver. Ainsi, l'indicateur de qualité de l'infrastructure écologique, tel que calculé dans le canton de Genève, est l'indicateur relatif à la perte d'habitat qui intègre la plus grande complexité et qui exprime probablement le mieux l'état réel de la biodiversité locale. La mesure de la surface de l'infrastructure écologique dite *optimale*⁷¹ **effectivement conservée** serait un indicateur de moyen (*Responses*) probablement mobilisable dans le programme d'actions de transition écologique du Grand Genève. Néanmoins, l'indicateur #4 relatif à la part d'espèces menacées semble le plus à même de rendre compte de l'état de la biodiversité locale, entre 2020 et 2050. Cet indicateur #4 présente néanmoins des limites :

- En l'état actuel, certaines connaissances restent lacunaires et la fréquence d'actualisation des Listes Rouges est de l'ordre de la décennie. Deux limites découlent de ce constat : les listes régionales sont actuellement incomplètes, ce qui ne permet pas de calculer l'état initial de cet indicateur de manière précise dans le Grand Genève. De plus, le temps nécessaire à la réévaluation de l'indicateur étant long, les potentielles mesures qui découlent de son évaluation risquent d'être décalées dans le temps.
- Par ailleurs, la méthode de la Liste Rouge de l'UICN peut varier d'une année à l'autre. Il conviendra d'être attentif aux évolutions apparentes de la part des espèces menacées en raison de l'évolution des méthodes d'attribution des catégories de la Liste Rouge.
- Enfin, en tant qu'indicateur d'état de la biodiversité locale, il néglige la destruction indirecte de la biodiversité dans le monde liée aux modes de consommation dans le Grand Genève. Un indicateur sous forme d'empreinte, comme le BDP, serait plus satisfaisant dans une approche systémique conforme à la méthode du *donut*⁷². Si une analyse des flux (par des tableaux entrée-sortie) est réalisée dans le Grand Genève, alors l'analyse pourrait être étendue à la thématique de la biodiversité en exprimant une **empreinte biodiversité** basée sur le BDP, telle que réalisée par Frischknecht *et al.* (2015)⁷³ (voir section 5.4 du présent rapport).

Evaluation quantitative

Valeur-cible pour 2050

La part d'espèces menacées et éteintes régionalement doit retrouver, en 2050, **une valeur basse liée à la dynamique d'évolution naturelle**. La biodiversité est soumise à des pressions d'origine anthropiques directes (perte d'habitat, surexploitation) et indirectes liées au dépassement des limites planétaires. Le changement climatique aura un impact croissant sur la biodiversité au cours du 21^{ème} siècle, que les mesures de lutte contre le changement climatique pourront limiter mais pas éliminer (objectif n°2). Malgré les changements systémiques à venir, et d'après les expert-e-s consulté-e-s,

⁶⁹ L'Agence Européenne de l'environnement la décrit comme suit, dans son rapport technique sur l'Analyse des Infrastructures Ecologiques en Europe (2014) : "Strategically planned network of natural and semi-natural areas with over environmental features designed and managed to deliver a wide range of ecosystem services".

⁷⁰ Honeck, « Implementing Green Infrastructure »; Honeck et al., « Methods for Identifying Green Infrastructure »; « GE-21 - Biodiversité - Services écosystémiques - Bien-être - Genève :: Identification de l'infrastructure écologique du bassin genevois »; « L'infrastructure écologique »; « Infrastructure écologique genevoise et transfrontalière (Bassin genevois) IE-GE/BG - Rapport final ».

⁷¹ L'infrastructure écologique *optimale* représente les 30% du territoire qui hébergent la plus grande qualité en matière de biodiversité. La carte de cette infrastructure dans le canton de Genève est disponible ici : <https://hepia.maps.arcgis.com/apps/instant/interactivelegend/index.html?appid=c3a104f7022a43408f024b9e844203d8>

⁷² D'après Frischknecht et al. (2015), deux tiers de l'impact de la Suisse sur la biodiversité (en Biodiversity Damage Potentiel) est causé en dehors du territoire via l'importation de biens et services produits à l'étranger.

⁷³ Frischknecht, Nathani, et Stolz, « Environmentally Extended Input-Output Table for Switzerland 2008 - Biodiversity Damage Potential Due to Land Use (Biodiversity Footprint) ».

viser **moins de 1% d'espèces menacées et éteintes localement** dans le Grand Genève en 2050 est théoriquement envisageable.

En effet, le rythme naturel d'extinction entraîne un taux d'espèces menacées bien inférieur à 1%. Pour cause, la dynamique naturelle entraîne normalement une complexification de la vie à travers la création de nouvelles sous-espèces et espèces. En considérant que l'impact du changement climatique sur les espèces dans le Grand Genève sera limité si la neutralité carbone est atteinte en 2050 (au niveau global) et que l'adaptation des espèces sera facilitée par des mesures favorisant leur résilience, alors une part d'espèces menacées et éteintes quasi-nulle en 2050 est envisageable.

Etat actuel du Grand Genève

Les Listes Rouges régionales pour toutes les familles d'espèces en région Auvergne Rhône-Alpes, dans le canton de Genève et le canton de Vaud ne sont, en 2021, pas encore disponibles. Dans ce contexte, les Listes Rouges nationales sont mobilisées pour estimer l'état du Grand Genève en 2021. Cette méthode de calcul est provisoire. A terme, le baromètre de transition écologique devra s'appuyer sur des données locales produites dans le cadre de la révision des Listes Rouges régionales par InfoSpecies en Suisse et son équivalent en France.

En France Métropolitaine, sur près de 7000 espèces évaluées en France Métropolitaine, 792 sont menacées et 37 sont disparues au niveau national⁷⁴. Ainsi, **13%** des espèces en France Métropolitaine sont menacées ou éteintes localement.

En Suisse, en 2010, parmi les 10 350 espèces évaluées, plus de 3700 étaient menacées et 255 éteintes en Suisse. Ainsi, **39%** des espèces en Suisse sont menacées ou éteintes localement. Cette forte proportion d'espèces menacées peut s'expliquer par le nombre important d'espèces « rares » en Suisse⁷⁵, dû à la prépondérance de milieux spécifiques et morcelés (soit par dynamique naturelle soit sous la forte pression historique des activités humaines).

Afin d'estimer la valeur moyenne de l'indicateur #4 dans le Grand Genève, la part d'espèces menacées en France et en Suisse est pondérée par rapport à la surface du territoire français et suisse dans le Grand Genève. Cette méthode *provisoire* rend compte de manière *très insatisfaisante* de la spécificité des milieux naturels dans le Grand Genève et des espèces associées⁷⁶. La valeur moyenne de l'indicateur #4 dans le Grand Genève, à l'état actuel, est estimée à **20%**.

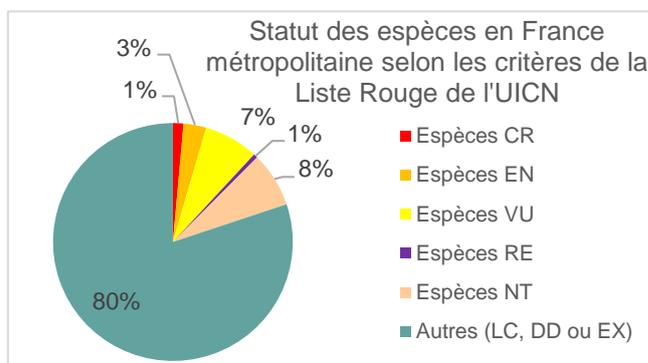


Figure 11 : Part des espèces menacées en France métropolitaine (UICN comité français & MNHN, 2020)

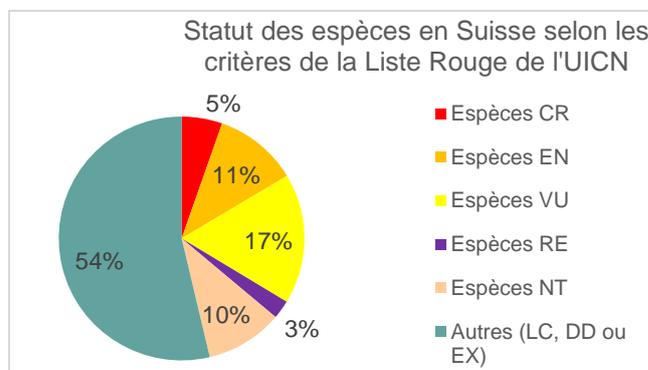


Figure 12 : Part des espèces menacées en Suisse (OFEV, 2011)

⁷⁴ UICN Comité Français et MNHN, « La liste rouge des espèces menacées en France ».

⁷⁵ La moitié des espèces menacées sont « rares » en Suisse (maigre population ou aire de distribution très faible et/ou morcelée) (Cordillot et Klaus, « Espèces menacées en Suisse. Synthèse listes rouges état 2010 », 14-15.)

⁷⁶ Au cours des prochaines années, il sera pertinent d'exploiter les Listes Rouges régionales, voire d'extraire les données des Listes Rouges régionales sur le périmètre du Grand Genève uniquement. La méthode d'agrégation des valeurs de l'indicateur #4 par territoire, afin d'obtenir une valeur moyenne sur le Grand Genève, sera à préciser. Une moyenne pondérée en fonction de la surface de chaque territoire est envisageable. Par ailleurs, le travail d'identification des espèces présentes sur le territoire et de leur statut de menace au regard des Listes

Hauteur de la marche

Etat actuel du Grand Genève	Valeur-cible pour 2050
20 %	Moins de 1% d'espèces menacées et éteintes localement à partir de 2025

Rouges régionales pourra être réalisé en collaboration étroite avec le groupe de travail GE21, dans le cadre d'une éventuelle extension de la qualification de *l'infrastructure écologique* sur le périmètre du Grand Genève.

4.1.6. Indicateur #5 : Part des cours d'eau et des lacs en bon état biologique et physicochimique

L'indicateur #5 vise à évaluer la qualité du réseau hydrographique du Grand Genève, afin d'assurer un approvisionnement en eau potable de qualité et de renforcer la qualité des écosystèmes aquatiques et humides ainsi que les services écosystémiques qu'ils produisent.

Description de l'indicateur #5



Indicateur croisé d'état biologique et chimique des cours d'eau et des lacs du Grand Genève. Est considéré en *bon état* un cours d'eau ou un lac répondant aux critères suivants :

- En *bon état* physicochimique relativement à la teneur de l'eau en micropolluants (pesticides et médicaments)
- Et en *bon état* physicochimique relativement à la teneur de l'eau en macropolluants (nutriments : carbone organique dissous, ammonium, nitrate, orthophosphate)
- Et en *bon état* biologique, mesuré par l'indice IGBN en France et par l'indice IBCH en Suisse (concentration en invertébrés benthiques)

Ces sous-indicateurs sont d'ores-et-déjà mesurés et les seuils sont uniformisés dans le Grand Genève, par la Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman (CIPEL).

Justification du choix de l'indicateur

L'indicateur #5 est basé sur les catégories du **Système modulaire gradué (SDG) Suisse**⁷⁷ : un ensemble d'indicateurs visant à faire état de la qualité des réseaux hydrographiques en Suisse. Ce système inclut 4 paramètres renseignés par plusieurs indicateurs assignés de seuils exprimés en « très bon », « bon », « moyen », « mauvais » état. Les paramètres considérés sont les suivants :

- L'écomorphologie du réseau, qui exprime la structure des cours d'eau
- La chimie des eaux et l'écotoxicologie, qui traite de la qualité physicochimique de l'eau
- La qualité biologique de l'eau, relatives aux biocénoses animales, végétales et microorganiques
- L'hydrologie, à savoir les débits et quantités d'eau dans le réseau

Deux indicateurs de transition écologique sont développés sur la base de ce système : l'indicateur #5 regroupe les paramètres chimiques et biologiques ; tandis que l'indicateur #6 traite des aspects hydrologiques (quantité d'eau).

L'indicateur #5 est composé de trois sous-indicateurs :

- La teneur en **micropolluants** (pesticides et médicaments), indicateur de qualité chimique de l'eau. D'après la CIPEL, les pesticides (agricoles et urbains) subsistent en très faible concentration dans le réseau hydrographique du Grand Genève, mais « sont susceptibles de présenter une toxicité vis-à-vis d'organismes vivant dans l'eau, pouvant conduire à la disparition des espèces les plus sensibles »⁷⁸. De même, l'impact des résidus médicamenteux dans les lacs et cours d'eau est encore mal évalué mais entraîne très probablement des modifications biologiques. En 2020, seule la teneur en pesticides est mesurée dans le Grand Genève. A l'avenir, il serait judicieux que le réseau de surveillance des cours d'eau et de lacs adopte un indicateur relatif à la concentration de résidus médicamenteux dans l'eau.
- La teneur en **macro-polluants**, indicateur de la qualité physico-chimique de l'eau. La teneur en macro-polluants conditionne le bon fonctionnement écologique des lacs et cours d'eau. Les macro-polluants mesurés par cet indicateur sont les nutriments qui s'avèrent néfastes

⁷⁷ « Modul Stufen Konzept ».

⁷⁸ CIPEL, « Tableau de bord technique 2020, Plan d'action 2011-2020 », 31.

au-delà d'un certain seuil : le carbone organique dissous (COD), l'Ammonium (NH₄), le Nitrate (NO₃) et l'Orthophosphate (PO₄). La teneur en macro polluants dépend des activités humaines pratiquées dans le bassin versant : agriculture, activités domestiques, industries, STEP.

- La **qualité biologique** des cours d'eau, indicateur de la bonne santé écologique du réseau hydrographique. Ce paramètre est mesuré par deux indices mis en équivalence par la CIPEL : l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) en France et l'Indice Biologique Suisse (IBCH) en Suisse. Ils expriment la diversité et polluo-sensibilité des invertébrés benthiques qui vivent au fond des cours d'eau et qui sont des marqueurs de la santé globale de l'écosystème⁷⁹.

L'indicateur #5 mobilise les données mises à dispositions par la CIPEL, un organisme transfrontalier chargé de suivre la qualité de l'eau du Lac Léman et par extension, du réseau de cours d'eau du bassin versant. Cet organisme produit annuellement un rapport faisant état de la qualité du réseau hydrographique autour du Léman dont le périmètre recouvre également le genevois français. Le comité scientifique de la CIPEL choisit et organise le monitoring des indicateurs jugés les plus pertinents pour suivre la qualité des masses d'eau dans le territoire transfrontalier et propose des seuils valables dans tout le territoire du Grand Genève.

Utiliser les données mises à disposition par la CIPEL procure de multiples avantages pour le baromètre de transition écologique du Grand Genève. Néanmoins, le réseau de surveillance des cours d'eau du Grand Genève devra être densifié pour améliorer la fiabilité des résultats. Dans le Grand Genève, une dizaine de points de mesures seulement quantifient les 3 sous-indicateurs physicochimiques et biologiques qui forment l'indicateur #5. Des données supplémentaires sont disponibles de part et d'autre de la frontière mais elles sont à uniformiser selon les critères de la CIPEL. Un partenariat entre l'agglomération du Grand Genève et la CIPEL permettrait à l'organisme de créer une base de données complète et uniforme sur la qualité des lacs et cours d'eau dans le Grand Genève.

L'indicateur #5 présente néanmoins une lacune importante car il ne comprend pas la qualité des eaux souterraines du Grand Genève, malgré leur rôle important pour l'alimentation en eau potable (27% de la production annuelle d'eau potable du Grand Genève, en 2014). Il serait pertinent d'intégrer à l'indicateur croisé #5 une évaluation de la qualité physicochimique des eaux souterraines. Néanmoins, l'indicateur #5 concerne d'ores-et-déjà plus de la moitié des ressources en eau potable en imposant des seuils de qualité sur l'eau du Lac Léman.

Evaluation quantitative

Valeur-cible pour 2050

L'objectif pour le Grand Genève en 2050 est d'atteindre le seuil de **bon état** (*a minima*) physicochimique et biologique dans **100% des cours d'eau et des lacs du territoire**.

Tous les cours d'eau devront donc être *a minima* en « **bon état** » quant à leur teneur en nutriments, en micropolluants (pesticides et médicaments) et à leur qualité biologique. Le cas échéant, la qualité des masses d'eau de surface sera favorable à la bonne santé des habitant·e·s du Grand Genève (qualité de l'eau potable) et à la bonne santé des écosystèmes aquatiques et semi-aquatiques.

Etat actuel du Grand Genève

L'état actuel du Grand Genève est évalué à partir des données mises à disposition par la CIPEL, dans son Tableau de bord technique 2020 :

- 33% des cours d'eau et lacs suivis dans le Grand Genève sont au moins en *bon état* concernant leur **teneur en micropolluants** (pesticides) ; au regard des seuils fixés par la

⁷⁹ CIPEL, 33.

CIPEL et pour 57 points de mesure dont les dernières données datent de 2013 et 2015. La teneur en résidus médicamenteux dans les cours d'eau est inconnue en décembre 2021

- 50% des cours d'eau et lacs sont au moins en *bon état* par rapport à leur teneur en macro polluants pour **tous les nutriments** suivis (COD, CH₄, NO₃ et PO₄).

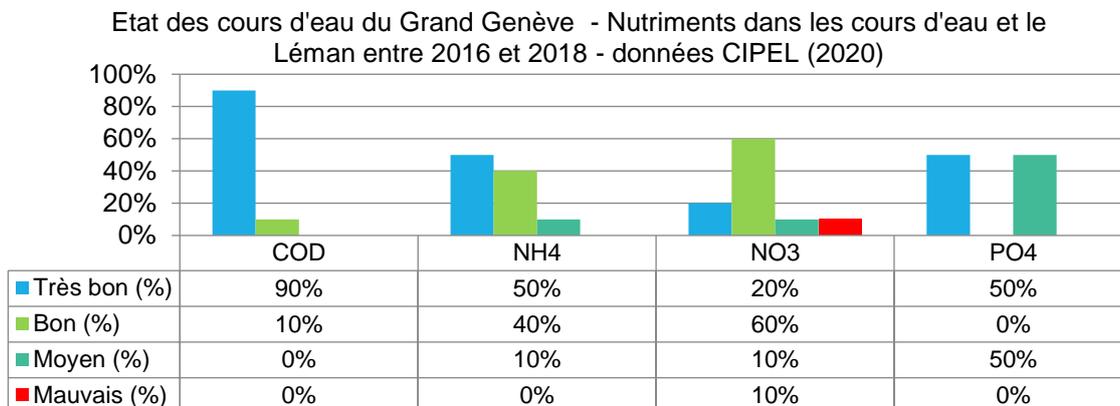


Figure 13 : Part des cours d'eau du Grand Genève par classe d'état, au regard de leur teneur en nutriments. Données : CIPEL

- 70% des cours d'eau du Grand Genève suivis pour leur qualité biologique (10 sites) sont au moins en *bon état* par rapport aux indice IBGN ou IBCH.

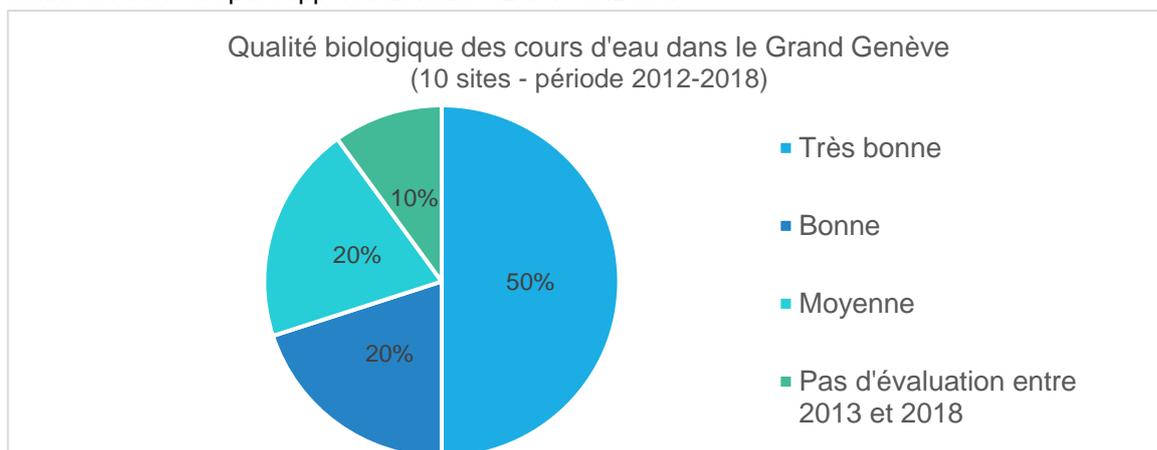


Figure 14 : Evaluation de la qualité biologique des cours d'eau dans le Grand Genève. Données : CIPEL, 2020

Conformément aux données susmentionnées, 70% des cours d'eau et des lacs sont en « moyen » ou « mauvais » état dans **au moins** une composante de la qualité biologique et physico-chimique (teneur en micropolluant ou teneur en macropolluants ou qualité biologique). Il en résulte que seuls **30% des cours d'eau du territoire (suivis par la CIPEL) sont au moins en bon état physicochimique et biologique**. Cet état initial de la qualité des masses d'eau de surface est néanmoins à modérer au regard du faible échantillon de points de mesures : seuls 10 points de mesures suivis par la CIPEL disposent de données récentes relatives aux trois sous-critères de l'indicateur #5.

Hauteur de la marche

Etat actuel du Grand Genève	Valeur-cible pour 2050
(au moins) 30 %	100% des cours d'eau en <i>bon</i> ou <i>très bon</i> état physicochimique et biologique

4.1.7. Indicateur #6 : Disponibilité en eau

L'indicateur #6 est le pendant quantitatif de l'indicateur #5, visant à répondre à l'objectif n°3. Cet indicateur est chargé de renseigner les capacités d'approvisionnement en eau pour le Grand Genève, entre 2020 et 2050 (eau potable et non potable). Cet indicateur traite des questions de juste partage de l'eau et d'adaptation au changement climatique, dans une approche prospective.

Description de l'indicateur #6



La disponibilité en eau résulte du bilan hydrique au niveau du Grand Genève et des bassins versants qui en dépendent : c'est la différence entre la masse d'eau disponible (qui dépend de la capacité de renouvellement des stocks) et la consommation d'eau totale (potable et non potable). L'indicateur est mesuré en m³ d'eau.

Quantité d'eau disponible (m3)

$$= \text{Masse d'eau disponible (m3)} - \text{Consommation d'eau (m3)}$$

L'indicateur #6 implique la mesure de deux sous-indicateurs :

- La consommation d'eau par personne et sectorisée par usage (domestique, agricole, industries, autres) – eau potable et non potable
- La **masse d'eau disponible** et surtout son **évolution jusqu'en 2050** au regard du changement climatique et des changements de régime hydrique associés.

Justification du choix de l'indicateur

L'indicateur #6 vise à planifier, **au long terme**, la consommation d'eau au regard des dynamiques démographiques et climatiques. Il permet de planifier la réduction progressive et organisée des consommations d'eau en fonction de la capacité de renouvellement des stocks. Cet indicateur entend favoriser la résilience du territoire face au changement climatique pour assurer la bonne santé des habitant-e-s du Grand Genève (alimentation, eau potable) et des écosystèmes.

Il est par ailleurs directement corrélé à la limite planétaire « Blue water footprint », indicateur relatif à la ressource en eau utilisé par O'Neill *et al.* (2018)⁸⁰.

Si la région du Grand Genève pourrait paraître épargnée des futures périodes de stress hydrique favorisées par le changement climatique, la littérature scientifique récente alerte. D'après les expert-e-s du projet Hydro-CH2018, « l'offre totale [en Suisse] ne changera que légèrement à l'avenir par rapport à aujourd'hui, tandis que la saisonnalité du ruissellement changera assez fortement, en particulier dans les régions où la neige et les glaciers ont une influence »⁸¹. A titre d'exemple dans le Grand Genève, les chercheur-euse-s estiment que le débit moyen annuel du Rhône au niveau de station de mesure « Genève Halle », diminuera de seulement 5% d'ici 2060 si aucune mesure de protection du climat n'est mise en œuvre (scénario RCP8,5). En revanche, les débits saisonniers seront largement influencés : les scénarios Hydro-CH2018 prévoient des hivers plus humides et des étés plus secs en Suisse⁸². Toujours d'après le BAFU (Hydro-CH2018), **en 2060**, le débit du Rhône à Genève sera probablement 13 à 19% plus élevé au moins de janvier que pendant la période 1981-2010 ; tandis que son débit au mois d'**août** sera probablement **28 à 36% inférieur** à celui de la période 1981-2010. Il atteindra son minimum en août et septembre, avec un débit inférieur à 200 m³/s si aucune mesure de protection du climat n'est mise en œuvre (scénario RCP8,5).

⁸⁰ O'Neill et al., « A Good Life for All within Planetary Boundaries - Supplementary Information ».

⁸¹ National Centre for Climate Services, 2021 : *Eaux suisses et changements climatiques*.

⁸² National Centre for Climate Services.

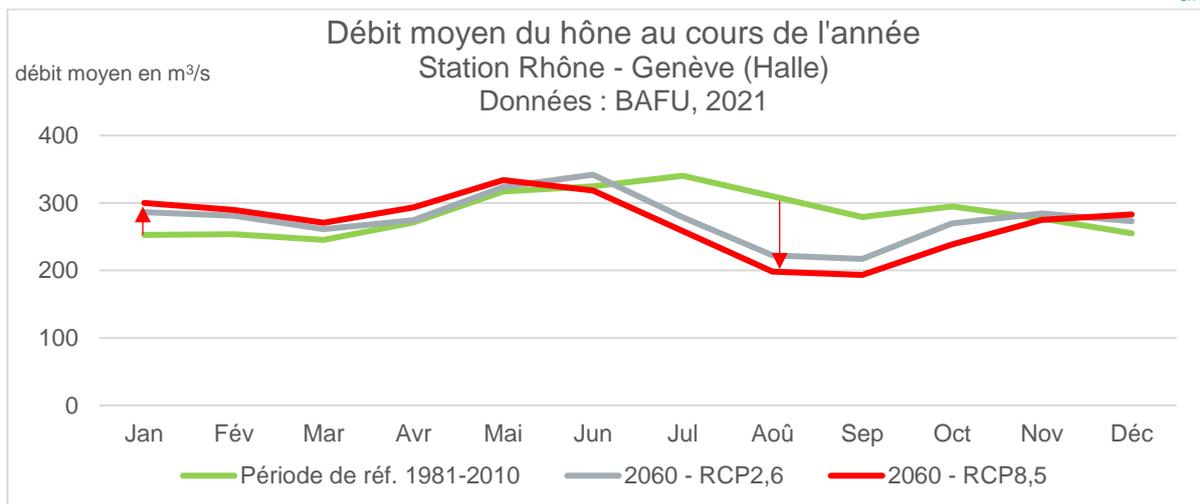
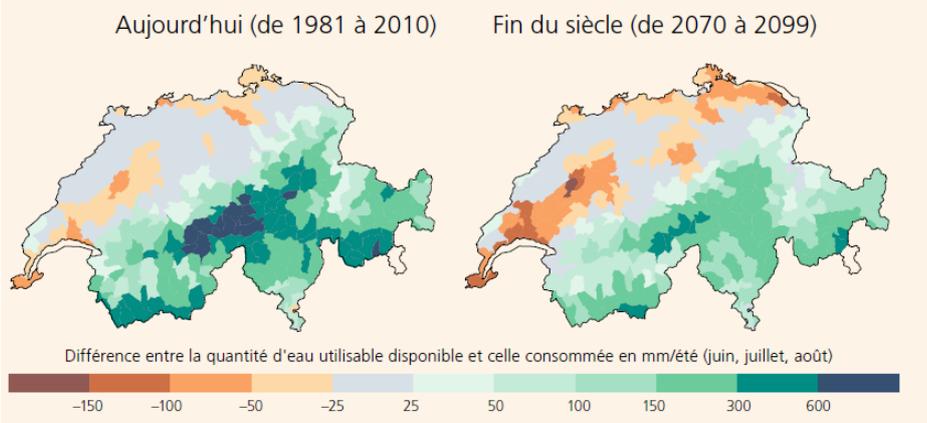


Figure 15 : Evolution mensuelle du débit moyen du Rhône à Genève en 2060, selon les scénarios climatiques et en comparaison avec la période de référence de Hydro CH2018. Source des données : BAFU, 2021⁸³

De plus, d'ici 2100 et malgré des mesures fortes de protection du climat (RCP2,6), le débit d'étiage⁸⁴ moyen en Suisse diminuera jusqu'à 30% dans les zones situées à moins de 1500m d'altitude⁸⁵. Cet affaiblissement du débit des rivières en été entrainera une baisse du niveau des lacs et notamment du Léman. Les périodes de sécheresse seront plus fréquentes et plus longues. L'absence de précipitations et l'augmentation de l'évaporation influenceront négativement la formation des eaux souterraines sur le Plateau, en été et en automne⁸⁶.

Figure 16 : Carte de la disponibilité en eau pour la consommation, comparaison entre la période de référence et 2100. Source : NCCS, 2021⁸⁷

Bilan du volume d'eau total disponible et de la consommation
Les cartes illustrent l'écart entre le volume d'eau total disponible et la consommation en été pour une année pauvre en précipitations, d'abord aujourd'hui puis à la fin du siècle, si aucune mesure de protection du climat n'est mise en œuvre. Les bassins versants colorés en orange et brun connaissent des pénuries d'eau : en été, le besoin en eau excède le volume disponible dans les ruisseaux, les fleuves, les rivières et les lacs. Aujourd'hui déjà, quelques régions affichent un déficit d'eau durant les années sèches. Ces manques ne feront que s'accroître à l'avenir.



Par ailleurs, le canton de Genève, et par extension le Grand Genève, est déjà une zone en déficit d'eau pendant les années sèches : la consommation d'eau en été dépasse « le volume disponible dans les ruisseaux, les fleuves, les rivières et les lacs »⁸⁸. Cette situation devrait s'empirer d'ici la fin du siècle : une planification des usages prioritaires de l'eau et une réduction des consommations dans leur ensemble doivent être

⁸³ BAFU, « Hydro-CH2018 Hydrologische Szenarien für die Schweiz ».

⁸⁴ Le débit d'étiage est le débit minimum d'un cours d'eau, au cours d'une période statistiquement représentative. En Suisse, le débit Q_{347} est défini dans l'art. 4 de la Loi sur l'eau comme « le débit d'un cours d'eau atteint ou dépassé pendant 347 jours par année, dont la moyenne est calculée sur une période de dix ans et qui n'est pas influencé sensiblement par des retenues, des prélèvements ou des apports d'eau ». La loi fédérale définit un débit résiduel minimal des cours d'eau, basé sur le Q_{347} . Le MAM7 est une autre variable hydrologique qui correspond à la plus faible valeur de la moyenne mobile des débits atteints pendant 7 jours consécutifs au cours de l'année.

⁸⁵ NCCS et OFEV, « Scénarios hydrologiques Hydro-CH2018. Eaux suisses et changements climatiques ».

⁸⁶ BAFU, « Hydro-CH2018 Hydrologische Szenarien für die Schweiz ».

⁸⁷ National Centre for Climate Services, 2021 : *Eaux suisses et changements climatiques*.

⁸⁸ National Centre for Climate Services.

menées dans le territoire. « Les quantités d'eau utilisables diminueront en été en raison des changements climatiques. Si, en parallèle, l'eau des cours d'eau et des eaux souterraines est davantage exploitée pour l'irrigation en agriculture ou pour le refroidissement dans le secteur industriel, certaines régions pourraient faire face à des pénuries d'eau temporaires. Aujourd'hui déjà, ces deux types d'utilisation doivent être restreints au cours des périodes de sécheresse estivales. »⁸⁹ En effet, certains territoires du Grand Genève sont d'ores-et-déjà en limite de la capacité de pompage de l'eau : une station de réalimentation artificielle de la nappe du genevois a dû être construite à Vessy suite à une surexploitation de la nappe. De plus, le Pays de Gex est un territoire particulièrement exposé au manque d'eau, actuellement et dans le futur : les modifications du régime hydrique d'ici 2050 auront un impact majeur sur les coteaux du Jura et les exploitations agricoles qui y sont installées. Parallèlement à une baisse de l'offre en eau, le Grand Genève vivra une augmentation de la consommation liée à la croissance démographique et à l'augmentation des besoins en irrigation : Hydro-CH2018⁹⁰ prévoit que les **besoins en irrigation des cultures doubleront d'ici 2100**, en moyenne en Suisse et en considérant que la surface agricole utile actuelle reste la même⁹¹.

Face au constat dressé par le BAFU et le National Center for Climate Services, l'indicateur #6 est un indicateur clé du baromètre de transition écologique du Grand Genève. Comme évoqué précédemment, il nécessite le suivi des consommations d'eau et la connaissance de la masse d'eau disponible, elle-même dépendante des futurs régimes hydriques en Europe.

Les consommations d'eau (potable et non potable) sont des données disponibles dans le Grand Genève. Des objectifs de réduction des consommations ont déjà été formulés, notamment par le canton de Genève. En revanche, la masse d'eau disponible est une donnée largement inconnue ou incomplète dans le Grand Genève. Des projets fédéraux de recherche sont en cours pour quantifier les évolutions du régime hydrique en Suisse, jusqu'à la fin du 21^{ème} siècle. Le projet de recherche Hydro-CH2018 procure déjà quelques données :

- Les scénarios hydrologiques pour quelques stations du Grand Genève, dont celle de « Rhône Genève » (Halle)
- Les débits d'étiages futurs (Q347 et MAM7)
- Les scénarios hydrologiques jusqu'en 2100 pour toute la Suisse, avec les débits moyens mensuels et annuels définis avec une résolution de 500x500m pour trois scénarios climatiques (RCP2,6, RCP4,5 et RCP8,5)

Recherche



Les données mises à disposition par le programme Hydro-CH2018 restent **incomplètes pour évaluer la capacité de renouvellement** globale des stocks dans le Grand Genève. Pour planifier la réduction et une meilleure répartition de la consommation d'eau, **une modélisation précise** basée sur les scénarios hydrologiques de Hydro-CH2018 devrait être réalisée au niveau du Grand Genève (bassins versants sur le territoire, y compris hors territoire du Grand Genève). Coordonnée avec la suite du projet Hydro-CH2018 (financé par le BAFU), cette modélisation pourrait produire les données suivantes, afin de guider la juste distribution des ressources en eau :

- Masse d'eau disponible suivant trois scénarios de changement climatique (RCP2,5, RCP4,5 et RCP8,5)
- Part de la masse d'eau utilisable (limites techniques, physiques)

⁸⁹ National Centre for Climate Services.

⁹⁰ Simulation de l'approvisionnement en eau au cours du 21^{ème} siècle, en Suisse, en utilisant les données météorologiques actuelles et les scénarios climatiques CH2018. La demande en eau a été estimée pour les domaines suivants : eau potable, industrie et services, production de neige artificielle, agriculture, écologie et hydroélectricité.

⁹¹ OFEV, « Effets des changements climatiques sur les eaux suisses. Hydrologie, écologie et gestion des eaux », 28.

- Débit minimum des cours d'eau et niveau minimum des lacs pour protéger les écosystèmes aquatiques et humides (réévaluation du débit d'étiage selon scénarios de changement climatique)
- Masse d'eau nécessaire pour assurer les besoins humains fondamentaux des habitant·e·s vivant en aval du Grand Genève, au regard du changement climatique ; et débits d'étiage associés.
- Besoins en irrigation pour le Grand Genève, suivant trois scénarios climatiques. Le projet « SwissIrrigationInfo » financé par le BAFU produira, pour 2023-2024, des données

Evaluation quantitative

Valeur-cible pour 2050

La valeur-cible pour 2050 de l'indicateur #6 est inconnue à ce jour, car elle dépend de données à produire par la recherche scientifique. Néanmoins, la présente section décrit la théorie qui devrait guider la formulation d'un objectif cible pour 2050.

Conformément aux objectifs n° 3 (Biodiversité), n°7 (Santé locale) et n°10 (Bien-être global), la valeur-cible de l'indicateur #6 qui fixera un seuil de consommation maximal d'eau devrait prendre en compte les besoins en eau des habitant·e·s du Grand Genève, des bassins avals du Grand Genève et des écosystèmes naturels.

Ainsi, en 2050 et toutes les années antérieures, **le bilan hydrique (stock – consommation) du Grand Genève et des territoires en aval du Grand Genève** doit être supérieur ou égal au minimum vital pour préserver les habitats aquatiques et humides.

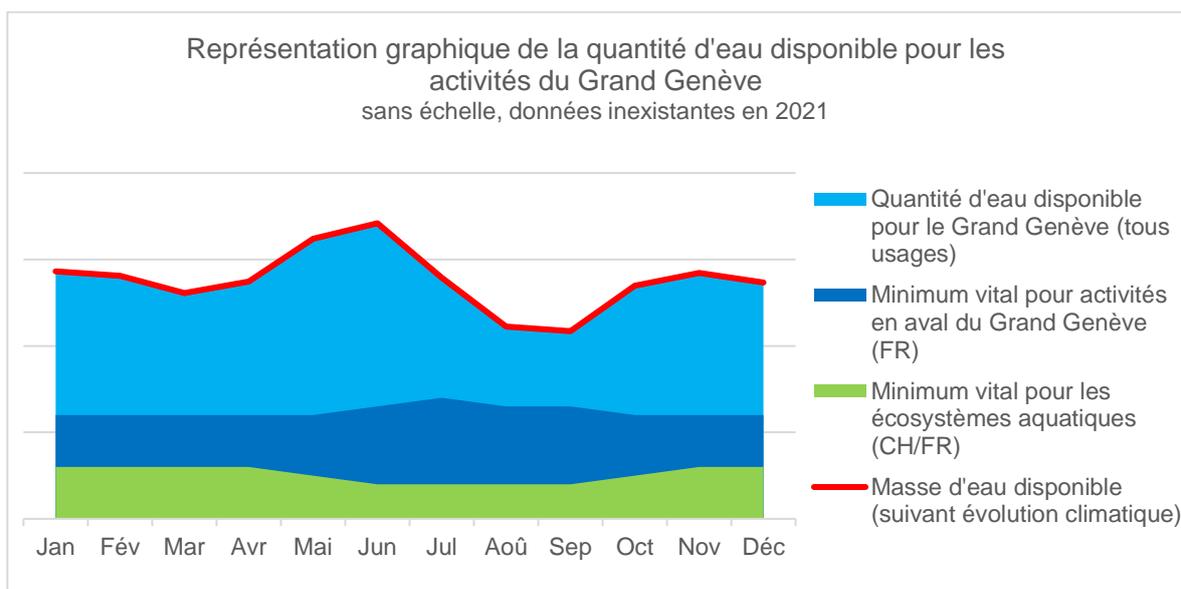


Figure 17 : Représentation graphique de l'indicateur #6 relatif à la disponibilité en eau.

Ainsi, **la consommation en eau (potable et non potable) du Grand Genève doit, à tout moment de l'année**, être inférieure à la masse d'eau disponible de laquelle sont déduits :

- La masse d'eau nécessaire aux activités humaines vitales⁹² en aval du Grand Genève ;
- et la masse d'eau nécessaire à la survie des écosystèmes (habitats humides) du Grand Genève et des territoires en aval

⁹² Les activités humaines en aval du territoire sont les activités dites *vitales*, à savoir celles qui satisfont les besoins humains fondamentaux conformément à la méthode du *donut*. En raison du changement climatique, le débit du Rhône, notamment, jouera un rôle important pour la satisfaction des besoins humains fondamentaux des habitant·e·s du pourtour méditerranéen français.

Consommation d'eau dans le Grand Genève <
(Volume d'eau disponible – Volume minimum pour habitats aquatiques
– Volume minimum pour les besoins humains fondamentaux en aval)

Aucune estimation d'un tel seuil de consommation d'eau n'est menée pour l'instant, sur le territoire du Grand Genève. Le plan directeur technique de SIG prévu en 2022 évaluera les besoins de production d'eau potable dans le futur. En revanche, la capacité de renouvellement des stocks en 2050, qui détermine la masse d'eau disponible, n'a pas encore été étudiée.

Etat actuel du Grand Genève

L'état actuel de la disponibilité en eau dans le Grand Genève n'a pas été évalué dans le cadre de ce mandat. Cette opération nécessite :

- la récolte et l'agglomération des données de consommation d'eau par secteur (potable et non potable) ;
- l'évaluation du volume d'eau disponible, par saison ;
- l'estimation du volume d'eau nécessaire à la satisfaction des besoins humains fondamentaux des habitant-e-s en aval du Grand Genève ;
- la mise à jour du débit minimal des cours d'eau (débit d'étiage) pour préserver les écosystèmes aquatiques et humides, dans le contexte de changement climatique.

L'acquisition de ces données pourrait permettre de guider efficacement les politiques publiques agricoles notamment, afin de planifier la résilience du territoire et de prolonger l'espérance de vie en bonne santé des habitant-e-s du Grand Genève (indicateur #9).

Hauteur de la marche

Etat actuel du Grand Genève	Valeur-cible pour 2050
à définir selon données produites par la recherche	à définir au regard des critères éthiques susmentionnés

4.1.8. Indicateur #7 : Part de sol fonctionnel

L'indicateur #7 vise à suivre l'évolution de l'objectif n°5 : *Préserver et améliorer la qualité des sols*.

Description de l'indicateur #7



La part de sol dit *fonctionnel* est le rapport entre la surface de sol totale du Grand Genève et le sol considéré *fonctionnel* au regard des critères suivants :

- Sol non imperméabilisé
- Sol agricole en « bonne santé » présentant un rapport matière organique/argile supérieur ou égal à 17%
- Sol non contaminé au long terme par des industries
- Sol non déstructuré par l'exploitation minière (gravières par exemple)

L'indicateur est exprimé en % de la surface totale. Son évaluation nécessite le suivi des quatre sous-indicateurs susmentionnés.

$$\text{Surface de sol fonctionnel} = \frac{\text{Surface totale du Grand Genève}}{\text{Surface imperméabilisée} + \text{Surface de sol agricole en "mauvaise santé"} + \text{Surface de sol contaminé non assaini et d'activité d'extraction minière}}$$

$$\text{Surface de sol fonctionnel} = \frac{\text{Surface totale du Grand Genève}}{\text{Surface imperméabilisée} + \text{Surface de sol agricole en "mauvaise santé"} + \text{Surface de sol contaminé non assaini et d'activité d'extraction minière}}$$

Justification du choix de l'indicateur

L'indicateur #7 est un indicateur transversal qui estime la part de sol restante une fois la majorité des principales causes de dégradation du sol prises en compte. Aucun indicateur ne permettant d'évaluer le « bon état écologique » des sols, nous proposons une approche par élimination qui consiste à exclure les sols qui sont très probablement en « mauvaise santé » du point de vue **anthropocentré et écocentré**, soit *non fonctionnels*. Cette approche top-down n'est pas exhaustive, mais a vocation à alerter les décideur·se·s sur l'évolution globale des dynamiques d'usage du sol.

Quatre usages du sol sont considérés :

- Les usages urbains, pour la construction de logements, bureaux et infrastructures. Cette activité mène le plus souvent à l'imperméabilisation du sol. Cette surface est déduite du sol *fonctionnel* car un sol imperméabilisé ne peut pas assurer ses fonctions naturelles : support de biodiversité, stockage carbone, infiltration de l'eau et autres services écosystémiques. Par ailleurs, la littérature scientifique récente montre que les jardins urbains sont potentiellement lourdement pollués et donc incompatibles avec des fonctions productrices pour l'alimentation. Ces surfaces perméables mais polluées auraient pu être déduites de la surface de sol *fonctionnel* du Grand Genève. Néanmoins, les données relatives aux sols urbains pollués sont à ce jour indisponibles et leur production nécessite des moyens de recherche importants.
- Les usages industriels, passés ou actuels : les anciens sites industriels dont le sol est pollué à long terme sont ici considérés comme *non fonctionnels*. La surface des sites contaminés non traités est donc déduite du sol « fonctionnel » du Grand Genève. De plus, les actuels sites d'exploitation minière, comme la gravière du Salève, sont également déduits de la surface de sol « fonctionnel ». On considère ici que le sol compacté et très largement déstructuré des sites d'extraction minière n'assure pas les services écosystémiques relatifs à la bonne santé des humains et non-humains.
- Les usages agricoles. En fonction des techniques culturales qui y sont pratiquées, un sol agricole peut participer activement aux objectifs de transition écologique, ou contribuer au dépassement des limites planétaires. En fonction de sa *qualité*, elle-même dépendante de sa *structure* et de sa teneur en *humus* (matière organique), le sol assure plus ou moins de fonctions hydrologiques, productives et écologiques. Johannes *et al.* (2017) ont montré que les caractéristiques physiques de la structure du sol sont fortement corrélées avec le contenu

en carbone du sol (carbone organique du sol – COS ; ou matière organique du sol - MO)⁹³. Cette étude montre qu'il existe ainsi un optimum entre masse d'argile et masse de matière organique dans le sol afin d'obtenir une structure optimale. Conformément à ces résultats, un sol agricole est ici considéré comme *fonctionnel* si son rapport matière organique/argile est supérieur ou égal à 17%. Si cet indicateur est incomplet au regard de la complexité des sols, les expert-e-s considèrent qu'il est un des indicateurs les plus simples et disponibles dans le Grand Genève pour exprimer la qualité des sols agricoles⁹⁴. De plus, la notion de déficit ou d'excès en matière organique n'est pas exprimée sous forme absolue mais est bien relative à la structure du sol (dépendant de la teneur en argile). Ainsi, la quantité de matière organique introduite pour atteindre le rapport de 17% varie d'un type de sol à l'autre et est, *a priori*, compatible avec la sauvegarde des sols acides et pauvres supports de milieux naturels rares et protégés.

Par ailleurs, il est pertinent de souligner que la notion même de qualité du sol, ou de santé du sol, est toute relative : il n'existe plus, dans le Grand Genève, de sol naturel qui pourrait être la référence d'un sol en « bonne santé » ou pleinement *fonctionnel*. La structure actuelle des sols a été influencée par des siècles d'agriculture variée qui ont localement modifié les habitats et la composition des sols. Dans ce contexte, le qualificatif « bonne santé » est nécessairement empreint d'une forme d'anthropocentrisme relatif à la fonction productive du sol et ne reflète en rien un objectif de « naturalité » des sols. La qualité des sols est d'ailleurs définie comme l'aptitude du sol à assurer ses *fonctions*, bien souvent relatives aux services fournis aux humains. Le rapport matière organique/argile permet néanmoins de s'affranchir, partiellement, d'une vision uniquement productive du sol en reconnaissant que certains sols ne présentent pas une structure favorable à une forte productivité (les prairies sèches, par exemple). En qualifiant le sol d'une prairie sèche (pauvre en nutriment et donc peu productive pour le secteur agroalimentaire) de sol en « bonne santé », cet indicateur permet d'opérer un pas de côté par rapport à un anthropocentrisme fort et de valoriser des sols à haute valeur pour la biodiversité par exemple. Cet indicateur admet finalement une certaine **diversité des sols**, indispensable à la réalisation de l'objectif n°3 relatif à la préservation de la biodiversité.

Evaluation quantitative

Valeur-cible pour 2050

En 2050, la part de sol *fonctionnel* doit augmenter afin d'améliorer la résilience du territoire face au changement climatique et à l'évolution démographique. A défaut de pouvoir étendre spatialement les surfaces agricoles, urbaines et les réservoirs de biodiversité, les sols du Grand Genève doivent gagner en *qualité*.

Des sous-objectifs sont définis pour chaque composante du sol *fonctionnel* :

- La surface de sol perméable doit être **maintenue entre 2025 et 2050** : aucune surface ne peut être imperméabilisée sans désimperméabiliser une surface équivalente.
- Tous les sites industriels contaminés au long terme doivent être assainis, réduisant la surface correspondante à zéro
- La surface des sites d'extraction minière doit être réduite ou **maintenue entre 2025 et 2050** : aucune extension des sites d'extraction minière ne peut être réalisée sans une renaturation d'anciens sites d'extraction d'une surface équivalente

⁹³ Johannes et al., « Optimal Organic Carbon Values for Soil Structure Quality of Arable Soils ».

⁹⁴ Un point d'attention doit être mentionné sur l'indicateur relatif au rapport matière organique /argile. Cet indicateur doit être mis en cohérence avec l'indicateur relatif à l'empreinte azote du territoire (indicateur #1). Les quantités d'azote introduit dans les activités agricoles sont environ 10 fois trop élevées au regard du seuil planétaire. L'introduction de matière organique supplémentaire dans les sols doit être encadrée (en fonction des besoins des plantes, de la météo, de la saison) pour éviter toute perte d'azote et de phosphore dans les milieux naturels.

- La surface de sol agricole en *bonne santé* doit augmenter drastiquement, jusqu'à au moins 75% de la surface agricole déclarée.

Etat actuel du Grand Genève

La part actuelle de sol *fonctionnel* n'est pas quantifiée en raison du manque de données immédiatement disponibles concernant la surface de sites industriels contaminés non assainis et la surface des sites d'extraction minière en activité.

La part actuelle de sol agricole non *fonctionnel* (au regard du rapport MO/argile) est probablement supérieure à 75% dans le Grand Genève⁹⁵.

La part de sol imperméabilisé dans le Grand Genève est estimée à 9% du territoire (18 000 ha environ)⁹⁶.

Les données nécessaires à l'estimation des surfaces *non fonctionnelles*, notamment agricoles et industrielles, sont *a priori* existantes dans le territoire du Grand Genève, mais leur mobilisation et suivi en tant qu'indicateur de transition écologique nécessite un travail de récolte et de traitement afin d'exprimer la part de sol fonctionnel, telle que décrite par l'indicateur #6.

Hauteur de la marche

Etat actuel du Grand Genève	Valeur-cible pour 2050
A définir suite à la récolte des données nécessaires (existantes)	à améliorer

⁹⁵ D'après le rapport de synthèse des études et recommandations pour le Plan climat vaudois, le déficit en matière organique « est moins important [dans le canton de Vaud] que dans les cantons de Genève et du Jura ». Pourtant, le rapport MO/argile est inférieur à 17% dans 75% de la Surface Agricole Utile du canton de Vaud (Canton de Vaud, « Qualité des sols et séquestration de carbone organique Synthèse des études et recommandations pour le Plan climat vaudois ».).

⁹⁶ Données OST

4.1.9. Indicateur #8 : Part de la population surexposée aux 3 polluants atmosphériques « classiques » selon les seuils de l'OMS

L'indicateur #8 vise à renseigner l'objectif n°6 : *Améliorer et garantir la qualité de l'air du Grand Genève*. Il traite de la surexposition des habitant·e·s du Grand Genève aux dioxydes d'azote, aux particules fines et à l'ozone.

Description de l'indicateur #8



L'indicateur de qualité de l'air est un indicateur macro, relatif à la surexposition des habitant·e·s du Grand Genève aux 3 polluants dits « classiques » (ozone, particules fines, dioxyde d'azote). Cet indicateur est basé sur une modélisation fine permettant le calcul du nombre de personnes surexposées en moyenne annuelle à ces 3 polluants selon les nouveaux seuils de l'OMS (2021)⁹⁷. Il correspond au nombre de personnes surexposée maximal parmi les 3 polluants « classiques », comme résumé dans l'équation suivante :

$$\text{Nbre personnes exp}_{\text{poll.air}} = \max(\text{Nbre personne exp}_{\text{PM}_{2.5}}, \text{Nbre personne exp}_{\text{dioxyde d'azote}}, \text{Nbre personnes exp}_{\text{ozone}})$$

Justification du choix de l'indicateur

Dans un communiqué de presse de septembre 2021, l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) indique que *“l'on estime que l'exposition à la pollution atmosphérique entraîne sept millions de décès prématurés et la perte de millions d'années de vie en bonne santé chaque année. Chez l'enfant, la pollution atmosphérique pourrait même entraver le développement des poumons, limiter la fonction pulmonaire, provoquer des infections respiratoires et aggraver l'asthme. Chez l'adulte, les cardiopathies ischémiques et les accidents vasculaires cérébraux sont les causes les plus courantes de décès prématuré attribuables à la pollution de l'air extérieur, et de nouvelles données montrent également que celle-ci peut aussi être à l'origine du diabète et de maladies neurodégénératives. En termes de charge de morbidité, la pollution atmosphérique est donc comparable à d'autres facteurs de risque importants pour la santé dans le monde, tels que la mauvaise alimentation et le tabagisme.”*⁹⁸ Pour ces raisons, la pollution atmosphérique est considérée comme un enjeu de santé majeur pour l'OMS.

L'indicateur #8 se focalise sur trois polluants considérés comme problématiques dans le Grand Genève (selon l'observatoire ATMO Auvergne-Rhône-Alpes) : les particules fines, l'ozone et le dioxyde d'azote.

Selon l'OMS, les risques pour la santé associés aux particules d'un diamètre égal ou inférieur à 2,5 microns (μm) ($\text{PM}_{2.5}$) revêtent une importance particulière pour la santé publique. En effet, l'OMS indique dans ses nouvelles directives que *“les $\text{PM}_{2.5}$ peuvent pénétrer profondément dans les poumons [et] même entrer dans la circulation sanguine”*, entraînant des effets sur les systèmes cardiovasculaires et respiratoires notamment, affectant également d'autres organes.

Les émissions de particules fines comme les $\text{PM}_{2.5}$ sont principalement dues au trafic routier, majoritairement à l'usure des freins, de l'embrayage ou encore des pneus, plus que des gaz d'échappement⁹⁹. Ainsi, l'électrification du parc automobile ne diminuera que peu la pollution de l'air

⁹⁷ Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 2021.

⁹⁸ « Les nouvelles lignes directrices mondiales de l'OMS sur la qualité de l'air visent à éviter des millions de décès dus à la pollution atmosphérique ».

⁹⁹ Statement on the evidence for health effects associated with exposure to non-exhaust particulate matter from road transport - Committee on the Medical Effects of Air Pollutants, septembre 2020

liée aux fines particules. Concernant les émissions du domaine résidentiel, les émissions de PM_{2.5} sont principalement dues au chauffage au bois¹⁰⁰.

L'OMS recommande le seuil suivant : 5 µg/m³ de moyenne annuelle pour les PM_{2.5}.

L'ozone et le dioxyde d'azote représentent également des risques majeurs pour la santé humaine. En effet, l'OMS indique que l'ozone est l'un des principaux facteurs de risque de morbidité et de mortalité liées à l'asthme, et que le dioxyde d'azote a une incidence sur l'asthme, les affections bronchiques, les inflammations pulmonaires et l'altération des fonctions pulmonaires. L'OMS recommande les seuils suivants : 100 µg/m³ moyenne sur 8 heures pour l'ozone et 10 µg/m³ de moyenne annuelle pour le dioxyde d'azote.

Evaluation quantitative

Valeur-cible pour 2050

En 2016, l'OMS estimait à 4,2 millions le nombre de décès prématurés provoqués par la pollution de l'air ambiant (extérieur) dans les villes et les zones rurales dans le monde.

Ainsi, l'objectif pour 2050 est fixé à 0% d'habitant·e·s surexposé·e·s aux trois polluants regroupés sous l'indicateur #8 d'ici 2050. En d'autres termes, il convient de respecter en 2050 les recommandations de l'OMS¹⁰¹.

Etat actuel du Grand Genève

Les nombres de personnes surexposées aux 3 polluants regroupés sous l'indicateur #8 est évalué dans le cadre du projet PACT'Air du Grand Genève. Le prochain bilan PACT'Air sera publié d'ici mai 2022. Les premières analyses du bilan, sujettes à modification et ajustements techniques, montrent qu'environ 300 000 personnes seraient surexposées au dioxyde d'azote côté français et 580'000 côté suisse, soit 880'000 personnes sur le territoire du Grand Genève (selon les seuils 2021 de l'OMS).

Concernant les PM_{2.5}, environ 400'000 personnes seraient surexposées aux PM_{2.5} côté français et 600'000 côté suisse, soit 1'000'000 personnes sur le territoire du Grand Genève (selon les seuils 2021 de l'OMS). Enfin, la quasi-totalité des habitant·e·s du Grand Genève seraient surexposée à l'ozone, au regard des seuil 2021 de l'OMS.

L'état actuel de l'indicateur #8 dans le Grand Genève approche donc un million de personnes, en 2020.

Hauteur de la marche

Etat actuel du Grand Genève	Valeur-cible pour 2050
1'000'000 d'habitant·e·s surexposé·e·s à un moins un des trois polluants	0% des habitant·e·s surexposé·e·s

¹⁰⁰ Le MTE publie un plan d'actions pour réduire de 50% par an d'ici 2030 les émissions de PM_{2.5} du chauffage au bois – Citepa, août 2021.

¹⁰¹ Il conviendra de s'assurer que les seuils 2021 de l'OMS sont néanmoins compatibles avec des dynamiques d'origine naturel : pic de production de pollen, épisode de Sirocco, etc.

4.1.10. Indicateur #9 : Espérance de vie en bonne santé (à la naissance)

L'indicateur #9 vise à renseigner l'objectif n°7 : *Favoriser la bonne santé de tou-te-s les habitant-e-s du territoire du Grand Genève.*

Description de l'indicateur #9



L'espérance de vie en bonne santé (à la naissance) est le nombre moyen d'années en *bonne santé* que l'on peut espérer vivre au sein de l'espérance de vie (à la naissance) ; dans les conditions médicales, sociales et sanitaires du moment.

« Un individu est dit "en bonne santé" lorsqu'il ne souffre ni de limitation fonctionnelle ni d'incapacité. L'indicateur est calculé selon une méthode communément employée, appelée méthode de Sullivan¹⁰². Celle-ci s'appuie sur les données de la mortalité et sur les mesures de prévalence de l'invalidité dans certains groupes d'âge de la population. La méthode présente plusieurs avantages : elle est simple, elle n'est influencée ni par la taille de la population ni par la pyramide des âges et elle s'appuie sur des données de base disponibles. »¹⁰³.

Justification du choix de l'indicateur

La santé étant une notion complexe, recouvrant des composantes objectives (biomédicales) mais également subjectives et expérientielles¹⁰⁴, deux indicateurs de transition écologiques y sont dédiés : l'indicateur #9 est objectif (défini et mesurée par des paramètres biomédicaux), tandis que l'indicateur #10 exprime un état de santé perçu, subjectif.

Dans l'évolution historique des définitions de la santé, on constate une tendance à mettre d'avantage l'accent sur l'expérience de l'individu plutôt que sur son état biomédical. En 1946, l'OMS définissait la santé comme « un état de complet bien-être physique, mental et social, [...] ne [consistant] pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité ». En 1984, la santé est définie par l'OMS comme « la mesure dans laquelle une personne ou un groupe peut réaliser ses aspirations et satisfaire ses besoins et s'adapter aux changements et au milieu. La santé est donc perçue comme une ressource de la vie quotidienne, et non comme le but de la vie ; il s'agit d'un concept positif mettant en valeur les ressources sociales et individuelles, ainsi que les capacités physiques »¹⁰⁵.

Les deux indicateurs choisis donnent une indication sur la santé qui prend en compte des aspects objectifs et subjectifs. A noter néanmoins que l'indicateur d'espérance de vie en bonne santé a été préféré à celui purement objectif (et plus facilement mesurable) de l'espérance de vie, qui ne donne qu'une indication de la longévité, mais sans donner aucune information sur la *qualité de vie*.

Evaluation quantitative

Valeur-cible pour 2050

L'objectif pour 2050 est *a minima* de **maintenir les valeurs actuelles** de l'espérance de vie en bonne santé, en ayant néanmoins pour objectif de réduire les inégalités socio-environnementales qui contribuent à de fortes inégalités en santé.

Etat actuel du Grand Genève

¹⁰² EuroStat, « Sullivan method ».

¹⁰³ « Healthy Life Years (HLY) ».

¹⁰⁴ Gaille, *Santé et environnement*.

¹⁰⁵ World Health Organization. Regional Office for Europe, « Health Promotion ».

En 2020, le nombre d'années de vie en bonne santé à la naissance en France s'élevait à 65,9 ans pour les femmes et 64,4 ans pour les hommes¹⁰⁶, soit 65,2 ans en moyenne.

En 2017, ce même indicateur s'élevait, en Suisse, à 70,8 pour les femmes et 69,8 ans pour les hommes, soit 70,3 en moyenne¹⁰⁷.

L'espérance de vie en bonne santé à la naissance moyenne¹⁰⁸ dans le territoire est donc actuellement de **68,1 ans**.

A noter que cette valeur moyenne cache des **disparités territoriales et sociales importantes** dans l'accès à la santé.

Hauteur de la marche

Etat actuel du Grand Genève	Valeur-cible pour 2050
68 ans en moyenne	Maintenir la valeur moyenne et réduire les inégalités

¹⁰⁶ Deroyon, « En 2020, l'espérance de vie sans incapacité à 65 ans est de 12,1 ans pour les femmes et de 10,6 ans pour les hommes ».

¹⁰⁷ OFS, « Santé ».

¹⁰⁸ Valeurs moyennes nationales pondérées en fonction du nombre d'habitant-e-s du Grand Genève côté français et côté suisse.

4.1.11. Indicateur #10 : Part de la population qui se déclare en (très) bon état de santé

L'indicateur #10 vise à renseigner l'objectif n°7 : *Favoriser la bonne santé de tou-te-s les habitant-e-s du territoire du Grand Genève.*

Description de l'indicateur #10



L'état de santé autoévalué renseigne l'état de santé ressenti par les individus. Indicateur subjectif, il est néanmoins prouvé qu'il est fortement corrélé avec des paramètres biophysique de la santé. L'indicateur #10 est d'ores-et-déjà évalué par sondage au niveau national. Il est exprimé en part de la population qui s'estime en « bonne » ou « très bonne » santé.

Justification du choix de l'indicateur

Comme évoqué précédemment, la santé recouvre des dimensions biophysiques objectives et des dimensions subjectives. Ces dimensions subjectives sont psychiques et sociales, et s'expriment entre autres à travers un sentiment de bien-être.

Dans le cadre de la transition écologique et des co-bénéfices qu'elle pourrait générer, l'indicateur #10 vise à renseigner l'état subjectif de la santé des habitant-e-s du Grand Genève, en complément de l'indicateur #9.

Selon l'OFS, l'état de santé autoévalué, indicateur #10, « englobe diverses dimensions de la santé (physique, psychique et sociale), et représente un bon facteur de prédiction pour différentes variables liées à la santé et à l'utilisation du système de santé, telles que la morbidité et le recours aux soins. De nombreuses études longitudinales ont établi qu'il a un bon pouvoir prédictif en termes de maladie grave et même de mortalité : il apparaît de fait primordial tant dans l'évaluation de la santé présente que dans le développement de la santé. Il constitue ainsi un bon indicateur synthétique de l'état de santé de la population. Son appréhension des diverses dimensions physiques, psychologiques et sociales de la santé, ainsi que son caractère subjectif permettent à cet indicateur d'exprimer une part importante de la qualité de vie globale »¹⁰⁹.

Evaluation quantitative

Valeur-cible pour 2050

L'objectif pour 2050 est *a minima* de **maintenir les valeurs actuelles** de l'état de santé auto-évalué, en ayant néanmoins pour objectif de réduire les inégalités socio-environnementales visibles dans la distribution spatiale des indicateurs #9 et #10.

Etat actuel du Grand Genève

D'après l'OFS, en 2017, 84% de la population Suisse (> 15 ans) se déclarait un état de santé "bon ou très bon"¹¹⁰. De plus, en 2014, 68 % de la population française (> 16ans) se déclarait en « bon » ou « très bon » état bonne santé¹¹¹. La valeur moyenne de l'indicateur #10 entre 2016 et 2017 était donc de **77,7%** dans le Grand Genève.

Hauteur de la marche

Etat actuel du Grand Genève	Valeur-cible pour 2050
78%	Maintenir la valeur moyenne et réduire les inégalités

¹⁰⁹ OFS, « Etat de santé autoévalué ».

¹¹⁰ OFS.

¹¹¹ Fourcade, von Lennep, et Grémy, « L'état de santé de la population en France - Rapport 2017 ».

4.1.12. Indicateur #11 : Part des habitant-e-s précaires dans un moins une catégorie : monétaire familiale, emploi, logement

L'indicateur #11 vise à renseigner l'objectif n°8 : *Assurer la capacité de tou-te-s les habitant-e-s du Grand Genève à poursuivre leur projet de vie.*

Description de l'indicateur #11



Sur la base des travaux de l'OST et l'OCSTAT¹¹², l'indicateur #11 exprime la précarité globale en regroupant trois types de précarité :

- La précarité monétaire familiale : l'indice de précarité monétaire familiale est défini comme *le taux de risque de pauvreté* le plus élevé parmi les différentes catégories de familles représentées au sein du Grand Genève.
- La précarité liée à l'emploi : l'indice associé à la précarité liée à l'emploi correspond au *nombre de personnes au chômage* dans le territoire du Grand Genève.
- La précarité liée au logement : l'indice associé à la précarité lié au logement correspond au *nombre de personnes n'ayant pas de logement fixe et/ou rencontrant des difficultés à payer leur loyer* sur le territoire du Grand Genève.

Afin de résumer l'information, un indice de précarité globale est défini sur la base de ces 3 pans pour donner un aperçu de l'état de la précarité au sein du Grand Genève. L'indice de précarité globale correspond au **score le plus élevé** parmi les 3 sous-catégories présentées ci-dessus, selon la formule :

$$\text{Indice}_{\text{précarité globale}} = \max(\text{Indice}_{\text{monétaire familiale}}, \text{Indice}_{\text{emploi}}, \text{Indice}_{\text{logement}})$$

L'indicateur #11 est finalement exprimé en part de la population du Grand Genève précaire dans au moins une catégorie de précarité (monétaire familiale, emploi ou logement).

Justification du choix de l'indicateur

Tel que développé dans la section 3.2.3 du présent rapport, l'objectif de transition écologique n°8 (**capacité**) garantit les "**besoins intermédiaires**" de Gough (logement, sécurité économique, capacité à faire vivre une famille, emploi sûr, etc.). Il incarne les prérequis nécessaires pour maintenir une bonne santé sur le long terme et avoir accès aux opportunités et expériences sociales sur lesquelles repose l'*autonomie*. Ces besoins intermédiaires supposent une sécurité matérielle essentielle à la poursuite d'un projet de vie.

Pour mesurer la **capacité** des habitant-e-s du Grand Genève à poursuivre un projet de vie, les mandataires ont choisi de suivre l'évolution de la précarité sur le territoire. La précarité est l'état de ce qui est précaire, c'est-à-dire, qui n'offre aucune garantie de durée, qui est incertain, sans base assurée, révoquant. Elle est décrite comme "un état observable et démontrable de désavantage relatif face à la communauté locale ou à l'ensemble de la société à laquelle appartient l'individu, la famille ou le groupe" par Peter Townsend dans son ouvrage « Deprivation » (1987). Ce désavantage relatif entrave la poursuite d'un projet de vie : la précarité renseigne ainsi l'état de l'objectif de transition écologique n°8, en tant que facteur limitant de la *capacité*.

Dans le domaine économique et social, la *précarité* est définie comme l'absence des conditions et des sécurités permettant à une personne, à une famille, à un groupe, d'assumer pleinement leurs responsabilités et de bénéficier de leurs droits fondamentaux. La précarité est caractérisée par une forte incertitude sur la possibilité de pouvoir retrouver dans un avenir proche, une situation considérée "acceptable". Elle est donc une notion subjective et le degré de perception de la précarité est, en outre, influencé par de nombreux facteurs culturels.

¹¹² Précarité dans l'Espace transfrontalier genevois, Fiche 1-2013, janvier 2013

Certains groupes sociaux sont susceptibles d'être plus fréquemment en situation de précarité : les personnes inexpérimentées ou sans formation, par exemple. Si la précarité tend à se prolonger et devient persistante, elle conduit le plus souvent à la grande pauvreté, surtout lorsqu'elle affecte plusieurs domaines de l'existence. En ce sens, la précarité est un frein majeur à la satisfaction des besoins humains fondamentaux.

L'indicateur #11 exprime un niveau global de précarité, en regroupant trois types de précarité (précarité monétaire familiale, précarité liée à l'emploi, précarité liée au logement). Cette méthode est inspirée du travail réalisé par l'OST et l'OCSTAT sur le Grand Genève, en 2013¹¹³.

- > La précarité familiale est quantifiée à travers la part des habitant·e·s du Grand Genève vivant au sein d'un ménage (enfants compris·e·s) dont les revenus sont inférieurs à 60% du salaire médian. La mobilisation d'un indicateur associé au revenu médian est particulièrement adaptée dans un territoire soumis à de fortes inégalités, comme le Grand Genève. Il est, de plus, l'un des indicateurs de précarité principaux utilisés par l'INSEE en 2021 en France. Un taux de pauvreté, basé sur une valeur absolue de revenu minimal, est parfois utilisé en France¹¹⁴ et en Suisse¹¹⁵. Cependant, la définition de précarité utilisée ici considère la sécurité financière et pas seulement l'absence de pauvreté. Le taux de risque de pauvreté permet ainsi de mieux exprimer cet aspect. Cependant, le taux de pauvreté est souvent considéré en tant que moyenne sur l'ensemble des ménages. Certaines catégories de familles, comme les familles monoparentales (notamment celles où le parent est une femme) sont cependant des populations particulièrement à risque de précarité en Suisse¹¹⁶ et en France¹¹⁷.

Ainsi, pour favoriser le suivi des populations particulièrement à risque, *l'indice précarité monétaire familiale* est défini comme le taux de risque de pauvreté *le plus élevé parmi les différentes catégories de familles représentées au sein du Grand Genève*.

- > La précarité liée à l'emploi est quantifiée par la part de chômeur·euse·s sur le territoire du Grand Genève. Les chômeur·euse·s représentent en effet une population particulièrement à risque de précarité, notamment en France, en attestent les travaux de l'INSEE¹¹⁸.
- > La précarité liée au logement est exprimée à travers le nombre de personnes n'ayant pas de logement fixe et/ou ayant des difficultés à payer leur loyer dans le Grand Genève. Cette valeur est obtenue par sondage après de la population. "24% [de sondé·e·s dans le canton de Genève] disent avoir de la peine à payer leur loyer" et "53% considèrent qu'ils ne disposent pas de capacités financières suffisantes pour déménager dans un meilleur logement s'ils le désiraient", révèle en effet la synthèse des travaux sur les "Aspirations résidentielles des ménages à l'échelle de l'agglomération franco-valdo-genevoise" réalisée par le département de géographie de l'Université de Genève en 2008¹¹⁹. Le score associé à la précarité liée au logement correspondra à la part des habitant·e·s du Grand Genève n'ayant pas de logement fixe et/ou rencontrant des difficultés à payer leur loyer.

Les 3 pans de la précarité décrits ci-dessus permettent de mesurer le nombre de personnes en situation précaire à l'échelle micro, celle de l'individu. Afin de garantir un socle social minimum pour

¹¹³ OST et OCSTAT, « Précarité dans l'Espace transfrontalier genevois ».

¹¹⁴ « L'essentiel sur... la pauvreté | Insee ».

¹¹⁵ Canton de Vaud, « Rapport social vaudois 2017 »; Benz, Kühr, et Bühlmann, « Trajectoires de pauvreté dans le canton de Vaud: une analyse du Panel suisse de ménages Vaud ».

¹¹⁶ OFS, « Les familles en Suisse - Rapport statistique 2021 ».

¹¹⁷ « L'essentiel sur... la pauvreté | Insee ».

¹¹⁸ « L'essentiel sur... la pauvreté | Insee ».

¹¹⁹ Debarbieux et Stein, « Cahier n°10-2, Aspirations résidentielles des ménages à l'échelle de l'agglomération franco-valdo-genevoise : synthèse des études et travaux ».

l'ensemble des habitant·e·s du Grand Genève, il convient donc de toutes les considérer à hauteur égale. En effet, un grand nombre de personnes en situation de précarité familiale reste tout autant préoccupant, quel que soit le nombre de personnes au chômage. Ainsi, une méthodologie de calcul basé sur un maximum se justifie par sa propension à mettre en exergue la précarité la plus préoccupante au moment de la mesure.

Les indicateurs choisis pour chacun des pans de la précarité ne donnent toutefois pas une idée complète de l'état de la précarité au sein du Grand Genève. En effet, des choix ont été effectués par souci de clarté. Ainsi, la mesure de la précarité monétaire familiale, basée sur le nombre de personnes sous le seuil de pauvreté, offre une information objective qui ne prend pas en compte l'aspect subjectif de la précarité. D'autres indicateurs, comme le nombre de personnes rencontrant des difficultés financières, obtenu par questionnaire, permettraient de compléter la mesure de précarité monétaire sur les aspects subjectifs de la précarité. De même, être au chômage n'est pas la seule cause de précarité liée à l'emploi. D'autres indicateurs, comme le nombre de personnes ayant un emploi précaire, obtenu par questionnaire, pourraient compléter le nombre de personne au chômage pour obtenir une information plus exhaustive de la précarité liée à l'emploi. Enfin, les difficultés à payer son loyer ne sont pas les seules causes de précarité liée au logement et pourraient être complétées par différents indicateurs, portant par exemple sur le confort du logement, comme réalisé dans le plan d'action national inclusion sociale (PANincl) belge en 2005, décrit dans les travaux de Atta et al. en 2009¹²⁰.

Evaluation quantitative

Valeur-cible pour 2050

Les indicateurs proposés ci-dessus ont été conçus pour refléter le socle social minimal. Ainsi, afin de garantir que ce socle social minimal soit rendu accessible à l'ensemble de la population du Grand Genève, l'objectif pour 2050 est d'atteindre un score de précarité globale égal à 0 %.

Etat actuel du Grand Genève

En raison du manque de données disponibles, la précarité monétaire familiale par catégorie de familles est remplacée par la moyenne de cette précarité sur l'ensemble des catégories de familles, et la précarité liée au logement est provisoirement écartée du calcul de l'état initial de la précarité globale. La précarité monétaire familiale moyenne atteint 14,4% et la précarité liée à l'emploi 5,2%. Ainsi, l'indice de précarité globale en 2020 est estimé à **14,4 %**, soit le score de précarité monétaire individuelle.

Pour davantage de détails sur la méthode de calcul et les sources, consulter l'Annexe 8.2.6.

Hauteur de la marche

Etat actuel du Grand Genève	Valeur-cible pour 2050
≥ 14,4%	0%

¹²⁰ Atta, Maréchal, et Perelman, « Les indicateurs d'inclusion sociale : où est la Wallonie aujourd'hui ? »

4.1.13. Indicateur #12 : Inclusion sociale ressentie

L'indicateur #12 vise à renseigner l'objectif n°9 : *Assurer un sentiment d'inclusion pour tou·te·s les habitant·e·s du Grand Genève.*

Description de l'indicateur #12



L'indicateur #12 est un indicateur d'inclusion sociale ressentie, noté en 0 et 10 et évalué par enquête statistique auprès des habitant·e·s du Grand Genève.

Aucune enquête existante généralisée au territoire du Grand Genève ne permet de refléter l'état de l'inclusion sociale telle qu'abordée dans le set d'indicateurs de transition écologique. L'indicateur #11 intègre les paramètres suivants :

- Activités sociales (culturelles, sportives, pour les jeunes et les enfants, volontariat, ...)
- Accès à la formation
- Information sur les droits des personnes
- Ressenti sur la valorisation des individus
- Discrimination et inégalités, notamment de genres
- Accès aux services (services de santé, gamme de proximité, centre culturel, zone d'emploi, ...)
- Soutien social
- Affiliation

Justification du choix de l'indicateur

Comme évoqué dans la section 3.2.3 du présent rapport, l'indicateur d'**inclusion sociale** exprime deux des trois **préconditions sociétales** de Gough qui permettent à l'individu d'avoir un projet de vie socialement valorisé et de la réaliser : la **compétence sociale et culturelle** à s'intégrer et les **opportunités de proximité** permettant d'entreprendre des activités sociales *signifiantes*.

L'inclusion est un aspect difficilement mesurable en raison de la complexité du ressenti associé et de la multiplicité des paramètres qui l'influencent. La mesure d'un indicateur subjectif, ressenti, permet de couvrir un maximum de situations dégradant l'inclusion, quel que soit leur nature. La mesure de l'inclusion ressentie permet à chaque individu d'exprimer les problématiques qui lui semblent pertinentes pour décrire son état de connectivité sociale.

La construction de l'indicateur #12 a mobilisé l'expertise de plusieurs expert·e·s du territoire et sociologues, afin de choisir les paramètres qui seront intégrés à l'enquête statistique.

L'inclusion sociale consiste à faire en sorte que tout·e habitant·e, enfants comme adultes, aient les moyens de participer en tant que membres valorisés, respectés et contribuant à leur communauté et à la société¹²¹. Ainsi, elle s'inscrit dans la théorie des besoins humains de Doyal et Gough¹²².

Cinq pierres angulaires ont été identifiées par la *Laidlaw Foundation*, dans leurs travaux sur l'inclusion sociale¹²³ :

- la reconnaissance valorisée ;
- les opportunités de développement humain ;
- l'implication et l'engagement ;
- la proximité ;
- le bien-être matériel.

Ces éléments sont réinterprétés dans les huit paramètres de l'inclusion sociale ressentie, telle que mesurée par l'indicateur #12.

Evaluation quantitative

¹²¹ Social Inclusion as Solidarity: Rethinking the Child Rights Agenda – Michael Bach – June 2002

¹²² Doyal et Gough, *A Theory of Human Need*.

¹²³ Social Inclusion as Solidarity: Rethinking the Child Rights Agenda – Michael Bach – June 2002

Valeur-cible pour 2050

L'objectif pour 2050 est de **maintenir ou améliorer le score d'inclusion ressentie** pour garantir que la transition écologique, en réduisant l'impact du territoire sur les limites planétaires, participe également à améliorer le sentiment d'inclusion des habitant-e-s du Grand Genève.

Un objectif plus ambitieux pourra être qualifié par les expert-e-s, notamment par l'Université de Genève qui propose de développer le questionnaire pour enquête statistique, relatif à l'indicateur #12.

Etat actuel du Grand Genève

L'état actuel de l'indicateur #12 ne peut pas être évalué dans l'immédiat. Une enquête statistique basée sur le travail de l'Université de Genève et généralisée au territoire du Grand Genève permettra de définir l'état de l'inclusion ressentie, au cours de l'année 2022/2023.

Hauteur de la marche

Etat actuel du Grand Genève	Valeur-cible pour 2050
à définir par sondage	à maintenir et améliorer

4.1.14. Indicateur #13 : Etat de la démocratie ressentie (note /10)

L'indicateur #13 vise à renseigner l'objectif n°9 : *Assurer un sentiment d'inclusion pour tou·te·s les habitant·e·s du Grand Genève.*

Description de l'indicateur #13



Démocratie *ressentie*, mesurée par enquête statistique dans le territoire du Grand Genève et notée entre 0 et 10.

L'indicateur #13 recouvre les dimensions suivantes :

- Liberté de choix et contrôle de vie
- Confiance envers les institutions politiques et le personnel politique
- Efficacité politique (interne et externe)
- La démocratie comme moyen pour répondre aux enjeux de transition écologique
- Liberté d'expression et d'opposition & occasion de délibérer de manière éclairée

Justification du choix de l'indicateur

Comme évoqué dans la section 3.2.3, l'état de la démocratie est un paramètre de l'*autonomie*, au sens de Doyal et Gough¹²⁴. L'indicateur #13 incarne l'une des trois **préconditions sociétales** de la théorie des besoins humains, à savoir la **participation politique**. Cet indicateur est ainsi la dernière composante du socle social local, qui s'intègre dans le cadre de la théorie des besoins humains mais qui est également au cœur des enjeux de transition écologique et sociale. La dimension démocratique de la transition écologique apparaît comme un objectif fondamental, sans lequel toute démarche ambitieuse est vouée à l'échec.

D'après le dictionnaire *Le Robert*, le terme "démocratie" désigne à l'origine un régime politique dans lequel tou·te·s les citoyen·ne·s participent aux décisions politiques au moins par le vote. Ainsi, pour mesurer l'état d'une démocratie, il peut paraître naturel de s'intéresser au taux de participation ou d'abstention de la population choisie. Cependant, celui-ci peut s'avérer complexe à analyser et certaines études en sciences politiques questionnent le lien entre abstention croissante et mauvais état de la démocratie¹²⁵. Ainsi, le taux d'abstention est un indicateur intéressant, mais il ne semble pas le plus approprié pour suivre l'état de la démocratie au sein du Grand Genève, d'autant plus au regard des différences institutionnelles majeures qui existent entre la France et la Suisse concernant le système de vote.

Les mandataires proposent ainsi d'utiliser un indicateur de démocratie *ressentie* pour mesurer à quel point la population du Grand Genève se *sent* impliquée dans le processus de décisions politiques locales. L'enquête associée à la mesure de l'indicateur #13 pourrait inclure des éléments objectifs et subjectifs. Cet indicateur ressenti présente cependant un certain nombre de limites. Notamment, le ressenti de la démocratie au sein du Grand Genève ne saurait être mesurée localement sans être influencée par l'état de la démocratie aux échelles nationales, ici française et suisse.

Conception de l'indicateur.

Bien que focalisé sur la démocratie à l'échelle des états et donc inadaptée à l'échelle du Grand Genève, la méthodologie du **Democracy Index**¹²⁶ présente certaines caractéristiques intéressantes. Mesuré chaque année par *the Economist Intelligence Unit*, le *Democracy Index* se base notamment sur des sondages d'opinion dont les questions sont accessibles au public.

Les mandataires proposent de se saisir des thèmes principaux abordés par le *Democracy Index* et de les adapter pour réaliser des entretiens ou des sondages d'opinion sur le territoire du Grand Genève. La liste et description des thèmes suivants, qui composent l'indicateur #13, a été affinée et précisée après discussions avec des chercheurs en sciences politiques de l'UNIGE et de l'UNIL.

¹²⁴ Doyal et Gough, *A Theory of Human Need*.

¹²⁵ Muxel, « Abstention ».

¹²⁶ The Economist Intelligence Unit, « Democracy Index 2020 - In sickness and in health? »

- **Liberté de choix et contrôle de vie.** Ce thème concerne très directement le principe d'*autonomie* de Doyal et Gough (cf section 3.2.3). Il permet de mesurer le sentiment de la population du Grand Genève quant au libre choix et expression de ses préférences. Il peut aussi couvrir des questions concernant la gouvernance relative à la situation politique du Grand Genève. Par exemple, la population d'une commune peut avoir le sentiment de choisir un·e représentant·e politique à l'échelle de la commune, mais perdre ce sentiment si certaines décisions de ce·tte représentant·e sont soumises à négociations entre plusieurs communes.
- **Confiance envers les institutions politiques et le personnel politique.** Ce thème s'intéresse à la confiance de la population du Grand Genève envers les partis politiques, les représentant·e-s politiques, le gouvernement, le parlement, etc... Il s'intéresse aussi à la confiance envers d'autres institutions, comme la justice, la police, les syndicats, etc...
- **Efficacité politique (interne et externe).** Ce thème se divise en deux parties. L'efficacité politique *externe* répond à la question : « ai-je la possibilité d'influencer les décisions politiques ? ». L'efficacité politique *interne* répond quant à elle à la question : « Est-ce que je me sens capable, compétent et outillé pour influencer les décisions politiques ? ». Ces questions ne présupposent pas, de manière normative, que la participation à la politique est un signe de bon état de la démocratie, mais plutôt que la capacité de participer est nécessaire pour les habitant·e-s désireux·se-s de participer.
- **La démocratie comme moyen pour répondre aux enjeux de transition écologique :** Ce thème vise à questionner les capacités de la démocratie à répondre aux enjeux de la transition écologique. Sont abordées les notions d'urgence climatique, de mesures coercitives, le rôle des expert·e-s scientifiques, la démocratie et la justice intergénérationnelle, etc.
- **Liberté d'expression et d'opposition & occasion de délibérer de manière éclairée.** Ce thème vise à questionner la capacité des habitant·e-s du Grand Genève à exprimer un désaccord avec les décisions politiques ou avec les choix de la majorité. Il met aussi l'accent sur les occasions de délibérer, de créer et participer au dialogue et d'échanger des arguments éclairés.

Evaluation quantitative

Valeur-cible pour 2050

En 2050, le score de démocratie ressentie devra être au moins maintenu, voire amélioré sur l'ensemble du territoire du Grand Genève. Une attention particulière doit être apportée à la réduction des inégalités dans la perception de capacité de participation politique.

Etat actuel du Grand Genève

L'état actuel de l'indicateur #13 ne peut pas être évalué dans l'immédiat. Une enquête statistique dans le territoire du Grand Genève permettra de définir l'état de l'inclusion ressentie, au cours de l'année 2022/2023.

Hauteur de la marche

Etat actuel du Grand Genève	Valeur-cible pour 2050
à définir par sondage	à maintenir et améliorer

4.1.15. Indicateur #14 : Travail forcé et travail des enfants importés

L'indicateur #14 vise à mesurer une dimension de l'objectif transversal n°14 : *Contribuer à l'amélioration du bien-être de la population mondiale*.

Description de l'indicateur #14



Part des produits consommés sur le territoire, responsables de travail forcé ou de travail des enfants dans le monde. Cette part peut être exprimée en unité monétaire ou en tonnes de biens consommés, selon les données disponibles.

L'indicateur est un marqueur du travail forcé et du travail des enfants qui interviennent dans la chaîne d'approvisionnement des produits consommés dans le Grand Genève.

Justification du choix de l'indicateur

L'indicateur #14 reflète l'impact de la consommation du Grand Genève sur les conditions socio-économiques mondiales et le niveau de bien-être associée. Cet objectif est abordé sous l'angle du droit négatif : il s'agit de s'assurer que le Grand Genève **ne participe pas** à la dégradation du bien-être de la population mondiale. La mesure du travail forcé et du travail des enfants reflète de manière très partielle le niveau de bien-être mondial et la responsabilité du Grand Genève dans celle-ci. La travail forcé et le travail des enfants sont des causes de la précarité économique et sociale, soit une *Driving Force* au sens du cadre *DPSIR* (cf section 5.1), Néanmoins, la corrélation directe entre le travail forcé, les difficultés socio-économiques et le bien-être sont suffisamment renseignés pour confirmer la pertinence de cet indicateur. En outre, l'indicateur #14 vise à alerter les décideurs politiques et la société civile sur l'impact social de la consommation de biens importés, dont les effets peuvent être aggravés par les dégradations environnementales locales et globales liées à la production de ces mêmes biens et services.

L'indicateur de travail forcé et travail des enfants importés dans la chaîne d'approvisionnement est mobilisé par l'Organisation Internationale du Travail notamment (Alliance 8.7) dans son rapport de 2019 « *Mettre fin au travail des enfants, au travail forcé et à la traite des êtres humains dans les chaînes d'approvisionnement mondiales* ».

D'après l'Alliance 8.7, le travail des enfants et le travail forcé sont définis comme suit :

- **Travail des enfants** : défini par la convention n°138 de l'OIT, entre autres. Est défini comme tout travail qui prive les enfants de leur enfance, de leur potentiel et de leur dignité et qui est nuisible à leur développement physique et mental¹²⁷.
- **Travail forcé** : défini par la convention n°29 de l'OIT sur le travail forcé tel que « tout travail ou service exigé d'un individu sous la menace d'une peine quelconque et pour lequel ledit individu ne s'est pas proposé de plein gré »¹²⁸.

L'indicateur #14 présente néanmoins deux limites :

- Le manque de données nationales pour mesurer l'indicateur #14 à court terme. La première étude globale mobilisant cet indicateur est le rapport de l'Alliance 8.7 précédemment évoqué, qui a quantifié le travail forcé et travail des enfants importé dans la chaîne d'approvisionnement mondiale (par une analyse des flux intrants/sortants). Néanmoins, les auteurs de l'étude considèrent que les bases de données disponibles ne couvrent que la moitié environ de la part réelle de travail des enfants dans le monde¹²⁹. De plus, faute de données, cette étude n'intègre pas de données sur le travail forcé en Europe, Amérique

¹²⁷ Organisation internationale du travail et al., *Mettre fin au travail des enfants, au travail forcé et à la traite des êtres humains dans les chaînes d'approvisionnement mondiales*, 12.

¹²⁸ Organisation internationale du travail et al., 12.

¹²⁹ Organisation internationale du travail et al., 18.

septentrionale et Océanie, ce qui tend à sous-estimer les résultats. Les données sont également limitées pour l'Asie orientale et Sud-Est.

- De plus, cet indicateur comptabilise *les pires* conditions de travail dans le monde (travail forcé et travail des enfants), mais exclut les conditions de travail *indécentes*, au sens plus large, responsables de précarité économique et sociale. Un travail **décent** est défini comme un travail « productif et rétribué par des **revenus équitables**, qui se déroule sur un **lieu de travail sûr** et qui permet d'assurer une **protection sociale** pour les familles, de meilleures opportunités de développement personnel et **d'intégration sociale**, la liberté des personnes d'exprimer leurs préoccupations, de s'organiser et de participer aux décisions touchant à leur vie, ainsi que l'égalité des chances et de traitement entre femmes et hommes »¹³⁰. Une analyse des conditions de travail dans la chaîne d'approvisionnement des biens et services consommés sur le territoire du Grand Genève, au regard de cette définition plus large, serait davantage conforme à une logique de promotion du bien-être mondial.

Malgré les limites décrites ci-dessus, l'indicateur #14 serait un marqueur pertinent du quadrant global-social de la méthode *donut for cities*. Pour évaluer cet indicateur, une analyse des flux économiques (tableaux entrée-sorties) sur le territoire du Grand Genève, telle que celle réalisée par Utopies et Metabolic¹³¹, incluant les données disponibles sur le travail forcé et le travail des enfants dans le monde, serait nécessaire. La méthodologie détaillée proposée par l'Alliance 8.7 pour mener cette étude est décrite en Annexe 8.2 du présent rapport.

Evaluation quantitative

Valeur-cible pour 2050

L'objectif pour le Grand Genève en 2050 est de **réduire à 0% la part des produits consommés sur le territoire, responsables de travail forcé ou de travail des enfants dans le monde.**

Etat actuel du Grand Genève

La part actuelle de produits consommés dans le Grand Genève responsables de travail forcé ou de travail des enfants est inconnue en 2020. Elle devra être calculée à l'aide d'une modélisation de type EE IOT¹³² étendue aux données sur le travail forcé et le travail des enfants (cf annexe 8.2).

Hauteur de la marche.

Etat actuel du Grand Genève	Valeur-cible pour 2050
A définir	0%

¹³⁰ Définition de l'Organisation Internationale du Travail, URL : <https://www.ilo.org/global/topics/decent-work/lang-fr/index.htm>

¹³¹ Utopies et Metabolic, « Diagnostic du métabolisme économique du Grand Genève ».

¹³² Environmentally Extended Table Input-Output

4.2. Quantifier la hauteur de la marche

4.2.1. Le donut du Grand Genève

Le set d'indicateurs de transition écologique du Grand Genève permet de quantifier la *hauteur de la marche* de manière à produire un Programme d'actions à la hauteur des enjeux écologiques. En comparant l'état actuel des indicateurs de transition écologique au regard de leur valeur-cible pour 2050, se dessine le *donut du Grand Genève*.

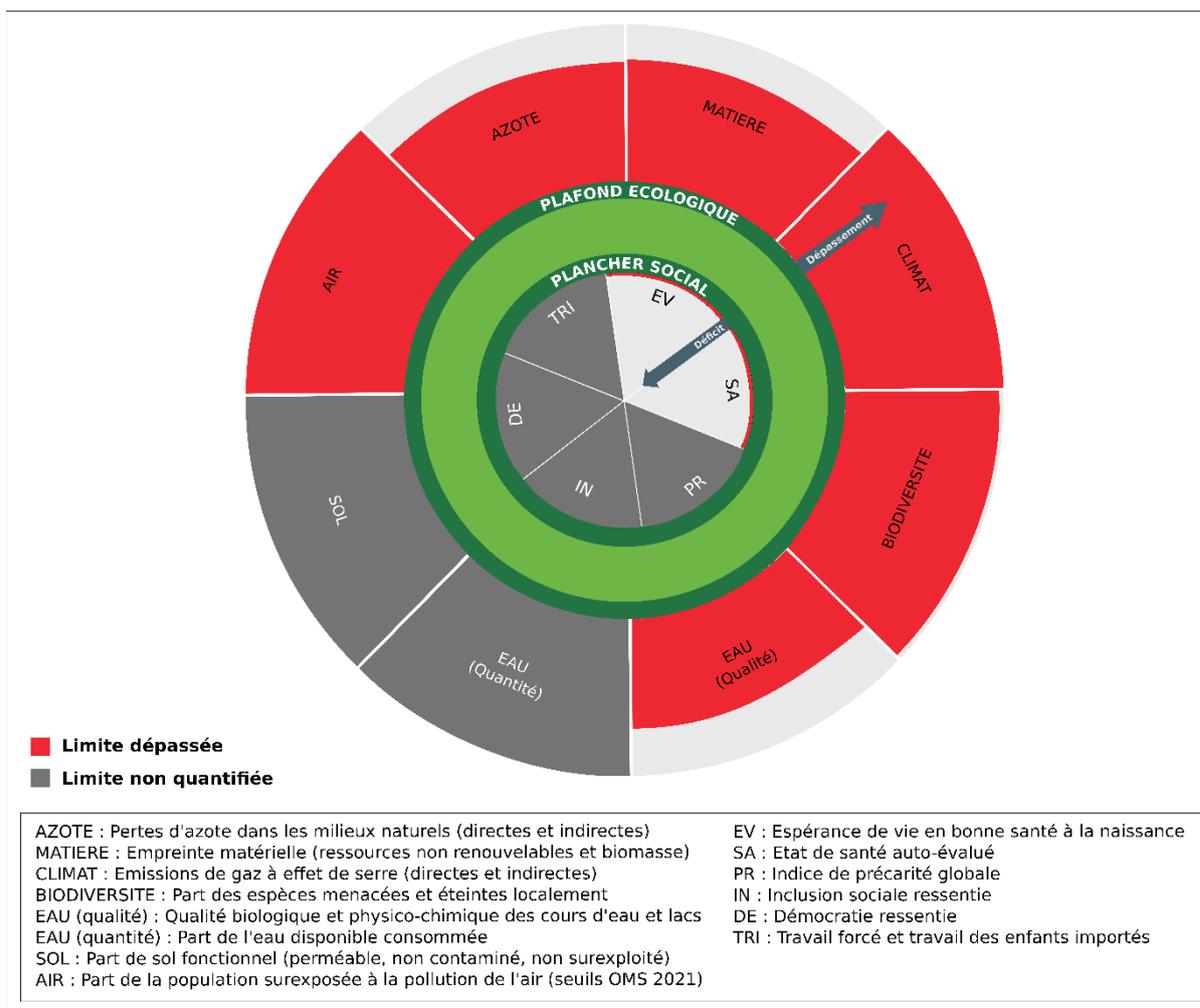


Figure 18 : Donut du Grand Genève selon l'état actuel des indicateurs de transition écologique en 2021.

Le *donut* du Grand Genève contient les 14 indicateurs de transition écologique. C'est une représentation graphique du baromètre de transition écologique. Les quadrants rouges à l'extérieur du donut vert expriment un **dépassement** des limites planétaires. Cette représentation montre que les efforts les plus importants à opérer concernent le changement climatique, l'érosion de la biodiversité et la qualité de l'air.

Les quadrants rouges à l'intérieur du donut expriment à **déficit** à combler par rapport au socle social. Si l'espérance de vie en bonne santé à la naissance et l'état de santé perçus sont proches de la valeur cible, une marge d'amélioration subsiste notamment en matière **d'équité sociale et transfrontalière**.

Les indicateurs dont l'état actuel ou la valeur-cible ne sont pas encore évalués sont grisés.

4.2.2. Vers l'appropriation des objectifs de transition écologique : des politiques publiques à la hauteur ?

A titre d'exemple, la section suivante propose une comparaison entre les objectifs politiques du Grand Genève et la valeur cible de l'indicateur #3, quant aux **émissions de gaz à effet de serre**.

Pour rappel, l'empreinte carbone (3 scopes) des habitant.e.s du Grand Genève est estimé à 11 tonnes de CO₂e par an, tandis qu'elle devrait être réduite à zéro en 2050 pour atteindre la neutralité carbone (cf sections 4.1.4).

L'indicateur #3 est mobilisé dans l'ensemble des politiques publiques liées à la transition écologique, à travers les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre. En 2021, presque la totalité des communautés de communes et des cantons du Grand Genève ont établi des objectifs publics de réduction des émissions de gaz à effet de serre à 2030 ou 2050. Néanmoins, seul le canton de Genève a, à ce jour, intégré les émissions indirectes (scopes 2 et 3) dans ses objectifs. Les autres territoires se sont fixés des objectifs de réduction des émissions territoriales de gaz à effet de serre (scope 1), uniquement. En considérant que les territoires visant un objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre sur le scope 1 seulement, ne réduisent pas leurs émissions indirectes d'ici 2050 (scopes 2 et 3), un scénario tendanciel moyen conforme aux politiques publiques actuelles du Grand Genève a été calculé, conformément aux hypothèses de projection démographique décrites dans la section 8.2.1.

Les objectifs des politiques publiques existantes, exprimées à travers le **Scénario tendanciel du Grand Genève**, sont comparés à l'engagement n°1 de la Charte politique du Grand Genève, tel que proposé en décembre 2021. Cet engagement est le suivant :

- Diviser par 10 les émissions de gaz à effet de serre (directes et indirectes) du territoire d'ici 2050
- Réduire de 60% des émissions de gaz à effet de serre (directes et indirectes) du territoire d'ici 2030.

L'exercice comparatif abouti à la Figure 19 ci-dessous :

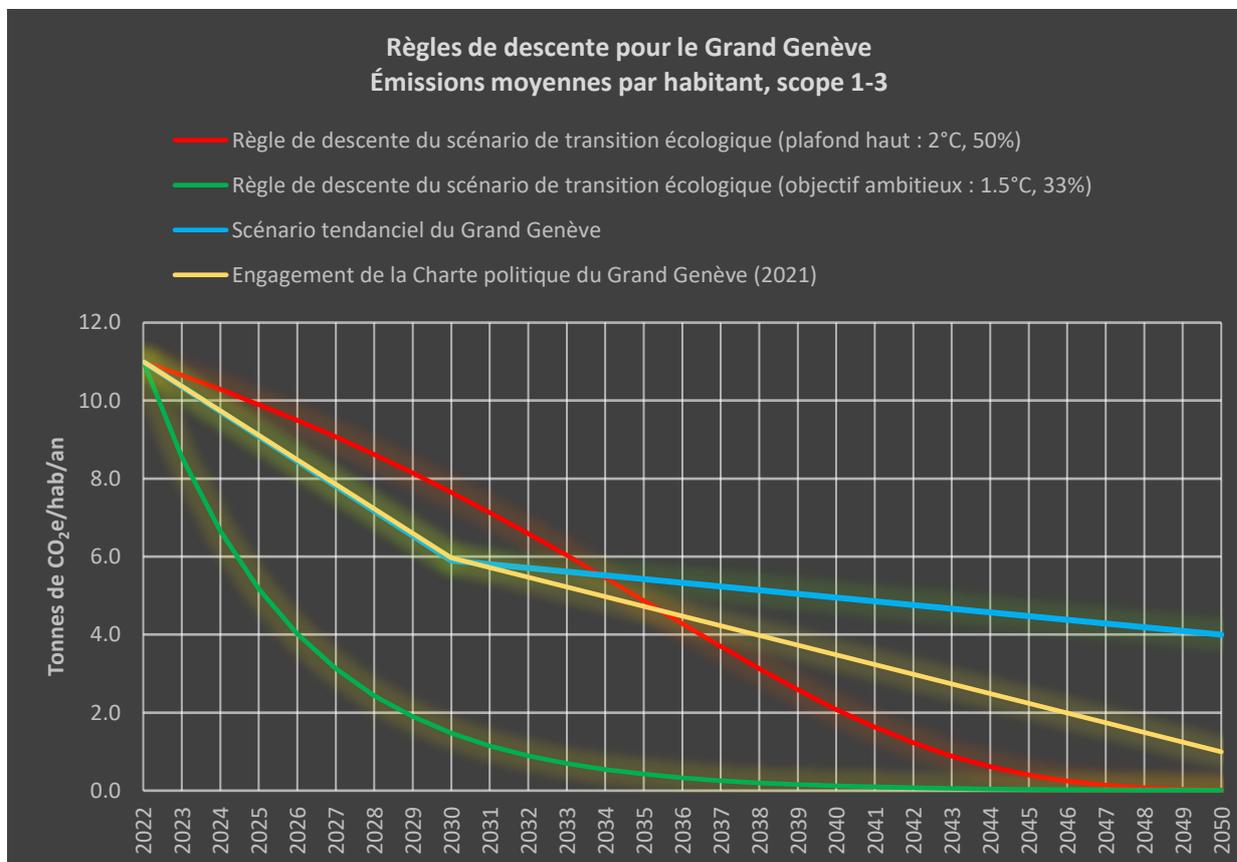


Figure 19 : Scénario tendanciel et hauteur de la marche concernant les émissions de gaz à effet de serre dans le Grand Genève.

La Figure 19 illustre que les objectifs des politiques publiques actuelles du Grand Genève (Scénario tendanciel) et l'engagement politique commun (Charte politique) sont tous deux compatibles avec les seuils planétaires à l'horizon 2030. Ils se trouvent entre la courbe rouge et la courbe verte, mais restent incompatibles avec un effort de réduction du réchauffement climatique à 1,5°C (courbe verte). En revanche, aucun n'atteint la **neutralité carbone en 2050**, sauf si les émissions résiduelles (entre 1 et 4 tonnes de CO₂ equ par habitant et par personne) sont compensées par des technologies d'émission négative. D'après une étude récente produite en Suisse, les captage/stockage actif de carbone pourra compenser moins de 5-10% des émissions de gaz à effet de serre de la Suisse (3 scopes), soit moins de 1 tonne de CO₂ equ par habitant-e et par an¹³³. Dans ces conditions, il est possible de conclure que les politiques publiques actuelles ne sont pas suffisantes pour atteindre la valeur cible fixée pour l'indicateur #3.

En outre, l'engagement politique du Grand Genève reste beaucoup plus ambitieux que le scénario tendanciel basé sur les politiques publiques existantes. S'il est mis en œuvre, l'objectif commun au Grand Genève permettra de réduire de 30% supplémentaire l'empreinte carbone du Grand Genève entre 2020 et 2050, par rapport au scénario tendanciel.

¹³³ Nick et Thalmann, « Carbon Removal, Net Zero, and Implications for Switzerland ».

5. METHODOLOGIE

5.1. Méthode de définition des valeurs-cibles pour 2050

La *stratégie de transition écologique* est basée sur l'état des meilleures connaissances disponibles en 2021 et vise à fixer un cap pour le Grand Genève qui soit compatible avec les limites planétaires. Conformément à la méthode du *Donut for Cities*, chaque indicateur est assorti d'une valeur-cible qui vise à **faire entrer le Grand Genève « dans le donut » d'ici 2050**. Cet objectif général se traduit par :

- Des objectifs écologiques-globaux visant à **respecter les limites planétaires** au niveau du territoire, en partageant **équitablement** entre individu les seuils globaux définis par la science (cf calculs détaillés en annexe 8.2)¹³⁴. La clé de répartition des budgets planétaires (en carbone, en matière ou en azote) est un choix basé sur une *posture éthique*. D'autres principes d'allocation auraient pu être adoptés pour répartir les budgets globaux entre les habitant-e-s de la planète : principe de souveraineté, de responsabilité commune mais différenciée, etc. Le principe d'allocation équitable par personne a été choisi ici car elle incarne une éthique d'équité adoptée dans la méthode du *donut*. De plus, elle est la clé de répartition la plus simple à modéliser et la plus régulièrement mobilisée dans la littérature récente sur les limites planétaires (O'Neill et al. (2018), Fanning et al. (2021), Dao et al. (2015)). Pour plus d'informations sur les principes d'allocations et leur implication dans la répartition des limites planétaires, lire l'étude de l'EEA et de l'OFEN sur les limites planétaires en Europe¹³⁵.
- Des objectifs écologiques-locaux visant un **arrêt rapide** de la dégradation des ressources, voire une amélioration de l'état de la ressource vers un « bon » état lorsque la science en définit les critères. Certains indicateurs étant fortement interdépendants avec le quadrant global-écologique (biodiversité) et les quadrants sociaux (air), les valeur-cibles définies pour les objectifs écologiques locaux sont également emprunts d'une volonté de respect strict des limites planétaires et de l'état de bien-être de la population.
- Des objectifs sociaux-écologiques qui visent à assurer les **besoins fondamentaux de tou-te-s les habitant-e-s du Grand Genève**. Ces besoins fondamentaux passent par une santé non dégradée pour chaque individu, notamment par les déterminants environnementaux de la santé (qualité de l'air par exemple) et par la satisfaction des besoins sociaux de base pour tou-te-s (ici : la capacité et l'inclusion). Le Grand Genève étant un territoire particulièrement riche, le socle social est atteint de manière satisfaisante en moyenne, mais le contexte transfrontalier engendre des inégalités défavorables au sentiment d'*autonomie* défini par Doyal et Gough (cf section 3.2.3). La majorité des indicateurs sociaux sont ainsi, au moins, à maintenir au niveau actuel, mais à rendre plus équitables sur le territoire.
- Un objectif social-global qui vise la satisfaction des besoins fondamentaux de **tou-te-s** les habitants de la planète. En l'occurrence, l'indicateur choisi cherche davantage à réduire l'impact du Grand Genève sur une composante dégradant la qualité de vie et le bien-être d'une partie de la population mondiale.

Les valeur-cibles ainsi obtenues sont issues d'un **travail scientifique** visant à guider les choix politiques. Les valeurs ne sont pas déterminées au regard de leur faisabilité socioéconomique locale, mais incarne bien une réalité physique exprimée dans une éthique de responsabilité équitable entre

¹³⁴ Méthode non valable pour l'indicateur #3 relatif aux émissions de gaz à effet de serre, car la limite planétaire directement associée au changement climatique (concentration en gaz à effet de serre dans l'atmosphère) est déjà dépassée et il est très peu probable qu'elle soit à nouveau atteignable à moyen ou long terme. La valeur cible associée à l'indicateur #3 est donc inspirée des accords politiques internationaux et nationaux et des préconisations du GIEC.

¹³⁵ European Environment Agency EEA et Federal Office for the Environment FOEN, « Is Europe living within the limits of our planet? »

individu, quel que soit son origine ou sa nationalité. Ces valeur-cibles scientifiques ne constituent **pas** les engagements politiques du territoire du Grand Genève.

5.2. Caractérisation des indicateurs de transition écologique

Les indicateurs qui caractérisent le *Donut* du Grand Genève, dits « *indicateurs de transition écologique* », sont choisis ou créés conformément à la méthode du *Donut for Cities*, qui préconise d'associer à chaque objectif de transition écologique (cf section 3.2) **un ou plusieurs** indicateurs.

La quantification de chaque objectif a une double vocation :

- elle permet de définir la hauteur initiale de la marche, entre l'état actuel et l'état souhaitable des indicateurs, de manière à guider les mesures du programme d'actions politique ;
- et permet de suivre les résultats des politiques publiques au cours du temps.

Le choix des indicateurs de transition écologique est réalisé selon des critères inspirés du cadre DPSIR¹³⁶ et de la récente analyse systématique des indicateurs de durabilité en milieu urbain, menée par Merino-Saum *et al.* (2020)¹³⁷.

Relativement au cadre conceptuel DPSIR (*Driving forces, Pressure, State, Impacts, Responses*), les indicateurs de transition écologique ont vocation à exprimer l'**état** du paramètre écologique ou social concerné par l'objectif. En cela, les indicateurs exprimant l'état du paramètre (**state**) ou l'état de la pression exercée sur le paramètre (**pressure**) sont privilégiés. Ce choix a été opéré car les indicateurs de transition écologique doivent rester identiques entre 2020 et 2050 de manière à suivre leur évolution. Ainsi, ils doivent être le moins dépendants possible des évolutions technologiques, politiques ou sociales qui affecteront les **moyens** (*responses*) mis en œuvre pour atteindre les objectifs. Les pressions affectant l'état d'un paramètre étant toujours multiples, les indicateurs de l'ordre de la pression (*pressure*) sont choisis de manière à exprimer la **principale pression** exercée sur le paramètre (celle qui a l'impact le plus important).

Par ailleurs, relativement aux critères développés par Merino *et al.* pour guider la création des indicateurs de durabilité, les indicateurs de transition écologique du Grand Genève sont choisis de manière à :

- Proposer un set d'indicateurs **parcimonieux**, ne dépassant pas 20 indicateurs, couvrant néanmoins toutes les dimensions du *donut* (écologiques et sociales, locales et globales) exprimées dans les dix objectifs de transition écologique. Ce choix est opéré afin de permettre l'appropriation des indicateurs et de leur valeur cible pour 2050 par un maximum d'acteur·ice·s, dont les élu·e·s et la société civile. La réduction du nombre d'indicateurs est donc prioritaire sur l'*exhaustivité* du set, même si la recherche de marqueurs systémiques permet de gagner en exhaustivité tout en réduisant le nombre d'indicateurs.
- Proposer des indicateurs plutôt **comparables** (entre régions ou pays) que *spécifiques* pour le Grand Genève. Ce choix est effectué pour deux raisons principales. La première est pratique : choisir des indicateurs sur un territoire transfrontalier oblige à articuler des jeux de données qui sont parfois incomparables de part et d'autre de la frontière. Les indicateurs de transition écologique devant pouvoir être mesurés de manière identique en France et en Suisse, les indicateurs choisis sont davantage généraux (*comparables*) que très *spécifiques* au territoire. De plus, les indicateurs de transition écologique devant être valables jusqu'en 2050, au moins, il est préférable qu'ils ne soient pas trop *spécifiques* (dépendants des conditions socio-environnementales très locale au moment de la mesure).

Enfin, les indicateurs de transition écologique ont vocation à refléter une image du Grand Genève qui soit fidèle aux fondements scientifiques du *donut*. Aussi, la **complexité** (ou qualité scientifique) de l'indicateur est prioritaire face à son accessibilité (*simplicité*). Le risque de perte d'appropriation des indicateurs par le public, directement associé à la *complexité* des indicateurs, est réel et constitue une limite au set d'indicateur choisi. Néanmoins, la

¹³⁶ Ness, Anderberg, et Olsson, « Structuring Problems in Sustainability Science ».

¹³⁷ Merino-Saum et al., « Indicators for Urban Sustainability ».

démarche portée par les mandataires vise à guider les politiques publiques du Grand Genève par rapport à l'état de la science. Aussi, la pertinence scientifique des indicateurs de transition écologique qui ont vocation à guider les politiques publiques transfrontalières pendant plusieurs décennies est primordial. Ainsi, et dans une démarche pédagogique à long terme, la qualité scientifique de l'indicateur est prioritaire, même si son appropriation directe par les acteur·ice·s du territoire est plus faible. En outre, le probable manque d'accessibilité des indicateurs de transition écologique est atténué par leur nombre très réduit (critère de *parcimonie*).

Par ailleurs, la *complexité* des indicateurs entraîne une probable **indisponibilité** des données au moment des premières mesures. Néanmoins, conformément à la méthode du *Donut for Cities*, l'indisponibilité partielle et temporaire des données nécessaires à l'évaluation initiale de l'indicateur n'est pas considérée comme un critère éliminatoire. Un arbitrage doit être réalisé entre l'urgence de produire des indicateurs pertinents pour guider les politiques publiques et la pertinence du baromètre. Ce faisant, les indicateurs de transition écologique sont choisis en fonction des données disponibles sur le territoire, en visant un optimum entre désirabilité et faisabilité. Dans ces conditions, en cas d'indisponibilité des données en 2021, l'indicateur peut être conservé à condition qu'il soit considéré comme **très pertinent** par le réseau d'expert·e·s consulté et que les données nécessaires à son évaluation soient obtenables dans un délai raisonnablement court au regard des objectifs temporels.

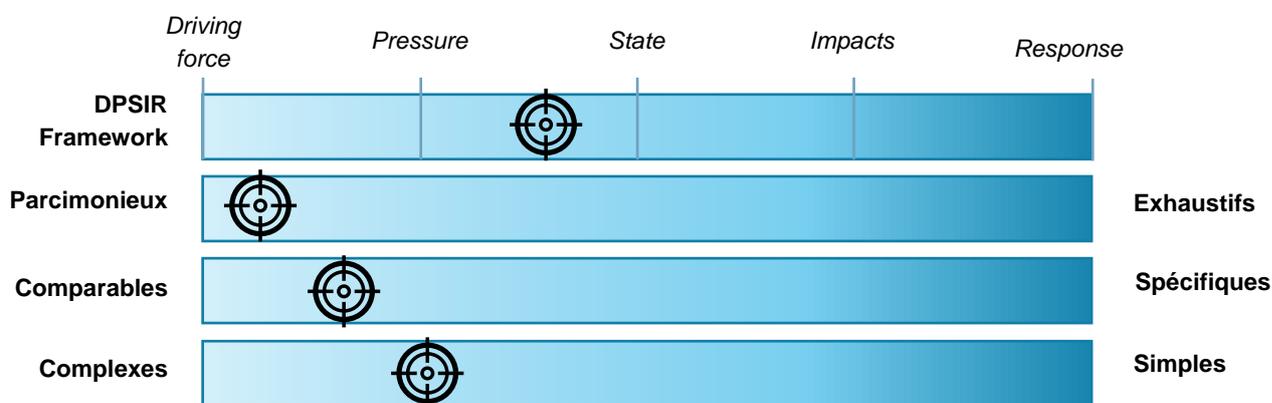


Figure 20 : Critères de sélection des indicateurs de transition écologique

Sur la base de ces critères méthodologiques, la sélection des 14 indicateurs de transition écologique a été effectuée sur consultation d'expert·e·s et à partir d'une base de données regroupant plus de 150 indicateurs. Cette base de données regroupe des sets d'indicateurs existants en France et en Suisse, liés à la durabilité, généralistes (développement durable) ou sectoriels (biodiversité, eau, sol, santé, etc). Leur échelle est variable, du national jusqu'au local. Cette base de données intègre également les indicateurs mobilisés dans les principales politiques publiques du Grand Genève liées à la transition écologique¹³⁸ ; ainsi que des indicateurs utilisés dans la littérature scientifique. Le processus de sélection des 14 indicateurs de transition écologique, parmi cette base de données, a mobilisé une quinzaine de chercheur·euse·s spécialistes des thématiques ainsi qu'une dizaine de technicien·ne·s et statisticien·ne·s spécialistes du territoire du Grand Genève (voir liste complète des acteur·ice·s consulté·e·s section 8.1).

5.3. Articuler les sets d'indicateurs pour opérationnaliser le Donut

Le *Donut* du Grand Genève est un outil qui vise à guider les politiques publiques au long terme. Néanmoins, les critères méthodologiques évoqués dans la partie 5.2 du présent rapport ne sont pas

¹³⁸ Dont le document stratégique « Réussir la transition écologique à Genève », publié en 2021 par le canton de Genève par exemple.

adaptés à la production de mesures opérationnelles et au suivi des politiques publiques sectorielles et territorialisées qui constitueront le plan d'actions du Grand Genève.

A partir de ce constat et conformément aux recommandations de Merino-Saum et al.¹³⁹, la liste d'indicateurs macroscopiques, dits *indicateurs de transition écologique*, devrait être articulée avec un ou deux autre(s) set(s) d'indicateurs relatifs aux leviers à actionner dans les politiques publiques pour atteindre les objectifs de transition écologique. Sont ainsi articulés deux – ou trois - niveaux d'indicateurs : un niveau N1 qui vise à renseigner l'état du Grand Genève selon le modèle du *donut* ; un niveau N2 d'indicateurs plus opérationnels, territoriaux ; et un niveau N3 visant à qualifier les politiques publiques de transition écologique.

Ces indicateurs, définis ultérieurement par les mandataires chargés du plan d'actions, respecteront probablement les critères suivants :

- Les indicateurs N2 mesurent plutôt les activités qui ont un impact sur l'état du paramètre écologique ou social considéré (**driving force**) ou l'état d'un paramètre local (**state**)
- Les indicateurs N3 quantifient les moyens mise en œuvre par les acteur·ice·s de terrain à travers les politiques publiques (**response**)
- Le nombre d'indicateurs N2 et N3 est moins limité que le set d'indicateurs de niveau N1, sans pour autant viser l'exhaustivité
- Les indicateurs de niveau N2 et N3 peuvent être territorialisés, *spécifiques* à une partie du territoire du Grand Genève si cela est pertinent (commune, communauté de communes, PACA)
- Ils viseront un niveau de complexité moins élevé que les indicateurs de transition écologique afin d'assurer leur accessibilité à tous les acteur·ice·s et de faciliter la récolte des données sur le territoire.

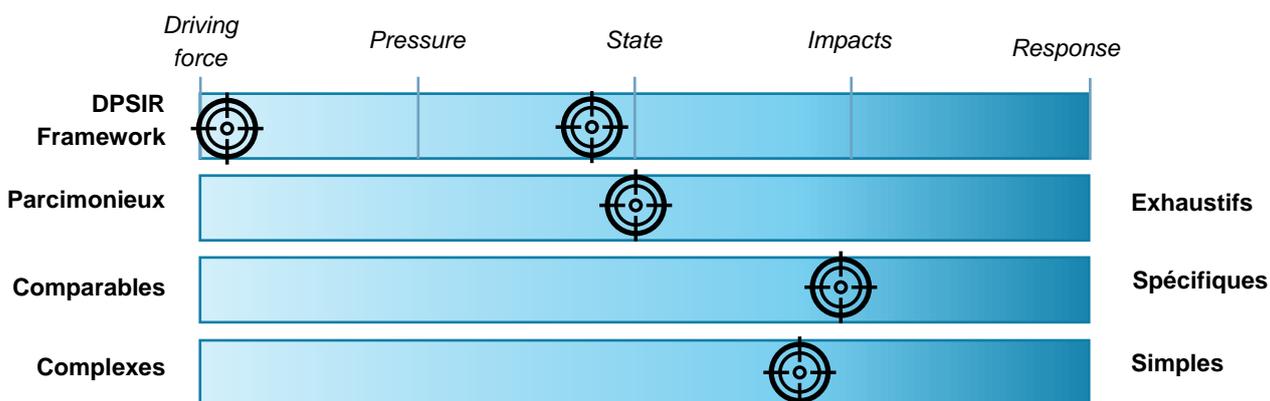


Figure 21 : Critères de sélection conseillés pour des indicateurs de niveau N2

5.4. Prévoir le suivi de la transition écologique du Grand Genève

Les 14 indicateurs de transition écologique ont été choisis de manière à trouver un optimum entre faisabilité (données disponibles en 2021 et déjà suivies) et souhaitabilité (pertinence scientifique). Comme décrit dans la section 5.2, la *complexité* des indicateurs et le potentiel manque de données disponibles sur le territoire n'est pas un critère exclusif. Le baromètre de la transition écologique contient ainsi plusieurs types d'indicateurs :

- Des indicateurs dont l'état actuel a été déterminé à partir de données déjà disponibles sur le territoire, parfois incomplètes ou dont le périmètre est à affiner.
- Des indicateurs dont l'état actuel a été estimé à partir des données nationales, pondérées en fonction du nombre d'habitant·e·s du Grand Genève de part et d'autre de la frontière. Dans

¹³⁹ Merino-Saum et al., « Indicators for Urban Sustainability ».

ce cas, si les acteur·ice·s du Grand Genève souhaitent utiliser les indicateurs de transition écologique pour mesurer l'efficacité des politiques publiques, un suivi territorialisé de ces indicateurs sera nécessaire.

- Des indicateurs dont l'état actuel n'a pas pu être estimé en 2021, deux cas de figure se distinguent alors :
 - Soit les données existent dans le territoire du Grand Genève mais un travail de récolte, d'uniformisation et d'agrégation des données est nécessaire pour définir l'état initial de l'indicateur. La récolte de ces données devrait être réalisée fréquemment pour suivre l'évolution de l'indicateur dans le temps.
 - Soit les données n'existent pas encore sur le territoire et sont **à produire par le monde académique**. Certains indicateurs, jugés nécessaires au suivi de la transition écologique dans une approche *donut*, mobilisent effectivement des données indisponibles localement qui pourraient être produites dans des délais plus ou moins proches. Les indicateurs mesurés par sondage pourraient être produits et mesurés avant 2024, en collaboration avec les universitaires volontaires. Par contre, les indicateurs qui nécessitent des données acquises par modélisation scientifique précise pour quantifier l'état actuel et les objectifs sous-jacents ne pourraient être renseignés qu'à l'horizon 2025. Ces indicateurs exigent la mise en œuvre de projets de recherche dédiés, mais sont pas ceux qui nécessitent l'action politique la plus radicale et urgente.

Par ailleurs, certains indicateurs exprimés sous forme d'empreinte, aujourd'hui renseignés en fonction des données nationales, nécessiteraient une comptabilité des flux intrants-sortants sur le périmètre du Grand Genève. En systématisant un modèle de tables entrées-sorties (TES) calibré sur le Grand Genève et couplé à la comptabilité environnementale, les acteur·ice·s du Grand Genève bénéficieraient d'un outil de suivi précis des empreintes écologiques et sociales du territoire. Cette étude reviendrait à poursuivre le travail engagé par *Utopies et Metabolic*¹⁴⁰ dans le cadre du projet PACTE. Le suivi des indicateurs relatifs aux limites planétaires (#1, #2, #3) et aux impacts sociaux de la consommation du Grand Genève (#14) devraient être suivis régulièrement à l'aide de cet outil.

Compte-tenu du rôle central du baromètre de la transition écologique pour mesurer les résultats du plan d'actions pour la transition écologique du Grand Genève et au regard des éléments méthodologiques présentés ci-dessus, il semble nécessaire que l'agglomération se dote d'un **organe scientifique et technique responsable du monitoring des indicateurs de transition écologique** (de niveaux N1 et N2). Sur le modèle du Cercle des Indicateurs en Suisse, une commission d'expert·e·s régulièrement réunie pourrait porter les missions suivantes :

- Coordination du monitoring régulier des indicateurs dont les données sont disponibles, en partenariat renforcé avec l'Observatoire Statistique Transfrontalier (OST) et les offices statistiques nationaux si nécessaire (OCSTAT, INSEE)
- Formulation du cahier des charges et suivi des projets de recherche associés aux indicateurs dont les données sont à produire (indicateurs #6, #10, #12, #13, #14)
- Evaluation critique régulière du set d'indicateurs de transition écologique (niveau 1) et son articulation avec les indicateurs de niveau 2.
- Eventuelles modifications des indicateurs de niveau N2 en fonction de l'évolution du contexte socio-économique, politique et environnemental, à long terme

Cette commission pourrait être composée de chercheur·euse·s volontaires et de technicien·ne·s/statisticien·ne·s du Grand Genève.

¹⁴⁰ Utopies et Metabolic, « Diagnostic du métabolisme économique du Grand Genève ».

6. CONCLUSION & PERSPECTIVES

Le *Donut* du Grand Genève incarne la définition partagée de la transition écologique sur le territoire du Grand Genève et constitue, pour l'agglomération transfrontalière, à la fois une *boussole* et un *baromètre* :

- Une *boussole* car, en s'appuyant sur la *théorie du donut*, la stratégie de transition écologique montre la direction à emprunter collectivement sur le territoire. Elle ne néglige pas les impératifs sociaux, mais les intègre au cœur de ses ambitions, tout en prenant acte des limites physiques qu'il faut impérativement respecter afin de faire perdurer des conditions de vie décentes pour l'humanité.
- Le *Donut* est également un *baromètre* car, avec son set de 14 indicateurs, c'est un outil visant à rappeler à chacun-e la hauteur des défis écologiques et sociaux qui attendent – dès aujourd'hui - le Grand Genève et le monde entier. Le suivi de son évolution au cours de temps, jusqu'en 2050, permettra de s'assurer que le territoire est sur le *chemin* qui le mène vers l'*espace juste et sûr* placé entre le plafond écologique et le plancher social.

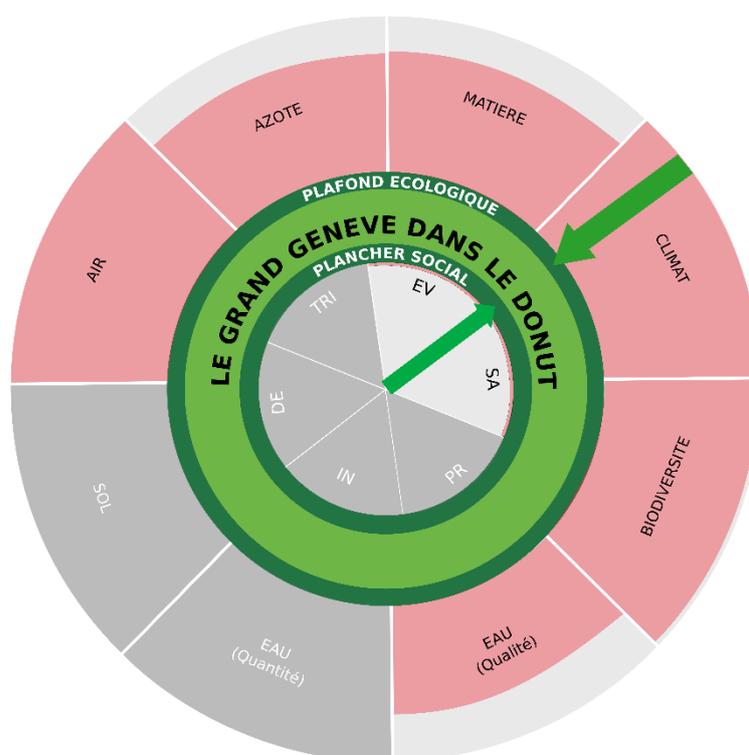


Figure 22 : Le Donut en tant que boussole et baromètre de la transition dans le territoire du Grand Genève

Pour réussir la transition écologique dans le territoire du Grand Genève, à savoir respecter les limites planétaires tout en garantissant la satisfaction des besoins humains fondamentaux de chaque habitant-e du territoire, chaque objectif de transition écologique est précieux et devrait être traité avec la grande attention.

Le *Donut* du Grand Genève – décrit dans le présent rapport - est à disposition de tou.te.s les acteur.ice.s du territoire – issu.e.s de la société civile, du monde politique et économique – pour inventer le Grand Genève de demain et joindre leurs efforts pour se diriger, le plus rapidement possible, vers le *Donut*.

7. BIBLIOGRAPHIE

- Aid Observatoire. « Enquête de consommation dans le Grand Genève », juin 2019.
- Atta, Cécile, Claire Maréchal, et Sergio Perelman. « Les indicateurs d'inclusion sociale : où est la Wallonie aujourd'hui ? » *Reflets et perspectives de la vie économique*, n° 1 (30 mars 2009): 199-209.
- BAFU. « Hydro-CH2018 Hydrologische Szenarien für die Schweiz ». Berne, Suisse, 2021.
- Benz, Pierre, Judith Kühr, et Felix Bühlmann. « Trajectoires de pauvreté dans le canton de Vaud : une analyse du Panel suisse de ménages Vaud », octobre 2020.
- Bureau Burgeap, et Bureau Monecco. « Cahier n°18-22, Bilan des émissions de gaz à effet de serre du Grand Genève ». Grand Genève, 2015.
- Canton de Vaud. « Qualité des sols et séquestration de carbone organique Synthèse des études et recommandations pour le Plan climat vaudois ». Lausanne, 17 février 2021.
- . « Rapport social vaudois 2017 ». Canton de Vaud, septembre 2017. http://www.publidoc.vd.ch/guestDownload/direct/Rapport_social_Version_en_ligne.pdf?path=/Company%20Home/VD/CHANC/SIEL/antilope/objet/CE/Communiqu%C3%A9%20de%20presse/2017/08/637766_Rapport_social_Version_en_ligne_20170831_1347262.pdf.
- CIPEL. « Tableau de bord technique 2020, Plan d'action 2011-2020 », 2020. <https://www.cipel.org/wp-content/uploads/2021/06/tb-cipel-2020.pdf>.
- Cordillot, Francis, et Gregor Klaus. « Espèces menacées en Suisse. Synthèse listes rouges état 2010 ». Etat de l'environnement. Berne, Suisse: OFEV, 2011.
- Dao, Quoc-Hy, Pascal Peduzzi, Bruno Chatenoux, Andréa De Bono, Stefan Schwarzer, et Damien Friot. « Environmental Limits and Swiss Footprints Based on Planetary Boundaries », 2015. <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:74873>.
- DEAL, Biomimicry 3.8, C40 Cities, et Circle Economy. « Creating City Portraits, A methodological guide from The Thriving Cities Initiative ». Oxford, 2020.
- . « The Amsterdam city doughnut, a tool for transformative action ». Amsterdam, 2020.
- Debarbieux, Bernard, et Véronique Stein. « Cahier n°10-2, Aspirations résidentielles des ménages à l'échelle de l'agglomération franco-valdo-genevoise : synthèse des études et travaux ». Grand Genève, novembre 2008.
- Deroyon, Thomas. « En 2020, l'espérance de vie sans incapacité à 65 ans est de 12,1 ans pour les femmes et de 10,6 ans pour les hommes ». Etudes & Résultats. DREES, octobre 2021. <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/sites/default/files/2021-10/ER1213.pdf>.
- Doyal, Len, et Ian Gough. *A Theory of Human Need*. I. Red Globe Press London, 1991. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-349-21500-3>.
- . « A Theory of Human Needs ». *Critical Social Policy* 4, n° 10 (1 juin 1984): 6-38. <https://doi.org/10.1177/026101838400401002>.
- European Environment Agency EEA, et Federal Office for the Environment FOEN. « Is Europe living within the limits of our planet? », *Environmental miscellanea*, n° 01/2020 (2020): 68. <https://doi.org/10.2800/890673>.
- EuroStat. « Glossary:Healthy Life Years (HLY) ». Consulté le 22 décembre 2021. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Healthy_life_years_\(HLY\)](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Healthy_life_years_(HLY)).
- . « Glossary:Sullivan method - Statistics Explained ». Consulté le 22 décembre 2021. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Sullivan_method.
- Fanning, Andrew L., Daniel W. O'Neill, Jason Hickel, et Nicolas Roux. « The Social Shortfall and Ecological Overshoot of Nations ». *Nature Sustainability*, 18 novembre 2021, 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00799-z>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. *World Fertilizer Trends and Outlook to 2022*, 2019.
- Fourcade, Nathalie, Franck von Lenep, et Isabelle Grémy. « L'état de santé de la population en France - Rapport 2017 ». DRESS, 2017.
- Frischknecht, Rolf, Carsten Nathani, et Philippe Stolz. « Environmentally Extended Input-Output Table for Switzerland 2008 - Biodiversity Damage Potential Due to Land Use (Biodiversity Footprint) ». OFEN, 2015.
- Gaille, Marie. *Santé et environnement*. Presses Universitaires de France, 2018. <https://doi.org/10.3917/puf.gaill.2018.01>.
- « GE-21 - Biodiversité - Services écosystémiques - Bien-être - Genève :: Identification de l'infrastructure écologique du bassin genevois ». Consulté le 22 décembre 2021. <https://ge21.ch/index.php/portfolio/infrastruct-ecolo-geneve>.
- Gough, Ian. « Climate change and sustainable welfare: the centrality of human needs ». *Cambridge Journal of Economics* 39, n° 5 (1 septembre 2015): 1191-1214. <https://doi.org/10.1093/cje/bev039>.
- Honeck, Erica Cristine. « Implementing Green Infrastructure: Integrating Biodiversity, Connectivity,

- and Ecosystem Services into Landscape Planning Decisions in the Geneva Region ». University of Geneva, 2020. <https://doi.org/10.13097/archive-ouverte/unige:147893>.
- Honeck, Erica, Arthur Sanguet, Martin A. Schlaepfer, Nicolas Wyler, et Anthony Lehmann. « Methods for Identifying Green Infrastructure ». *SN Applied Sciences* 2, n° 11 (28 octobre 2020): 1916. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03575-4>.
- « Infrastructure écologique genevoise et transfrontalière (Bassin genevois) IE-GE/BG - Rapport final ». OCAN, novembre 2020. https://ge21.ch/application/files/1616/0612/3764/Rapport_IE_GE_OFEV.pdf.
- IPCC. « Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change », 2021. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>.
- Johannes, Alice, Adrien Matter, Rainer Schulin, Peter Weisskopf, Philippe C. Baveye, et Pascal Boivin, éd. « Optimal Organic Carbon Values for Soil Structure Quality of Arable Soils: Does Clay Content Matter? » *Geoderma* 302 (2017): 14-21.
- « Les nouvelles lignes directrices mondiales de l'OMS sur la qualité de l'air visent à éviter des millions de décès dus à la pollution atmosphérique ». Consulté le 22 décembre 2021. <https://www.who.int/fr/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution>.
- « L'essentiel sur... la pauvreté | Insee ». Consulté le 23 décembre 2021. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/5759045>.
- notre-environnement.gouv.fr. « Limites planétaires ». Consulté le 13 décembre 2021. <https://www.notre-environnement.gouv.fr/themes/societe/article/limites-planetaires>.
- « L'infrastructure écologique ». Consulté le 22 décembre 2021. <https://storymaps.arcgis.com/stories/79cedcd51f4f410b8045817ab48e2c30>.
- Lu, Chaoqun, et Hanqin Tian. « Global Nitrogen and Phosphorus Fertilizer Use for Agriculture Production in the Past Half Century: Shifted Hot Spots and Nutrient Imbalance », 2017, 12.
- Maxim, Laura, Joachim H. Spangenberg, et Martin O'Connor. « An Analysis of Risks for Biodiversity under the DPSIR Framework ». *Ecological Economics*, The DPSIR framework for Biodiversity Assessment, 69, n° 1 (15 novembre 2009): 12-23. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.03.017>.
- Max-Neef, Manfred. *Human scale development : conception, application and further reflections*. The Apex Press. New-York, 1991. <https://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:340489>.
- Merino-Saum, A., P. Halla, V. Superti, A. Boesch, et C. R. Binder. « Indicators for Urban Sustainability: Key Lessons from a Systematic Analysis of 67 Measurement Initiatives ». *Ecological Indicators* 119 (1 décembre 2020): 106879. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106879>.
- Modul Stufen Konzept. « Modul Stufen Konzept ». Consulté le 22 décembre 2021. <https://modul-stufen-konzept.ch/fr/modul-stufen-konzept/>.
- Muxel, Anne. « Abstention : défaillance citoyenne ou expression démocratique ? » Cahiers du conseil constitutionnel. Conseil constitutionnel, février 2008. <https://www.conseil-constitutionnel.fr/nouveaux-cahiers-du-conseil-constitutionnel/abstention-defaillance-citoyenne-ou-expression-democratique>.
- National Centre for Climate Services. *2021 : Eaux suisses et changements climatiques*. NCCS., 2021.
- NCCS, et OFEV. « Scénarios hydrologiques Hydro-CH2018. Eaux suisses et changements climatiques », s. d.
- Ness, Barry, Stefan Anderberg, et Lennart Olsson. « Structuring Problems in Sustainability Science: The Multi-Level DPSIR Framework ». *Geoforum* 41, n° 3 (1 mai 2010): 479-88. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2009.12.005>.
- Nick, Sascha, et Philippe Thalmann. « Carbon Removal, Net Zero, and Implications for Switzerland », 2021, 28.
- Nussbaum, Martha. *Capabilités, comment créer les conditions d'un monde plus juste ?* Flammarion., 2012.
- Observatoire Statistique Transfrontalier (OST). « Synthèse 2019 », 2019.
- Oehri, Olivier, Maximilian Horster, Christoph Dreher, Frederik Fodge, Alexandra Frank, Christoph Jochum, et Viola Lutz. « Risque carbone pour la place financière suisse - Résumé ». Zurich/Vaduz: Office fédéral de l'environnement, Center for Social and Sustainable Products, septembre 2015.
- OFEV. « Effets des changements climatiques sur les eaux suisses. Hydrologie, écologie et gestion des eaux ». Connaissance de l'environnement. Berne, Suisse: Office fédéral de l'environnement, 2021.
- Office cantonal de la Statistique (OCSTAT). « Des fortunes très diverses pour les contribuables genevois ». Coup d'oeil, octobre 2010. https://www.ge.ch/statistique/tel/publications/2010/analyses/coup_doeil/an-co-2010-46.pdf.

- OFS. « Etat de santé autoévalué ». Consulté le 23 décembre 2021. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiken/querschnittsthemen/wohlfahrtsmessung/indikatoren/gesundheitszustand.html>.
- . « Les familles en Suisse - Rapport statistique 2021 ». Neuchâtel, Suisse, mai 2021.
- . « Santé ». Statistique de proche 2020. Neuchâtel, Suisse, 2021. <https://www.swissstats.bfs.admin.ch/collection/ch.admin.bfs.swissstat.fr.issue211415412000/article/issue211415412000-01>.
- Oita, Azusa, Arunima Malik, Keiichiro Kanemoto, Arne Geschke, Shota Nishijima, et Manfred Lenzen. « Substantial Nitrogen Pollution Embedded in International Trade ». *Nature Geoscience* 9, n° 2 (février 2016): 111-15. <https://doi.org/10.1038/ngeo2635>.
- O'Neill, Daniel W., Andrew L. Fanning, William F. Lamb, et Julia K. Steinberger. « A Good Life for All within Planetary Boundaries ». *Nature Sustainability* 1, n° 2 (février 2018): 88-95. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0021-4>.
- . « A Good Life for All within Planetary Boundaries - Supplementary Information ». *Nature Sustainability* 1, n° 2 (février 2018): 88-95. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0021-4>.
- Organisation internationale du travail, Organisation de coopération et de développement économiques, Organisation internationale pour les migrations, et Fonds des Nations Unies pour l'enfance. *Mettre fin au travail des enfants, au travail forcé et à la traite des êtres humains dans les chaînes d'approvisionnement mondiales*, 2019.
- OST, et OCSTAT. « Précarité dans l'Espace transfrontalier genevois », janvier 2013.
- Persson, Linn, Bethanie M. Carney Almoth, Christopher D. Collins, Sarah Cornell, Cynthia A. de Wit, Miriam L. Diamond, Peter Fantke, et al. « Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities ». *Environmental Science & Technology*, 18 janvier 2022. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04158>.
- Philippot, Lorette, Alexandre Poidatz, Juliette Renaud, Yann Louvel, Cécile Duflot, Caroline Prak, et Nicolas Vercken. « La colossale empreinte carbone des banques : une affaire d'Etat ». Les Amis de la Terre / OXFAM, 2019. <https://www.oxfamfrance.org/wp-content/uploads/2019/11/Rapport-La-colossale-empreinte-carbone-des-banques-fran%C3%A7aises.pdf>.
- Pointet, Abram, et Louca Lerch. « Cahier n°19-4, Projections de population et d'emplois pour le Grand Genève - Projet d'agglomération de quatrième génération (PA4) ». Grand Genève, juillet 2021.
- Raworth, Kate. *La théorie du donut : l'économie de demain en 7 principes*. Plon. Paris, 2018.
- Rockstrom, Johan, Will Steffen, Kevin Noone, Asa Persson, F. Stuart Chapin, Eric F. Lambin, Timothy M. Lenton, et al. « A Safe Operating Space for Humanity: Identifying and Quantifying Planetary Boundaries That Must Not Be Transgressed Could Help Prevent Human Activities from Causing Unacceptable Environmental Change, Argue Johan Rockstrom and Colleagues ». *Nature* 461, n° 7263 (24 septembre 2009): 472-76.
- SSP. « Enquête pratiques culturelles en grandes cultures et prairies 2017- Principaux résultats ». agreste Chiffres & Données, octobre 2020. https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/Chd2009/cd2020-9%20PK%20_GC2017b.pdf.
- Steffen, Will, Katherine Richardson, Johan Rockström, Sarah Cornell, Ingo Fetzer, Elena Bennett, Reinette Biggs, et al. « Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet ». *Science*, 24 janvier 2015. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>.
- The Economist Intelligence Unit. « Democracy Index 2020 - In sickness and in health? », 2021.
- UICN Comité Français. *Guide pratique pour la réalisation de Listes rouges régionales des espèces menacées - Méthodologie de l'UICN & démarche d'élaboration. Seconde édition*. Paris, France, 2018. <https://uicn.fr/wp-content/uploads/2018/04/guide-pratique-listes-rouges-regionales-especes-menacees.pdf>.
- UICN Comité Français, et MNHN. « La liste rouge des espèces menacées en France ». Paris, France, 2020. <https://uicn.fr/wp-content/uploads/2020/09/resultats-synthetiques-liste-rouge-france.pdf>.
- UNEP. « International Resource Panel's Global Material Flows Database ». Consulté le 20 décembre 2021. <https://www.resourcepanel.org/global-material-flows-database>.
- Utopies, et Metabolic. « Diagnostic du métabolisme économique du Grand Genève », juin 2021.
- Wang-Erlandsson, Lan, Arne Tobian, Ruud J. van der Ent, Ingo Fetzer, Sofie te Wierik, Miina Porkka, Arie Staal, et al. « A Planetary Boundary for Green Water ». *Nature Reviews Earth & Environment*, 26 avril 2022, 1-13. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00287-8>.
- World Health Organization. Regional Office for Europe. « Health Promotion : A Discussion Document on the Concept and Principles : Summary Report of the Working Group on Concept and Principles of Health Promotion, Copenhagen, 9-13 July 1984 ». Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 1984. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/107835>.

8. ANNEXES

8.1. Expert.e-s consulté.e-s par thématique

Objectif	Expert.e consulté.e
Objectif 1 : Limites planétaires	Hy Dao (UNEP, UniGe)
Objectif 2 : Neutralité carbone	
Objectif 3 : Biodiversité locale	Antoine Guisan (Unil), Anthony Lehmann (UniGe)
Objectif 4 : Eau	Nathalie Chèvre (Unil)
Objectif 5 : Sol	Stéphanie Grand (Unil), Pascal Boivin (Hepia)
Objectif 6 : Air	Guillaume Brulfert (ATMO Auvergne-Rhône-Alpes)
Objectif 7 : Santé	Nicolas Senn (UniSanté)
Objectif 8 : Capacité	Clémentine Rossier (UniGe) ; Louca Lerch (Etat de Genève) ; Matti Langel et Ivan DeCarlo (OTS et OCSTAT)
Objectif 9 : Inclusion	François Wuarin (Hospice Générale) ; Clémentine Rossier (UniGe) ; Dario Spini (Unil)
	Yannis Papadopoulos et Michael Strebel (Unil) ; Pascal Sciarini (UniGe)
Objectif 10 : Bien-être mondial	-

Tableau 6 : Expert.e-s consultés pour la production du set d'indicateurs du Donut du Grand Genève

Avec l'aimable contribution d'expert.e-s et technicien-ne-s du territoire, qui ont participé à la sélection de tous les indicateurs de transition écologique : Albert Mérino-Saum, Louca Lerch, Pierre Valty, Aurélien Boutaud, Hervé Villard et les mandataires du Programme d'actions politique du projet PACTE.

Les expert.e-s et technicien-ne-s mentionnés dans le Tableau 6 ci-dessus ne sont pas responsables des choix définitifs opérés par les mandataires, ni des calculs et avis présentés dans le présent rapport.

8.2. Méthode de calcul de l'état actuel des indicateurs

Cette annexe contient les détails des différents calcul relatifs aux indicateurs de transition écologique, ainsi que les éventuels détails méthodologiques relatifs au futur suivi des indicateurs.

8.2.1. Hypothèses démographiques

Les différents calculs réalisés pour quantifier les indicateurs de transition écologique, dont les résultats sont présentés dans la section 4.1 du présent document, sont basés sur des hypothèses démographiques actuelles et prospectives.

Le dernier recensement officiel de la population du Grand Genève date de 2017 et constitue le socle de l'étude prospective sur l'évolution démographique du Grand Genève (ci-après nommé « cahier 19.4 »), publiée en 2021 dans le cadre du 4^{ème} Projet d'Agglomération du Grand Genève¹⁴¹. Les projections réalisées par cette étude constitue une base extrapolée entre 2008 et 2050, par les mandataires du présent rapport.

Légende Estimation du Cahier 19.4 Estimation linéaire Estimation en utilisant la part calculée en 2018

Effectif	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Grand Genève	884 560	898 711	912 862	927 013	941 164	955 315	969 467	983 618	997 769	1 011 920	1 026 071	1 040 222	1 054 373	1 068 525	1 082 676
Ain	95 761	98 112	100 463	102 814	105 165	107 516	109 867	112 218	114 569	116 920	119 271	121 622	123 973	126 324	128 675
Haute-Savoie	239 994	246 351	252 707	259 064	265 420	271 777	278 133	284 490	290 846	297 203	303 560	309 916	316 273	322 629	328 986
District de Nyon	79 088	80 977	82 867	84 756	86 646	88 535	90 425	92 314	94 204	96 093	97 982	99 872	101 761	103 651	105 540
Effectif	452 375	456 967	461 559	466 152	470 744	475 336	479 929	484 521	489 114	493 706	498 298	502 891	507 483	512 076	516 668
CC Pays de Gex	78 055	79 971	81 888	83 804	85 720	87 637	89 553	91 469	93 385	95 302	97 218	99 134	101 051	102 967	104 883
CC Pays Bellegardien	17 706	18 141	18 575	19 010	19 445	19 879	20 314	20 749	21 184	21 618	22 053	22 488	22 922	23 357	23 792
CC Arves et Salève	15 858	16 278	16 698	17 118	17 538	17 958	18 378	18 798	19 218	19 638	20 058	20 478	20 898	21 318	21 738
CC Pays Rochois	22 324	22 915	23 506	24 097	24 689	25 280	25 871	26 462	27 054	27 645	28 236	28 828	29 419	30 010	30 601
CC Faucigny-Glières	21 627	22 200	22 773	23 345	23 918	24 491	25 064	25 637	26 209	26 782	27 355	27 928	28 501	29 074	29 646
CC Genevois	37 605	38 601	39 597	40 593	41 589	42 585	43 581	44 577	45 573	46 569	47 565	48 561	49 557	50 553	51 549
CA Annemasse Agglo	71 958	73 864	75 770	77 676	79 582	81 488	83 394	85 299	87 205	89 111	91 017	92 923	94 829	96 735	98 641
CA Thonon Agglo	70 623	72 493	74 364	76 235	78 105	79 976	81 846	83 717	85 587	87 458	89 328	91 199	93 069	94 940	96 810

Effectif	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040	2045	2050
Grand Genève	1 096 827	1 110 978	1 125 129	1 139 280	1 153 432	1 167 583	1 181 734	1 195 885	1 263 197	1 330 508	1 397 820	1 465 131
Ain	131 026	133 377	135 728	138 079	140 430	142 781	145 132	147 483	159 671	171 858	184 046	196 233
Haute-Savoie	335 342	341 699	348 055	354 412	360 768	367 125	373 481	379 838	406 765	433 691	460 618	487 544
District de Nyon	107 430	109 319	111 209	113 098	114 988	116 877	118 767	120 656	128 791	136 925	145 060	153 194
Effectif	521 260	525 853	530 445	535 037	539 630	544 222	548 815	553 407	573 015	592 623	612 231	631 839
CC Pays de Gex	106 800	108 716	110 632	112 548	114 465	116 381	118 297	120 214	130 148	140 082	150 016	159 950
CC Pays Bellegardien	24 226	24 661	25 096	25 531	25 965	26 400	26 835	27 269	29 523	31 776	34 030	36 283
CC Arves et Salève	22 158	22 578	22 998	23 418	23 838	24 258	24 678	25 098	26 877	28 656	30 436	32 215
CC Pays Rochois	31 193	31 784	32 375	32 966	33 558	34 149	34 740	35 331	37 836	40 341	42 845	45 350
CC Faucigny-Glières	30 219	30 792	31 365	31 938	32 510	33 083	33 656	34 229	36 655	39 082	41 508	43 935
CC Genevois	52 545	53 541	54 537	55 533	56 529	57 525	58 521	59 517	63 736	67 955	72 175	76 394
CA Annemasse Agglo	100 547	102 452	104 358	106 264	108 170	110 076	111 982	113 888	121 961	130 035	138 108	146 182
CA Thonon Agglo	98 681	100 551	102 422	104 293	106 163	108 034	109 904	111 775	119 698	127 622	135 546	143 469

Tableau 7 : Données démographiques utilisées dans ce rapport. Les cases en bleu sont issues des projections de population pour le scénario « Tendanciel » dans le cahier 19.4 du Grand Genève. À partir de ces projections, les mandataires ont estimé (en orange) la population au sein du Grand Genève entre 2008 et 2050. La répartition de la population du Grand Genève entre les différents territoires français qui le composent est basée sur les chiffres de 2018 de l'INSEE. Est estimée (en rose) la population de chacune de ces communautés de communes ou d'agglomérations entre 2008 et 2050.

Le cahier 19.4 propose deux scénarios de projection démographique dans le Grand Genève : « Tendanciel » et « Planification PA4 ». Selon le cahier 19.4, le scénario Tendanciel « repose sur les projections démographiques selon le scénario II (OST 2016) qui anticipe une relative diffusion du solde migratoire dans les 4 territoires dans un contexte d'évolution favorable de l'économie. Sur le plan de la spatialisation de la croissance, ce scénario considère les tendances d'évolution observées par le passé en intégrant uniquement les mesures du PA3 qui sont réalisées ou en cours de réalisation et un taux limité de réalisation des projets urbains d'envergure. Ceci s'exprime par une diffusion soutenue de la population et des emplois dans le territoire et un étalement plus conséquent. »¹⁴²

En outre, le scénario Planification PA4 « repose sur les projections démographiques selon le scénario I (OST 2016) qui anticipe une relative concentration du solde migratoire sur le territoire du

¹⁴¹ Pointet et Lerch, « Cahier n°19-4, Projections de population et d'emplois pour le Grand Genève - Projet d'agglomération de quatrième génération (PA4) ».

¹⁴² Pointet et Lerch.

canton de Genève et ce, toujours dans un contexte d'évolution favorable de l'économie. Ce scénario intègre la réalisation des mesures de planification du PA3 et leurs effets sur les territoires, notamment au travers de la réalisation des projets urbains d'envergure. »¹⁴³

Le plan Climat du canton de Genève ayant mobilisé le scénario dit *Tendancier*, ce même scénario a été choisi pour guider les objectifs de transition écologique du Grand Genève. Les projections de la population du Grand Genève en 2017, 2030 et 2040 sont ainsi renseignées dans les cases bleues du Tableau 7

Pour extrapoler les données issues du cahier 19.4, l'accroissement annuel de la population a été calculé suivant les données issues du Scénario tendance. Le taux de croissance démographique ainsi obtenu a été appliqué à la période 2018 et 2029 en considérant que la population évoluera de manière linéaire sur cette période ; puis sur la période 2008-2016. De même, un accroissement de population a été calculé pour la période 2031 – 2039 à partir des données de 2030 et 2040. Une extrapolation a enfin été opérée pour estimer la population entre 2041 et 2050. Ces données sont présentées dans les cases orange du tableau. Elles n'ont pas vocation à correspondre aux données réellement mesurées sur cette période ; mais servent de base commune et cohérente de calcul.

Enfin, la part de la population des différentes communautés de communes et agglomération dans l'effectif total de l'Ain Grand Genevois et de la Haute-Savoie Grand Genevoise est estimée en fonction des chiffres de 2018 de l'INSEE. Cette méthode prend pour hypothèse que la proportion de la population des communes du Grand Genève dans les départements de l'Ain et de la Haute-Savoie reste sensiblement la même sur la période 2008-2050. Cette hypothèse n'est pas conforme au scénario dit *Planification PA4* mais s'approche de la logique du scénario *Tendancier*.

8.2.2. Empreinte azote

La construction de l'indicateur relatif au cycle Azote-Phosphore est issue d'une revue de littérature scientifique intégrant les articles les plus récents et reconnus ayant estimé l'état de l'empreinte azote dans le monde, en Europe ou en Suisse, relativement à un seuil global :

- L'article de O'Neill *et al.*, publié en 2018, "A good life for all within planetary boundaries" indique l'empreinte azote nationale de la France et de la Suisse ; au regard des limites planétaires¹⁴⁴.
- Cet article se base sur plusieurs études antérieures, dont la publication du Stockholm Resilience Center évaluant pour la première fois les limites planétaires (Rockstrom *et al.*, 2009)¹⁴⁵ et Steffen *et al.* (2015), « Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet »¹⁴⁶.
- L'article de Dao *et al.*, publié en 2015, évalue l'état des limites planétaires en Suisse¹⁴⁷
- L'article co-publié par l'Agence Européenne de l'Environnement et l'OFEV en Suisse, « Is Europe living within the limits of our planet? », est l'article le plus récent sur les limites planétaires en Europe¹⁴⁸.
- Deux articles scientifiques supplémentaires contribuent à compléter la revue de littérature : l'article de Oita *et al.*, « Substantial nitrogen pollution embedded in international trade » publié en 2016¹⁴⁹ et l'article de Lu *et al.*, « Substantial nitrogen pollution embedded in international trade » publié en 2017¹⁵⁰.

¹⁴³ Pointet et Lerch.

¹⁴⁴ O'Neill *et al.*, « A Good Life for All within Planetary Boundaries ».

¹⁴⁵ Rockstrom *et al.*, « A Safe Operating Space for Humanity ».

¹⁴⁶ Steffen *et al.*, « Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet ».

¹⁴⁷ Dao *et al.*, « Environmental Limits and Swiss Footprints Based on Planetary Boundaries ».

¹⁴⁸ European Environment Agency EEA et Federal Office for the Environment FOEN, « Is Europe living within the limits of our planet? »

¹⁴⁹ Oita *et al.*, « Substantial Nitrogen Pollution Embedded in International Trade ».

¹⁵⁰ Lu *et al.*, « Global Nitrogen and Phosphorus Fertilizer Use for Agriculture Production in the Past Half Century: Shifted Hot Spots and Nutrient Imbalance ».

- Le rapport de Utopies et Metabolics, publié en 2021 dans le cadre du projet PACTE, évalue également l'empreinte azote du Grand Genève¹⁵¹.

Certains articles susmentionnés utilisent l'indicateur relatif à l'azote fixé intentionnellement, et non les *pertes d'azote*. Cet indicateur n'ayant pas été sélectionné pour le set d'indicateurs de transition écologique du Grand Genève, les calculs réalisés concernant l'azote fixé intentionnellement ne seront pas détaillés dans la présente annexe.

L'état actuel de l'indicateur #1 dans le Grand Genève est estimé sur la base des publications de l'EEA et OFEN (2020) et de Dao et al. (2015).

L'EEA (2020) utilise la base de données Exiobase 3.4 pour définir l'état actuel de l'indicateur #1. Les chercheurs ont compilé les chiffres de deux catégories de la base de données : « *nitrogen from agriculture to water* » et « *NH₃ from agriculture to air* » ; pour être compatibles avec leur variable de contrôle relative aux pertes d'azote issues de l'agriculture. Un facteur de conversion a été appliqué aux chiffres relatifs au NH₃ émis dans l'air, conformément à la méthode du cycle de vie ReCiPe (Huibregts et al., 2016)¹⁵². Les résultats pour l'Union Européenne en 2011 sont les suivants : 6,8 Tg N/an, soit 11,4 kg N/cap/an. Les pertes d'azote en Europe sont liées à plus de 85% à l'azote dilué dans l'eau. Le NH₃ relâché dans l'air en raison des activités agricole représente donc environ 15% de l'empreinte calculée. A titre de comparaison, l'empreinte azote mondiale (en perte d'azote liée à l'agriculture) était, en 2011, de 49,3 Tg N/an, soit 7 kg N/cap/an.

Dao et al. estiment quant à eux les pertes d'azote en Suisse à 13,7 kg par habitant et par an¹⁵³.

Pour calculer l'état actuel du Grand Genève en matière de perte d'azote, en produisant une donnée comparable à la variable de contrôle de 28,3 Tg N/an utilisée par l'EEA, il faudrait avoir accès aux données détaillées de la base de données Exiobase 3.4 et effectuer la somme des indicateurs « *nitrogen from agriculture to water* » et « *NH₃ from agriculture to air* » selon les données territoriales disponibles dans le Grand Genève. La valeur du « *NH₃ from agriculture to air* » devrait être pondérée selon la méthode ReCiPe de Huibregts et al. (2016) ; afin de se conformer à la méthode de l'EEA.

L'analyse Input-Output réalisée par Utopies et Metabolics sur le Grand Genève propose cet exercice basé sur Exiobase 3.4. Néanmoins, comme évoqué dans l'annexe 3.4 du diagnostic¹⁵⁴, « 35 indicateurs d'impacts de l'azote provenant de la base de données Exiobase et ayant une étiquette avec les composants chimiques N, N₂O, NO_x, NH₃ » ont été agrégés. L'empreinte azote totale du Grand Genève ainsi obtenue est de 0,16 Tg N/an, soit 175 kg N/an/habitant (en divisant 0,16Tg par la population du Grand Genève en 2011). Cette donnée qui couvre néanmoins un périmètre d'analyse qui dépasse largement celui de l'agriculture. Si les valeurs absolues extraites de cette analyse sont utiles pour connaître les secteurs à forte empreinte azotée dans le Grand Genève, elles ne sont pas comparables à la variable de contrôle sélectionnée par les auteurs : 28 Tg N/an dans le monde. En effet, cette variable utilisée par l'EEA, ne comprend que les pertes d'azote dans l'agriculture (soit deux indicateurs de la base Exiobase 3.4 : « *nitrogen from agriculture to water* » et « *NH₃ from agriculture to air* »). De plus, les auteurs ne précisent pas si les valeurs de l'indicateur « *NH₃ from agriculture to air* » ont été pondérées selon la méthode ReCiPe de Huibregts et al. (2016) ; tel que le préconise l'EEA. En conclusion, l'empreinte azote obtenue par Metabolic et Utopies n'est probablement pas comparable au budget alloué au Grand Genève dans cette même étude car le périmètre d'analyse semble différer. Il en résulte une surestimation de la hauteur de la marche entre l'état actuel et la valeur seuil. Tandis que l'étude de Metabolic (2021) suggère une réduction nécessaire des émissions d'azote agricole d'un **facteur 43**, l'étude de l'EEA (2021) suggère une réduction de ces mêmes émissions par un **facteur 3** en Europe et Dao et al. (2015) préconise une réduction de ces émissions par un **facteur 2 en Suisse**.

¹⁵¹ Utopies et Metabolic, « Diagnostic du métabolisme économique du Grand Genève ».

¹⁵² European Environment Agency EEA et Federal Office for the Environment FOEN, « Is Europe living within the limits of our planet? »

¹⁵³ Dao et al., « Environmental Limits and Swiss Footprints Based on Planetary Boundaries ».

¹⁵⁴ Utopies et Metabolic, « Diagnostic du métabolisme économique du Grand Genève ».

Suite ce constat et en l'absence de données détaillées issues d'Exiobase 3,4 pour le Grand Genève, les mandataires ont considéré que la valeur la plus fiable et récente des pertes en Azote dans le Grand Genève est comprise entre la moyenne européenne estimée à 11,4 kg N/an/personne (OFEN, 2021 ; Exiobase 3.4, 2011) et la moyenne Suisse estimée à 13,7 kg N/an/personne (Dao *et al.*, 2015 ; chiffres issus de l'OFEN).

Ce chiffre est sans doute sous-estimé car la France est en réalité un plus grand consommateur de fertilisant azoté par hectare que la Suisse. De plus, les données agglomérées ont une décennie environ. Sachant que la quantité d'azote consommée dans le monde n'a cessé d'augmenter (voir rapport de la FAO¹⁵⁵ et l'enquête sur les pratiques agricoles françaises¹⁵⁶), il serait nécessaire d'obtenir des données plus récentes.

8.2.3. Empreinte matérielle

L'état actuel de l'empreinte matérielle des habitant-e-s du Grand Genève a été évalué à partir de la littérature scientifique, elle-même fondée sur deux bases de données internationales mobilisées pour les études de flux économiques et environnementaux (EE-TES).

Plusieurs bases de données relatives à l'empreinte matérielle sont disponibles :

- la base de données Eora MRIO utilisée par O'Neill *et al.* (2018)¹⁵⁷, Fanning *et al.* (2021)¹⁵⁸ et par l'UNEP¹⁵⁹ (« *International Resource Panel's Global Material Flows Database* »)
- la base de données Exiobase utilisée par l'EEA /OFEN pour calculer les limites planétaires en Europe¹⁶⁰ et par Utopies et Metabolic pour leur analyse Inut-Output du Grand Genève¹⁶¹.

Les données annuelles par habitant-e sont obtenues en divisant l'empreinte matérielle nationale par le nombre d'habitant-e-s estimé pour l'année concernée. Les données nationales de la France et de la Suisse sont extraites directement des articles scientifiques (O'Neill *et al.* 2018, Fanning *et al.* 2021) puis sont pondérées en fonction du nombre d'habitant-e-s du Grand Genève du côté français et du côté suisse, au moment où la donnée a été mesurée. La moyenne pondérée sur le Grand Genève s'approche ainsi de la réalité sur le territoire pour l'année concernée. Pour connaître la population considérée dans le Grand Genève en 2008, 2011 et 2015, voir la section 8.2.1) du présent rapport.

Les données relatives à l'empreinte matérielle utilisées par O'Neill *et al.* en 2018 datent de 2008. Les valeurs moyennes obtenues pour le Grand Genève à partir des chiffres de O'Neill *et al.* et de Fanning *et al.* pour l'année 2008 sont équivalentes (environ 28 t/personne/an). Pour l'année 2011, Fanning *et al.* indiquent une valeur similaire à l'année 2008 – à savoir 26,7 t/personne/an – tandis que l'analyse par tableaux entrée-sortie du Grand Genève, menée par Utopies et Metabolic en 2020¹⁶², indique une empreinte matérielle moyenne de 20,6 tonnes par habitant par an dans le Grand Genève (dans une approche consommation, données sources et population 2011). Cette étude mobilise la base de données Exiobase 3.4, dont les données relatives à l'empreinte matérielle datent également de 2011. La différence constatée entre cette valeur et celles publiées dans la littérature scientifique récente¹⁶³ pour la même année 2011 est probablement due à des divergences méthodologiques dans le calcul de l'empreinte matérielle.

A titre informatif, aucune réduction significative de l'empreinte matérielle par personne, en France et en Suisse, n'est visible d'après les chiffres de l'UNEP/Eora MRIO Database (voir Figure 23 et Figure 24 et Figure). En l'état des connaissances actuelles, l'empreinte matérielle par habitant-e dans

¹⁵⁵ Food and Agriculture Organization of the United Nations, *World Fertilizer Trends and Outlook to 2022*.

¹⁵⁶ SSP, « Enquête pratiques culturales en grandes cultures et prairies 2017- Principaux résultats ».

¹⁵⁷ O'Neill *et al.*, « A Good Life for All within Planetary Boundaries ».

¹⁵⁸ Fanning *et al.*, « The Social Shortfall and Ecological Overshoot of Nations ».

¹⁵⁹ <https://www.resourcepanel.org/global-material-flows-database>

¹⁶⁰ European Environment Agency EEA et Federal Office for the Environment FOEN, « Is Europe living within the limits of our planet? »

¹⁶¹ Utopies et Metabolic, « Diagnostic du métabolisme économique du Grand Genève ».

¹⁶² Utopies et Metabolic.

¹⁶³ O'Neill *et al.*, « A Good Life for All within Planetary Boundaries »; O'Neill *et al.*

le Grand Genève est comprise **entre 21 et 27 tonnes par an**. Pour s'assurer de la comparabilité entre l'objectif défini pour 2050 et l'état actuel du Grand Genève, il est néanmoins méthodologiquement plus pertinent de comparer des variables qui ont déjà été comparées auparavant dans la littérature scientifique : O'Neill *et al.* (2018) et Fanning *et al.* (2021) comparent tous deux l'empreinte matérielle obtenu dans la base de données Eora avec la valeur seuil fixée par Dittrich *et al.* en 2012 – à savoir 5,1 tonne par personne et par an en 2050 (budget mondial de 50Gt partagé équitablement de 9,7 milliards de personnes). Dans ce contexte, et conformément aux données publiées par Fanning *et al.* en 2021, **l'empreinte matérielle moyenne par habitant et par an dans le Grand Genève est estimée à 27 tonnes** par les mandataires (donnée 2011).

Source	Base de données	Date données	Empreinte matérielle/hab. GG	Méthode de calcul
O'Neill <i>et al.</i> 2018	Eora MRIO, Wiedmann <i>et al.</i>	2008	28,0	Données nationales pondérées en fonction du nombre d'hab. en FR et en CH dans le GG en 2008
Fanning <i>et al.</i> 2021	Eora MRIO, UNEP	2008	28,2	Données nationales pondérées en fonction du nombre d'hab. en FR et en CH dans le GG en 2008
Utopies et Metabolic, 2021	Exiobase 3.4	2011	20,6	« empreinte des biens et services consommés par les ménages et les administrations publiques » ¹⁶⁴ , divisée par la population du Grand Genève en 2011
Fanning <i>et al.</i> 2021	Eora MRIO, UNEP	2011	26,7	Données nationales pondérées en fonction du nombre d'hab. en FR et en CH dans le GG en 2011
Fanning <i>et al.</i> 2021	Eora MRIO, UNEP	2015	27,7	Données nationales pondérées en fonction du nombre d'hab. en FR et en CH dans le GG en 2015

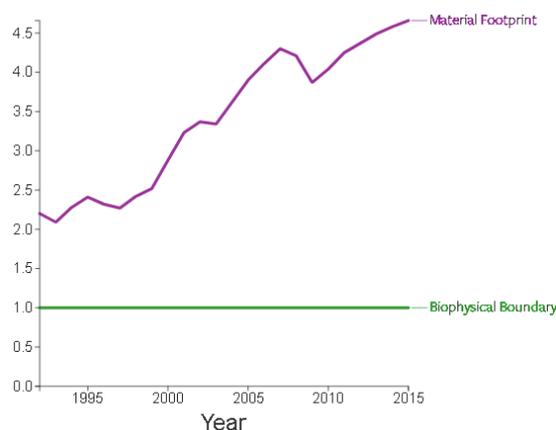


Figure 23 : Evolution de l'empreinte matérielle en Suisse, entre 1990 et 2015, d'après Fanning *et al.* (2021)

Source : <https://goodlife.leeds.ac.uk/national-trends/country-trends/#CHE>

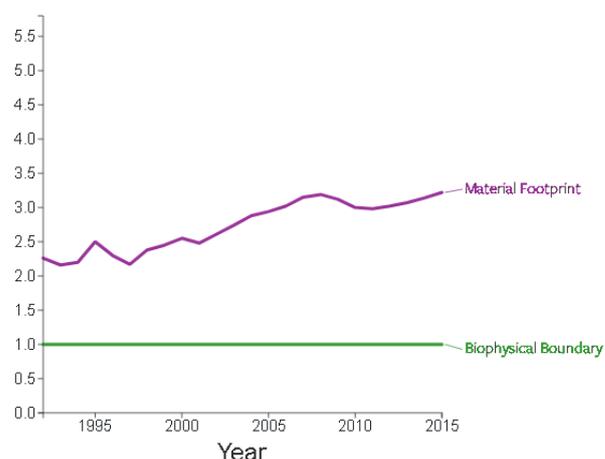


Figure 24 : Evolution de l'empreinte matérielle en France, entre 1990 et 2015, d'après Fanning *et al.* (2021)

Source : <https://goodlife.leeds.ac.uk/national-trends/country-trends/#FRA>

La valeur cible pour 2050 a été obtenue en divisant 50Gt (seuil global selon De Dittrich *et al.* 2010), par 9 735 034 000 personnes (population mondiale en 2050 selon les Nations Unies). La valeur

¹⁶⁴ Utopies et Metabolic, « Diagnostic du métabolisme économique du Grand Genève ».

obtenue (5,1 t/hab/an) est comprise dans la fourchette suggérée par Bringezu *et al.* (2019) mobilisée par Utopies et Metabolic en tant qu'empreinte matière soutenable en 2050 (3-6 tonnes/hab/an)¹⁶⁵.

8.2.4. Empreinte carbone

Calcul de l'état actuel du territoire

L'état actuel des émissions territoriales de gaz à effet de serre (Scope 1) a été réalisé en faisant la somme des inventaires territoriaux de gaz à effet de serre, obtenus dans les plans climat les plus récents.

Localité	Emissions territoriales (en t CO ₂ equ/hab/an)	Année	Population à l'année du bilan	Bilan carbone récent (en t CO ₂ equ)
Canton de Genève	4,5	2 012	470744	2118348
District de Nyon	5,5	2 015	86646	476553
CC Arve et Salève	6,3	2 015	18798	119000
CC Faucigny Glières	5,1	2 015	25637	130000
CC Genevois	5,2	2 015	44577	231000
CC Pays Bellegardien	7,2	2 015	20749	150000
CC Pays Rochois	6,0	2 015	26462	158000
CC Pays de Gex	7,0	2 015	91469	637000
CA Thonon Agglomération	4,1	2 015	83717	343000
CA Annemasse Agglomération	5,0	2 008	71958	360000
Total	5,02		940 757	4 722 901

Tableau 8 : Synthèse des émissions territoriales de gaz à effet de serre dans le Grand Genève.

La valeur des émissions territoriales dépend largement du périmètre de l'étude et de la comptabilisation de certains postes d'émissions. Par exemple, la part d'émissions dues au transport aérien dans le scope 1 est souvent, en partie au moins, négligée. Les mandataires ne garantissent pas que les postes d'émissions compris dans chaque inventaire renseigné dans le Tableau 8 soient rigoureusement identiques. Les émissions territoriales moyennes obtenues par cette méthode sont légèrement supérieures au Scope 1 évalué dans le Plan climat de Genève (4,5 tonnes/hab/an environ) et légèrement inférieures à l'estimation de Utopies et Metabolic obtenue par tableau entrées/sorties¹⁶⁶.

Par ailleurs, l'état de l'empreinte carbone (3 scopes) des habitant.e-s du Grand Genève est obtenue en comparant les données avancées dans le Tableau 9 ci-après.

Etude, date des données	Périmètre	Population concernée dans le Grand Genève	Empreinte carbone (3 scopes)

¹⁶⁵ Utopies et Metabolic.

¹⁶⁶ Utopies et Metabolic.

O'Neill <i>et al.</i> (2018), 2011	France	361 878	8,7
O'Neill <i>et al.</i> (2018), 2011	Suisse	550 908	13,2
O'Neill <i>et al.</i> (2018), 2011 - moyenne pondérée par habitant	Grand Genève	912 786	11,4
Bilan GES Grand Genève (2015), 2012	Grand Genève (toutes émissions incluses)	927 975	11,2
Diagnostic du métabolisme économique du Grand Genève (2021), 2011	Grand Genève (approche consommation)	Non renseigné	10
Plan Climat 2030 Genevois, 2021	Canton de Genève	475 700	11,0
Bilan GES Grand Genève (2015), 2012	Canton de Genève (toutes émissions incluses)	475 336	15,2

Tableau 9 : Synthèse des chiffres récents disponibles sur l'empreinte carbone (3 scopes) du Grand Genève ou des territoires qui le composent.

Au regard des données disponibles, les mandataires ont considéré que l'empreinte carbone moyenne dans le Grand Genève est équivalente à celle d'un·e habitant·e du canton de Genève (soit 11 tonnes de CO₂e par an). Ce chiffre est potentiellement sous-estimé, au regard du bilan des émissions de gaz à effet de serre mené dans le Grand Genève en 2015.

Enfin, le scope 4 dans le Grand Genève est calculé à partir de deux études réalisées en 2015 et 2019 sur l'impact carbone des banques françaises et suisses¹⁶⁷. Ces études indiquent que l'impact CO₂ de l'argent épargné ou investi, en Suisse et en France, varie entre 167 g/CHF et 334 g/CHF. De plus, sur la base de l'étude publiée en 2010 par l'Office cantonal de la statistique du canton de Genève, la fortune non-immobilière des habitant·e·s du Grand Genève peut être estimée entre 16 et 260 milliards de francs¹⁶⁸. En combinant ces estimations, sont calculés les niveaux d'impact de la fortune des habitant·e·s du Grand Genève, exprimés dans le Tableau 10, variant entre 2.7 et 87 millions de tonnes de CO₂ par an.

Hypothèses fortune et contenu CO ₂	Empreinte du scope 4, en tonne de CO ₂ equ par pers. par an
Contenu carbone max. (167g/CHF) Fortune max. (16 ma CHF)	2.7
Contenu carbone max. (334g/CHF) Fortune max. (16 ma CHF)	5.4
Contenu carbone min. (167g/CHF) Fortune max. (260 ma CHF)	43.6
Contenu carbone min. (334g/CHF) Fortune max. (260 ma CHF)	87.2

Tableau 10 : Impact estimé de la fortune des habitant·e·s du Grand Genève en 2017, exprimé en millions de tonnes de CO₂ par année.

Considérant que les émissions actuelles du Grand Genève sont estimées à 10 millions de tonnes de CO₂ par an (dont 4.5 pour le scope 1), comme mentionné précédemment, même l'estimation la plus faible du Tableau 10, soit 2.7 Mio t, représente une augmentation non-négligeable du total imputé au territoire.

¹⁶⁷ Philippot *et al.*, « La colossale empreinte carbone des banques : une affaire d'Etat »; Oehri *et al.*, « Risque carbone pour la place financière suisse - Résumé ».

¹⁶⁸ Office cantonal de la Statistique (OCSTAT), « Des fortunes très diverses pour les contribuables genevois ».

Le chiffre maximal, 19 fois plus élevé que les émissions annuelles du scope 1 pour le Grand Genève, ne semble pas inenvisageable, considérant l'estimation réalisée par l'Alliance Climatique Suisse en 2016¹⁶⁹. En effet, celle-ci estimait les émissions engendrées par la place financière suisse dans son ensemble – incluant la gestion de fortune privée et institutionnelle (fonds de pension, par exemple), la banque commerciale et de détail, ainsi que le financement du négoce de matières premières – à 22 fois les émissions domestiques de la Suisse, soit celles du scope 1.

Si le scope 4 n'est actuellement pas pris en compte dans le calcul des émissions de la plupart des territoires dans le monde et dans la majorité des études, son ampleur indique qu'une plus grande attention devrait y être portée. Il conviendra par exemple de déterminer à partir de quelle année dans le futur le scope 4 devrait être intégré pleinement dans les émissions du Grand Genève, réduisant alors encore la part du budget carbone restante.

Définition de la valeur-cible pour 2050

La plupart des articles scientifiques traitant de budget carbone mondiaux, voire nationaux, mentionnent un budget restant par habitant et par année. O'Neill, Fanning, Lamb et Steinberger, considéraient, dans les calculs établis pour leur article paru dans *Nature Sustainability* en 2018¹⁷⁰, un budget de 1,6 t CO₂/pers./an. Ce chiffre peut conduire à une erreur d'interprétation conduisant à penser que chaque habitant.e de Suisse bénéficierait d'un droit à émettre 1,6 tonnes de gaz à effet de serre par an, et ce *ad aeternam*. Cela est erroné sur au moins trois aspects.

- Premièrement, ce budget est calculé sur la période 2011-2100, ce qui signifie que le monde doit avoir atteint la neutralité carbone (net zéro) au plus tard à la fin de l'année 2100. Comme leurs calculs se basent sur les budgets établis dans le rapport AR5 du GIEC, la même logique que décrite précédemment s'applique, à savoir que l'action des puits de carbone naturels est déjà prise en compte dans les budgets restants. La valeur de 1.61 t CO₂/pers./an représente donc le surplus encore disponible, à l'issue duquel le budget est épuisé.
- Secondement, la population mondiale prise en compte par les auteur-trice-s est de 7 milliards, constante jusqu'en 2100. Selon les estimations des Nations Unies en 2019, celle-ci avoisinera plutôt les 11 milliards d'individus en 2100, ce qui signifie que le budget total pour la période considérée devra être divisé entre plus de personnes, réduisant ainsi la quantité « disponible » par personne. En se basant sur la même combinaison température/probabilité que choisie par les auteur-trice-s, soit 67% de chances de rester au-dessous de +2°C, et en se basant sur les valeurs de l'AR6 ainsi que sur les estimations de population de l'ONU, le budget restant par personne serait de 1,44 t CO₂/cap/an pour les habitant.e-s du monde, de 2020 à 2100.
- Troisièmement, comme expliqué dans la suite de cette section, la Suisse a émis une quantité considérable de gaz à effet de serre depuis les années 1990, au vu de la taille de sa population, en particulier en ce qui concerne les scopes 1-3. Le calcul effectué par O'Neill *et al.* (2018) ne prend pas les émissions historiques en compte. Si le scope 1 est comptabilisé dans les émissions historiques de la Suisse, et ce toujours avec la combinaison température/probabilité de +2°C/67%, alors le **budget carbone moyen entre 2020 et 2100** d'un.e habitant.e du Grand Genève est de 1,46 tonnes CO₂ _{equi}/pers./an (en considérant les prévisions de l'ONU sur la croissance de la population suisse).

Enfin, il est important de garder en tête que ces estimations sont des moyennes par an sur la période 2011-2100 ou 2020-2100. Comme elles sont considérablement plus faibles que les émissions actuelles par personne (environ 10x plus faible pour la Suisse, selon les chiffres du Global Carbon Project¹⁷¹), il est impossible de réduire les émissions de gaz à effet de serre à ces niveaux-là

¹⁶⁹ Source :

https://klimabuendnis.ch/cmsfiles/alliance_climatique_suisse_masterplan_climat.pdf?v=20211002181643

¹⁷⁰ O'Neill et al., « A Good Life for All within Planetary Boundaries ».

¹⁷¹ <http://globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>, type « Consumption », unité « tCO₂/person », pays « Switzerland »

immédiatement. Même en changeant drastiquement de mode de vie, il faudra plusieurs années avant d'atteindre une empreinte carbone si faible. Or, chaque année pendant laquelle les émissions sont supérieures à 1,4 t CO₂/pers./an réduit le budget total restant pour la Suisse, et ce à très grande vitesse considérant les niveaux actuels.

Les estimations faites pour le Grand Genève dans la section ci-dessous traduisent ainsi une vision bien plus précise et réaliste des objectifs à atteindre. Les émissions/pers./an sont d'ailleurs applicables autant au niveau du territoire genevois qu'aux autres cantons suisse, ainsi qu'au niveau national, puisque les valeurs sont basées sur la population et non la taille du territoire.

Définition de la règle de descente pour 2050

Par ailleurs, malgré l'objectif de zéro émission nette pour 2050, la **définition de la valeur-cible de l'indicateur entre 2020 et 2050** dépend de nombreux paramètres. Une simple répartition du « budget CO₂ » restant d'ici 2100, de manière équitable entre les habitant-e-s de la planète, ne suffit pas puisque la définition du *budget restant* dépend de plusieurs facteurs : les émissions historiques intégrées au calcul, le nombre d'années restantes entre le temps T initial et la date de neutralité carbone visée, l'évolution démographique et le périmètre des émissions historiques, actuelles et futures considérées (scopes). Si les émissions de gaz à effet de serre du Grand Genève continuent à augmenter jusqu'à 2049 puis tombent brutalement à zéro en 2050, le budget carbone du grand Genève sera amplement dépassé. Ainsi, les politiques climatiques nécessitent des objectifs avec des paliers réguliers traductibles en **règle de descente des émissions de gaz à effet de serre**. Les émissions cumulées, entre 2020 et 2050, suivant la règle de descente, ne doivent pas dépasser le budget total « restant » pour le territoire. Les modalités de calcul et hypothèses relatives au *budget carbone du Grand Genève* sont expliquées ci-après.

- **Budget carbone global**

Dans son dernier rapport AR6¹⁷² publié en août 2021 (ci-après nommé « AR6 »), le GIEC a mis à jour les estimations des budgets carbone restants pour les différentes augmentations de température (ici de 1.5°C et 2°C) et les niveaux de probabilité associés (ici de 50%, 67% et 83% ; voir Tableau 11). Ces budgets prennent en compte le réchauffement climatique induit par les émissions de CO₂. Ils prennent également en compte le réchauffement provenant d'émissions autres que le CO₂, tel que calculé dans le rapport spécial 1.5°C. L'unité utilisée est donc toujours « CO₂ » mais doit être comprise comme comprenant les autres gaz également¹⁷³.

Ces budgets représentent la quantité totale d'émissions qui peuvent encore être ajoutées à l'atmosphère avant de dépasser la limite température/probabilité associée. Ils prennent également déjà en compte les gaz à effet de serre piégés par les puits naturels existants.

Probabilité	50%	67%	83%
Réchauff. clim.			
+ 1.5° C	500 Gt	400 Gt	300 Gt
+ 2° C	1350 Gt	1150 Gt	900 Gt

Tableau 11 : Budgets carbone restants pour le monde, à partir du début de l'année 2020. Rapport AR6, Summary for Policymakers, p. 38. Exprimés en CO₂e.

Comme dans tout calcul en physique appliquée, des incertitudes demeurent, pour lesquelles le GIEC fournit des estimations. Néanmoins, certaines de ces incertitudes sont déjà prises en compte dans les budgets du Tableau 11. De plus, ces incertitudes pouvant se compenser l'une l'autre, il paraît raisonnable de prendre les budgets énoncés dans le Tableau 11 comme base de réflexion.

¹⁷² IPCC, « AR6 Synthesis Report ».

¹⁷³ Cette même considération est valable pour le reste de ce rapport. Lorsque les chiffres mentionnés font référence aux publications du GIEC, le terme « CO₂ » comprend également les émissions autres que le CO₂.

- **Budget carbone de la Suisse**

Pour fixer des objectifs nationaux et cantonaux, il convient de calculer la part du budget mondial revenant au pays. Dans le cadre de la stratégie de transition écologique du Grand Genève, on considère que la moyenne des émissions de gaz à effet de serre des habitants du Grand Genève est plus proche de celle de la Suisse que de la France, en raison du fort pouvoir d'achat dont disposent le genevois français (en comparaison avec le reste du territoire national). Ainsi, le budget national calculé pour décliner le budget mondial en carbone est celui de la Suisse.

Plusieurs méthodologies peuvent être employées pour ce faire, en fonction des critères de justice climatique choisis. En particulier, deux facteurs sont déterminants :

- Géographique : i.e. le lieu des émissions, comprenant le scope 1 (émissions générées sur le territoire suisse), scope 2 (émissions générées par l'énergie achetée à l'étranger pour une utilisation sur le territoire suisse), scope 3 (émissions générées à l'étranger pour la production de biens et services consommés sur le territoire suisse), scope 4 (émissions engendrées par les investissements des banques suisses, fonds de pension suisse, voire de la place financière suisse dans son ensemble) ;
- Temporel : la mesure dans laquelle sont prises en compte les émissions historiques, i.e. les émissions ayant eu lieu avant l'année des budgets carbone, soit 2020 pour l'AR6.

Comme évoqué précédemment, et conformément à la méthode adoptée par Dao *et al.*¹⁷⁴, la présente étude considère les scopes 1 à 3 pour les émissions nationales. En revanche, si le scope 4 mérite d'être considéré également – et il n'est pas intégré dans les émissions historiques du Grand Genève. En effet, la place financière est majoritairement composée d'acteurs privés, sur lesquels l'État n'exerce que peu d'influence pour le moment.

En ce qui concerne le facteur temporel, l'approche la plus rigoureuse d'un point de vue comptable serait de considérer toutes les émissions engendrées par la Suisse depuis la révolution industrielle, sur son territoire ou à l'étranger, et de les déduire de la part du budget carbone alloué à la Suisse, ramené à la première année considérée. Néanmoins, il semble recevable de considérer que de pénaliser un pays pour des activités ayant pris place avant que la connaissance de la nocivité de celles-ci ne soit connue soit considéré comme injuste. Une seconde possibilité serait alors de prendre une année de référence, à partir de laquelle tous les pays sont considérés comme étant raisonnablement conscients des effets nocifs des gaz à effet de serre et du dérèglement climatique. C'est l'approche prise par Dao *et al.*¹⁷⁵, qui ont sélectionné l'année 1990 comme année de référence, notamment car elle représente la date de publication du premier rapport du GIEC. Ce choix est également celui adopté pour calculer le budget carbone du Grand Genève dans le cadre de cette étude.

Sur la base de ces paramètres géographiques et temporels décrits précédemment, il est possible de définir la part du budget mondial alloué à la Suisse. Pour ce faire, Dao *et al.* se basent sur la population en Suisse en 1990 afin de déterminer la proportion qu'elle représentait par rapport à la population mondiale. Cette proportion est ensuite appliquée au budget carbone, ramené à l'année de référence, selon l'équation suivante (ici adaptée pour les budgets 2020, publiés dans l'AR6¹⁷⁶) :

$$FE_{CH} = \text{CHP}_{1990} / \text{WP}_{1990} * (FE_W + PE_W) - PE_{CH}$$

Où,

FE_{CH}	Émissions futures maximum pour la Suisse (à partir de 2020)
CHP_{1990}	Population suisse en 1990
WP_{1990}	Population mondiale en 1990
FE_W	Émissions futures maximum pour le monde (à partir de 2020)
PE_W	Émissions passées pour le monde (1990 à 2019)
PE_{CH}	Émissions passées de la Suisse, sur son territoire et à l'étranger (1990 à 2019)

¹⁷⁴ Dao et al., « Environmental Limits and Swiss Footprints Based on Planetary Boundaries ».

¹⁷⁵ Dao et al., 29.

¹⁷⁶ IPCC, « AR6 Synthesis Report ».

En considérant les budgets carbone du Tableau 11, la part allouée à la Suisse selon cette équation représente, pour chaque combinaison température/probabilité, une valeur négative. **En effet, la Suisse a généré, entre 1990 et 2019, plus de gaz à effet de serre que ce que les budgets du rapport AR6 du GIEC lui allouent, et cela pour toutes les températures et probabilités mentionnées dans le Tableau 11**¹⁷⁷. Pour information, le Tableau 12 ci-dessous recense les années de dépassement du budget alloué à la Suisse, en fonction des hypothèses de température de réchauffement et de probabilité de limiter ce réchauffement global.

Probabilité	50%	67%	83%
Réchauff. clim.			
+ 1.5° C	2006	2005	2004
+ 2° C	2016	2014	2011

Tableau 12 : Année de dépassement du budget carbone alloué à la Suisse, sur la base du budget carbone mondial du rapport AR6 du GIEC, année de référence 1990

Ce tableau indique que, d'un point de vue des émissions de gaz à effet de serre, la Suisse vit à crédit du reste du monde depuis 2016 au plus tard. En 2016, la Suisse a épuisé son budget carbone pour « faire sa part » dans l'objectif de limitation du réchauffement global à 2°C (50% de chance). Le budget carbone associé à un objectif de réduction plus souhaitable à échelle planétaire (84% de chance de limite le réchauffement à 1,5°C) a été dépassé depuis 2004. Ces constats sont réalisés dans le cadre du périmètre spatio-temporelle décrite précédemment, à savoir la prise en compte des émissions indirectes et directes, depuis 1990.

Face à cette constatation, deux options semblent envisageables afin de fixer des objectifs de réduction pour l'avenir :

1. Soit, chaque territoire s'accorde sur un budget total d'émissions et une date limite pour atteindre la neutralité carbone, sur la base de critère de justice et de faisabilité ;
2. Soit des décisions différentes sont prises sur les facteurs géographiques et temporels afin que la part allouée à la Suisse ne soit pas déjà épuisée en 2020.

Si aucune de ces deux options ne semblent réellement juste, d'un point de vue moral, et que leurs conséquences méritent d'être discutées au sein de chaque territoire du Grand Genève et de la Suisse, afin d'apprécier à sa juste mesure la gravité de la situation, plusieurs pistes sont explorées ci-après.

Dans la première approche, le critère de la *contribution au réchauffement climatique* pourrait être utilisé. En effet, dans le rapport AR6, le GIEC note une « *relation quasi-linéaire entre les émissions anthropogéniques cumulées de CO₂ et le réchauffement climatique qu'elles génèrent* »¹⁷⁸, notant que chaque 1'000 GtCO₂ émise représente une augmentation de la température de 0.27°C à 0.63°C, avec une moyenne de 0.45°C. Dit autrement, chaque 2'222 GtCO₂ émise génère un réchauffement d'environ 1°C au niveau global. Ramené à l'échelle de la Suisse, en utilisant la proportion de la population helvète en 2020 par rapport à la population mondiale, cela signifie que chaque 2.47 GtCO₂ supplémentaire émise par les consommations suisses contribuent à un réchauffement de 1°C. En prenant les émissions suisses des scopes 1 à 3 en 2018 – qui étaient de 0.12 GtCO₂ – comme base de calcul, cela représente 20.6 années d'émissions.

Ainsi, chaque territoire pourrait s'accorder sur une contribution maximum au réchauffement climatique en fraction de degré, considérée comme moralement acceptable. Néanmoins, il faudrait alors prendre en compte les émissions déjà effectuées depuis l'année de dépassement du Tableau 12, s'élevant déjà à 0.46-1.77 GtCO₂ à la fin 2019.

¹⁷⁷ On notera que cela est également le cas des budgets calculés dans le rapport AR5 du GIEC en 2011, ainsi que pour les budgets calculés par Dao et al. en 2015.

¹⁷⁸ IPCC, « AR6 Synthesis Report », 36.

Dans la seconde option, il serait possible de considérer que, même si l'information sur la dangerosité de l'accumulation de gaz à effet de serre était disponible publiquement dans le monde entier dès 1990, et que les budgets carbone publiés par le GIEC remontent au moins à 2011, la part de contribution de la Suisse, rapportée à sa taille, dans les émissions mondiales, en particulier des scopes 2 et 3, n'était pas encore connue des gouvernements locaux. Ainsi, il serait possible de modifier la valeur PE_{CH} dans l'équation ci-dessus afin de ne considérer que les émissions produites sur le territoire suisse (scope 1), de la manière suivante :

PE_{CH} Émissions passées de la Suisse, **sur son territoire uniquement (scope 1, 1990 à 2019)**

En ajustant ainsi les émissions historiques considérées pour la Suisse, la part des budgets carbone qui lui reviendrait au début de l'année 2020, sur la base du Tableau 11, est la suivante :

Probabilité	50%	67%	83%
Réchauff. clim.			
+ 1.5° C	0.37 Gt 370 Mio t	0.25 Gt 250 Mio t	0.12 Gt 120 Mio t
+ 2° C	1.43 Gt 1'143 Mio t	1.18 Gt 1'180 Mio t	0.87 Gt 870 Mio t

Tableau 13 : Part du budget carbone restante à la Suisse, si seules les émissions historiques 1990-2019 du scope 1 sont prises en compte, sur la base du budget carbone mondial du rapport AR6 du GIEC, année de référence 1990. Exprimés en CO_{2e}.

En revanche, **dès la publication de l'AR6¹⁷⁹ (août 2021), il ne semble plus exister de raison qui pourrait justifier de manière légitime l'exclusion des scopes 2 et 3 dans les émissions de la Suisse.** Ainsi, pour toute estimation de budget postérieure à août 2021, il convient donc de partir du budget du Tableau 13, correspondant à la combinaison température/probabilité choisie, d'y additionner les émissions territoriales (scope 1) des années 2020 et 2021, puis d'y additionner les émissions des scopes 1-3 pour toutes les années suivantes.

- **Budget carbone du Grand Genève**

De la même manière que la part du budget carbone mondial alloué à la Suisse a été calculée sur la base de sa population, il est possible de calculer la part du budget carbone suisse alloué au territoire du Grand Genève. En 2017, sa population s'élevait à 1'012'000 personnes, tous âges confondus¹⁸⁰. Bien que le budget carbone de la France ainsi que ses émissions historiques de gaz à effet de serre soient différents de ceux de la Suisse, les budgets carbone de la Suisse sont ici considérés comme référence pour le Grand Genève. En effet, la part importante d'actifs transfrontalier dans le Genevois français (42% en 2016)¹⁸¹ augmente le pouvoir d'achat moyen dans cette région, par rapport au reste de la France¹⁸². La consommation d'un ménage dans le canton de Genève et la région de Nyon reste supérieure à celle d'un ménage résidant en France, mais seulement de 16%¹⁸³. Aussi, par souci de simplification, cette étude considère que les émissions de carbone liées à la consommation de biens et services et équivalente en France et en Suisse sur le territoire du Grand Genève. L'équation – simplifiée car les émissions historiques n'ont plus besoin d'être calculées, l'année de référence devenant 2020 – est la suivante :

¹⁷⁹ IPCC, « AR6 Synthesis Report ».

¹⁸⁰ Chiffre de 1'011'920 personnes provenant des scénarios de projection démographique du Grand Genève (Pointet et Lerch, « Cahier n°19-4, Projections de population et d'emplois pour le Grand Genève - Projet d'agglomération de quatrième génération (PA4) »), arrondi à des fins de simplification de la lecture du document. Le dernier recensement officiel de la population ayant été opéré en 2017, cette année est celle de référence pour les scénarios de projection démographique du Grand Genève et pour le calcul du budget carbone du Grand Genève.

¹⁸¹ Aid Observatoire, « Enquête de consommation dans le Grand Genève ».

¹⁸² D'après l'enquête sur la consommation du Grand Genève publiée en juin 2019, les revenus moyens par foyers fiscaux sont en environ 50% plus élevés dans le Genevois français que la moyenne nationale.

¹⁸³ Aid Observatoire, « Enquête de consommation dans le Grand Genève ».

$$FE_{GG} = GGP_{2017} / CHP_{2017} * FE_{CH}$$

Où,

FE_{GG}	Émissions futures maximum pour le Grand Genève (à partir de 2020)
GGP_{2017}	Population du Grand Genève en 2017 (année de référence pour la population)
CHP_{2017}	Population suisse en 2017
FE_{CH}	Émissions futures maximum pour la Suisse (à partir de 2020)

Cette formule permet de définir les budgets suivants, à partir du début de l'année 2020, en fonction des combinaisons température/probabilité :

Probabilité	50%	67%	83%
Réchauff. clim.			
+ 1.5° C	0.045 Gt 45 Mio t	0.030 Gt 30 Mio t	0.015 Gt 15 Mio t
+ 2° C	0.172 Gt 172 Mio t	0.142 Gt 142 Mio t	0.104 Gt 104 Mio t

Tableau 14 : Budgets carbone totaux pour le territoire du Grand Genève, à partir du début de l'année 2020. Basé sur le Rapport AR6 du GIEC. Exprimés en CO_{2e}.

D'après les études décrites précédemment sur l'état actuel du Grand Genève au regard de son empreinte carbone, on estime que l'empreinte carbone (3 scopes) d'un-e habitant-e est de 11 tonnes de CO₂ équivalent par an, environ. Cela représente au total 11,75 millions de tonnes de CO_{2e} pour toute la population du Grand Genève en 2021.

Le Tableau 15 recense les années auxquelles chacun des budgets a été ou sera dépassé au rythme actuel des émissions des scopes 1-3.

Probabilité	50%	67%	83%
Réchauff. clim.			
+ 1.5° C	2023	2022	2021
+ 2° C	2033	2031	2028

Tableau 15 : Année de dépassement du budget carbone alloué au Grand Genève, sur la base de la part suisse du budget carbone mondial du rapport AR6 du GIEC, année de référence 1990.

- **Règle de descentes et objectifs pour le Grand Genève**

La règle de descente des émissions de gaz à effet de serre dépend du budget carbone alloué, précédemment défini, et de la date de neutralité carbone souhaitée. L'objectif fixé pour respecter les Accords de Paris et ainsi limiter le réchauffement climatique, est celui de la **neutralité carbone en 2050**. Cette neutralité se traduit par un bilan net nul d'émissions de CO_{2e} : les émissions directes et indirectes (empreinte carbone) doivent être réduites zéro ou à une très faible part compensable par un captage stockage actif du carbone dans le Grand Genève. Le stockage passif du carbone par les puits de carbone naturels (océans, arbres) est déjà pris en compte dans les budgets carbone calculés par le GIEC. Ainsi, l'empreinte carbone, sous forme de bilan entre les émissions et les absorptions de carbone, doit être nulle en 2050. Une récente étude a montré que le **potentiel des technologies à émission négatives** (captage, stockage de carbone) est d'environ 5Mt CO_{2e}/an pour le territoire suisse¹⁸⁴, ce qui représente moins de 5% des émissions annuelles totales des scopes 1 à 3 pour le pays. Il faut donc considérer qu'une **réduction de 95% des émissions actuelles est requise sur tout le territoire**, au plus tard à 2050, même en mobilisant les technologies à émissions négatives.

Le Tableau 15 montre que toutes les probabilités égales ou supérieures à 50% de rester au-dessous de 1.5°C de réchauffement global sont déjà inatteignables, puisque leurs budgets seront totalement

¹⁸⁴ Nick et Thalmann, « Carbon Removal, Net Zero, and Implications for Switzerland », 2.

épuisés avant la fin 2023¹⁸⁵, en considérant des émissions annuelles de 11 tonnes par personne et par an entre 2020 et 2023. Pour conserver une trajectoire qui vise l'objectif de 1,5°C, les mandataires ont choisi de représenter une courbe de descente des émissions de gaz à effet de serre qui correspond à 33% de probabilité de rester en-dessous de 1,5°C. Cette probabilité est faible et la courbe de descente associée particulièrement raide (courbe verte dans la Figure 26). Cette courbe représente l'effort le plus ambitieux que peut viser le Grand Genève. Le seuil maximal d'émissions est dessiné par la courbe de descente des émissions de gaz à effet de serre qui correspond à 50% de probabilité de rester en-dessous de 2°C de réchauffement global. Dao *et al.* considèrent que cette courbe est celle qui est la plus en accord avec la politique climatique suisse « *malgré le fait [qu'elle] ne correspond pas vraiment à un "Safe Operating Space" »*¹⁸⁶. Aussi, la courbe rouge associée (Figure 26) est le plafond d'émissions à ne pas dépasser dans le Grand Genève.

Comme mentionné précédemment les émissions des scopes 2 et 3 du Grand Genève ne sont déduites du budget carbone qu'après 2021, soit l'année de publication du rapport AR6. Les émissions du Scope 1 dans le Grand Genève sont estimées à 5 tonnes de CO₂ equ par habitant.e et par an (cf section 4.1.4) ; et sont déduites du budget carbone restant entre 1990 et 2021. Les budgets carbone disponibles à partir de 2022 sont rassemblés dans le Tableau 16, ci-dessous :

Probabilité	33%	50%	67%	83%
Réchauff. clim.				
+ 1.5° C	0.056 Gt 56 Mio t	0.034 Gt 34 Mio t	0.019 Gt 19 Mio t	0.004 Gt 4 Mio t
+ 2° C	0.213 Gt 213 Mio t	0.161 Gt 161 Mio t	0.131 Gt 131 Mio t	0.094 Gt 94 Mio t

Tableau 16 : Budgets carbone totaux pour le territoire du Grand Genève, à partir du début de l'année 2022. Basé sur le Rapport AR6. Exprimés en CO₂e.

L'aire située entre les deux courbes verte et rouge (Figure 26), représentée par les barres vertes-blanches-rouges, représente alors la zone dans laquelle les émissions totales du Grand Genève devraient se trouver chaque année, jusqu'à atteindre zéro au plus tard en 2050.

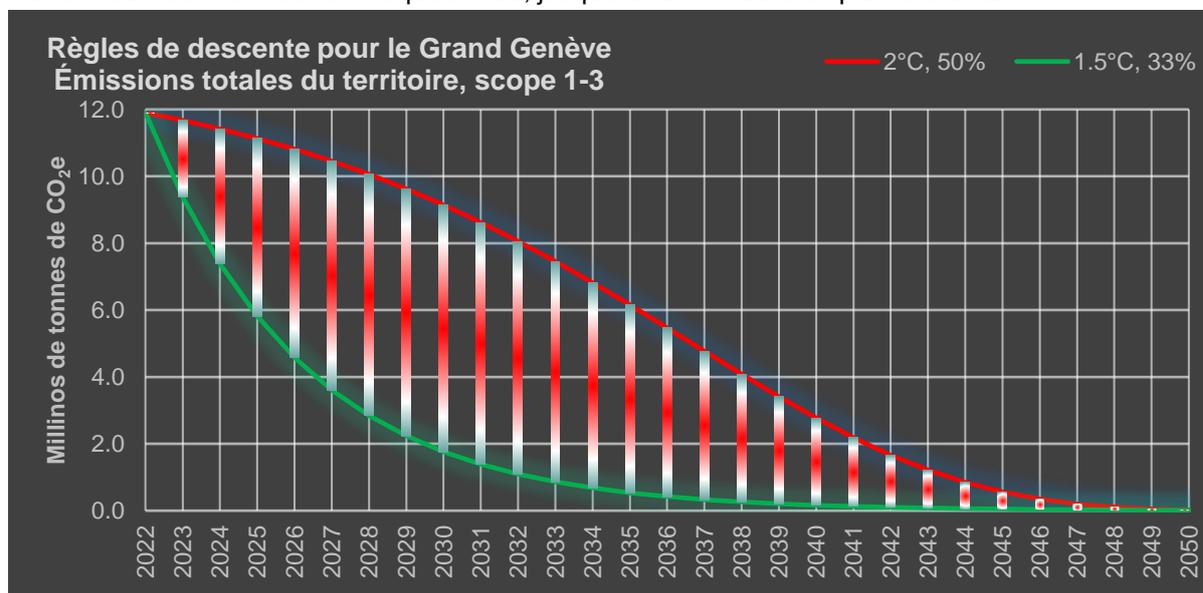


Figure 25 : Courbes d'émissions totales de CO₂e pour le territoire du Grand Genève, sur la base des deux combinaisons température/probabilité retenues et de la part des budgets carbone du rapport AR6, permettant d'atteindre zéro émissions nettes en 2050.

¹⁸⁵ Le Tableau 15 ne représente pas les probabilités de 33% et 17%, car elles ont été considérées comme trop faibles pour être prises en considération.

¹⁸⁶ Dao *et al.*, « Environmental Limits and Swiss Footprints Based on Planetary Boundaries », 27.

L'équivalence en empreinte carbone par personne et par an, dans le Grand Genève, ainsi que le tableau de réduction des émissions jusque 2050 sont disponibles dans la section 4.1.4 du présent document (Figure 9, Tableau 5).

8.2.5. Etat physicochimique et biologique des cours d'eau et des lacs

L'état physicochimique et biologique des cours d'eau et des lacs du Grand Genève est estimé sur la base des indicateurs de la CIPEL. Les indicateurs suivants sont mobilisés, ainsi que les données associées disponibles en libre usage :

- Indicateur L3 (micropolluants dans les eaux du lac)¹⁸⁷
- Indicateur R1 (nutriments dans les cours d'eau)¹⁸⁸
- Indicateur R2 (micropolluants (pesticides) dans les cours d'eau)¹⁸⁹
- Indicateur R3 (qualité biologique des cours d'eau - invertébrés benthiques)¹⁹⁰

Les stations de mesure localisées dans le Grand Genève et les données associées sont extraites des données fournies par la CIPEL. Les données indicateurs L3 et R2 ont été agrégées pour élargir le périmètre de l'indicateur R2, relatif à la teneur en micropolluants des cours d'eau.

Le nombre de stations de mesure dépend de l'indicateur analysé : R1 et R3 comptent 10 stations de mesure dans le Grand Genève dont le lac Léman (Paquis) ; tandis que R2 est mesuré dans 57 stations sur le territoire du Grand Genève.

Lorsque plusieurs indicateurs sont inclus dans un méta indicateur (c'est le cas pour R1), alors les cours d'eau considérés en « bon état » sont ceux qui disposent d'un « bon état » dans tous les sous critères.

Afin de calculer l'état actuel de l'indicateur #5, seules les 10 stations disposant de données récentes pour chaque indicateur (RA, R2 ou L3, R3) ont été comptabilisées. Les stations où l'état de tous les sous-indicateurs est, *a minima*, « bon » sont considérées en *bon état physicochimique et biologique*. D'après le Tableau 17 ci-dessous, seules trois stations de mesure - disposant des données relatives à nos trois sous-indicateurs de l'état des masses d'eau – témoignent d'un « bon » état physicochimique et biologique.

10 stations dans le Grand Genève		Qualité physico-chimique					Qualité biologique	
		Nutriments dans les cours d'eau				Micropolluants	Invertébrés benthiques	
		BDD_Macro_16-18.DOC	BDD_Macro_16-18.NH4	BDD_Macro_16-18.NO3	BDD_Macro_16-18.PO4			Pesticides dans les cours d'eau
DULLIVE (LA)	Aval Step	Bonne	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	
PROMENTHOUSE	Gland, Route Suisse (Le Rancho)	Très Bonne	Très Bonne	Bonne	Très Bonne	Non quantifié	Bonne	
ARVE	Veyrier	Très Bonne	Moyenne	Mauvaise	Moyenne	Moyenne	Très bonne	
ALLONDON	Embouchure Allondon	Très Bonne	Très Bonne	Bonne	Très Bonne	Moyenne	Très bonne	
ARVE	Ecole De Médecine	Très Bonne	Bonne	Bonne	Moyenne	Bonne	Bonne	
LEMAN	Paquis	Très Bonne	Très Bonne	Très Bonne	Très Bonne	Bonne	Pas de mesure	
RHONE	Chancy, Aux Ripes	Très Bonne	Bonne	Très Bonne	Très Bonne	Bonne	Moyenne	
VERSOIX	Versoix_Amont_Cff	Très Bonne	Très Bonne	Bonne	Très Bonne	Bonne	Très bonne	
BORNE	St-Pierre-En-	Très Bonne	Très Bonne	Moyenne	Moyenne	Non	Très bonne	

¹⁸⁷ Données disponibles au lien suivant : <https://www.cipel.org/catalogue/l3-micropolluants-dans-les-eaux-du-lac/>

¹⁸⁸ Données disponibles au lien suivant : <https://www.cipel.org/catalogue/r3-qualite-biologique-des-cours-deau-invertebres-benthiques/>

¹⁸⁹ Données disponibles au lien suivant : <https://www.cipel.org/catalogue/r2-micropolluants-pesticides-dans-les-cours-deau/>

¹⁹⁰ Données disponibles au lien suivant : <https://www.cipel.org/catalogue/r3-qualite-biologique-des-cours-deau-invertebres-benthiques/>

	Faucigny					quantifié	
ARVE	Pont_De_Zone	Très Bonne	Bonne	Bonne	Moyenne	Bonne	Très bonne

Tableau 17 : Tableau des indicateurs d'état des cours d'eau et du lac Léman, 10 stations dans le Grand Genève. Données : CIPEL, 2020

8.2.6. Précarité

L'état actuel de l'indicateur de précarité global est obtenu par l'évaluation de chaque sous-catégorie de précarité. Dans la section suivante sont décrits les hypothèses et résultats concernant le calcul de la précarité monétaire familiale, de la précarité liée à l'emploi et de la précarité liée au logement.

Précarité monétaire familiale.

Le taux de risque de pauvreté par catégorie de famille est disponible que dans le canton de Vaud et de Genève. Les données disponibles dans le genevois français sont à récolter et uniformiser avec les données suisses.

[FIG 35]

POURCENTAGE DE PERSONNES VIVANT DANS UN MÉNAGE À RISQUE DE PAUVRETÉ SELON LE TYPE DE MÉNAGE, VAUD, 2014

Type de ménage	Taux de risque de pauvreté
Personne seule	18,9%
Couple marié sans enfant	10,0%
Couple marié avec 1 ou 2 enfants	9,3%
Couple marié avec 3 enfants ou plus	19,6%
Femme seule avec enfant(s)	23,9%
Homme seul avec enfant(s)	9,1%
Total	14,1%

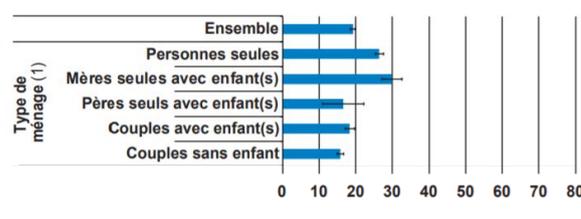
Population: personnes vivant dans un ménage fiscal où le contribuable principal est âgé entre 26 et 64 ans, N = 516 360.

Comment lire

En 2014, 19,6% des personnes (enfants compris) vivant dans un ménage du type « Couple marié avec 3 enfants ou plus » sont à risque de pauvreté.

Source: STATVD/SG-DSAS

G 03 - Taux de risque de pauvreté dans le canton de Genève, en 2014-2015, en %



(1) Configurations les plus fréquentes.

Figure 26 : Taux de risque de pauvreté par type de ménage dans le canton de Vaud (panel de gauche, source STATVD) et dans le canton de Genève (panel de droite, source OST).

Dans le canton de Vaud, en 2014, les ménages les plus à risque de pauvreté sont les femmes seules avec enfant(s) (23% de risque de pauvreté)¹⁹¹. Ce type de ménage est également le plus à risque dans le canton de Genève (30% de risque de pauvreté)¹⁹².

Ainsi, pour obtenir une estimation de la précarité monétaire familiale disponible à ce jour, les mandataires ont choisi d'utiliser, provisoirement, le **taux de risque de pauvreté moyen sur l'ensemble des ménages**. Ce taux est en effet disponible dans le canton de Vaud, celui de Genève, dans le département de l'Ain et celui de Haute-Savoie.

Localité	Taux de risque de pauvreté	Date de la mesure	Source
Canton de Genève	19 %	2015	Synthèse 2019 – OST
Canton de Vaud	13,4 %	2018	Trajectoires de pauvreté dans le canton de Vaud – HETSL, LIVES
Département de l'Ain	10,3 %	2018	Comparateur de territoire de l'INSEE
Département de Haute-Savoie	8,9 %	2018	

¹⁹¹ Observatoire Statistique Transfrontalier (OST), « Synthèse 2019 », 2.

¹⁹² Observatoire Statistique Transfrontalier (OST), 2.

Haute-Savoie			
--------------	--	--	--

Tableau 18 : Taux de risque de pauvreté dans le Grand Genève, par localité.

D'après ces chiffres, pondérés en fonction de hypothèses démographiques décrites dans la section 8.2.1 du présent rapport, **14,4 % des habitant-e-s du Grand Genève vivent dans un ménage sous le seuil de risque de pauvreté.**

Ce chiffre doit cependant être interprété avec prudence pour plusieurs raisons. L'ensemble de ces sources utilisent bien la même définition du taux de risque de pauvreté, à savoir la proportion de personnes vivant dans un ménage dont le revenu total est inférieur à 60 % du revenu médian des ménages de même type. Cependant, les données relatives aux revenus sont calculées différemment selon les pays. Pour le canton de Genève, le taux de risque de pauvreté est calculé avec le revenu brut. Il n'est pas directement comparable au taux de pauvreté calculé côté français, qui se base sur le revenu disponible ; c'est-à-dire le revenu brut déduit des frais consacrés aux assurances sociales, aux impôts, aux primes d'assurance-maladie de base, ainsi qu'aux « transferts réguliers vers d'autres ménages »¹⁹³.

Enfin, la pondération par nombre d'habitant-e-s du Grand Genève permet d'obtenir une approximation raisonnable du taux de risque de pauvreté sur le Grand Genève. Cependant, une approximation plus pertinente pourrait être obtenue grâce à une échelle plus fine et ajustée aux réalités locales et des données directement adaptées au territoire du Grand Genève, notamment sur le district de Nyon.

Précarité liée à l'emploi.

Localité	Taux de chômage	Date de la mesure	Source
Canton de Genève	4,1 %	2018	Synthèse 2019 – OST
Canton de Vaud	3,5 %	2018	
Genevois Français	6,9 %	2018	

Tableau 19 : Taux de chômage dans le Grand Genève, par localité.

D'après ces chiffres, pondérés en fonction de hypothèses démographiques décrites dans la section 8.2.1 du présent rapport, le taux de chômage dans le Grand Genève est estimé **5,2 %**,

Précarité liée au logement.

D'après la synthèse des travaux sur les "Aspirations résidentielles des ménages à l'échelle de l'agglomération franco-valdo-genevoise" menés dans le Grand Genève¹⁹⁴, "24% [de sondé-e-s dans le canton de Genève] disent avoir de la peine à payer leur loyer". Les données n'étant pas disponibles pour les autres territoires du Grand Genève, une étude devra être menée pour évaluer cette donnée sur le territoire du Grand Genève.

Indice global de précarité.

L'indice global de précarité est la valeur maximale constatée entre les indices de précarité monétaire (familiale), de précarité liée à l'emploi et de précarité liée au logement. En l'état actuel des connaissances, l'indice de précarité global est donc égal à la valeur de l'indice de précarité monétaire, soit 14,4% : nous considérons qu'au moins 14,4% de la population du Grand Genève se trouve en situation de précarité, qu'elle soit monétaire, liée au logement et/ou liée à l'emploi.

¹⁹³ Observatoire Statistique Transfrontalier (OST), « Synthèse 2019 ».

¹⁹⁴ Debarbieux et Stein, « Cahier n°10-2, Aspirations résidentielles des ménages à l'échelle de l'agglomération franco-valdo-genevoise : synthèse des études et travaux ».

8.2.7. Travail forcé et travail des enfants

Une modélisation fine des échanges de biens et services entre le Grand Genève et l'étranger, dont la méthodologie pourra être inspirée de l'étude réalisée par l'Alliance 8.7 à échelle mondiale¹⁹⁵, permettra d'évaluer l'état actuel de l'indicateur #14. En combinant les données des Tableaux des entrées-sorties (TIES) utilisées par Utopies et Metabolic dans leur diagnostic du territoire¹⁹⁶, avec les données disponibles sur le travail des enfants et le travail forcé dans le monde, une telle étude permettrait de définir le travail forcé importé dans la chaîne d'approvisionnement des biens et services consommés dans le Grand Genève.

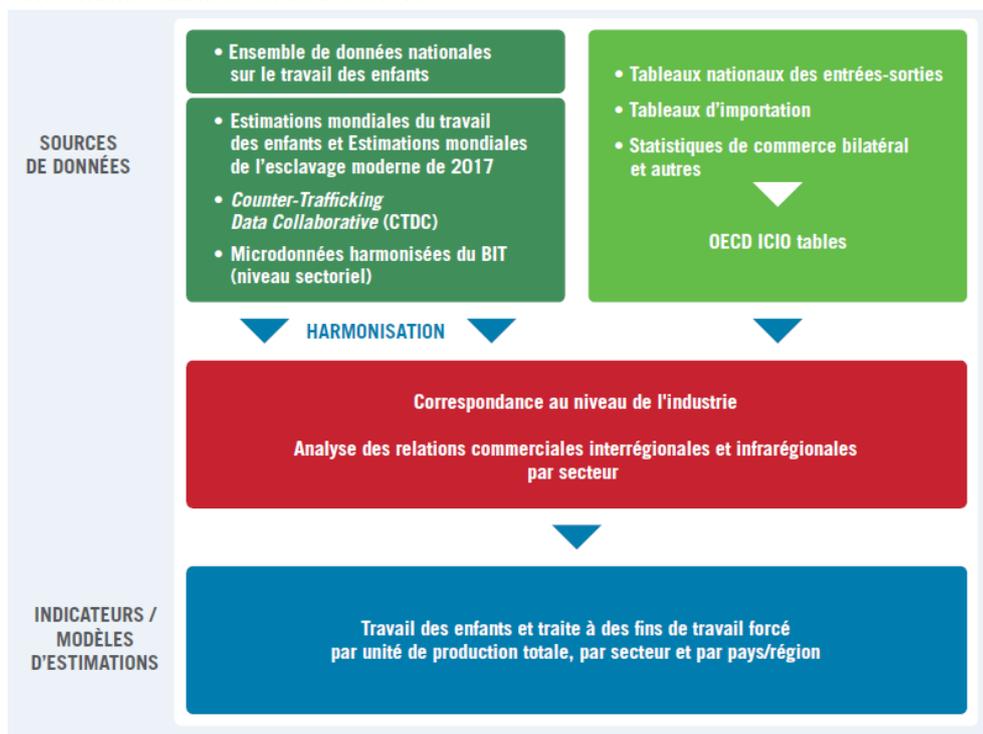


Figure 27 : Méthode de calcul du travail forcé et travail des enfants importés dans la chaîne d'approvisionnement mondiale dans le rapport de Alliance 8.7 relatif au travail forcé et travail des enfants. Figure 1, OIT (2019)¹⁹⁷

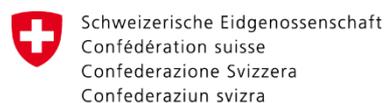
Cette méthode permet de calculer les impacts directs (production du bien principal) et indirects (production de biens intégrés dans la chaîne de production du bien principal) d'un bien ou service. Pour intégrer **tous les impacts indirects**, les tableaux entrées-sorties du Grand Genève pourraient inclure les **flux financiers qui transitent par le territoire** (secteur financier, négoce de matière première) et évaluer leur contribution indirecte au travail forcé/travail des enfants. Intégrer ces éléments dans l'analyse de flux reviendrait à prendre en compte les impacts sociaux du Scope 4 (cf indicateur #3).

¹⁹⁵ Organisation internationale du travail et al., *Mettre fin au travail des enfants, au travail forcé et à la traite des êtres humains dans les chaînes d'approvisionnement mondiales*.

¹⁹⁶ Utopies et Metabolic, « Diagnostic du métabolisme économique du Grand Genève ».

¹⁹⁷ Organisation internationale du travail et al., *Mettre fin au travail des enfants, au travail forcé et à la traite des êtres humains dans les chaînes d'approvisionnement mondiales*.

Le projet PACTE Grand Genève en Transition est soutenu par le programme européen de coopération transfrontalière Interreg France-Suisse 2014-2020 et a bénéficié à ce titre d'un soutien financier du Fonds européen de développement régional (FEDER) de 1 078 902,50€, ainsi que de fonds fédéraux pour un montant de CHF 230 000.



Partenaires :

