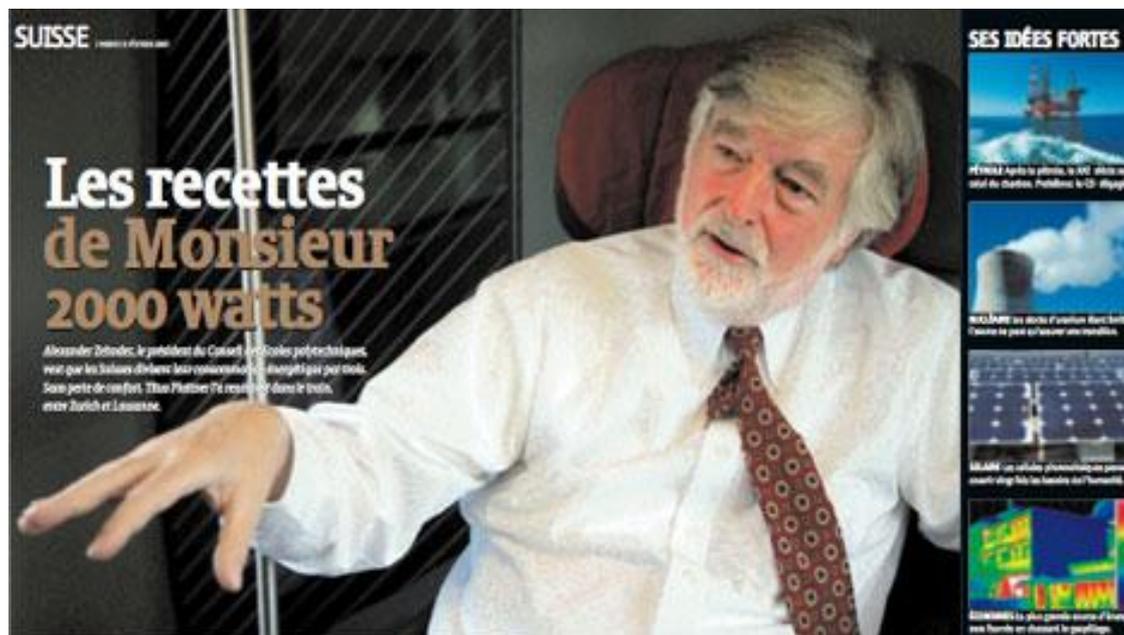


# Société à 2'000W et Bâtiments

Bernard Lachal,  
Université de Genève

17 mars 2016

# Le concept de « société à 2000W » »



# La conception de l'énergie votée avec deux ans de retard

**Genève à 2000 watts** Les députés ont voté jeudi dernier la feuille de route 2013-2017. Antonio Hodgers ne s'en inquiète pas outre mesure.

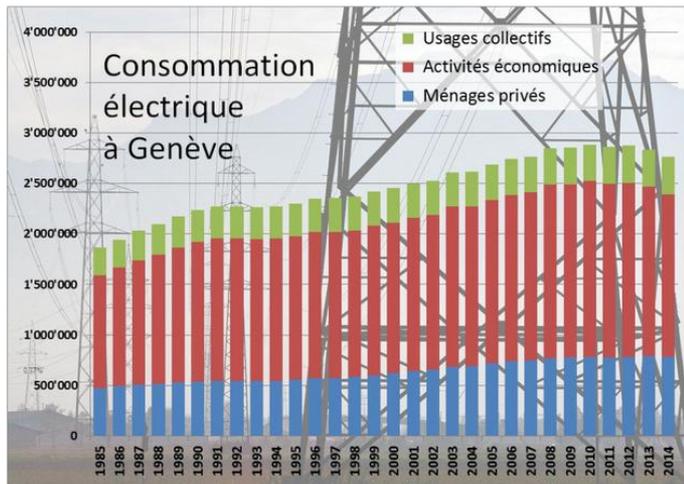


Image: keystone

## Mots-clés

[Antonio Hodgers](#)  
[Grand Conseil genevois](#)  
[Département genevois de l'aménagement du logement et de l'énergie \(DALE\)](#)



**postshop.ch**  
Faites le plein mobile ici: Swisscom, Sunrise, Salt, Yallo, Lebara, M-Budget et autres



**Immobilier**  
Retrouvez les offres immobilières de la Tribune de Genève

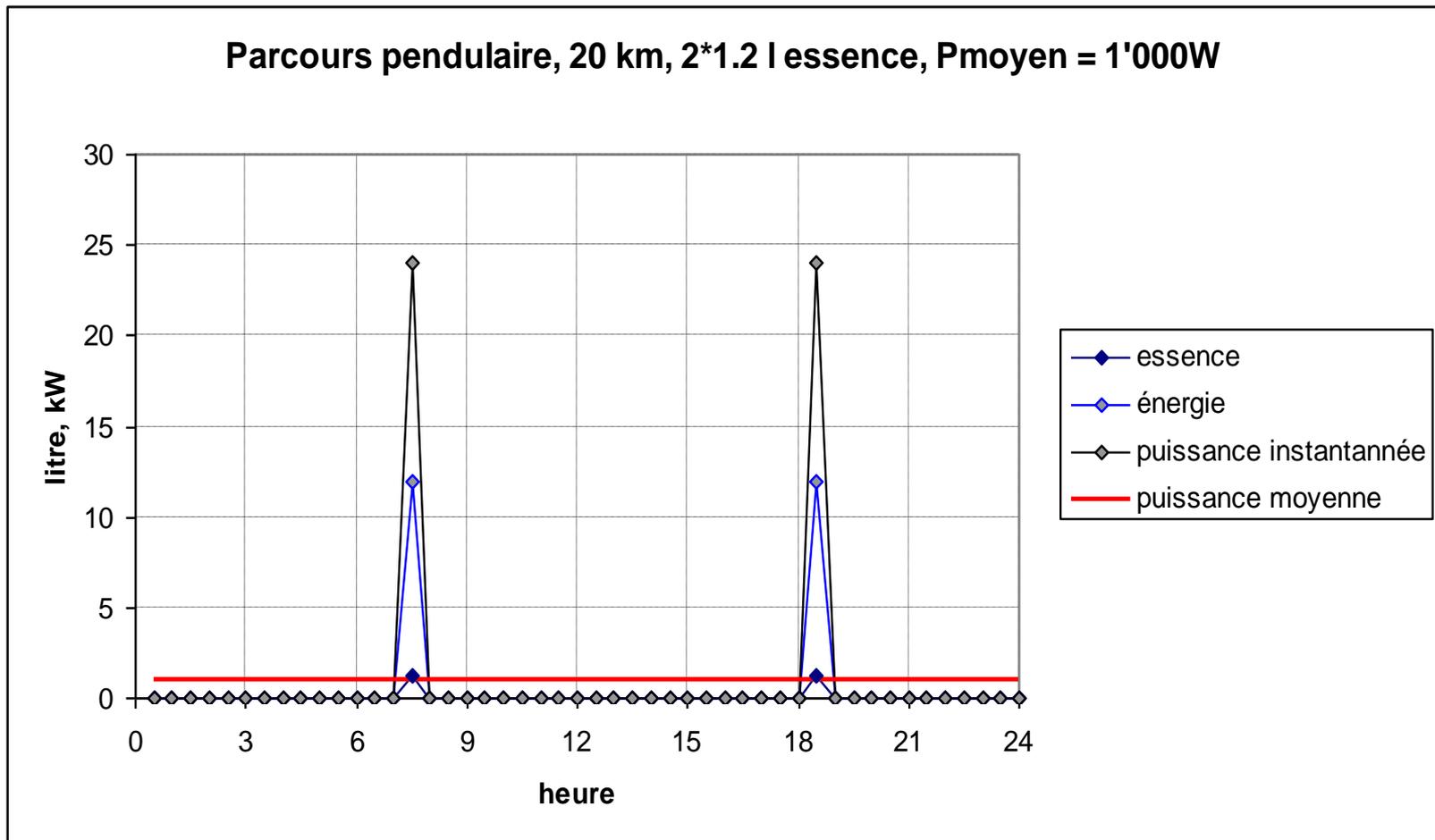


**Emploi**  
Retrouvez les offres d'emploi de la Tribune de Genève

# De l'énergie à la puissance moyenne

W/ hab : une énergie annuelle exprimée en terme de puissance moyenne

$$2'000W * 8760h = 17500 kWh = 1.5 tep / hab$$



# W / habitant mondial : historique

année	Habitants, Md	Energie, Gtep	W/hab	% Fossile
1800	0.8	0.3	440	20
1900	1.6	1.2	900	70
1950	2.5	2.26	1000	80
2000	5.8	10.4	2050	80
2012	7	13.1	2140	80

D'après J.M. Martin

# La Société à 2000 W

## Relie le collectif à l'individuel (Société – consommation par personne)

Société :

« Ensemble d'individus vivant en groupe organisé, milieu humain dans lesquels quelqu'un vit, caractérisé par ses institutions, ses lois, ses règles » (Larousse).

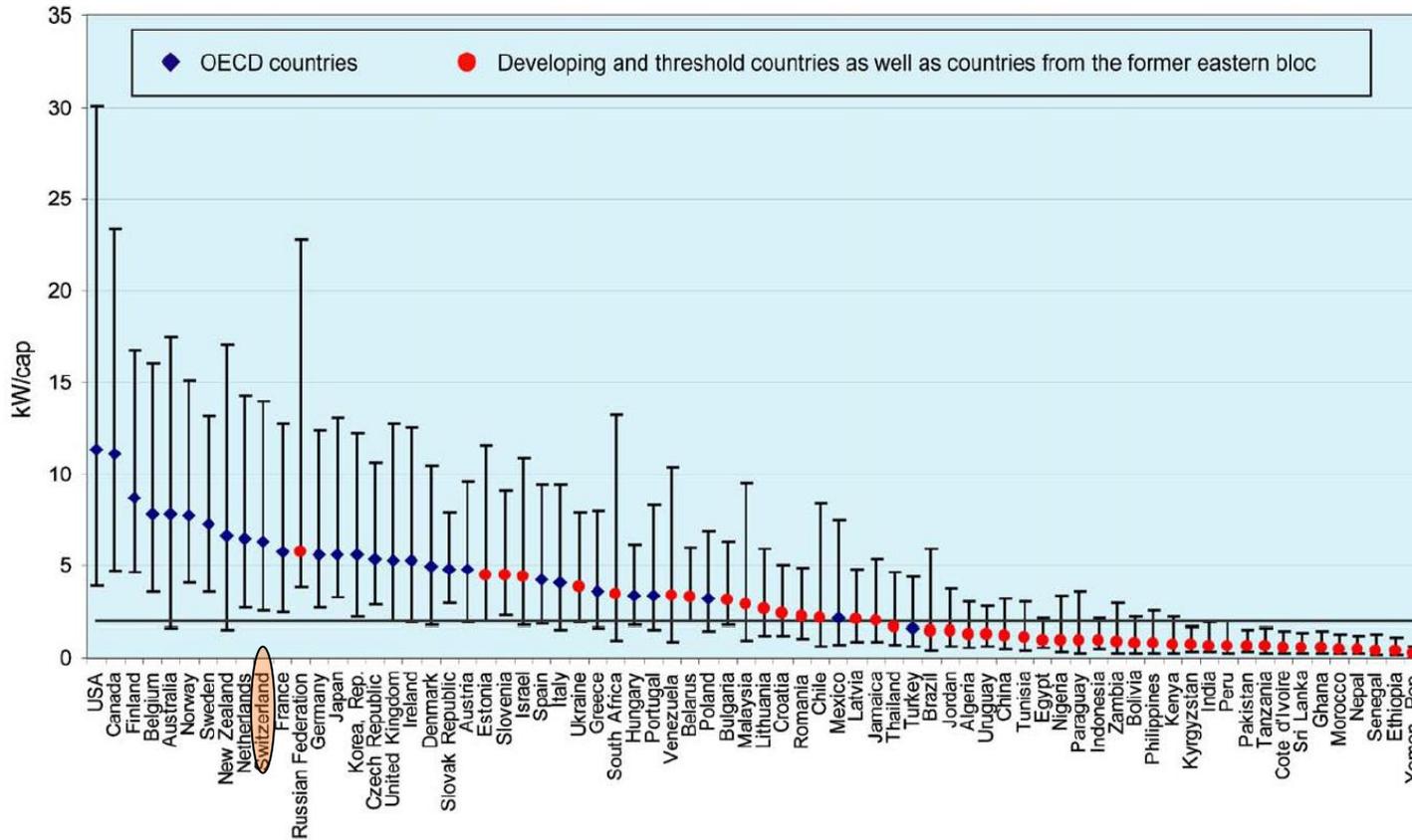
L'énergie est mondialisée : qu'est-ce une société du point de vue énergétique?

« Ensemble de personnes réunies dans un même lieu (fam., vieilli) » (Larousse)

Le Périmètre doit être :

- ni trop grand (difficile d'agir...)
- ni trop petit (quartier? Habitant??)

# De profondes inégalités



1. Energy use per time and capita in various countries and within countries (average consumption as well as consumption of highest and lowest decile of users).

# La Société à **2000 W prim. par personne**

**Objectif de consommation mais comptée en énergie primaire et par personne: inclusion implicite de la filière énergétique et découplage avec politiques migratoire, économiques, sociales....**

- Comment valoriser l'électricité ?
- Double comptage possible si une partie de la filière a lieu dans le périmètre..
- Lié à la problématique de l'énergie grise

# La Société à 2000 W prim. par personne



## 6 Annexes

### 6.1 Facteurs de conversion d'énergie finale en énergie primaire<sup>32</sup>

Prozess	Bezug	PE <sub>f</sub> [MJ/MJ]	PE <sub>tot</sub> [MJ/MJ]	PEI [MJ/MJ]
<b>Elektrizität</b>				
Versorgungsmix Schweiz	ab Niederspannungsnetz	0,447	2,458	2,905
Erzeugungsmix UTPC	ab Niederspannungsnetz (inkl. Netzverluste)	1,792	1,745	3,537
Wasserkraft Schweiz	ab Kraftwerk (Fluss und Stauseen)	0,008	1,259	1,267
Wasserkraft Deutschland	ab Kraftwerk	0,009	1,233	1,242
Braunkohlekraftwerk Deutschland	ab Kraftwerk	3,500	0,044	3,544
Erdgas-Kraftwerk Deutschland	ab Kraftwerk	2,889	0,008	2,897
GuD-Kraftwerk, beste Technologie	ab Kraftwerk	2,100	0,008	2,180
Kernkraft Schweiz	ab Kraftwerk	0,031	3,589	3,620
Kernkraft Deutschland	ab Kraftwerk	0,038	3,199	3,237
Photovoltaik Schweiz	ab PV-Anlage, 3 kW <sub>p</sub> Schrägdach, mc-Si, laminiert, integriert	0,292	6,396	6,688
Windkraft EU	ab Kraftwerk	0,051	4,020	4,071
WKK mit Erdgas	ab BHKW 1 MW <sub>el</sub> Mager, Allokation Exergie	2,719	0,013	2,732
Biogaskraftwerk	ab Kraftwerk	keine Daten		
Geothermieanlage	ab Kraftwerk	keine Daten		
<b>Brenn- und Treibstoffe</b>				
Diesel schwer	ab Regionallager Schweiz	1,266	0,023	1,289
Heizöl schwer	ab Regionallager Schweiz	1,294	0,019	1,313
Heizöl extraleicht	ab Regionallager Schweiz	1,270	0,023	1,293
Erdgas	am Niederdruck-Abnehmer Schweiz	1,230	0,005	1,235
Butan/Propan	ab Raffinerie	1,180	0,018	1,198
Steinkohle	ab Werk, Westeuropa	1,320	0,044	1,364
Holzpellet	ab Lager, Wassergehalt 10 %	0,099	1,160	1,259
Holzschnitzel	ab Wald, gemischt, Wassergehalt 120 %	0,030	1,159	1,189
Stückholz	ab Wald, gemischt	0,023	1,088	1,111
<b>Nutzwärme</b>				
WKK mit Erdgas	ab BHKW 1 MW <sub>el</sub> Mager, Allokation Exergie	0,450	0,003	0,453
KVA Fernwärme	ab Hausunterstation (Schätzung Empa)	0,830	0,690	1,520

Tabelle 17: Primärenergieinhalt fossil (PE<sub>f</sub>), nicht fossil (PE<sub>nf</sub>) und total (PEI) verschiedener Prozesse [Ecoinvent, 2003]

Un coefficient de 1 est appliqué dans le cadre de cette étude pour calculer l'énergie primaire non fossile associée aux agents énergétiques renouvelables inépuisables tels que le solaire photovoltaïque et la géothermie.

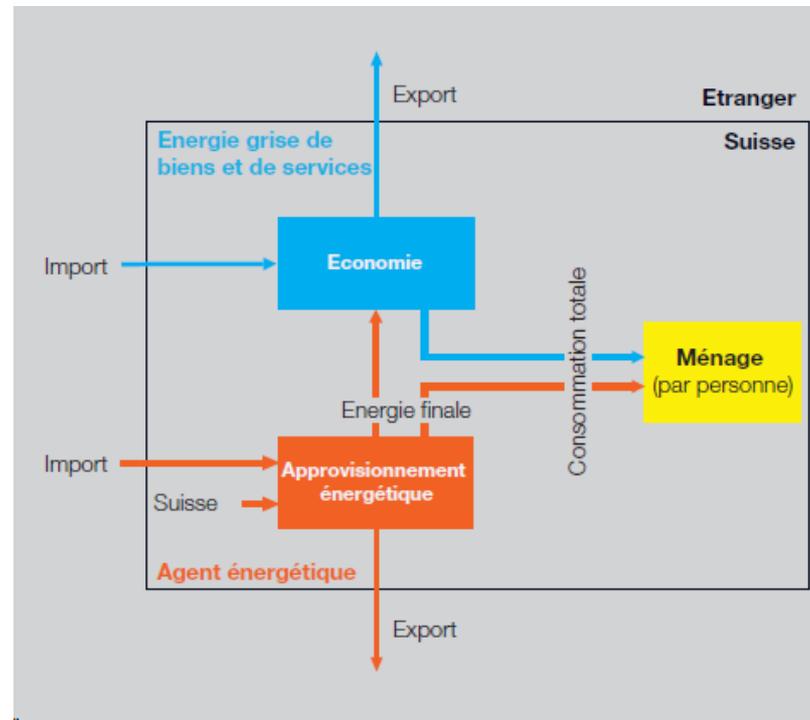
<sup>32</sup> Koschenz, Markus, Pfeiffer, Andreas, Potenzial Wohngebäude, Energie und Gebäudetechnik für die 2000-Watt-Gesellschaft, EMPA et Novatantis, 2005.

KBOB / eco-bau / IPB 2009/1					Données des éco
UBP	Primärenergie Energie primaire		Treibhausgas- emissionen Emissions de gaz à effet de serre kg	Référence	ENERGIE [Bibliographie ESU-services, vers
	gesamt globale MJ	nicht erneuerbar non renouvelable MJ		Dimension	
-					<b>Combustibles<sup>1</sup></b>
44.4	1.24	1.23	0.0827	Énergie finale	Mazout EL
31.5	1.12	1.11	0.0658	Énergie finale	Gaz naturel
39.3	1.18	1.18	0.0778	Énergie finale	Propane/butane
110	1.69	1.68	0.120	Énergie finale	Coke de houille
122	1.21	1.20	0.108	Énergie finale	Brique de houille
27.6	1.06	0.0523	0.00354	Énergie finale	Bûches de bois
27.1	1.14	0.0636	0.00308	Énergie finale	Particules de bois
27.8	1.22	0.210	0.0102	Énergie finale	Granules (pellets)
33.2	0.403	0.369	0.0455	Énergie finale	Biogaz
					<b>Chauffage urbain</b>
66.0	1.69	1.68	0.112	Énergie finale	Centrale de chauffage, pétrole
42.9	1.56	1.55	0.0869	Énergie finale	Centrale de chauffage, gaz
29.7	1.66	0.102	0.0132	Énergie finale	Centrale de chauffage, bois
25.5	1.41	0.0944	0.0113	Énergie finale	Centrale à cogénération, bois
62.2	2.15	1.19	0.0282	Énergie finale	Centrale de chauffage PACE, air
46.2	1.91	0.885	0.0206	Énergie finale	Centrale de chauffage PACE, eau
40.7	1.04	0.897	0.0153	Énergie finale	Centrale de chauffage PACE, eau
51.9	2.01	1.00	0.0225	Énergie finale	Centrale de chauffage PACE, sor
29.9	1.52	0.162	0.00597	Énergie finale	Centrale de chauffage, géothermie
20.9	0.589	0.126	0.00432	Énergie finale	Centrale à cogénération, géothermie
2.35	0.0582	0.0506	0.000957	Énergie finale	Incinération des ordures ménagères
24.5	0.630	0.621	0.0402	Énergie finale	Centrale à cogénération, diesel
20.0	0.649	0.641	0.0377	Énergie finale	Centrale à cogénération, gaz
19.0	0.252	0.228	0.0252	Énergie finale	Centrale à cogénération, biogaz
7.22	0.0785	0.0675	0.00593	Énergie finale	Centrale à cogénération, biogaz a
24.8	0.854	0.796	0.0445	Énergie finale	Chauffage à distance, moyenne r
24.2	0.814	0.804	0.0454	Énergie finale	Chauffage à distance de l'incinéra

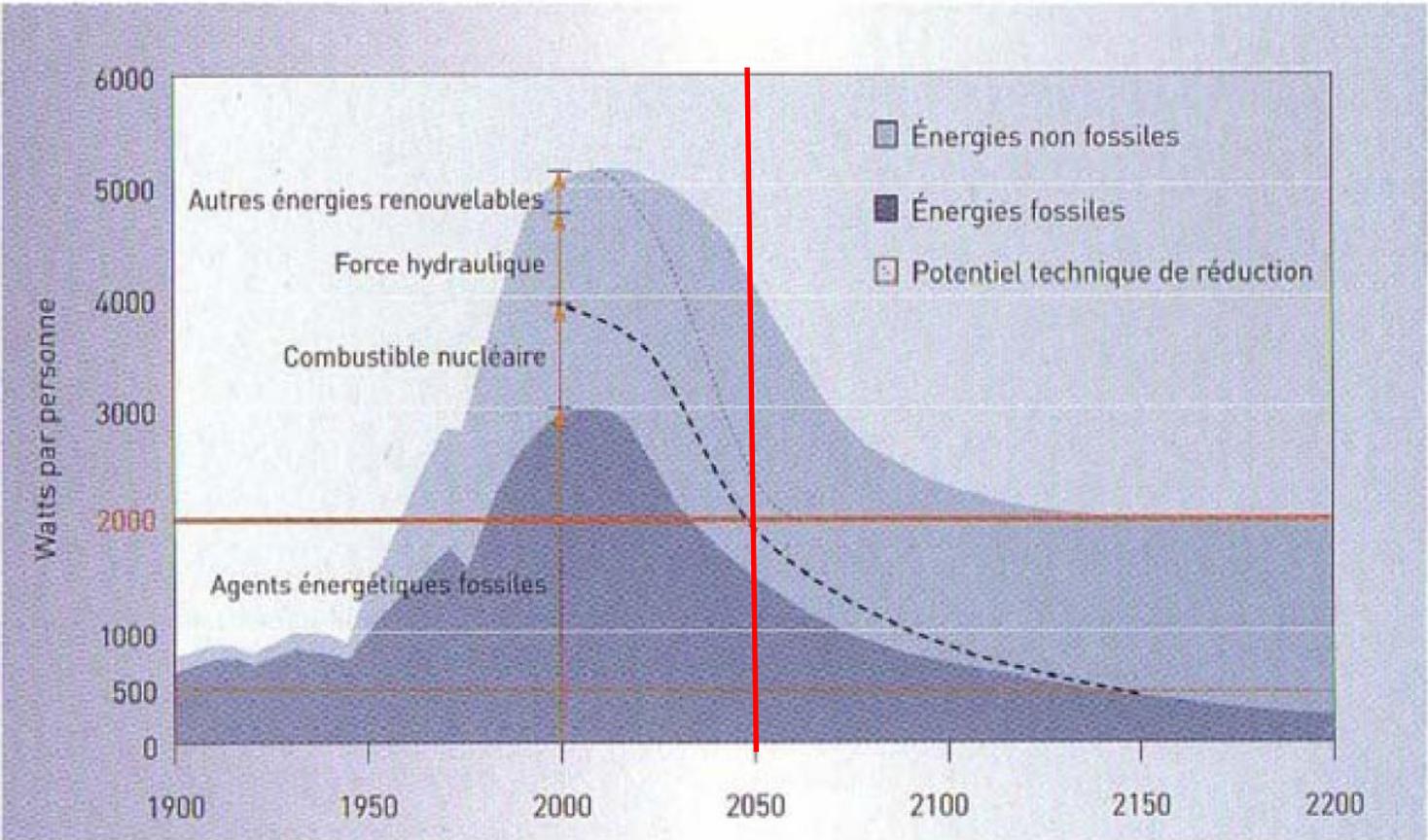
# La Société à 2000 W

## Quid de l'énergie grise

- Solde chiffré à environ 2'000W/hab. supplémentaires pour la Suisse ???
- Beaucoup de problèmes méthodologiques à régler
- **2000W sans énergie grise!! MAIS :**
- Traitée globalement à un niveau politique plus global que énergie : plan climat du Canton de Genève, politique industrielle, géopolitique...
- Traitée pour l'énergie au niveau des moyens : par exemple limitation énergie grise et des matériaux dans la construction / rénovation

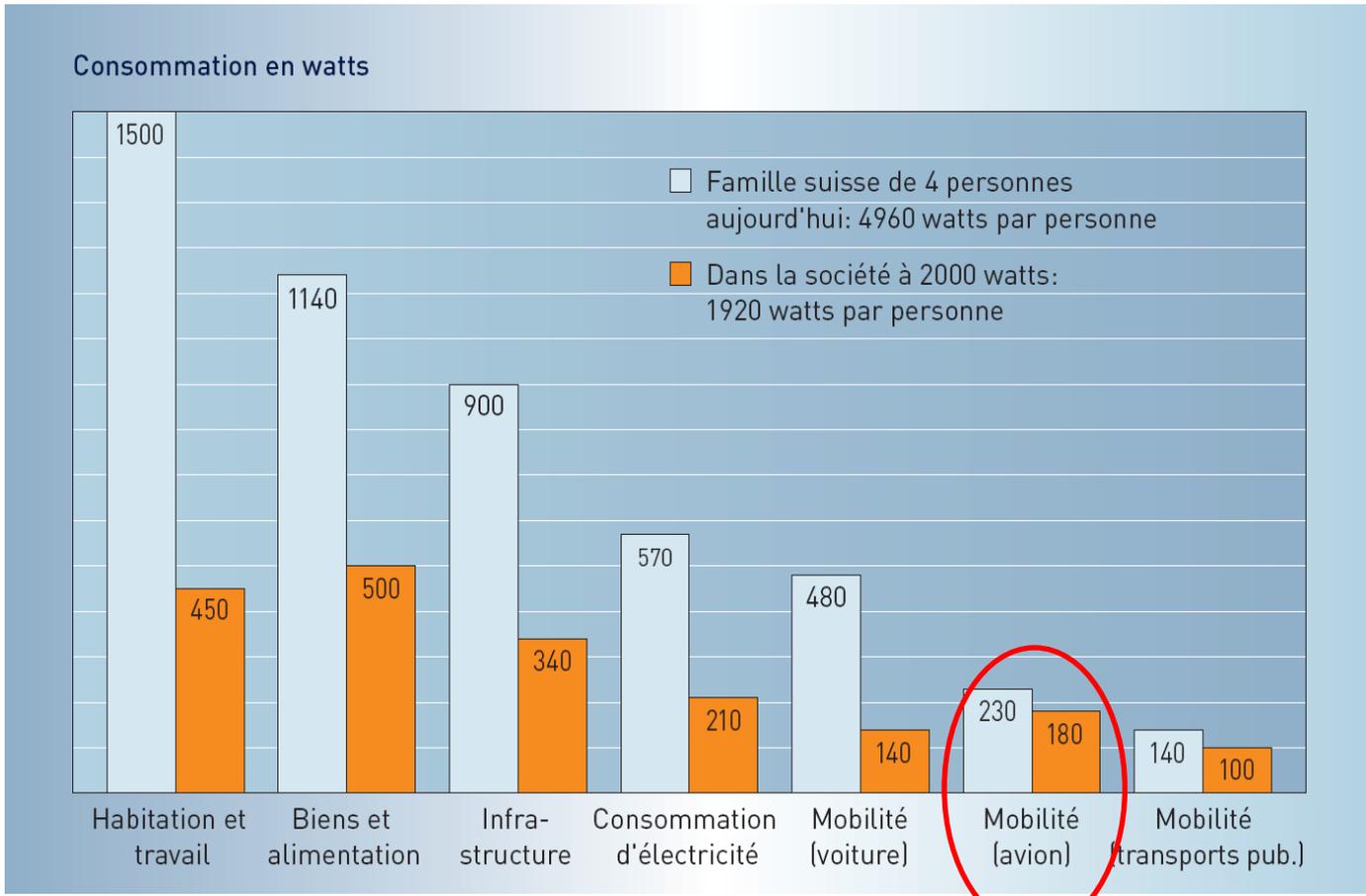


# Une vision de « société à 2000W » »



• [http://www.novatlantis.ch/pdf/leichterleben\\_fz.pdf](http://www.novatlantis.ch/pdf/leichterleben_fz.pdf)

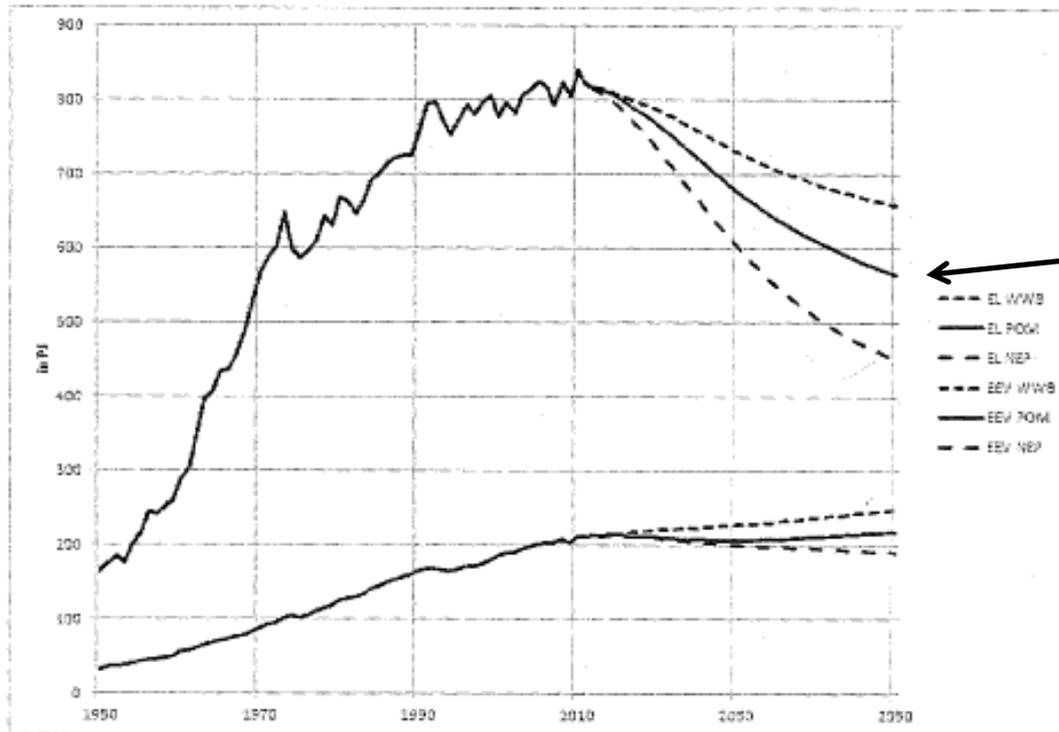
# Une vision de « société à 2000W » »



5'000 km/an personne.... Mais pour les 11 milliards de terriens

# Société à 2'000W et Confédération

Graphique 2: Consommation finale d'énergie et d'électricité de 1950 à 2050 pour les scénarios *Poursuite de la politique énergétique actuelle (PPA)*, *Mesures politiques du Conseil fédéral (PCF)* et *Nouvelle politique énergétique (NPE)* en PJ (3,6 PJ = 1 TWh). Source: Prognos 2012.



10 millions hab.  
1750 W/Hab.

## LE CONTEXTE

### Un **objectif** fort

- atteindre le plus rapidement possible **la société à 2000 watts sans nucléaire**

### Une volonté partagée

- proposée par le Conseil d'Etat le 1<sup>er</sup> mars 2007
- votée à l'unanimité par le Grand Conseil le 25 avril 2008
- réaffirmée par le Conseil d'Etat le 8 mai 2013

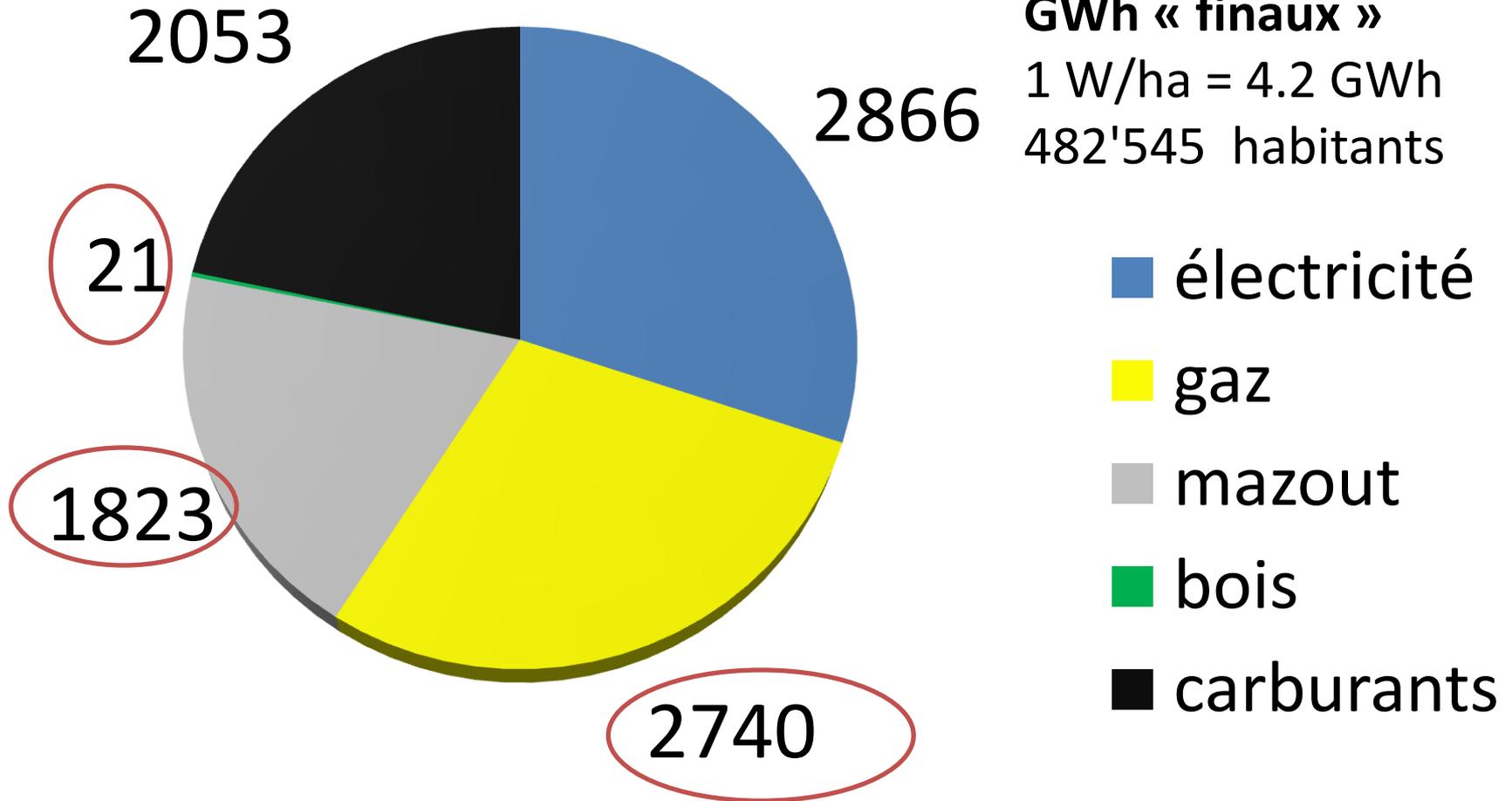
# La situation

Statistiques Genève 2014

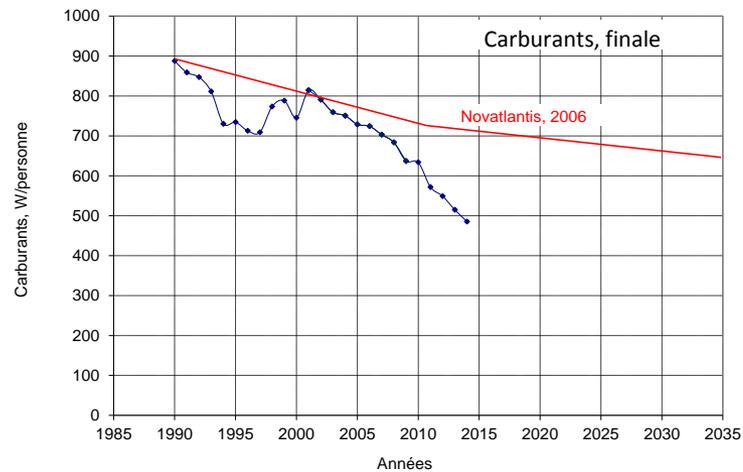
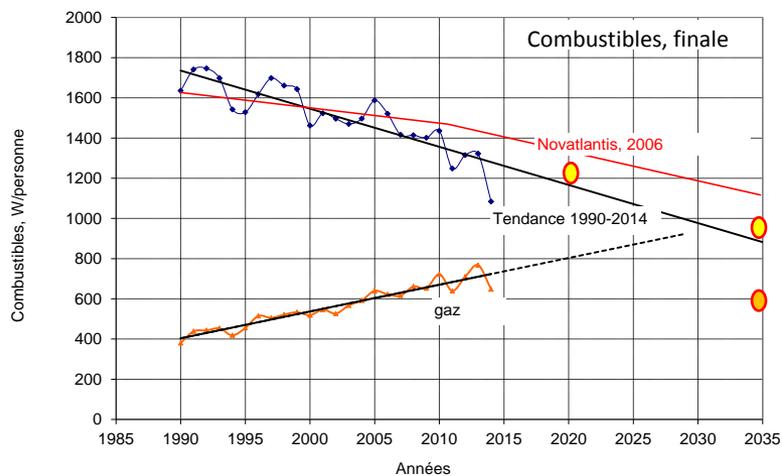
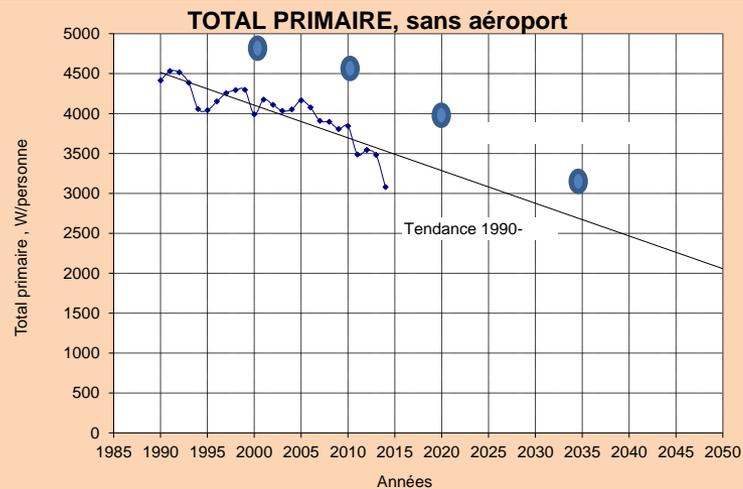
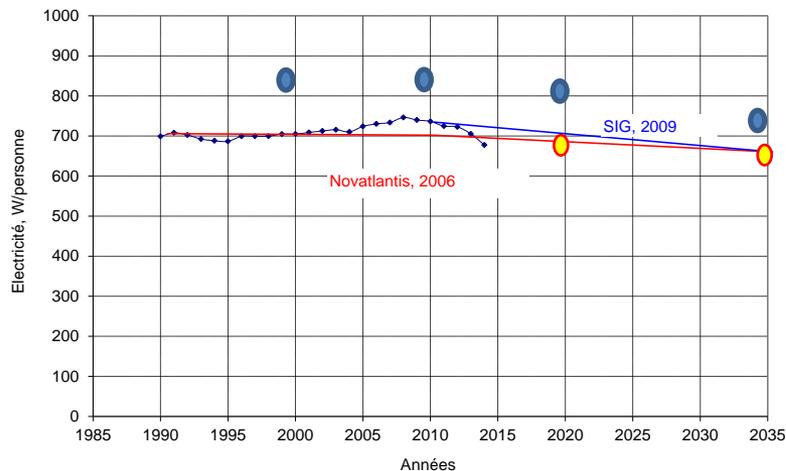
GWh « finaux »

1 W/ha = 4.2 GWh

482'545 habitants



# L'évolution mesurée selon le comptable de la société «Canton de Genève» : l'OCSTAT



# Scénario tendance pure (prolongation du passé)

Facteur	Evolution %/an 1995-2014	Evolution % 1990 – 2035 linéaire	Evolution % 1990 – 2035 exponentiel	Baisse W/hab 2035	Consommation 2035 W/hab
<i>Départ 1990</i>					1750 W/hab
Climat					

# Tendance climatique

- Ref 2014: **2'818 DJ**
- Ref 2035: **2'545 DJ** (-10% par rapport à 2014)
- Ref 2050: **2'349 DJ** (-17% par rapport à 2014)

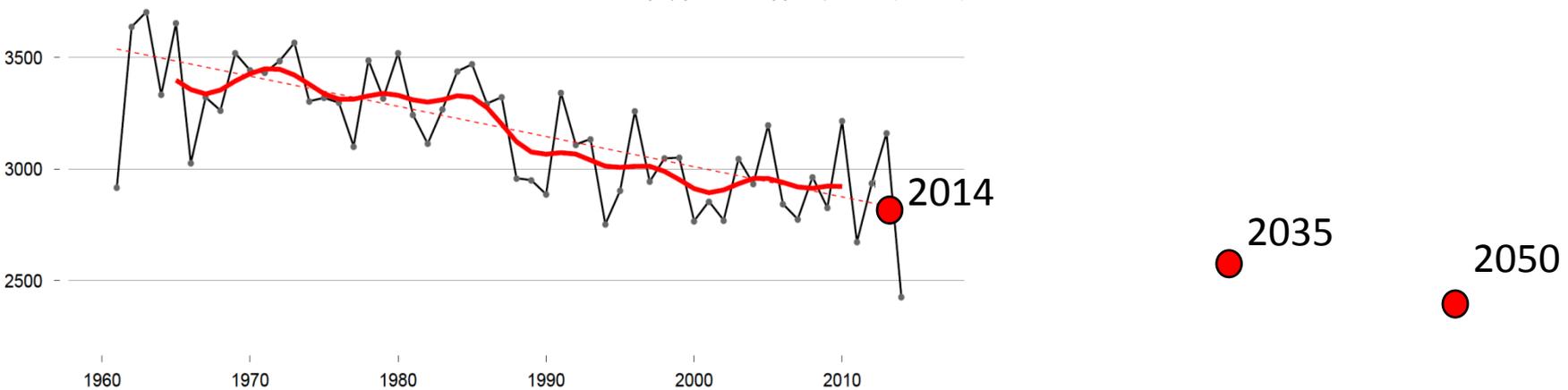
(SIA2028: 2910 DJ)

Degrés-jours de chauffage 20/12 [°C]  
année calendaire (jan.-déc.) 1961-2014

Genève-Cointrin

© MétéoSuisse

abs.trend [u/10yrs]: -130.36; rel.trend [%]: -22.5; p-value: 0.000 (Mann-Kendall)



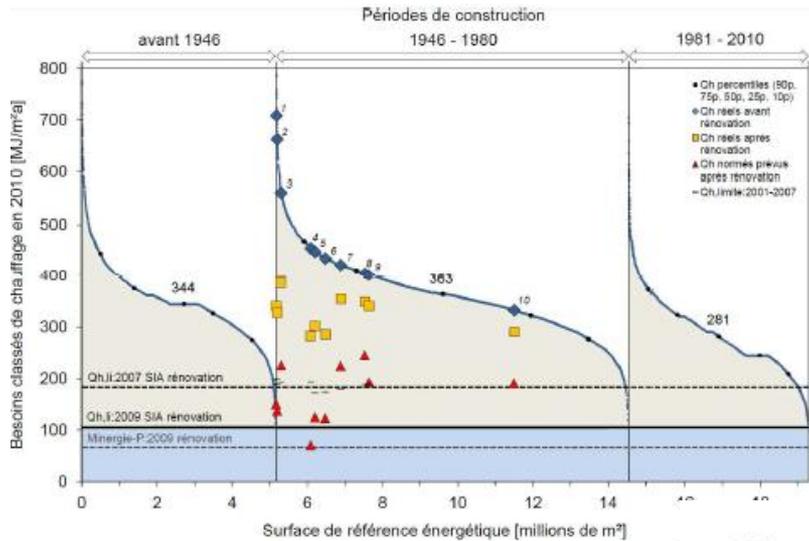
# Scénario tendance pure (prolongation du passé)

Facteur	Evolution %/an 1995-2014	Evolution % 1990 – 2035 linéaire	Evolution % 1990 – 2035 exponentiel	Baisse W/hab 2035	Consommation 2035 W/hab
<i>Départ 1990</i>					1750 W/hab
Climat (60% chauffage)	-0.3 % / an	-13.5 %	-12.7 %	250 W/hab	1500 W/hab

# Scénario tendance pure (prolongation du passé)

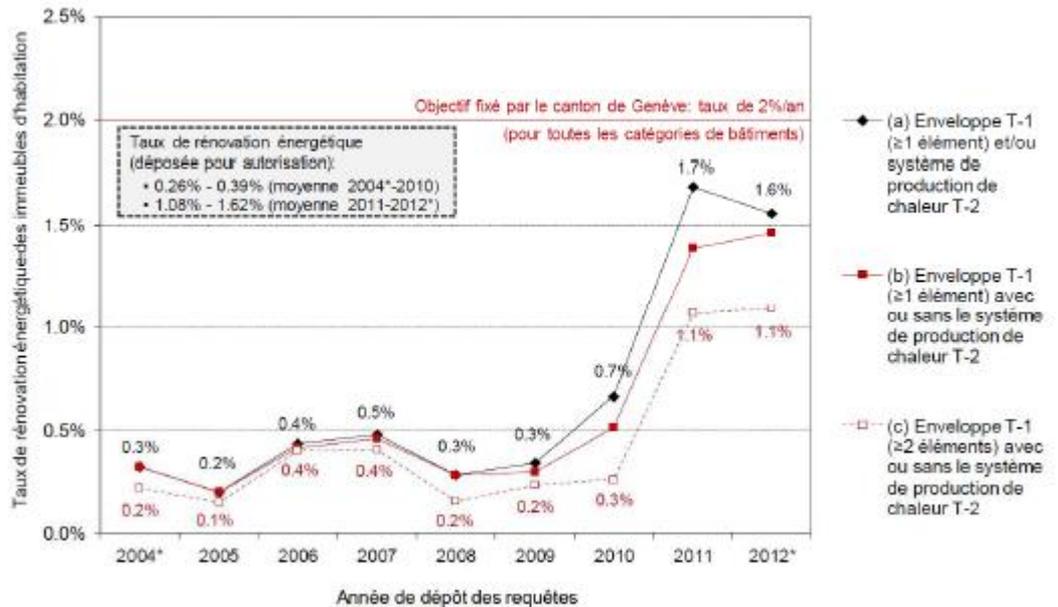
Facteur	Evolution %/an 1995-2014	Evolution % 1990 – 2035 linéaire	Evolution % 1990 – 2035 exponentiel	Baisse W/hab 2035	Consommation 2035 W/hab
<i>Départ 1990</i>					1750 W/hab
Climat	-0.3 %/ an	-13.5 %	-12.7 %	250 W/hab	1500 W/hab
Rénovation					

# Rénovation



Source: Khoury J. (2015). *Résultats des bâtiments résidentiels*

Qualité : environ -30%



Quantité : 1 %/an

# Scénario tendance pure (prolongation du passé)

Facteur	Evolution %/an 1995-2014	Evolution % 1990 – 2035 linéaire	Evolution % 1990 – 2035 exponentiel	Baisse W/hab 2035	Consommation 2035 W/hab
<i>Départ 1990</i>					1750 W/hab
Climat	-0.3 %/ an	-13.5 %	-12.7 %	250 W/hab	1500 W/hab
Rénovation amélioration technique	-0.3 %/an	-13.5 %	-12.7 %	200 W/hab	1300 W/hab

# Scénario tendance pure (prolongation du passé)

Facteur	Evolution %/an 1995-2014	Evolution % 1990 – 2035 linéaire	Evolution % 1990 – 2035 exponentiel	Baisse W/hab 2035	Consommation 2035 W/hab
<i>Départ 1990</i>					1750 W/hab
Climat	-0.3 %/ an	-13.5 %	-12.7 %	250 W/hab	1500 W/hab
Rénovation	-0.3 %/an	-13.5 %	-12.7 %	200 W/hab	1300 W/hab
Démographie et neuf					

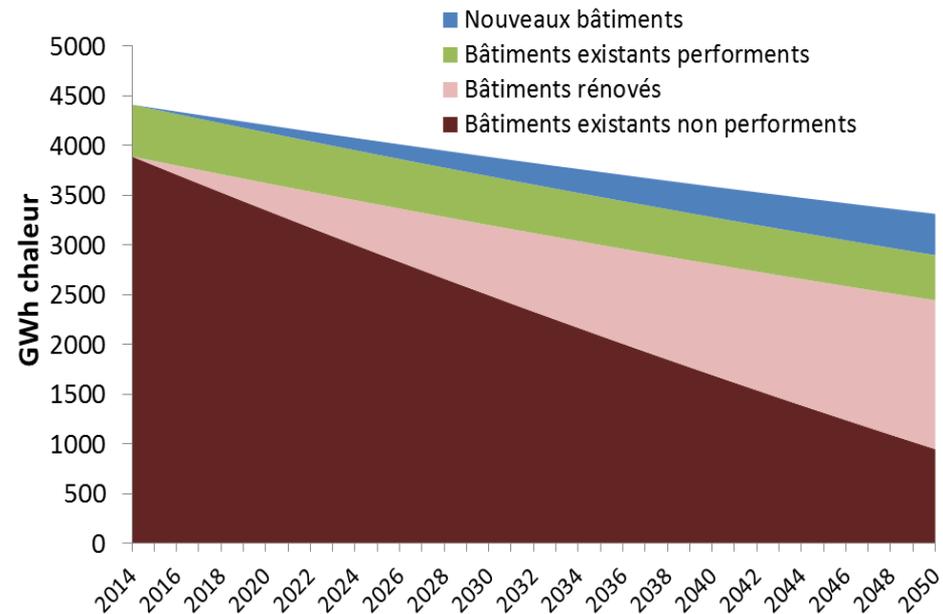
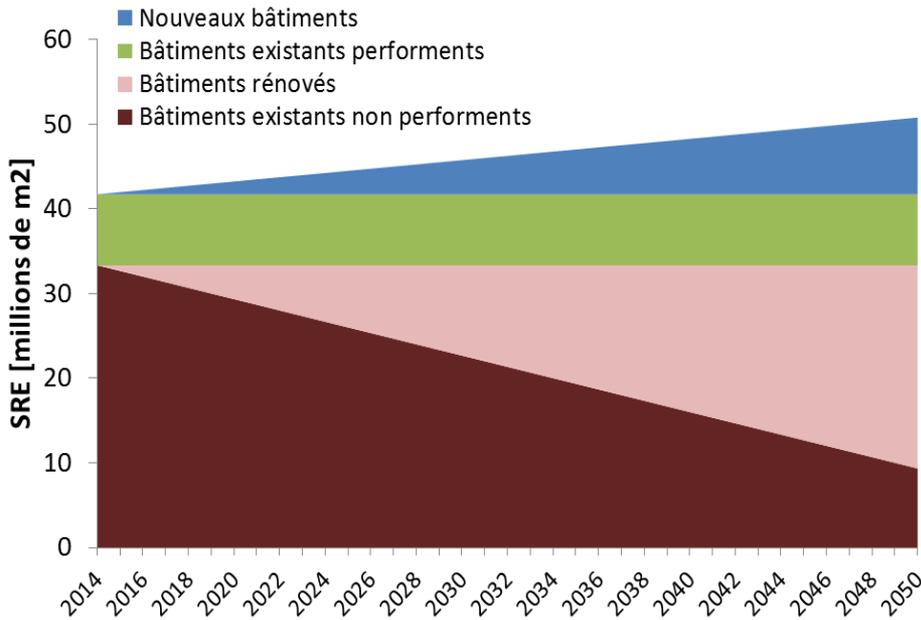
# Exemple de Projection demande future

Paramètres intégrés:

- **Climat:** tendance meteosuisse: **-13 DJ20/12** par an
- **Neuf:** démogr. tendance OCSTAT: **+3'548 hab/an** ; **71m<sup>2</sup>/hab** à **180 MJ/m<sup>2</sup>/an**
- **Rénovation:** **2%/an** des bâtiments > 300 MJ/m<sup>2</sup>/an ramenés à **250 MJ/m<sup>2</sup>/an**)

## Demande de chaleur (énergie utile):

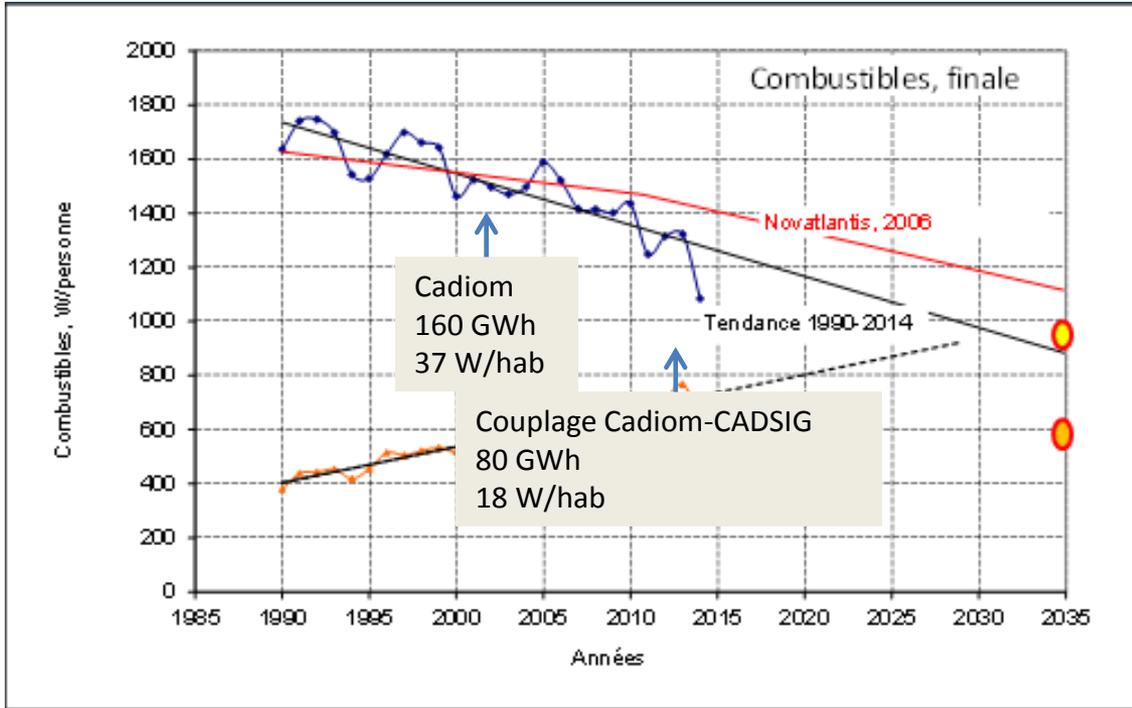
- **2014: 4'414**
- **2035: 3'737 (-15%)**
- **2050: 3'316 (-25%)**



# Scénario tendance pure (prolongation du passé)

Facteur	Evolution %/an 1995-2014	Evolution % 1990 – 2035 linéaire	Evolution % 1990 – 2035 exponentiel	Baisse W/hab 2035	Consommation 2035 W/hab
<i>Départ 1990</i>					1750 W/hab
Climat	-0.3 %/ an	-13.5 %	-12.7 %	250 W/hab	1500 W/hab
Rénovation	-0.3 %/an	-13.5 %	-12.7 %	200 W/hab	1300 /hab
Démographie et neuf (0.8 % avec -60%)	-0.5 % /an	-22.5 %	-20%	300 W/hab	1000 W/hab

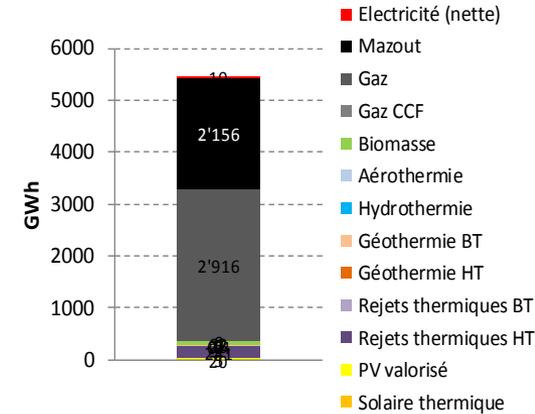
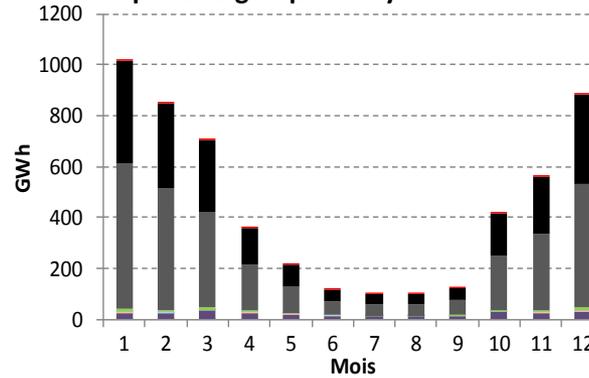
Il manque 100W/hab de réduction par rapport aux 900 W/hab «attendus»



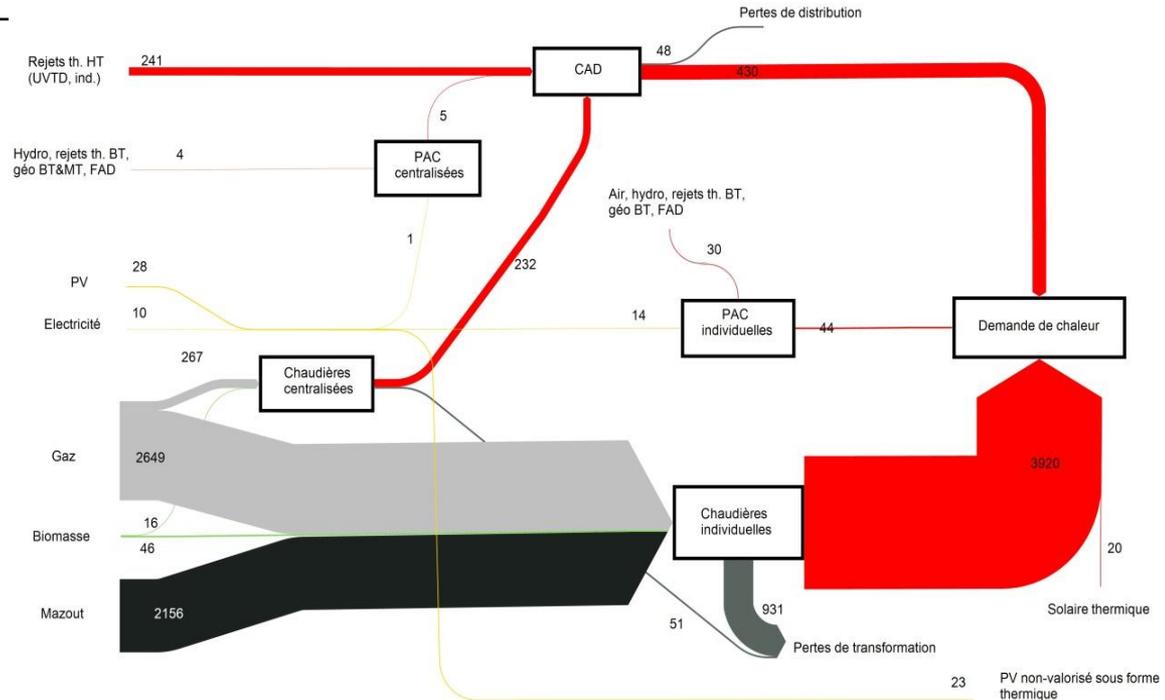
# 2014

CLIMAT	2'818 JD 20/12
POPULATION	482'500
TAUX DE RENOVATION	-
SRE	41.7 mio m2
<b>DEMANDE CHALEUR</b>	<b>4'414 GWh</b>
INDICE MOYEN UTILE	381 MJ/m2
<b>INPUT TOTAL</b>	<b>5'444 GWh</b>
FOSSILE	5'072 GWh
CO2	1'085 ktonnes
CO2 PAR HAB	2.2 t/hab
INPUT PAR HAB	40.6 GJ/hab ou 1'287 W/hab

Input énergétique du système



- Chaleur
- Electricité
- Gaz
- Biomasse
- Pertes
- Mazout
- Eau tempérée



# Scénario tendance pure (prolongation du passé)

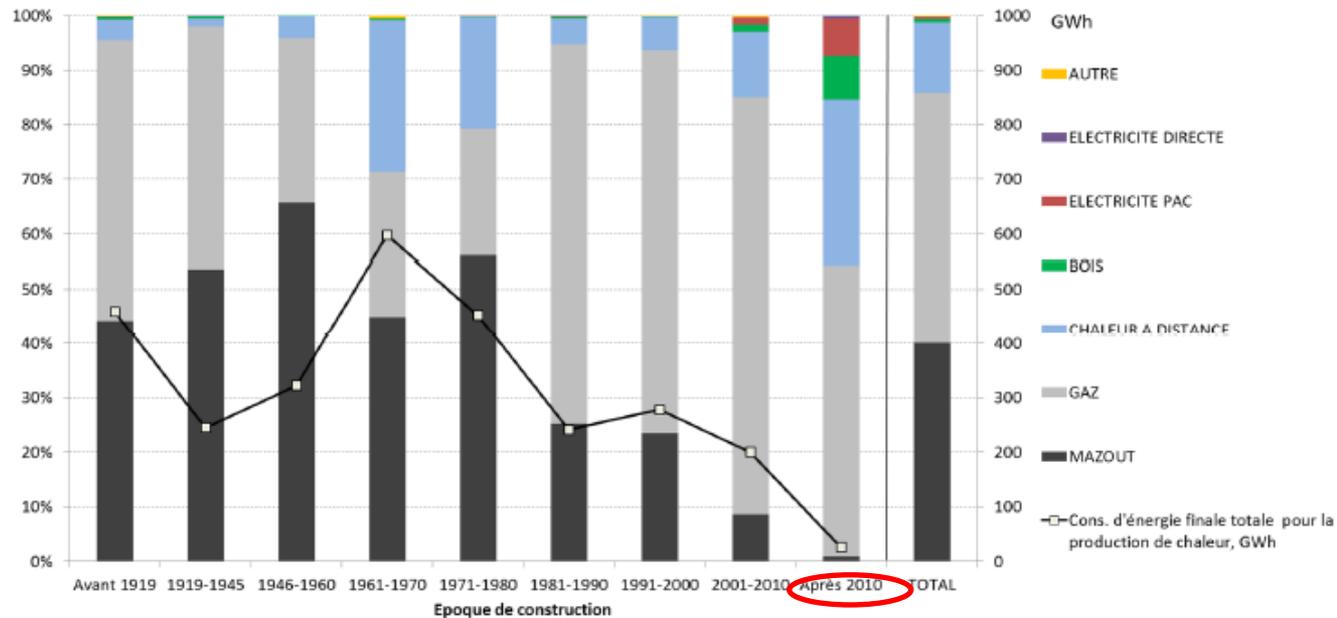
Facteur	Evolution %/an 1995-2014	Evolution % 1990 – 2035 linéaire	Evolution % 1990 – 2035 exponentiel	Baisse W/hab 2035	Consommation 2035 W/hab
<i>Départ 1990</i>					1750 W/hab
Climat	-0.3 %/ an	-13.5 %	-12.7 %	250 W/hab	1500 W/hab
Rénovation	-0.3 %/an	-13.5 %	-12.7 %	200 W/hab	1300 W/hab
Démographie et neuf	-0.5 % /an	-22.5 %	-20%	300 W/hab	1000 W/hab
<b>Chaleur Fatale</b>				<b>2 * 50 W/hab</b>	<b>900 W / hab</b>

Pour atteindre l'objectif de la CGE en 2025, il faut :

- doubler le facteur rénovation entre 2015 et 2035 pour atteindre l'objectif CGE en 2035 (par ex. 2%/an avec 50% d'économie) - correspond à environ 200W/hab sur la moitié du temps.
- ET mobiliser environ 300 W/hab (1100 GWh) de non fossile en substitution au fossile.

# Evolution actuelle ressource

Structure de la consommation d'énergie finale pour la production de chaleur des bâtiments selon l'époque de construction et l'agent énergétique utilisé

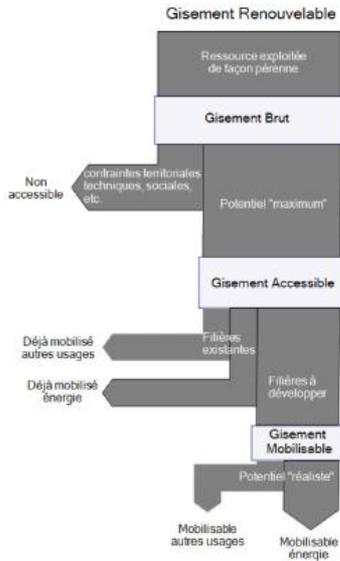


Echantillon = les 16'000 bâtiments soumis au calcul de l'indice de dépense de chaleur dans le canton de Genève (tous les bâtiments avec plus de 5 preneurs).

D'après : Khoury J. (2015). *Rénovation énergétique des bâtiments résidentiel collectif*.

Mis à jour avec les données 2014-2015 de l'OCEN/SITG par L. Quiquerez

# Ressources mobilisables non fossiles



Le **gisement brut** représente le flux annuel mesuré ou estimé d'une ressource exploitée de façon pérenne dans un territoire donné

Le **gisement accessible** est la part du **gisement brut** valorisable après prise en compte de facteurs limitants environnementaux, sociaux, techniques. Il s'agit d'une estimation d'un potentiel maximum.

Le **gisement mobilisable** est la part estimée du **gisement accessible** après déduction des ressources déjà utilisées par les filières en place. Selon le type de ressource, ce **gisement mobilisable** peut encore être divisé entre des filières « énergie » ou des filières « autres usages »

Source: Faessler J. (2011). *Valorisation intensive des énergies renouvelables dans l'agglomération franco-valdo-genevoise (VIRAGE) dans une perspective de société à 2'000W*

Ressources	GWh/an	W/hab <sup>a</sup>	GJ/hab <sup>a</sup>
Hydrothermie	4'000	830	26
Solaire thermique	150	30	1
Géothermie	1'000	210	6.5
Biomasses	50	10	0.3
Déchets	100	20	0.6
STEP	100	20	0.6
<b>Somme</b>	<b>5'400</b>	<b>1'120</b>	<b>35</b>

a: ordre de grandeur (arrondi pour 550'000 habitants)

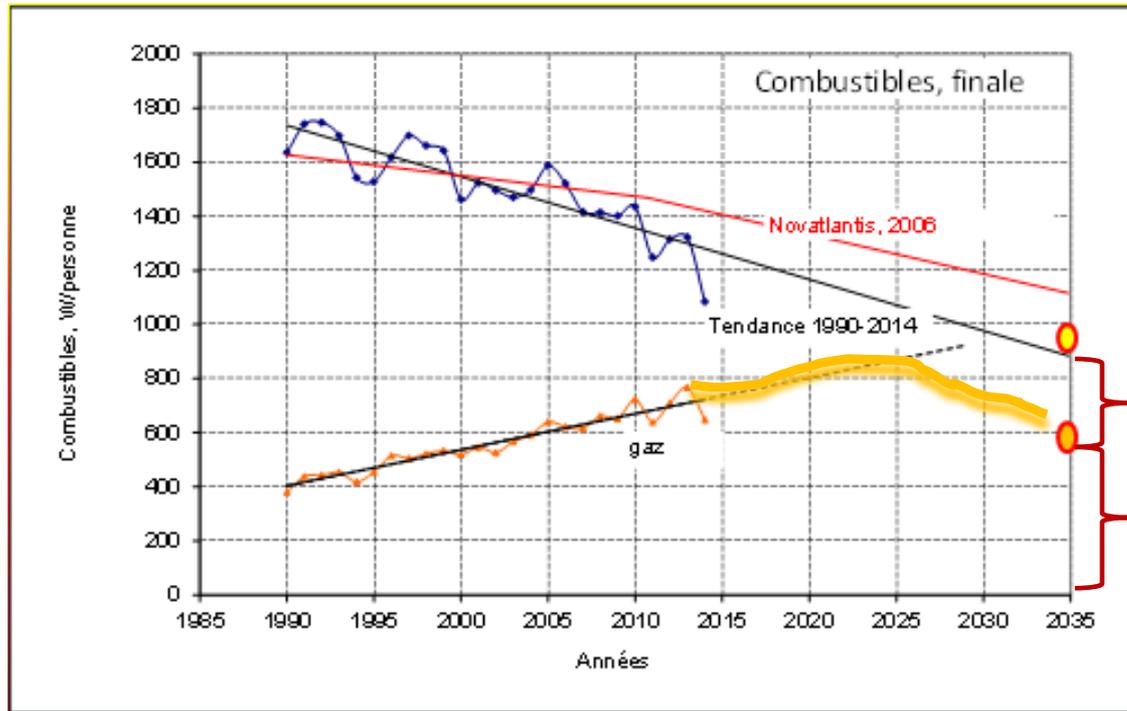
**Les gisements importants ont besoin de pompes à chaleur, donc d'électricité en hiver – y compris une partie de la géothermie moyenne profondeur (60-110 °C)**

**Hors air extérieur (quasi infini mais moins performant)**

# Evolution ressources

**Le gaz comme énergie de transition : une vision en terme de synergie plutôt qu'en terme de substitution simple.**

- Les ressources renouvelables sont présentes, disponibles dans une grande partie du territoire
- Elles nécessitent souvent d'être activées par des pompes à chaleur, donc par de l'électricité
- Cette électricité peut-être fournie par des CCF alimentées au gaz.
- La chaleur doit être valorisée via des chauffages à distances suffisants (idéalement «multiressources dont le CCF en ruban)
- L'électricité est utilisée par des pompes à chaleur
- **le gaz utilisé est hautement valorisée : énergie de pointe et sans entropie propre**



ENR&R valorisées  
en partie grâce au gaz

Deux parts :  
1/4 CCF+CAD  
3/4 individuel

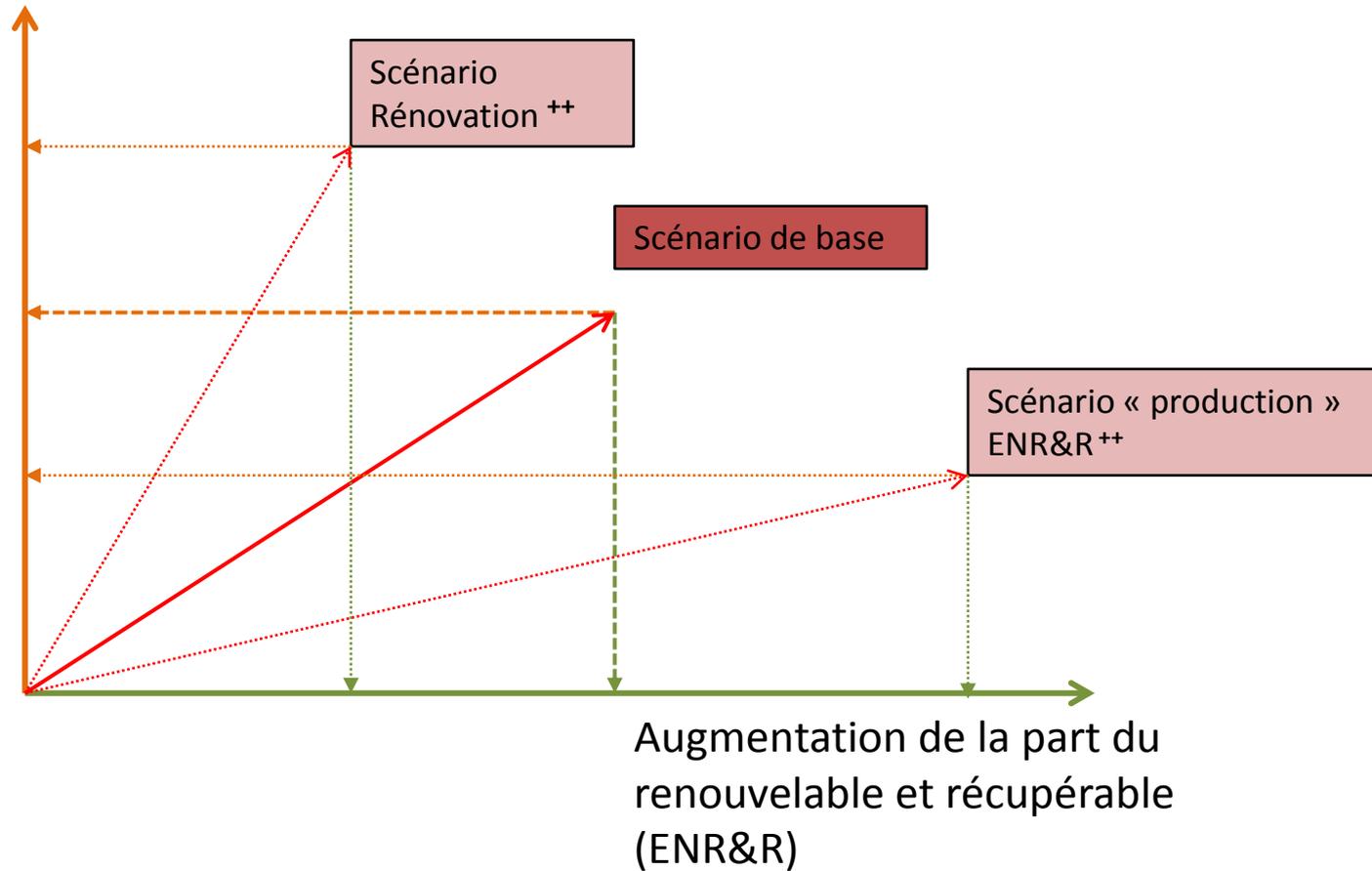
# Aspects économiques

## Constats :

- Les coûts intrinsèques des infrastructures de transformation et distribution des ENR&R sont bien connues (fourchettes étroites, même pour géothermie moyenne profondeur)
- Pour les investissements liés à la rénovation, beaucoup d'incertitudes. Situation très complexe, grande dépendance de nombreux paramètres. Besoin de recherche «impliquée», sur le terrain.
- Notion même de rénovation «thermique» difficile à traiter par rapport à une remise à niveau d'un bâtiment, y compris mise aux normes (énergétiques)
- **Les premières indications montrent toutefois que le développement des infrastructures pour les ENR&R est nettement moins coûteux qu'une «surisolation» des bâtiments existants par unité d'énergie économisée / substituée.**
- **Il y a donc une marge de manœuvre plus importante qu'imaginée souvent pour jouer sur la substitution de l'un vers l'autre.**
- **Problème du prix des énergies, leur fluctuation et le ressenti des acteurs. Une taxe de 1ct/kWh (10 cts / l mazout ou m<sup>3</sup>gaz) rapporterait 45 Mn CHF / an .....**

# Scénarios alternatifs

Diminution de la  
demande de  
chauffage



# Conclusion sur Société à 2'000W et bâtiments

Concept qui est :

- consistant avec les problèmes globaux
- Ouvert, se prête à la discussion
- Précis (quantitatif) et flou (à quoi s'applique ce quantitatif)
- Basé sur un oxymore, donc intéressant pour la communication

À condition qu'il ne se transforme pas en dogme (il doit évoluer!)

Dans le cas des bâtiments, ce concept utilisé comme objectif de politique énergétique pour une entité comme un Canton est très fonctionnel.