

**INFOENERGIE**  
CENTRE DE CONSEILS

**LUNCH-ENERGIE**

# Rénover le bâti et éviter les démolitions : une solution pour préserver les ressources ?



**EPFL**

 **ne.ch**  
RÉPUBLIQUE ET CANTON DE NEUCHÂTEL

**Prof. Philippe Thalmann**

Directeur du laboratoire d'économie urbaine et de l'environnement (LEURE) à l'EPFL

**Hauterive - Laténium, le 12 mai 2023**

# **Rénover le bâti et éviter les démolitions : une solution pour préserver les ressources ?**

Prof. Philippe Thalmann

# Plan

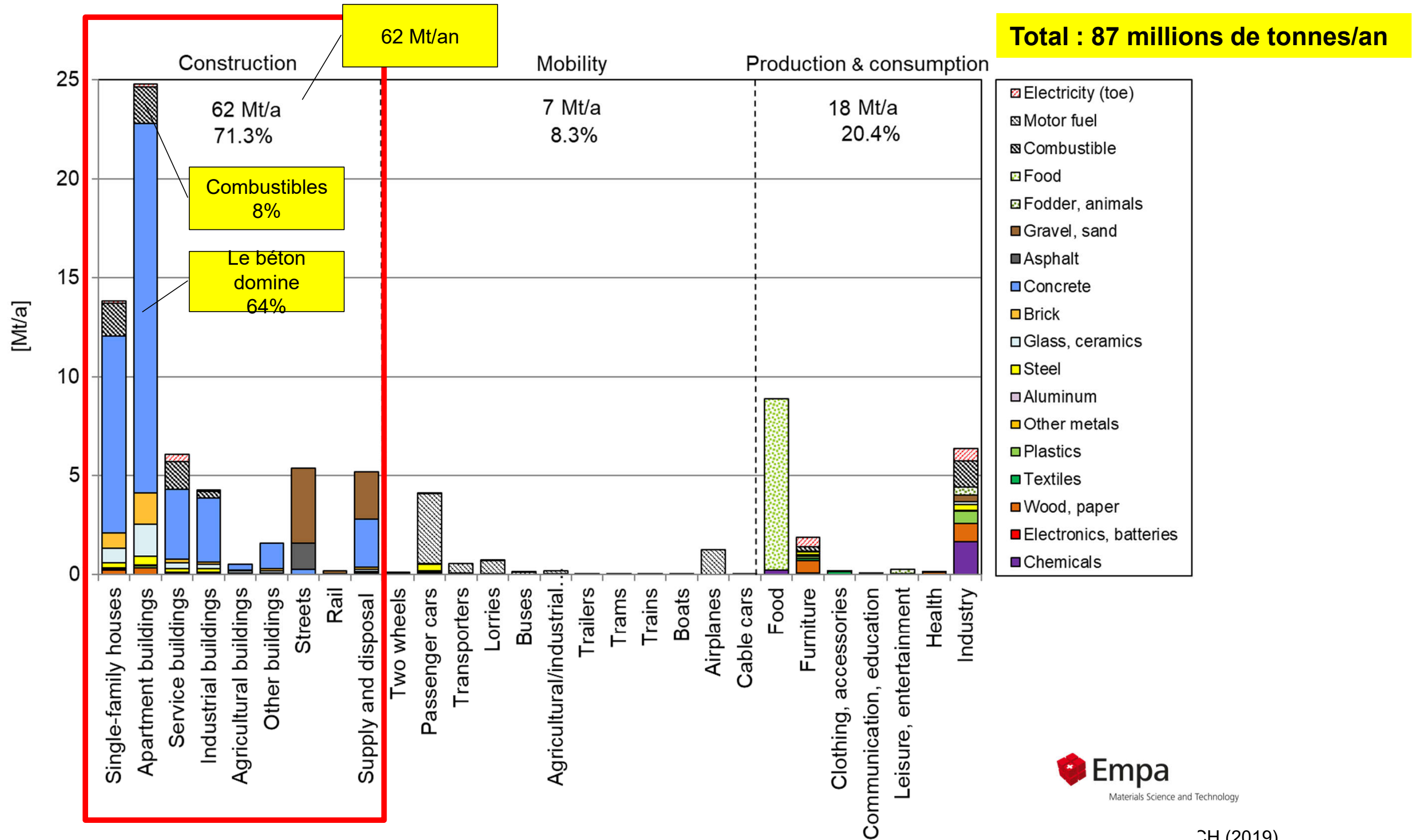
- Impacts environnementaux de la construction et des bâtiments
- Déterminants d'un impact environnemental: CO<sub>2</sub>
- Scénario pour réduire les impacts environnementaux
- Défis de la décarbonation
- Facilitation de la décarbonation
- Recommandations



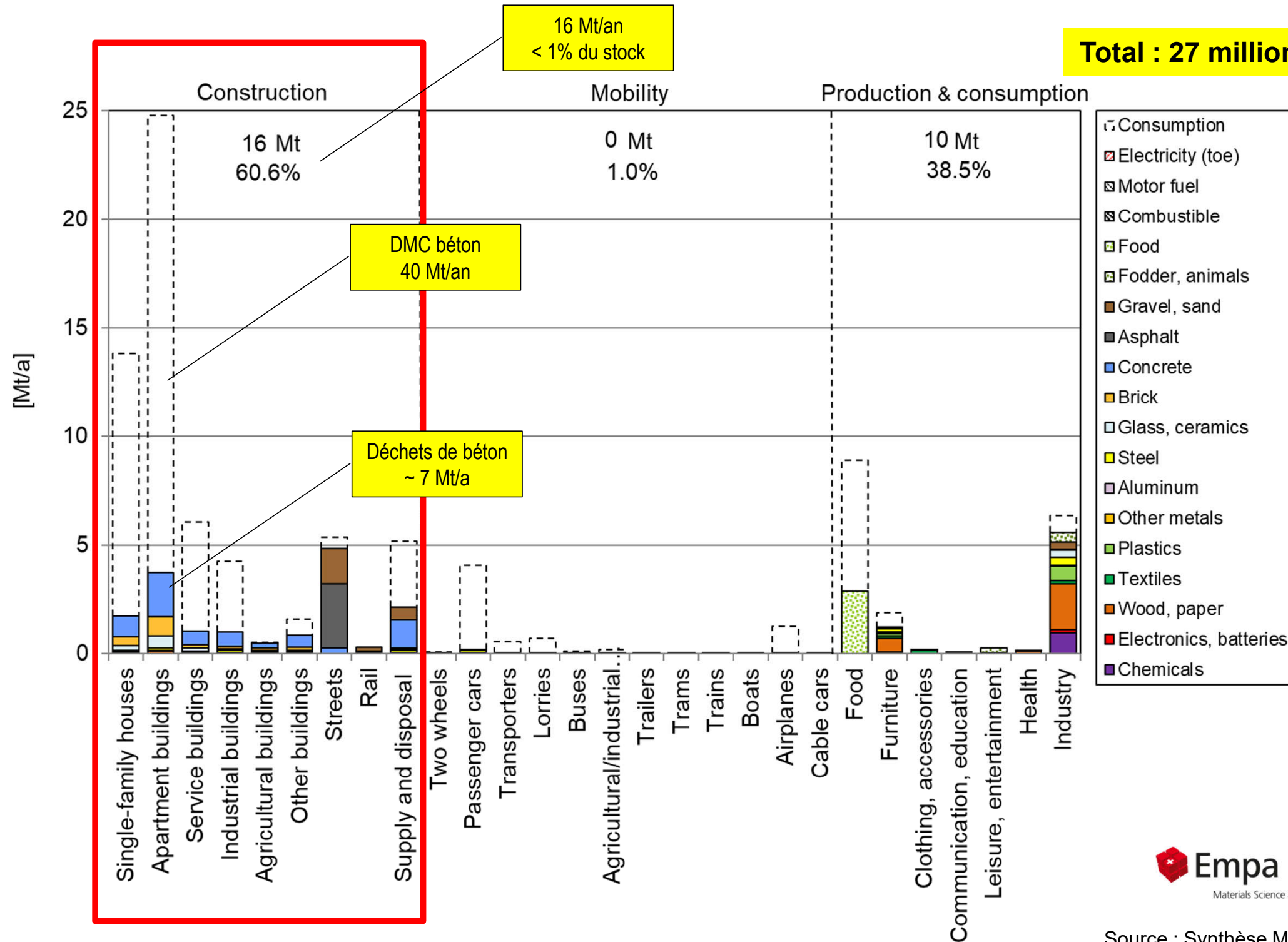
# Impacts environnementaux **MATÉRIAUX EN 2018**

# Consommation intérieure de ressources en 2018

Consommation domestique de matières (DMC)

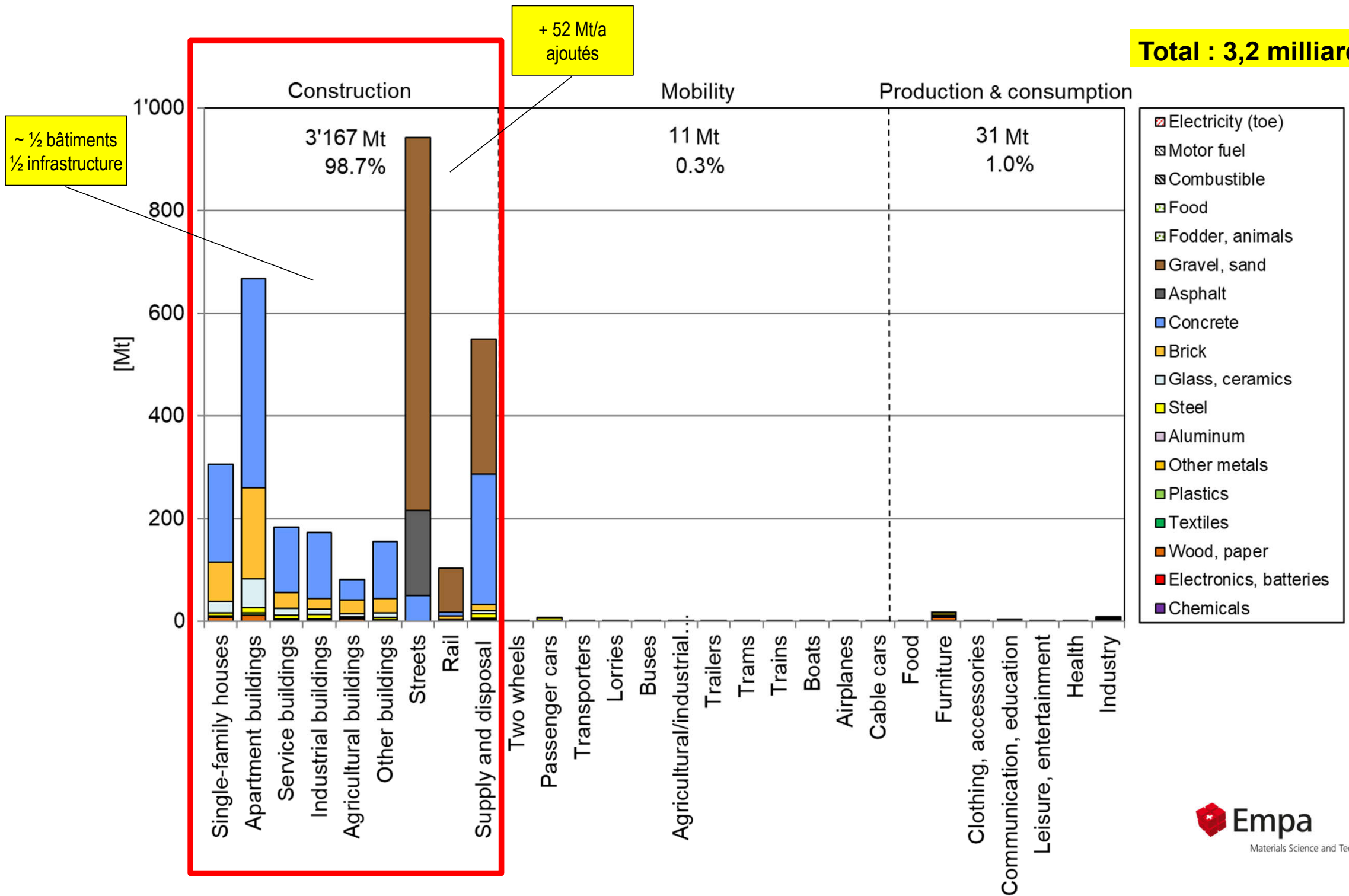


# Contribution des matériaux de démolition en 2018



# Stocks de matières accumulées en 2018

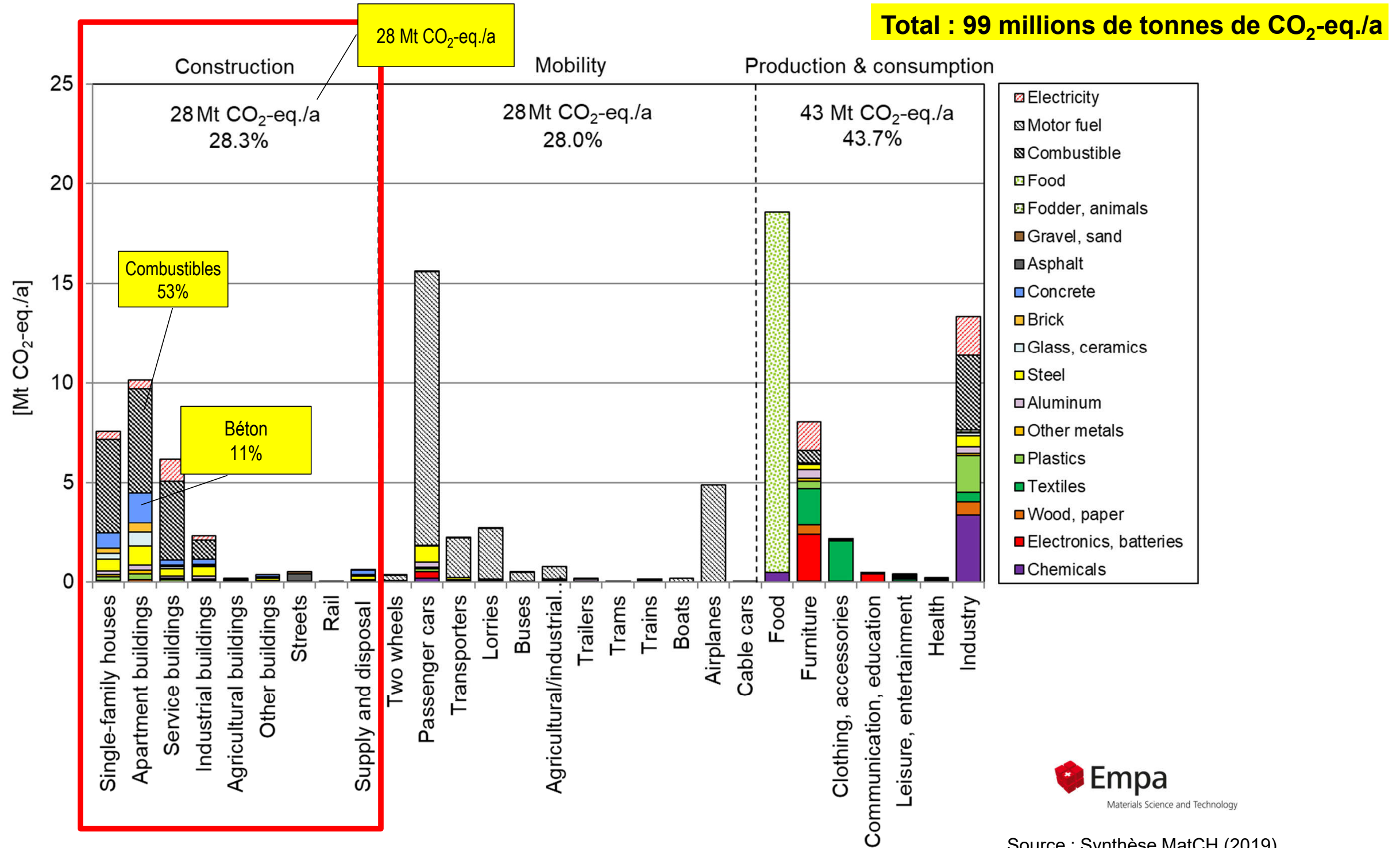
**Total : 3,2 milliards de tonnes**



~ 1/2 bâtiments  
1/2 infrastructure

+ 52 Mt/a  
ajoutés

# Émissions de gaz à effet de serre en 2018





## Objectif

2018

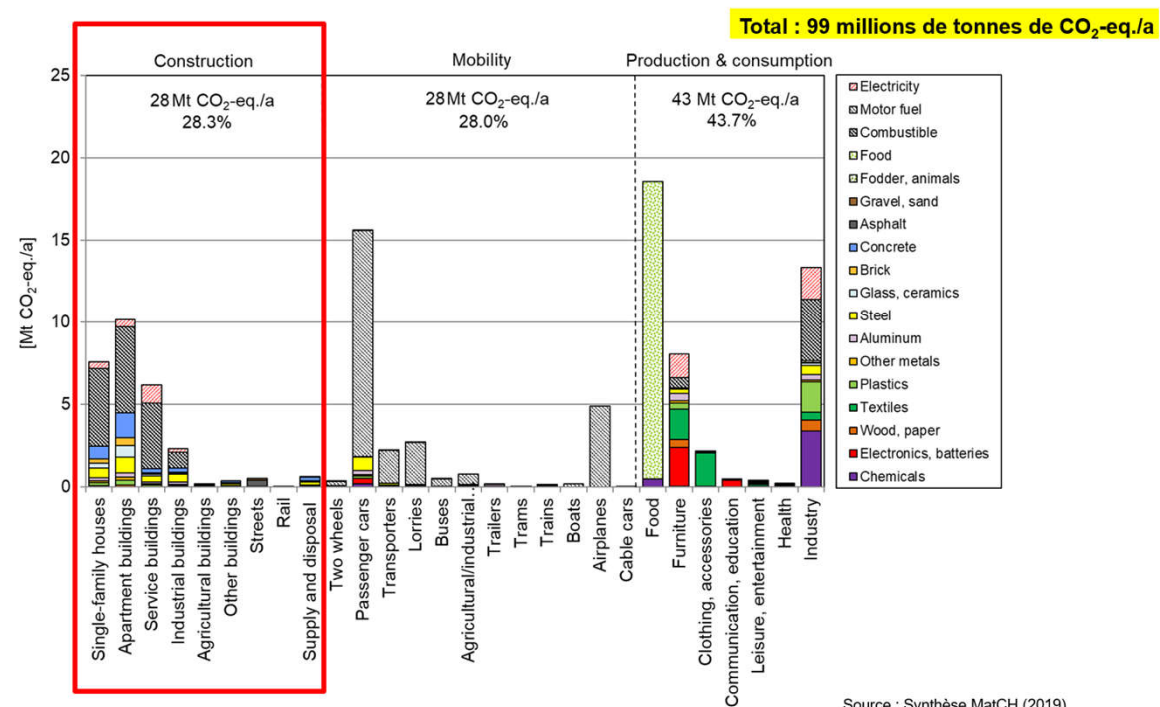


2050

62 Mt/a DMC (+ 12 Mt/a matériaux recyclés)  
 52 Mt/a ajoutés au stock  
 28 Mt CO<sub>2</sub>-eq/a (11 Mt des matériaux)  
 16 Mt/a déchets (+ 6 Mt/a incinérés)

***Construction et bâtiments  
 neutres pour le climat et  
 efficaces dans l'utilisation  
 de ressources***

## Émissions de gaz à effet de serre en 2018



Source : Synthèse MatCH (2019)

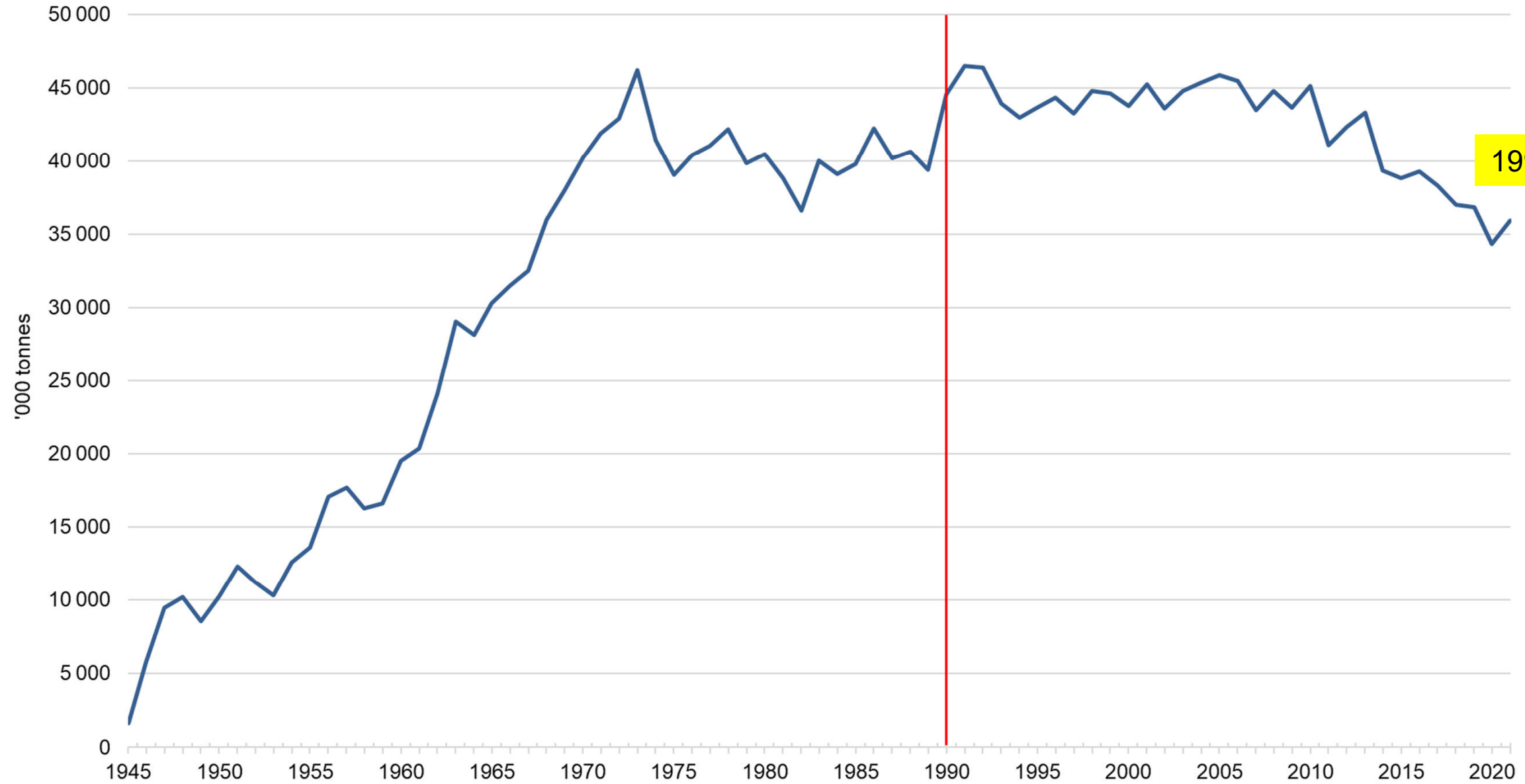


# Impacts environnementaux

## **EMISSIONS DE CO<sub>2</sub> DEPUIS 1990**

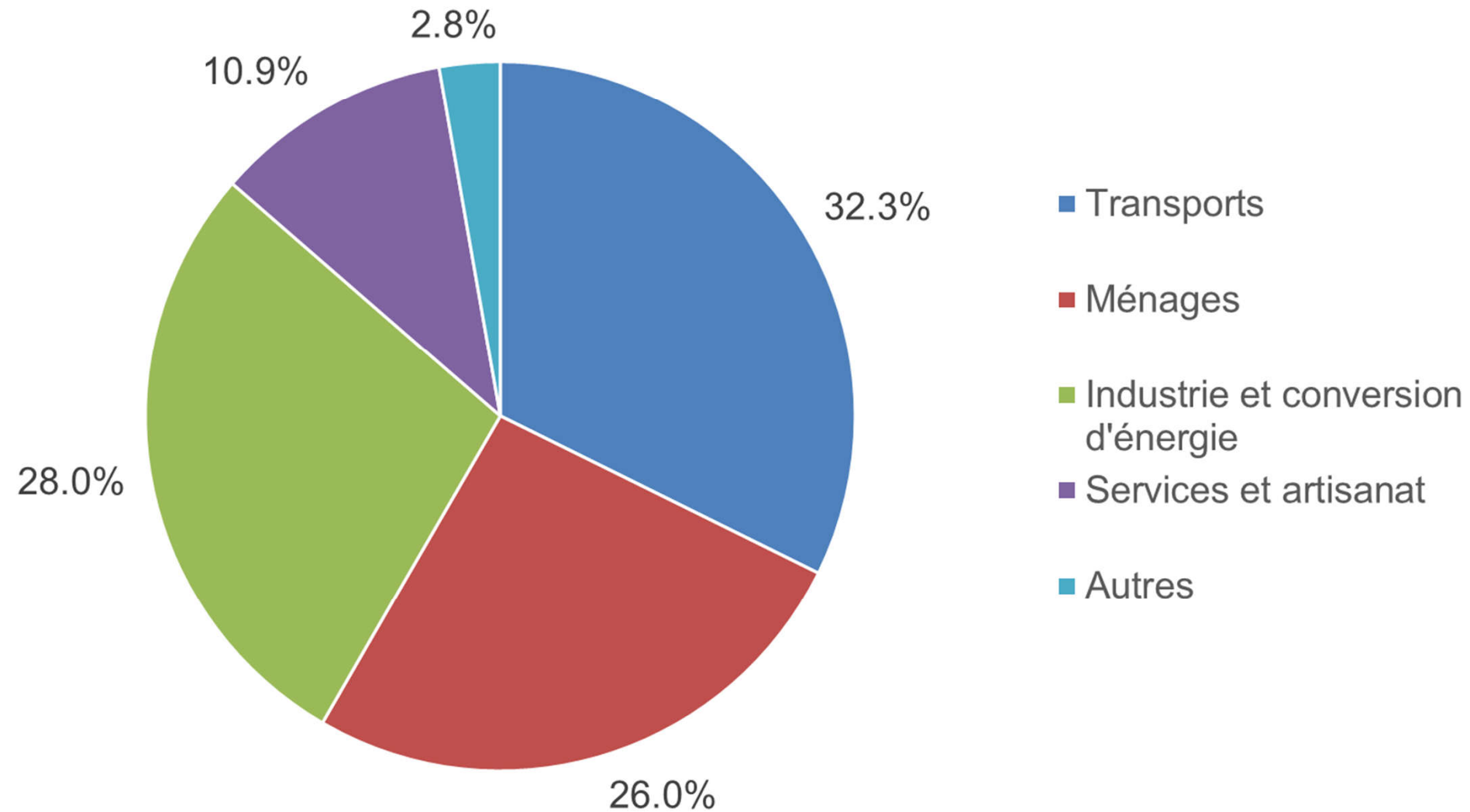
# Emissions de CO<sub>2</sub> totales

## Emissions de CO<sub>2</sub> en Suisse depuis 1945

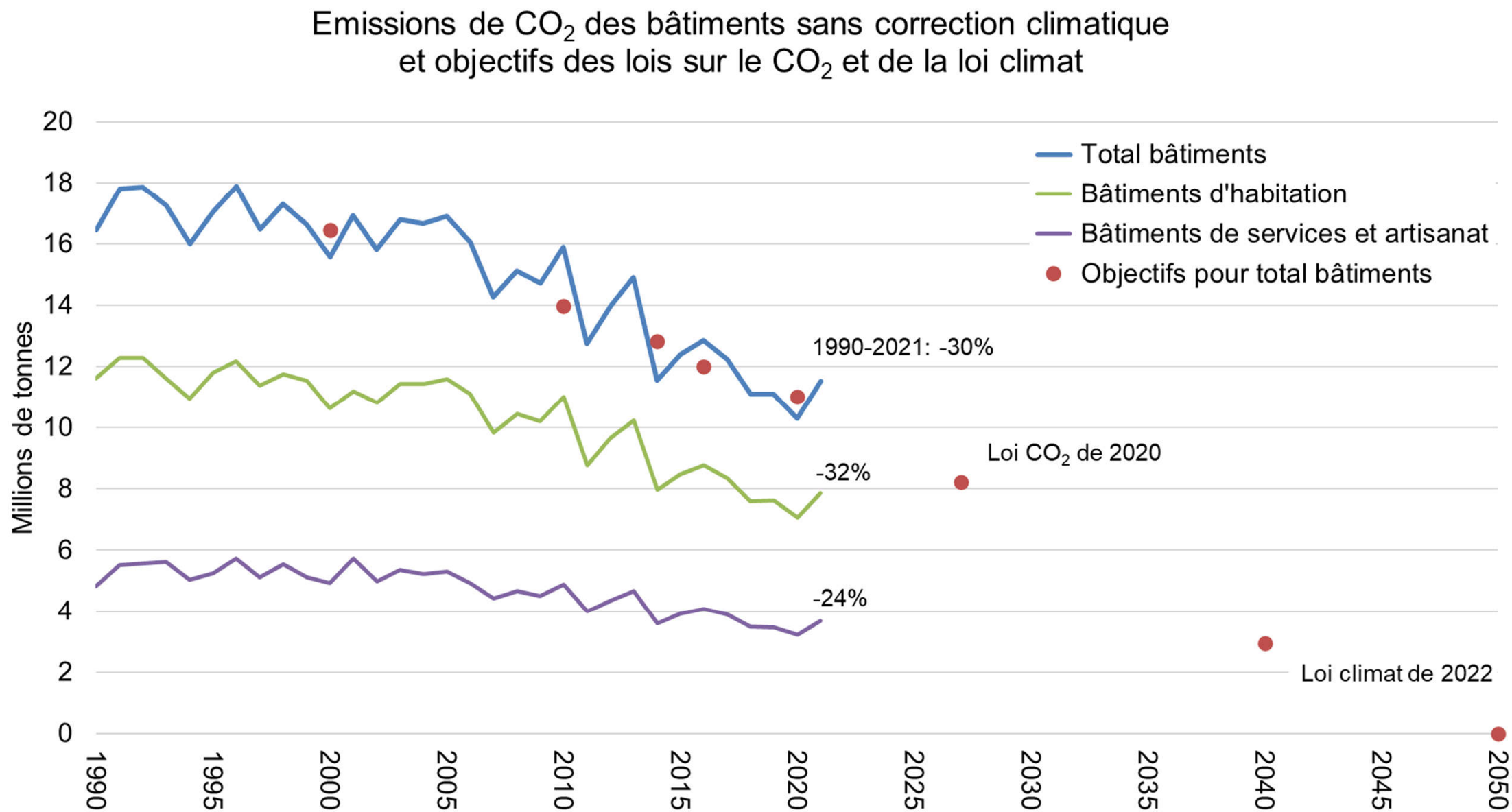


# Rôle du secteur des bâtiments

Parts des différents secteurs aux émissions totales de CO<sub>2</sub> en 1990



# Attentes concernant le secteur des bâtiments



La **moitié** de la diminution des émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2021 a été contribué par le secteur des bâtiments, en particulier des logements

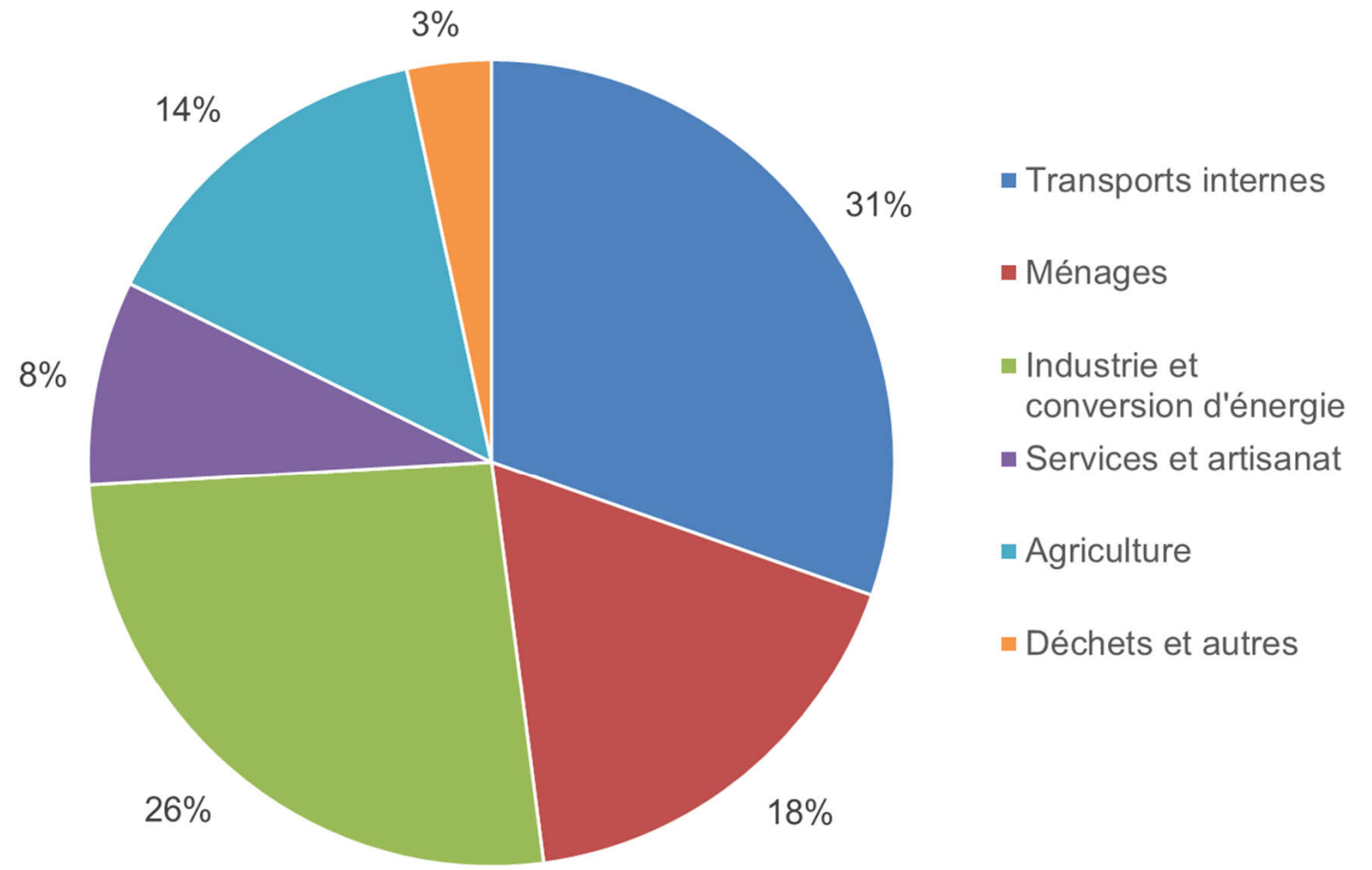
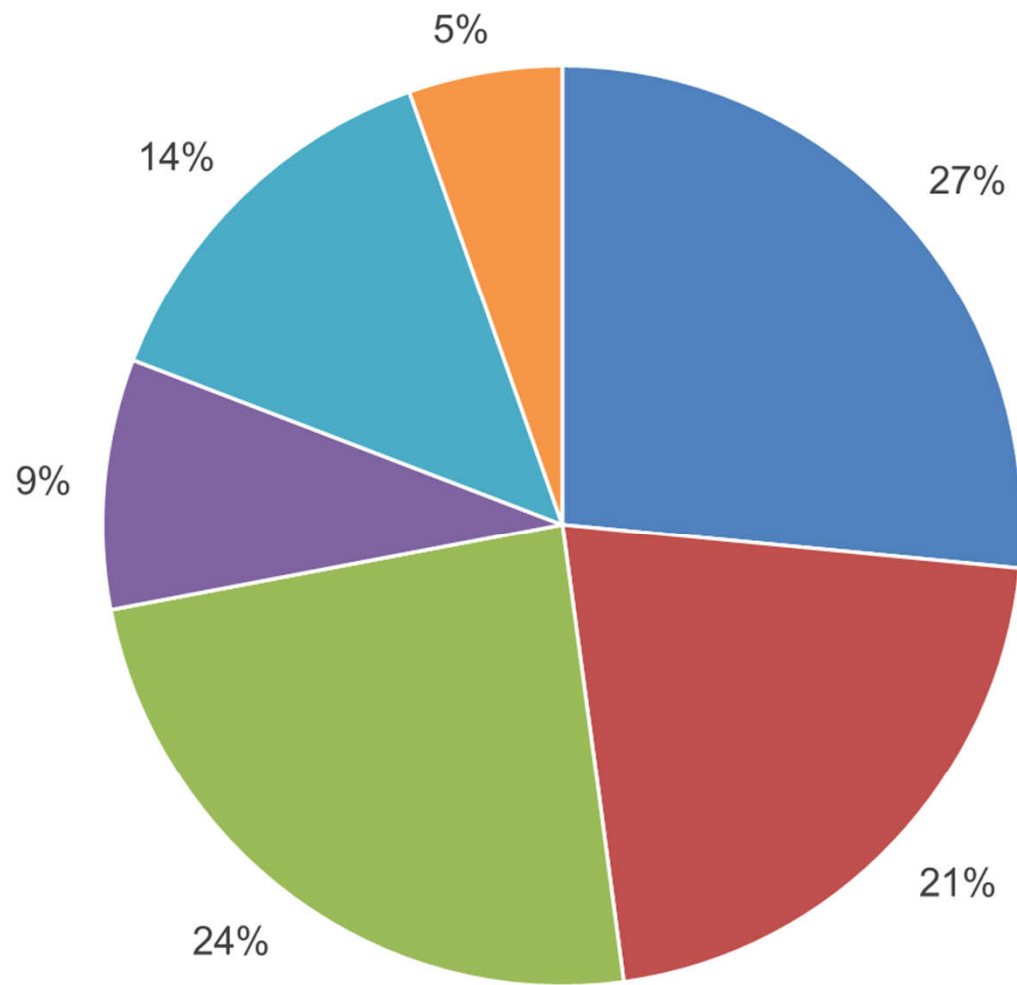
On attend de ce secteur qu'il poursuive son assainissement jusqu'à ne **plus** utiliser d'énergie fossile **du tout en 2050**

# Baisse de la part du secteur des bâtiments

## Emissions de gaz à effet de serre

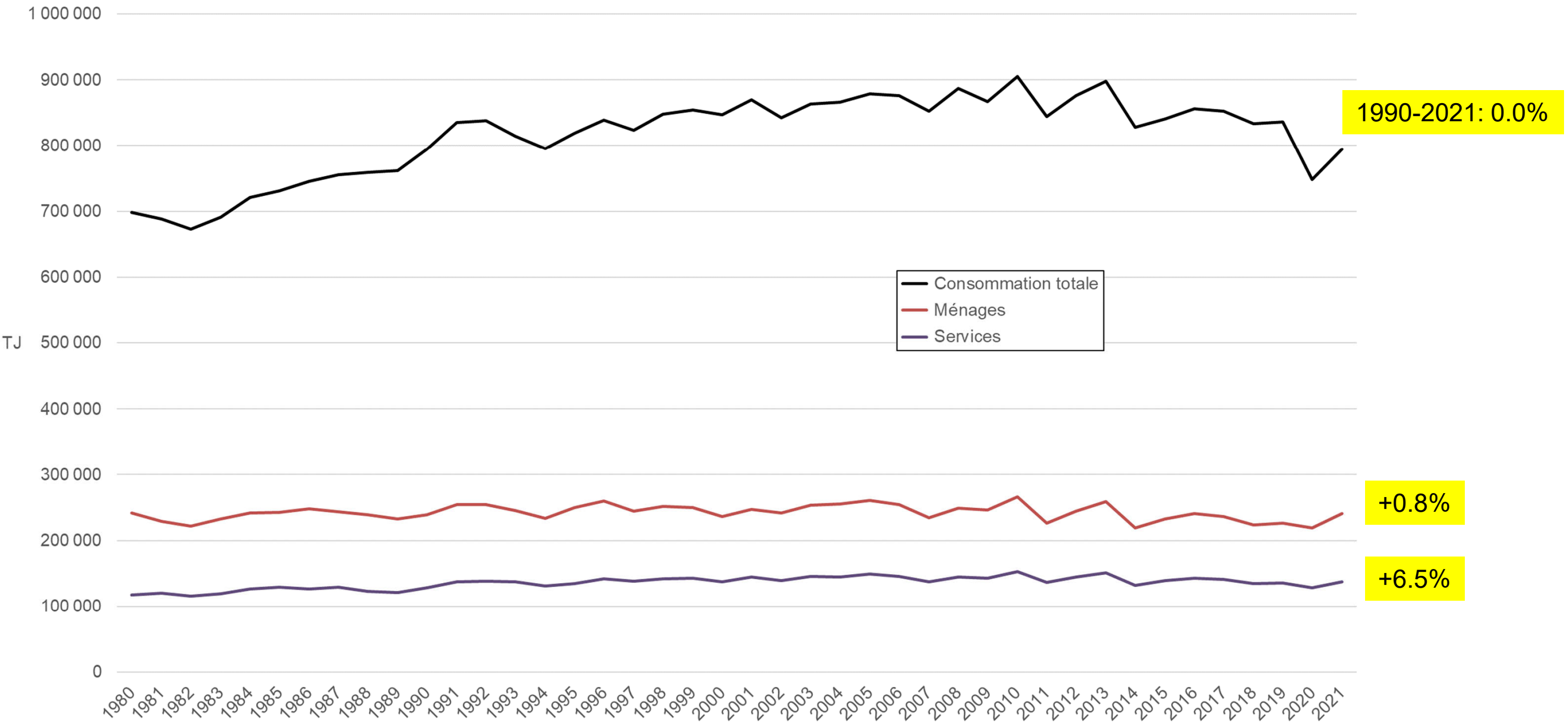
1990

2021

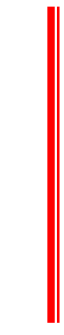


Propre graphique avec données OFEV avril 2023

# Consommation finale d'énergie



Propre graphique avec données OFEN avril 2023



# Impacts environnementaux

## **CONCLUSIONS**

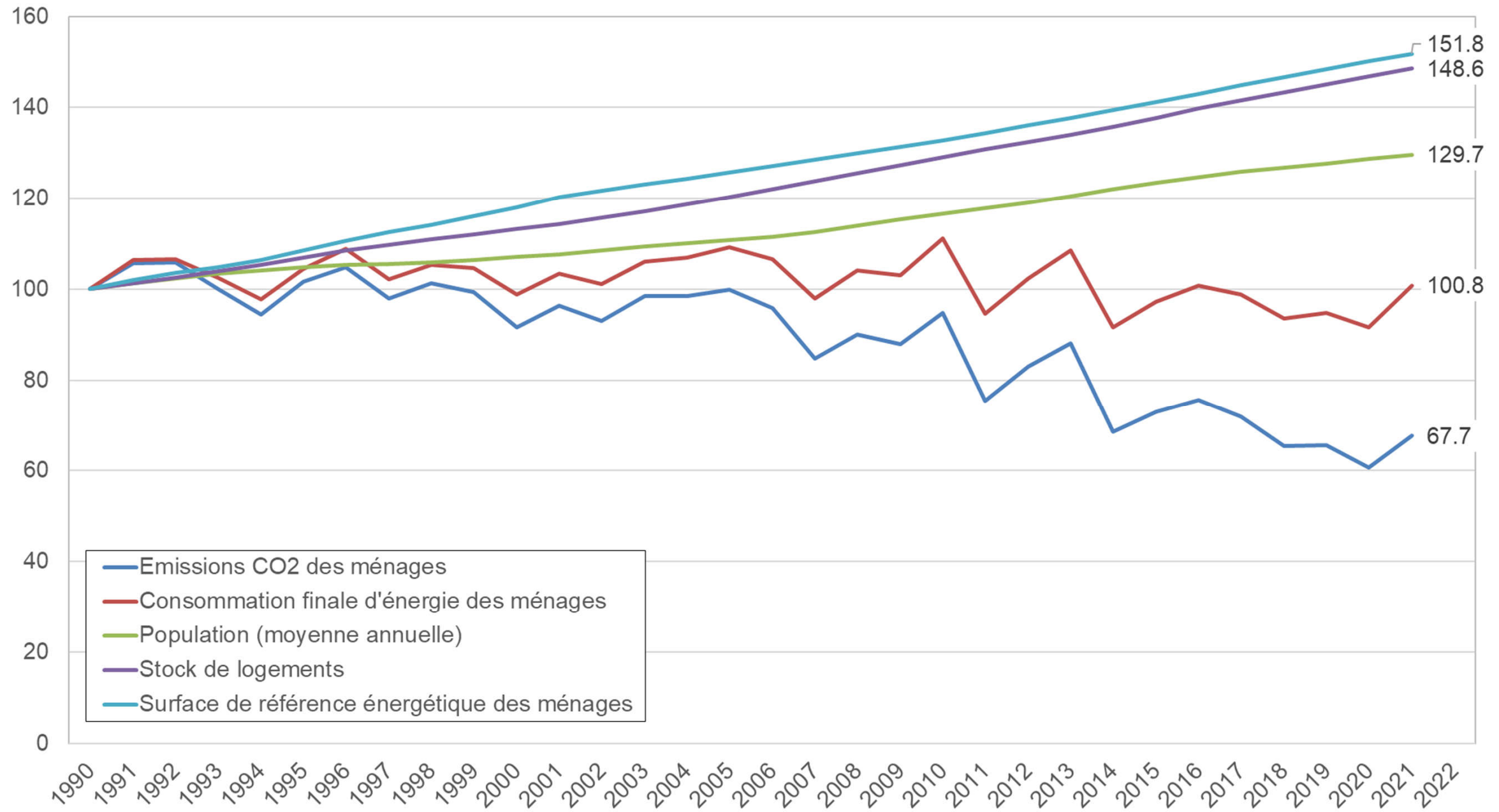


# Conclusions sur l'impact environnemental de la construction et des bâtiments

- De loin la plus importante utilisation de matières (71.3%)
- Le quart des émissions de gaz à effet de serre
- Réduction satisfaisante de ces émissions depuis une quinzaine d'années
- Aucune baisse de la consommation d'énergie depuis 1990
- Attention: tout ceci dans un contexte de croissance démographique et économique...

Déterminants de l'impact environnemental  
**DÉCOMPOSITION DE L'ÉVOLUTION DES  
ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub> DES LOGEMENTS**

# Découplage des émissions de CO<sub>2</sub>



Données OFEV, OFEN et OFS

# Quelques données

	<b>1990</b>	<b>2000</b>	<b>2010</b>	<b>2021</b>
Emissions CO <sub>2</sub> des ménages (Mio t)	11.61	10.63	11.01	7.86
Consommation finale d'énergie (TJ)	239 160	236 320	265 980	241 160
Population (moyenne annuelle)	6 712 272	7 184 250	7 827 970	8 704 546
Stock de logements	3 138 749	3 552 469	4 050 341	4 662 731
Surface de référence énergétique des ménages (1000 m <sup>2</sup> )	346 279	408 893	459 908	525 668
CO <sub>2</sub> /habitant (t)	1.73	1.48	1.41	0.90
CO <sub>2</sub> /énergie (t/GJ=kg/MJ)	0.049	0.045	0.041	0.033
CO <sub>2</sub> /SRE (kg/m <sup>2</sup> )	33.5	26.0	23.9	14.9
SRE/logement (m <sup>2</sup> )	110.3	115.1	113.5	112.7
SRE/habitant (m <sup>2</sup> )	51.6	56.9	58.8	60.4

# Formule IPAT et identité de Kaya

En 1971/72, Paul Ehrlich et John Holdren ont publié leur fameuse formule IPAT ( $A=affluence$ ):

Impact environnemental =  
Population × Niveau de vie × Technologie

$$I = \text{Pop} \times \frac{\text{PIB}}{\text{Pop}} \times \frac{I}{\text{PIB}}$$

$$\frac{I_t}{I_s} = \frac{\text{Pop}_t}{\text{Pop}_s} \times \frac{(\text{PIB} / \text{Pop})_t}{(\text{PIB} / \text{Pop})_s} \times \frac{(I / \text{PIB})_t}{(I / \text{PIB})_s}$$

$$\frac{dI}{I} \approx \frac{d\text{Pop}}{\text{Pop}} + \frac{d(\text{PIB} / \text{Pop})}{\text{PIB} / \text{Pop}} + \frac{d(I / \text{PIB})}{I / \text{PIB}}$$

**"Identité de Kaya":**

E est la consommation d'énergie

$$\text{émissions de CO}_2 = \text{Pop} \times \frac{\text{PIB}}{\text{Pop}} \times \frac{E}{\text{PIB}} \times \frac{\text{CO}_2}{E}$$

# Décomposition de Kaya

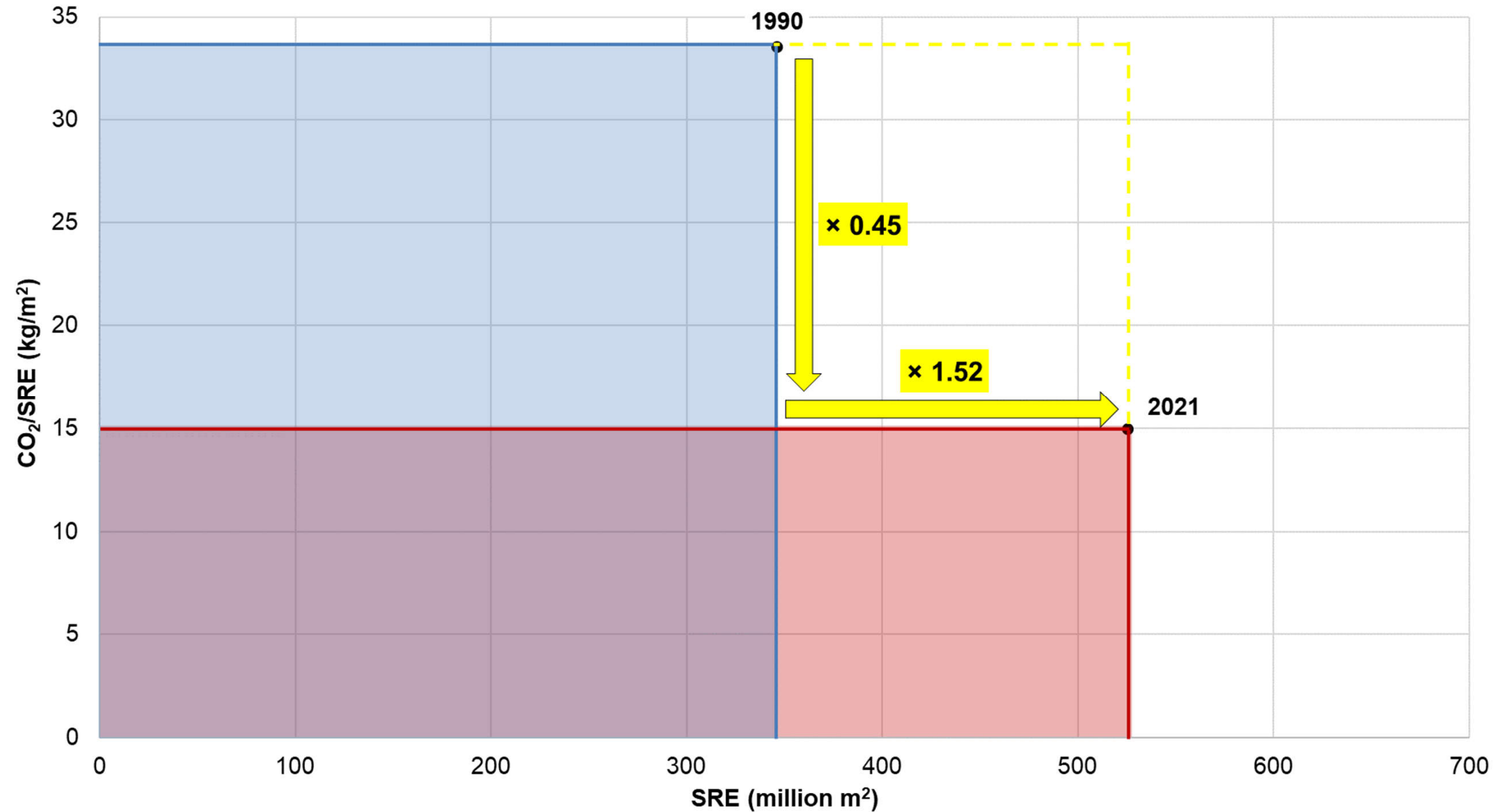
$$\text{Emissions de CO}_2 \text{ des ménages} = \text{Population} \times \frac{\text{SRE}}{\text{Population}} \times \frac{\text{Energie}}{\text{SRE}} \times \frac{\text{CO}_2}{\text{Energie}}$$

$$\frac{\text{CO}_{2,2021}}{\text{CO}_{2,1990}} = \frac{\text{Pop}_{2021}}{\text{Pop}_{1990}} \times \frac{(\text{SRE} / \text{Pop})_{2021}}{(\text{SRE} / \text{Pop})_{1990}} \times \frac{(\text{E} / \text{SRE})_{2021}}{(\text{E} / \text{SRE})_{1990}} \times \frac{(\text{CO}_2 / \text{E})_{2021}}{(\text{CO}_2 / \text{E})_{1990}}$$

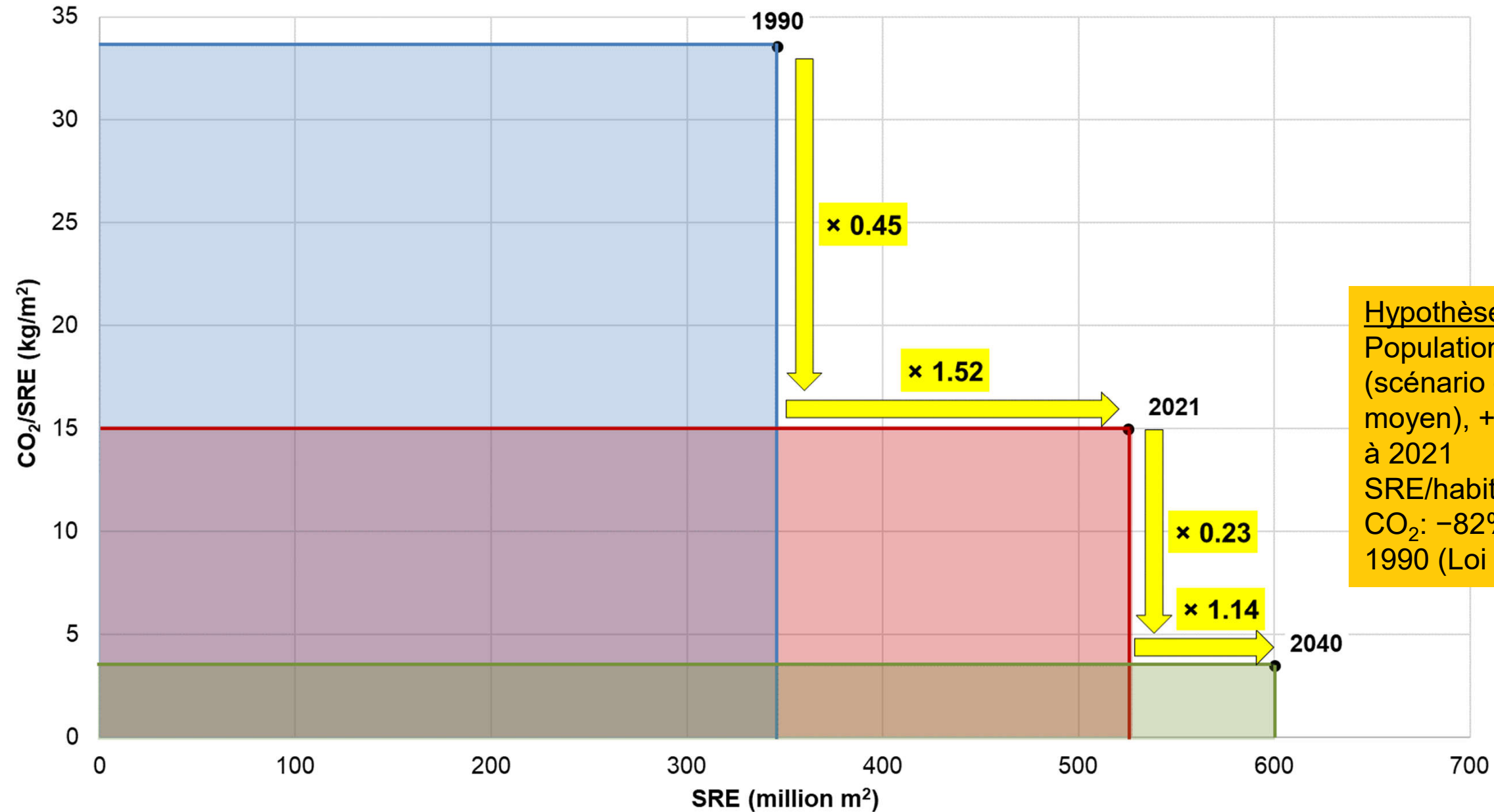
<b>Décomposition de Kaya</b>	<b>1990</b>	<b>2021</b>	<b>2021/1990</b>
Emissions CO <sub>2</sub> des ménages (million t)	11.6	7.9	0.68
Population (moyenne annuelle, millions)	6.7	8.7	1.30
SRE/habitant (m <sup>2</sup> )	51.6	60.4	1.17
Energie/SRE (GJ/m <sup>2</sup> )	0.69	0.46	0.66
CO <sub>2</sub> /energie (t/GJ=kg/MJ)	0.049	0.033	0.67

Données OFEV, OFEN et OFS, propres calculs

# Décomposition des émissions de CO<sub>2</sub> selon SRE (démographie + confort) et CO<sub>2</sub>/SRE (efficacité et mix énergétique)



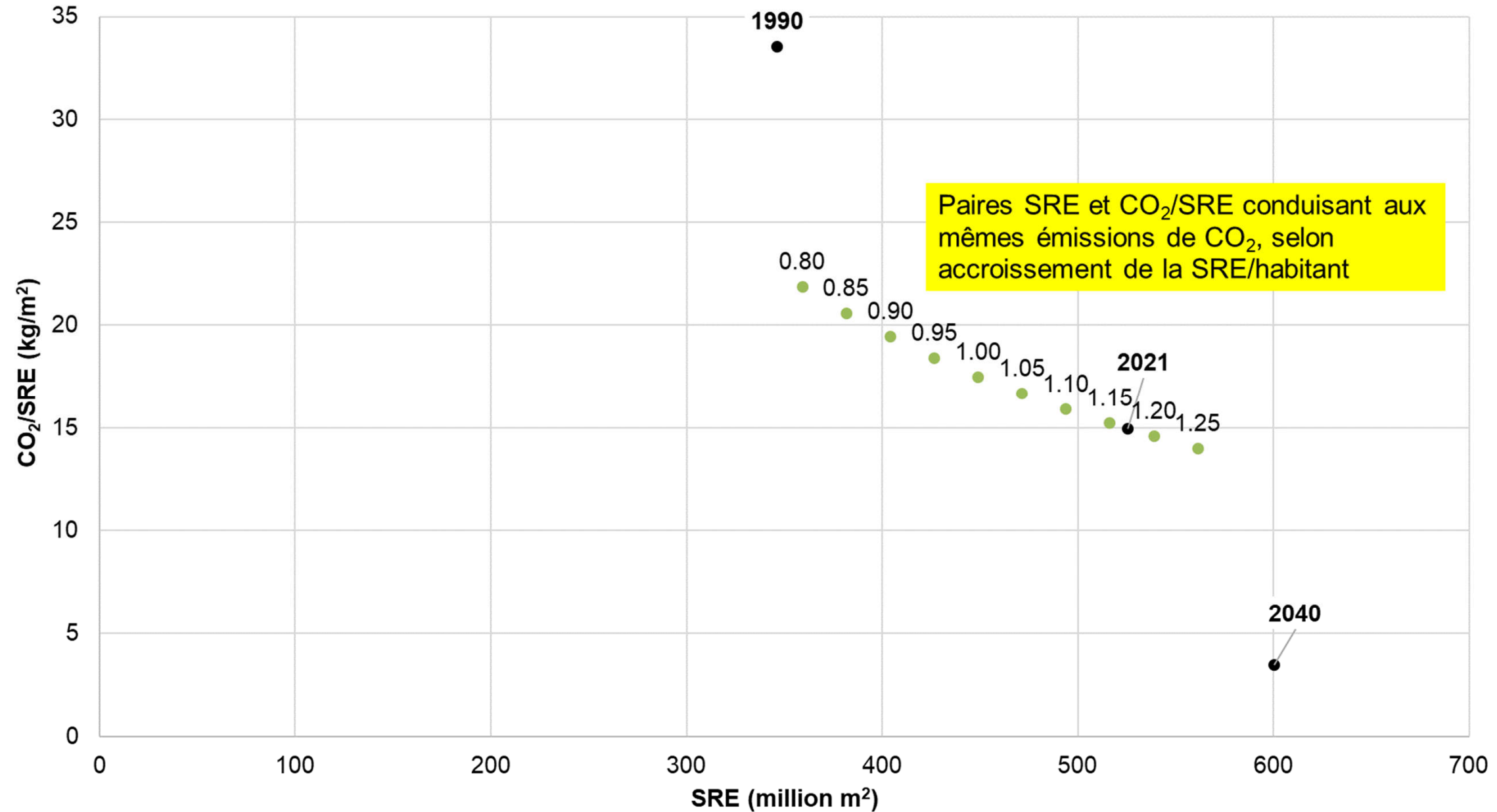
# Décomposition des émissions de CO<sub>2</sub> selon SRE (démographie + confort) et CO<sub>2</sub>/SRE (efficacité et mix énergétique)



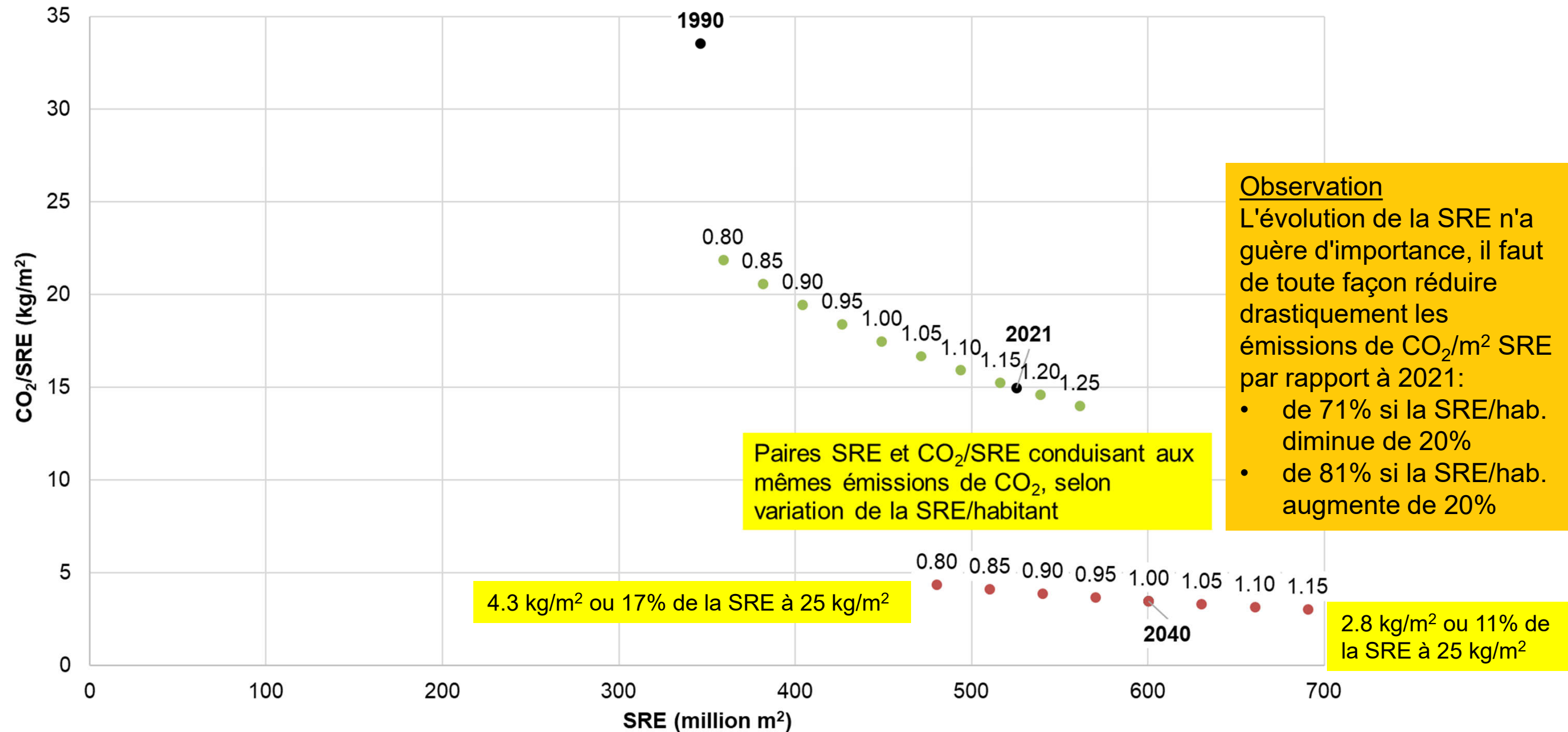
Hypothèses pour 2040:  
Population: 9.94 millions (scénario démographique moyen), +14% par rapport à 2021  
SRE/habitant: comme 2021  
CO<sub>2</sub>: -82% par rapport à 1990 (Loi climat)



# Décomposition des émissions de CO<sub>2</sub> selon SRE (démographie + confort) et CO<sub>2</sub>/SRE (efficacité et mix énergétique)



# Décomposition des émissions de CO<sub>2</sub> selon SRE (démographie + confort) et CO<sub>2</sub>/SRE (efficacité et mix énergétique)



# Déterminants de l'impact environnemental

## **CONCLUSIONS**

# Conclusions sur l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> liées à au logement

- Dans le domaine du logement, l'augmentation de l'efficacité énergétique a neutralisé la croissance des surfaces
- Le remplacement des énergies fossiles a fait baisser les émissions de CO<sub>2</sub>
- A l'horizon 2050, il faudra éliminer toutes les émissions de CO<sub>2</sub>, donc finir de remplacer toutes les énergies fossiles
- Ceci, quelle que soit la surface d'habitat

## Scénario

**A QUOI POURRAIT RESSEMBLER UNE  
CONSTRUCTION ET UN PARC DE  
LOGEMENTS DURABLES EN 2050 ?**

# Potentiels d'amélioration (1)

Scénario pour rendre la construction et les bâtiments neutres pour le climat et efficaces dans l'utilisation de ressources



		2020	2050 WWB	2050 Best-case
<b>Population</b>				
Permanent resident population	inhabitants	8'670'300	10'440'621	10'440'621
<b>Manufacturing</b>				
Alternative manufacturing of building materials	t CO <sub>2</sub> -eq/t concrete	0.09	0.09	0.03
<b>Construction</b>				
Alternative construction materials		-	-	tbc
Alternative construction methods		-	-	tbc
Composition of new buildings	% wood in volume new buildings	6%	10%	14%
Renovation rate	% building stock	0.9%	0.6%	2.0%
Replacement rate of new buildings	% building stock	0.6%	0.8%	0.2%
<b>Housing</b>				
Size of living space	m <sup>2</sup> /p	46	51	40
Total electricity consumption (excluding space heating and hot water)	Mia. kWh/a energy consumption in CH	46	45	45
Demand for space heating (insulation efficiency)	kWh/m <sup>2</sup> /a	96	42	30
Domestic hot water demand (showering, bathing, washing)	kWh/p/a	1'070	876	876

Optimiser la chaîne de valeur

Utiliser les matériaux de construction de manière plus ciblée

Rénover au lieu de remplacer

WWB (weiter wie bisher) = poursuite des politiques actuelles

Utiliser l'espace de vie de manière plus efficace

# Potentiels d'amélioration (2)

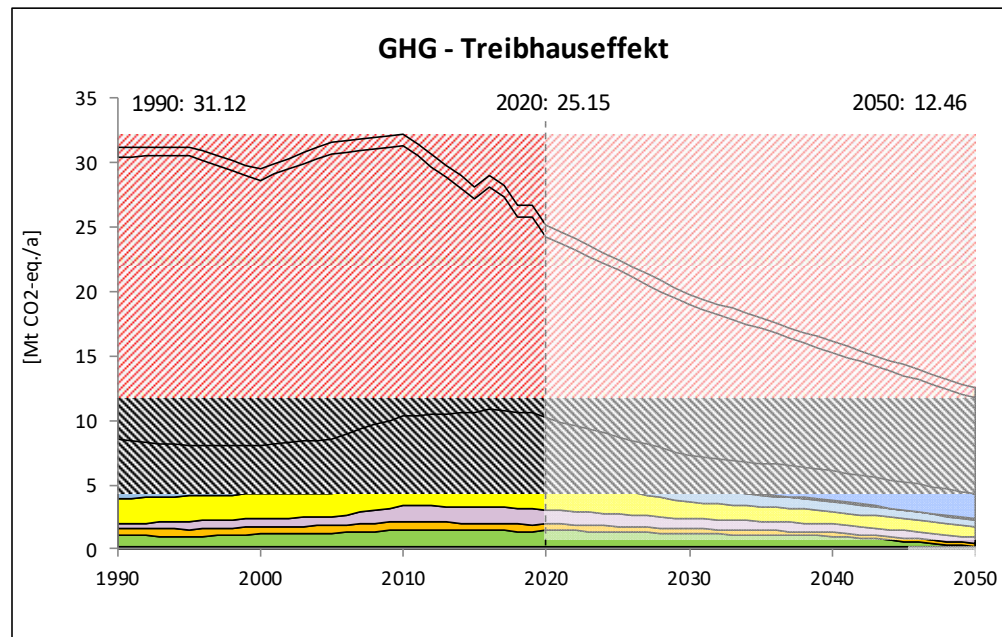
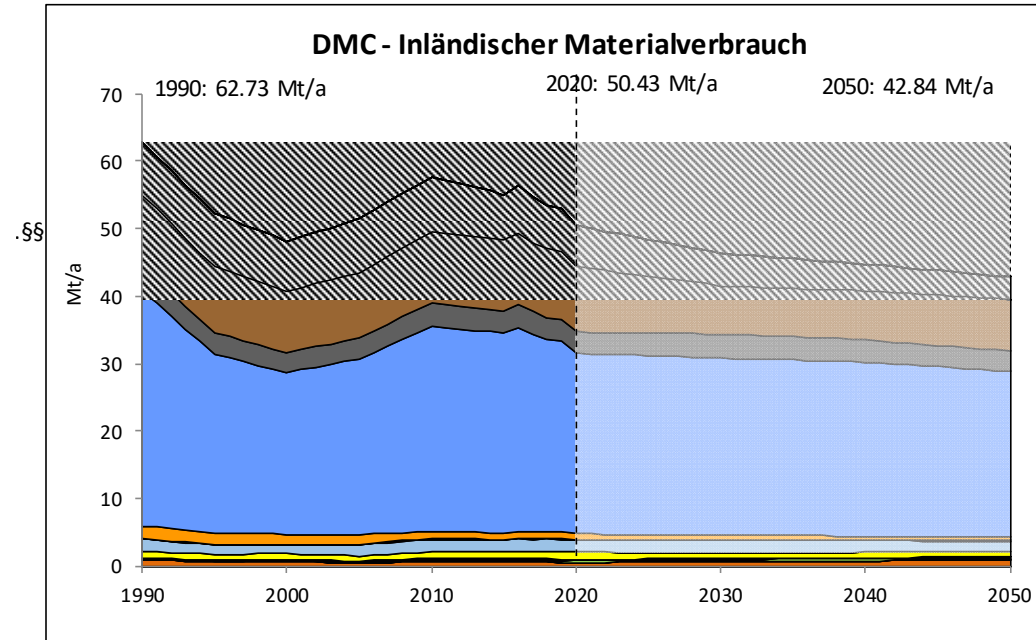
Scénario pour rendre la construction et les bâtiments neutres pour le climat et efficaces dans l'utilisation de ressources



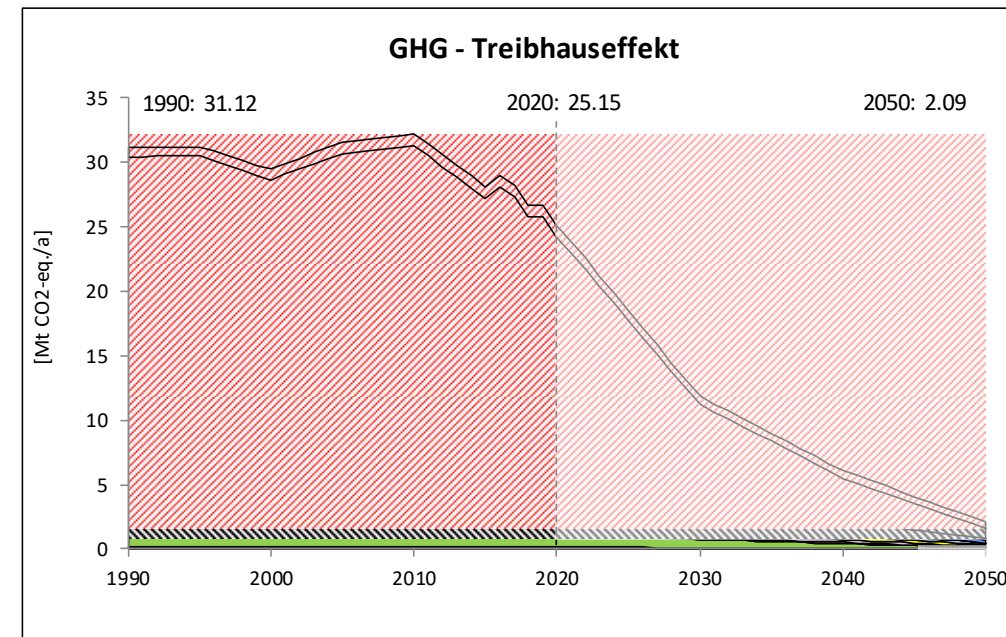
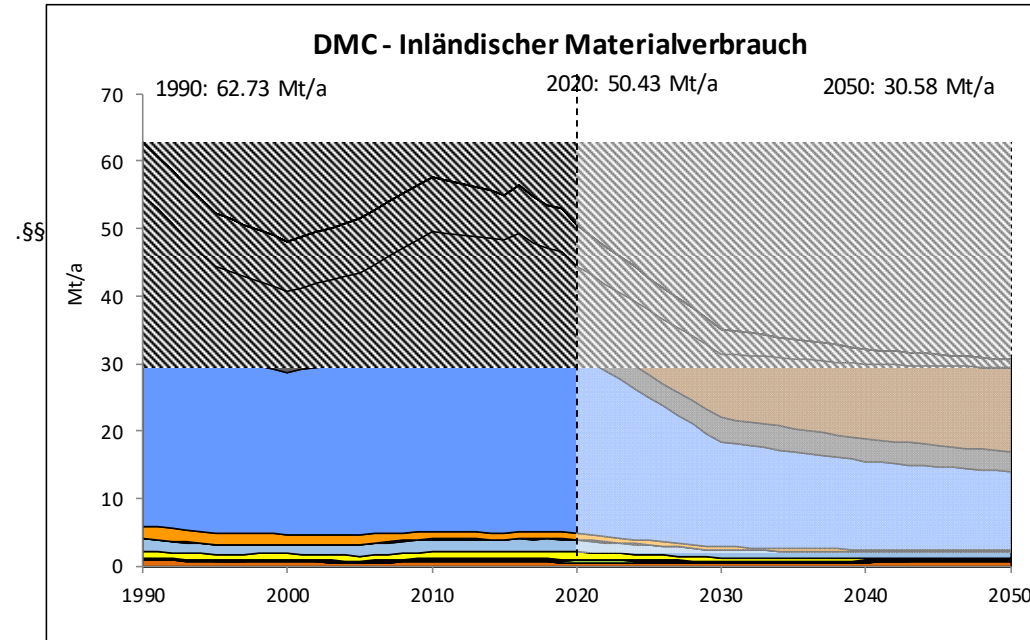
		2020	2050 WWB	2050 Best-case
<b>Reuse and recycling</b>				
Reuse of building elements		-		tbc
Recycling of concrete	% waste concrete	85%	87%	99%
Percentage of recycled concrete to concrete (instead of to civil engineering) of total	% waste concrete	25%	60%	99%
Recycling steel	% waste steel	96%	98%	99%
Recycling wood	% waste wood	5%	7%	20%
<b>Energy</b>				
Composition electricity (electricity mix)	% renewable	59%	69%	100%
Fuel mix composition	% renewable	31%	44%	100%
Fossil share in global energy mix compared to now	Fossil share in the global energy mix, compared to 2020	100%	47%	25%
<b>Negative emissions</b>				

Energie  
100%  
renouvelable

# WWB



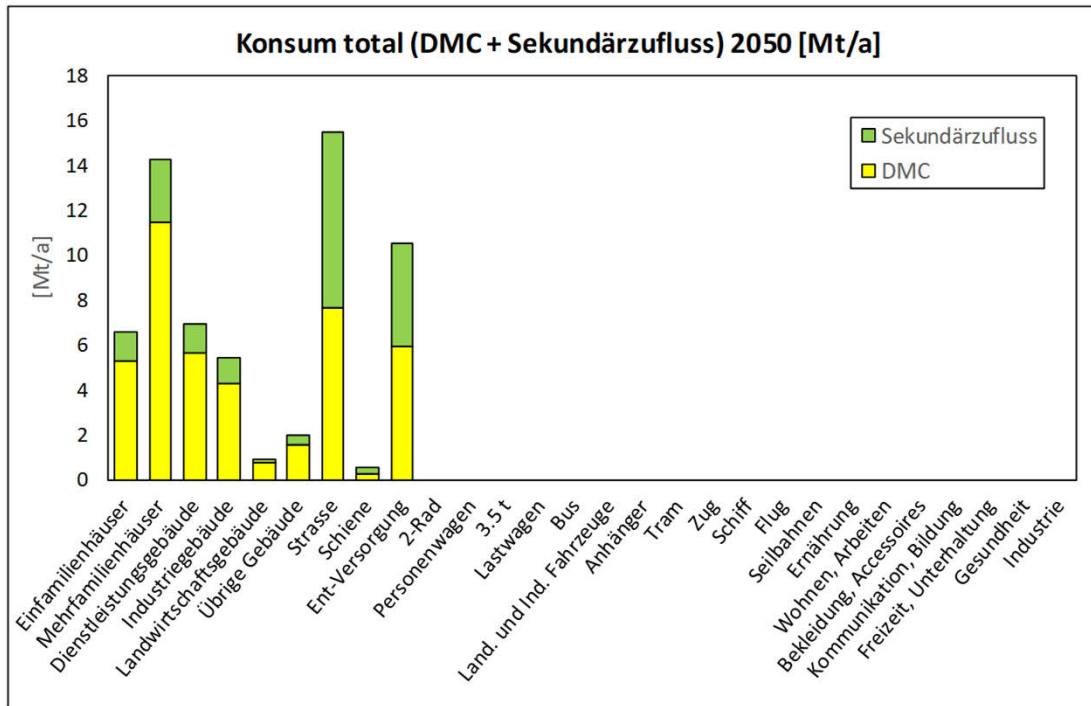
# Meilleur cas



Simulations Cecilia Matasci, Empa

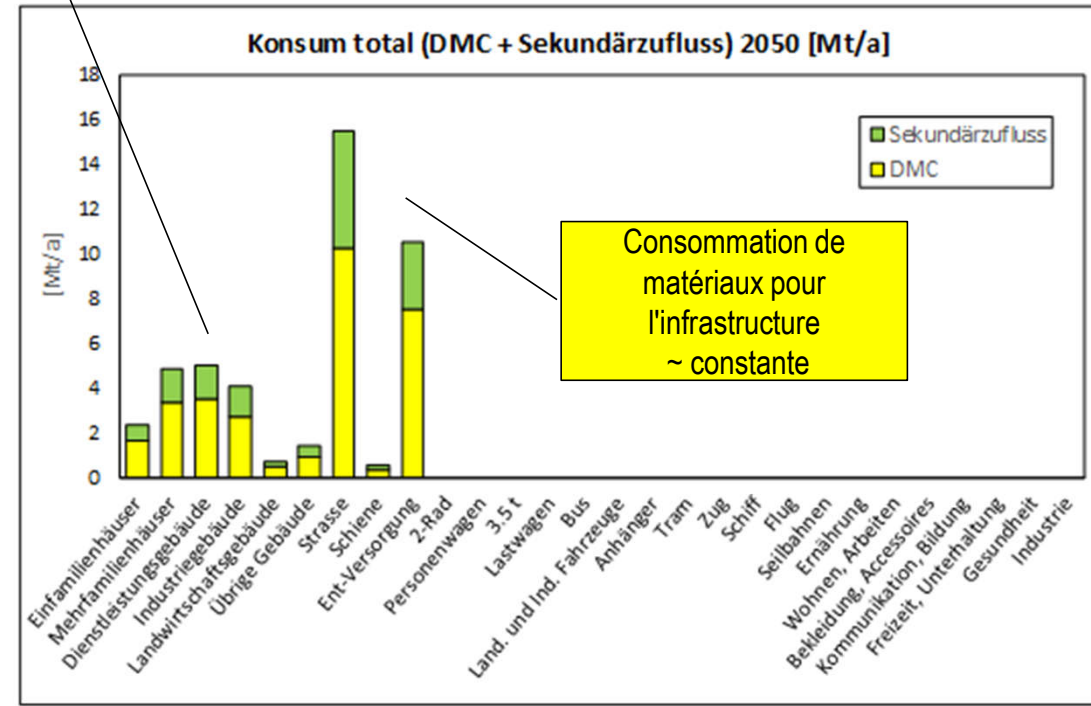


# WWB

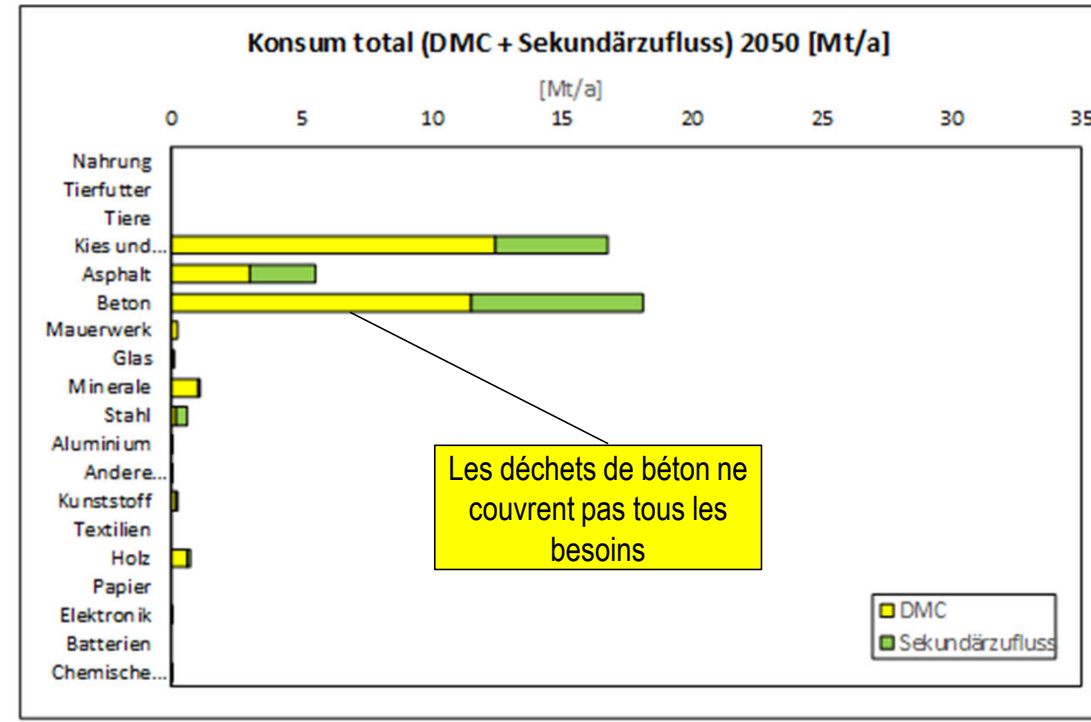
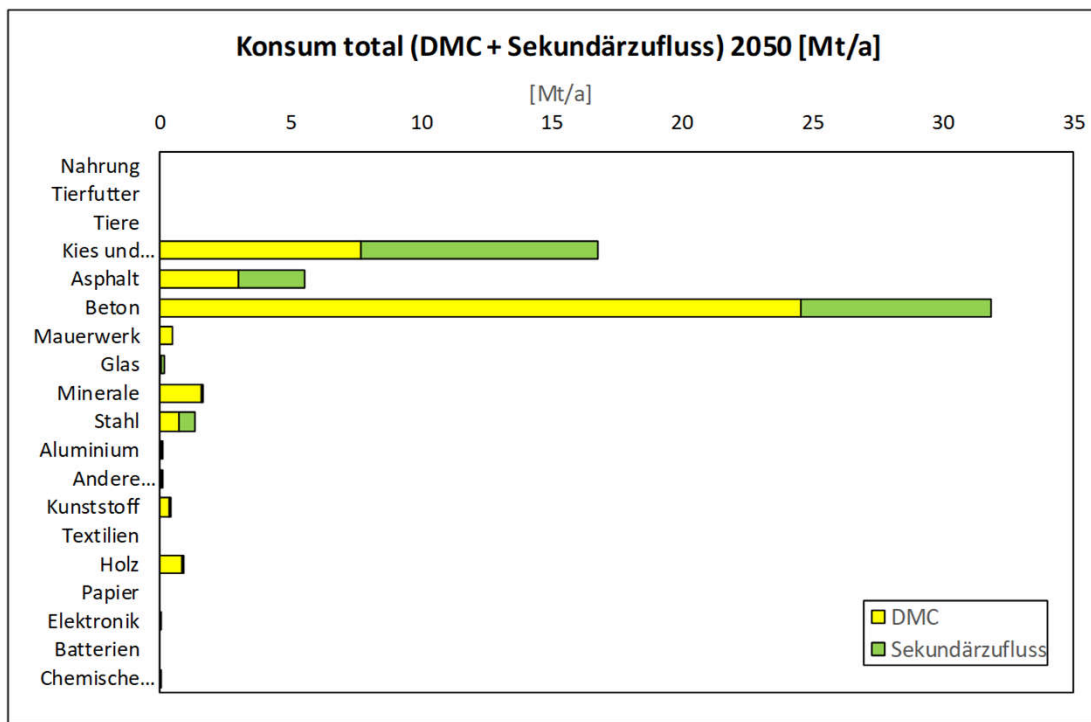


La consommation de matériaux pour les habitations diminue

# Meilleur cas



Consommation de matériaux pour l'infrastructure ~ constante



# Résultats de cette recherche et du Co-creation lab

## "Housing and construction"



- Un bilan net nul est possible si (i) le parc immobilier croît moins que la population, (ii) son exploitation est climatiquement neutre et (iii) le secteur de la construction s'adapte
- Il est plus facile de réduire les émissions de gaz à effet de serre que la consommation de ressources
- Il est plus facile de réduire la consommation de matériaux dans les bâtiments (résidentiels) que dans les infrastructures
- Il faut rénover et densifier beaucoup plus, et démolir-reconstruire beaucoup moins
- Dès lors, la disponibilité des matériaux de démolition diminue : il pourrait ne pas y en avoir assez pour fermer les cycles
- Le grand perdant est l'industrie du ciment et du béton, dont le chiffre d'affaires s'effondre malgré la (légère) hausse de la demande pour les infrastructures
- Le bois suisse est le grand gagnant, mais l'offre est nettement limitée

# Défis

# CONDITIONS POUR DÉCARBONER LES LOGEMENTS

# Défis de la décarbonation

- Environ 900'000 bâtiments sont actuellement encore chauffés avec des énergies fossiles
- Défis:
  - Décision des propriétaires de les décarboner
  - Financement des travaux
  - Capacités de production pour réaliser ces travaux
  - Ressources énergétiques non carbonées de substitution

# Défi des ressources énergétiques de substitution

- "120'000 bâtiments sont encore chauffés avec un système électrique en Suisse"\*
- "Un chauffage électrique utilise trois à cinq fois plus d'électricité qu'une pompe à chaleur dotée d'une sonde géothermique"\*
- 360 à 600'000 bâtiments pourraient être chauffés avec une pompe à chaleur pour la même consommation électrique
- En enlevant les 120'000 bâtiments dont il faut remplacer le système électrique, cela fait 240 à 480'000 bâtiments actuellement chauffés au mazout (sur les 900'000)
- Mêmes besoins saisonniers
- Il faudra quand même augmenter la production d'électricité, surtout sur les bâtiments eux-mêmes!

\* Fiche d'information de l'OFEV sur la loi sur le climat et l'innovation

# Défi des capacités de production

## Calcul illustratif

Données:

- SRE totale au 1.1.2023: 807'219'000 m<sup>2</sup> (dont logement: 539'346'000 m<sup>2</sup>)\*
- 340'000 EPT dans la construction en 2021 (bâtiments, GC, second œuvre)\*\*

Hypothèses:

- 95% de la SRE totale doit encore être assainie
- Un ouvrier moyen peut assainir 100 m<sup>2</sup> par an (0.06 m<sup>2</sup>/heure\*\*\* x 1664 heures)

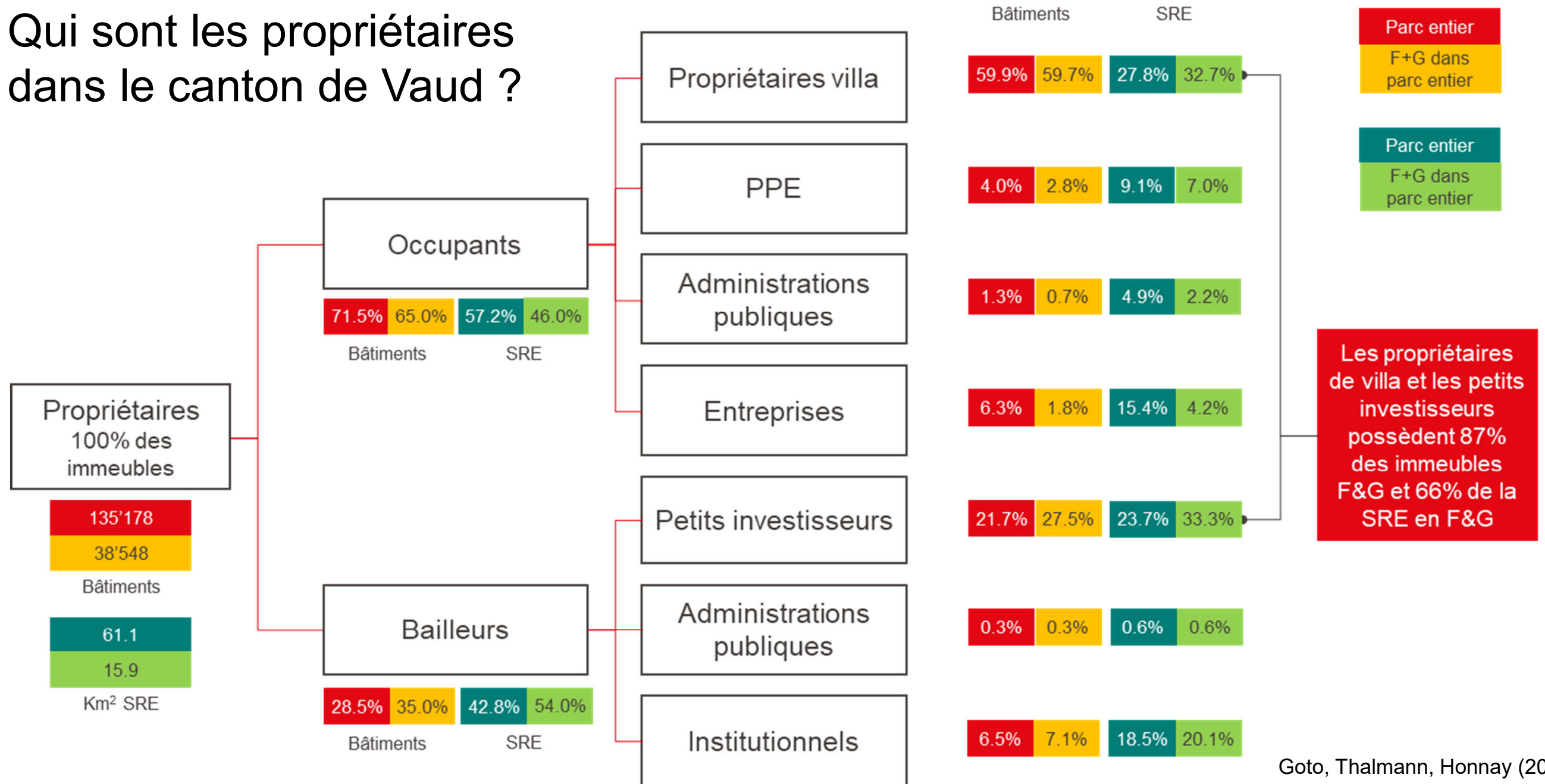
Calculs:

- Il reste 27 ans jusqu'en 2050 en commençant tout de suite
- 28'402'000 m<sup>2</sup> SRE à assainir chaque année (SRE totale / 27)
- 284'000 ouvriers sont nécessaires pour cela
- **84%** de tous les ouvriers de la construction

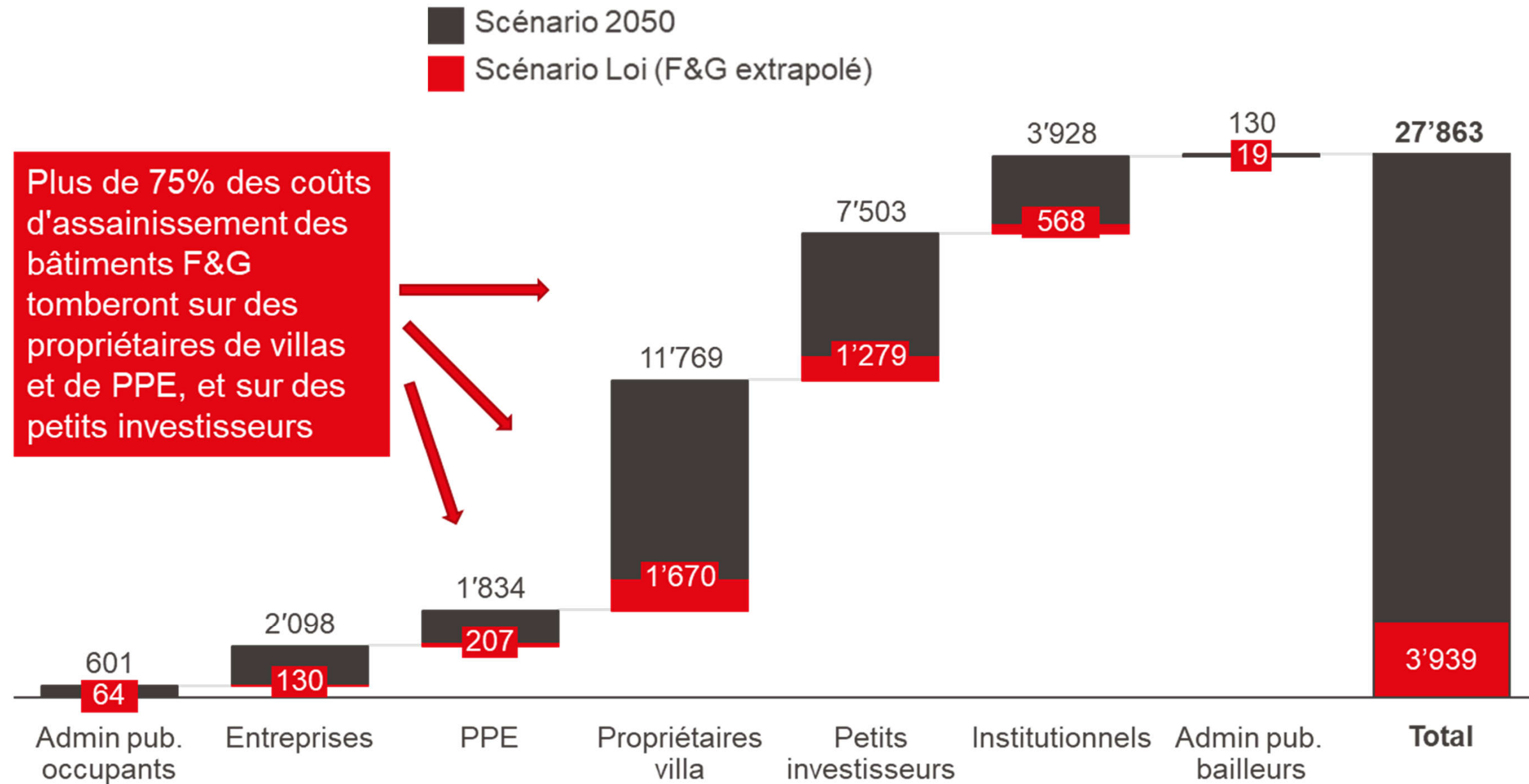
\* Prévion selon Wüest Partner pour OFEN, 25.11.2022; \*\* OFS Tableau 06.02.00.01.01; \*\*\* Estimation: coût moyen d'assainir 1m<sup>2</sup> = 1500 CHF, dont 1/3 (1000 CHF) de coûts salariaux, à 60 CHF/heure, cela implique 16.67 heures de travail par m<sup>2</sup> ou 0.06 m<sup>2</sup>/heure

# Défi de décider les propriétaires à décarboner et de financer les travaux

Qui sont les propriétaires dans le canton de Vaud ?



# Défi de décider les propriétaires à décarboner et de financer les travaux







# Défis

# CONCLUSIONS

# Conclusions sur les défis de la décarbonation des bâtiments

Pour décarboner le parc des bâtiments d'ici 2050...

- on a besoin de plus d'électricité renouvelable
- il faudra mobiliser la grande majorité de la main-d'œuvre (plus de 80%?); sans parler des machines, matériaux, appareils, etc...
- il faudra trouver un moyen de convaincre les 950'000 ménages propriétaires de leur villa, les 500'000 ménages propriétaires de leur appartement et tous les autres propriétaires d'immeubles
- il faudra que ce soit financièrement possible pour toutes et tous

Facilitation

**MESURES FACILITANT LA  
DÉCARBONATION**

# Stopper temporairement la construction nouvelle pour libérer la main-d'œuvre

## Calcul illustratif

Données:

- SRE logement au 1.1.2023: 539'346'000 m<sup>2</sup> \*
- SRE/habitant = 61.2 m<sup>2</sup>
- Population résidente en 2050: 10.4 millions \*\*

Hypothèse:

- La SRE logement n'augmente plus jusqu'en 2050

Calcul:

- SRE/habitant en 2050 = 52.0 m<sup>2</sup>, la même valeur qu'en 1990

\* Prévision selon Wüest Partner pour OFEN, 25.11.2022; \*\* OFS scénario A-00-2020 "référence"

# Désaffecter des bâtiments

- Pour réduire le nombre de bâtiments à assainir
- D'abord ceux qui cumulent les défauts: coût d'assainissement élevé, qualité patrimoniale faible, mauvaise accessibilité, exposition aux dangers naturels, site de biodiversité à récupérer, etc.
- Mesures d'accompagnement: **transformer les bâtiments existants pour qu'ils puissent accueillir plus d'habitant.es**
- Déconstruction ...



AdobeStock #210209193

# Extraire le logement des marchés financiers

- Forte expansion de la construction de logements quand les taux d'intérêt sont bas...
- Attraction de capitaux spéculatifs
- Résidences secondaires comme placement
- Lobby politique plaçant ses intérêts financiers au-dessus de l'intérêt commun
- Tout ceci ne conduit pas à couvrir les besoins de la population avec une mobilisation parcimonieuse de ressources naturelles
- Autant de barrières économiques et politiques à une utilisation plus rationnelle du stock de logements



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Ecological Economics

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/ecolecon](http://www.elsevier.com/locate/ecolecon)

A home for all within planetary boundaries: Pathways for meeting England's housing needs without transgressing national climate and biodiversity goals

Sophus O.S.E. zu Ermgassen<sup>a,\*</sup>, Michal P. Drewniok<sup>b,c,d</sup>, Joseph W. Bull<sup>a</sup>, Christine M. Corlet Walker<sup>e</sup>, Mattia Mancini<sup>f</sup>, Josh Ryan-Collins<sup>g</sup>, André Cabrera Serrenho<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Durrell Institute of Conservation and Ecology, School of Anthropology and Conservation, University of Kent, Canterbury, UK

<sup>b</sup> University of Bath, Department of Architecture and Civil Engineering, Bath, UK

<sup>c</sup> University of Cambridge, Department of Engineering, Trumpington Street, Cambridge CB2 1PZ, UK

<sup>d</sup> School of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Physical Sciences, University of Leeds, Leeds, UK

<sup>e</sup> Centre for the Understanding of Sustainable Prosperity, University of Surrey, Guildford, UK

<sup>f</sup> The Land, Environment, Economics and Policy Institute (LEEP), University of Exeter Business School, Exeter, UK

<sup>g</sup> UCL Institute for Innovation and Public Purpose, Bartlett Faculty of the Built Environment, London, UK

Facilitation

**AUTRES BÉNÉFICES DES MESURES DE  
FACILITATION**

# Autres bénéfices des mesures de facilitation

- Stopper l'étalement urbain, voire le réduire; récupérer des espaces de biodiversité, des marais stockant du CO<sub>2</sub>, ou des terres agricoles
- Concentrer l'habitat dans les endroits attrayants (p.ex., au bord des lacs)
- Freiner la hausse des prix fonciers et immobiliers, la ségrégation sociale, la pénurie de logements
- Réduire la solitude (24% des personnes vivent seules dans le canton de Bâle-Ville, c'est 48% des ménages)





# Facilitation

# CONCLUSIONS

# Conclusions sur les mesures facilitant la décarbonation du stock de logements

- Sans ces mesures, ce sera très difficile (voir «défis»)
- Les mesures de facilitation impliquent des changements radicaux dans notre manière d'habiter et de posséder le parc de logements:
  - Davantage de limites à la propriété foncière et immobilière
  - Réorientation des investissements financiers vers d'autres actifs
  - Modes d'habiter moins individuels, plus sociaux
  - Transformation de la grande majorité des bâtiments pour soit accueillir ces nouveaux modes d'habiter avec un impact environnemental minimisé soit être déconstruits (médecine de guerre: triage)



# Conclusion finale

## **RECOMMENDATIONS**

# Recommandations

- Moratoire sur la démolition, en attendant de mieux gérer les matériaux (filiales d'économie circulaire)
- Moratoire sur la construction nouvelle, pour reporter les forces sur l'assainissement du parc existant
- Sélectionner les bâtiments à assainir et les bâtiments à abandonner
- Combiner l'assainissement avec la transformation pour accueillir des modes d'habiter utilisant moins d'espace et répondant aux besoins fondamentaux de la population
- Apprendre à habiter en utilisant moins d'espace
- Orienter le secteur de la construction vers des solutions innovantes soutenant cette transformation

# Références

- Goto, Takayoshi, Philippe Thalmann, et Erika Honnay, "Modèles de financement pour la rénovation énergétique des bâtiments F et G dans le canton de Vaud", Rapport à la Direction générale de l'environnement du canton de Vaud, EPFL LEURE, Lausanne, 27 janvier 2023: <https://infoscience.epfl.ch/record/300853>
- MatCH - Material- and energy resources and associated environmental impacts in Switzerland: <https://www.empa.ch/web/s506/care-project-match>
- PNR73, L'empreinte environnementale des habitations: <https://nfp73.ch/fr/projets/l-empreinte-environnementale-des-habitations>
- PNR73, Harmonisation des politiques relatives aux ressources naturelles et des stratégies commerciales dans le secteur de la construction: <https://nfp73.ch/fr/projets/harmonisation-des-politiques-relatives-aux-ressources-naturelles-et-des-strategies-commerciales-dans-le-secteur-de-la-construction>