

«Vers une stratégie thermo-électrique ?»

Jérôme Faessler

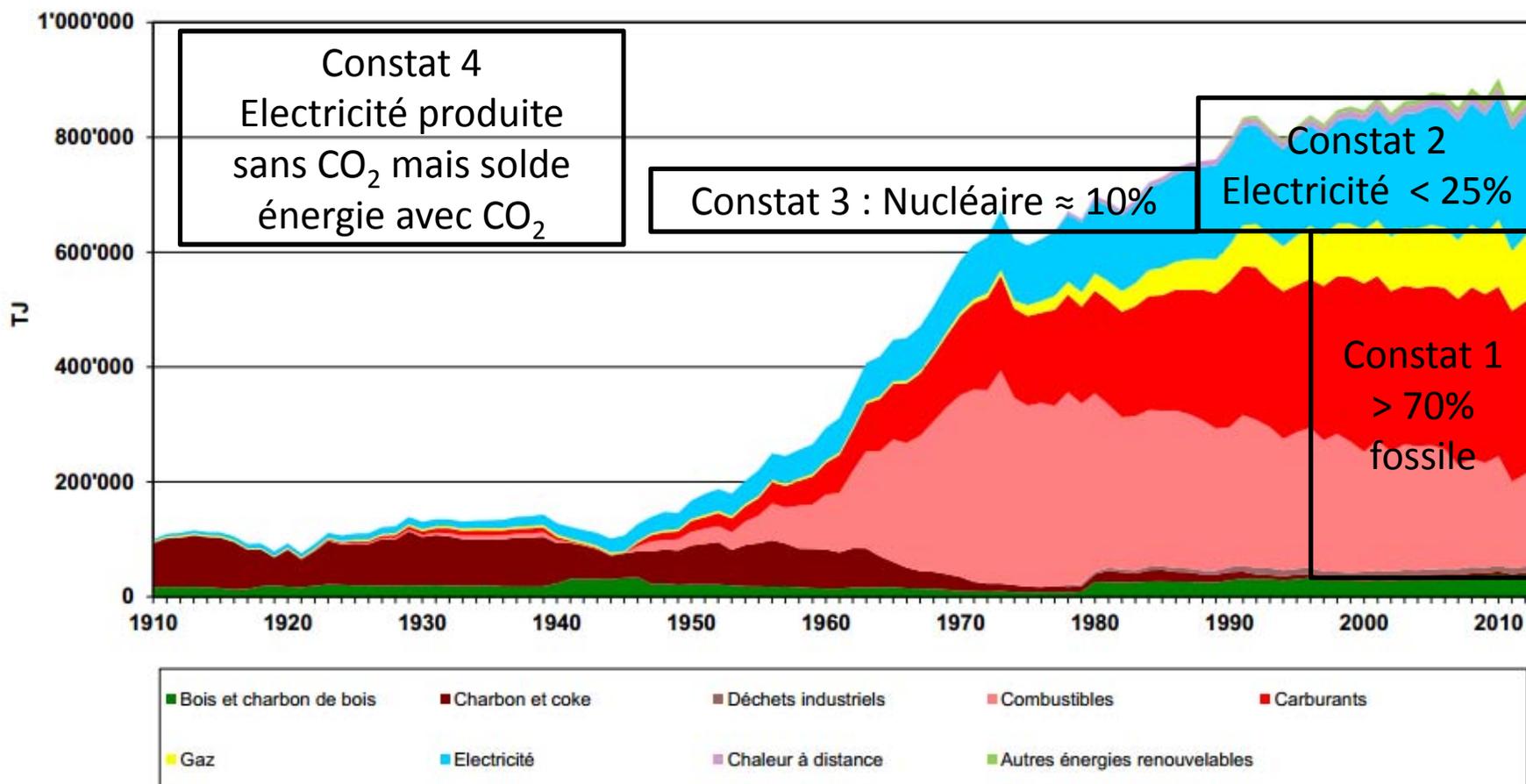
Avec les contributions de Floriane Mermoud et Loïc Quiquerez

Groupe systèmes énergétiques, ISE-Forel, UNIGE

19 Février 2015

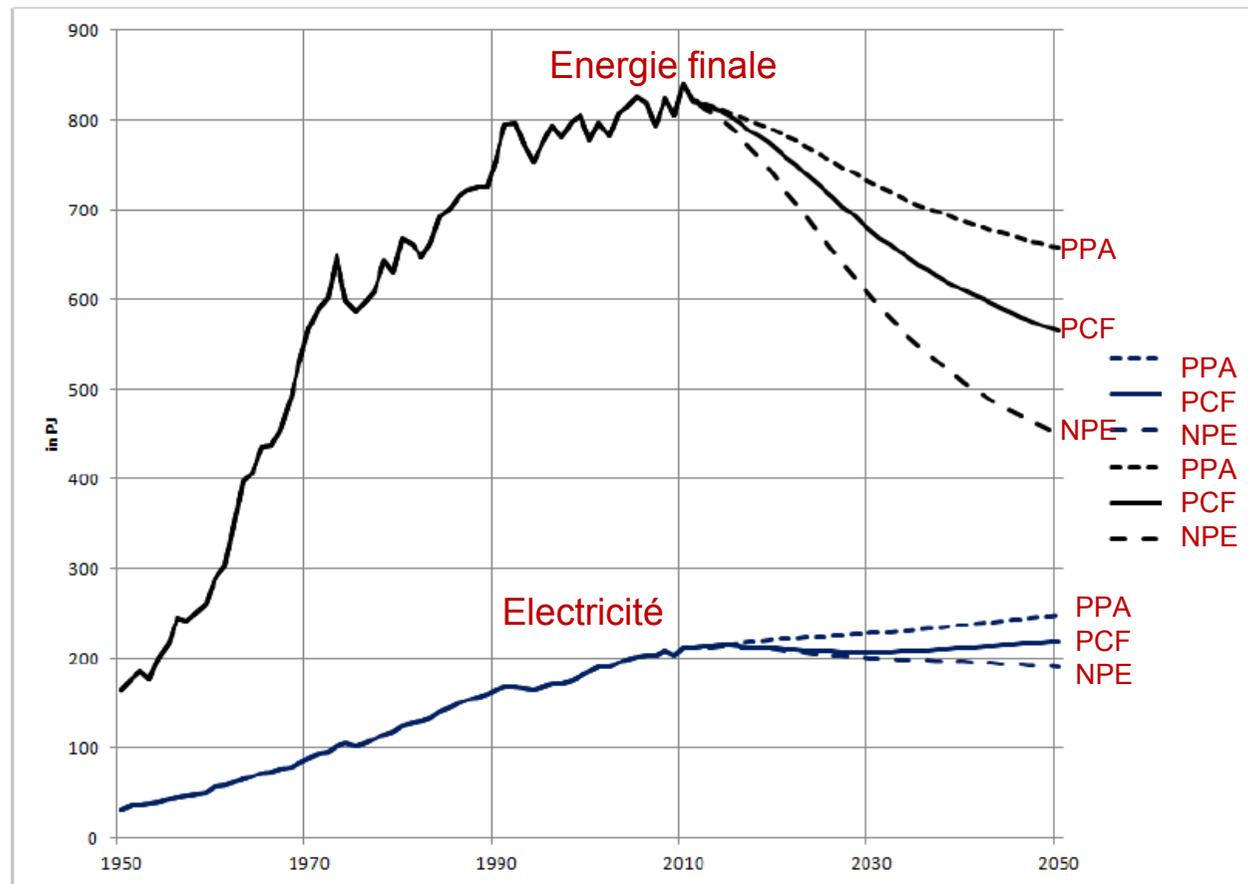
4 grands constats

Consommation finale de 1910 à 2013 selon les agents énergétiques



Les scénarios de la Stratégie Énergétique 2050

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.



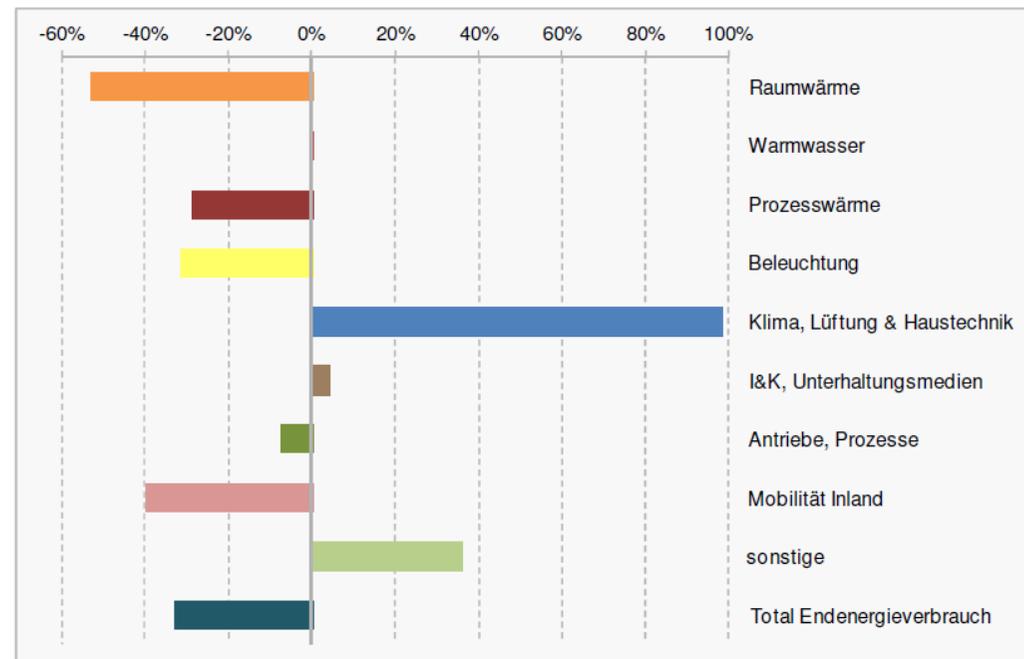
Le modèle Prognos/OFEN pour 2050

- Scénario «mesures politiques» du CF (intermédiaire)
- SRE_{totale} : + 32% Volume trafic voyageur : +33%
- Population 2050 : 9 millions
- Energie finale : - 33% (841 à 565 PJ)*

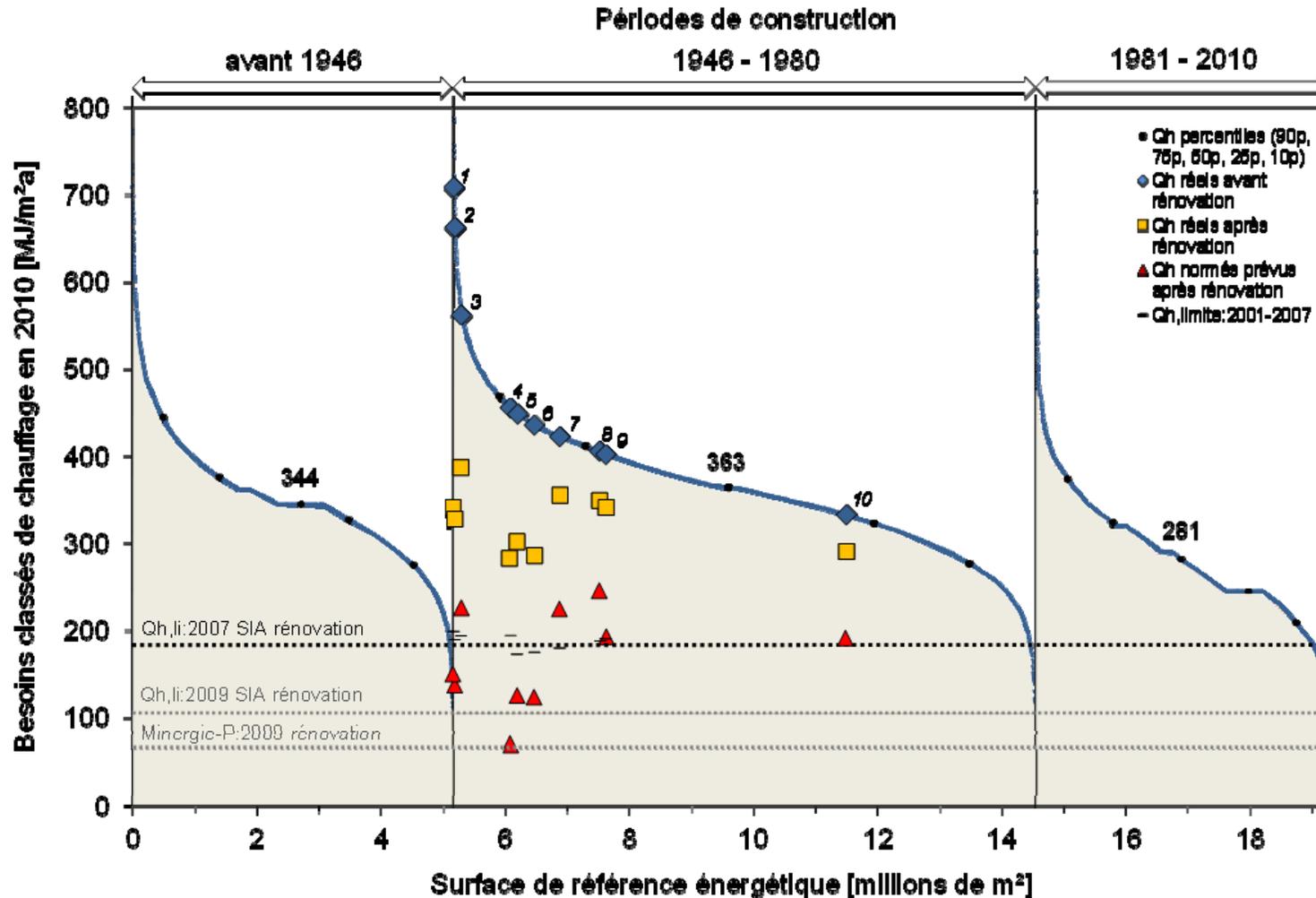
Figur 9-25: Szenario „Politische Massnahmen“
Veränderung der Endenergienachfrage 2050 gegenüber 2010 nach
Verwendungszwecken, in %

- **Chauffage :**
 - -53% (301 à 141 PJ)
- **Mobilité «inland» :**
 - -40% (250 à 150 PJ)

* scénario BAU = -22% (658 PJ en 2050)



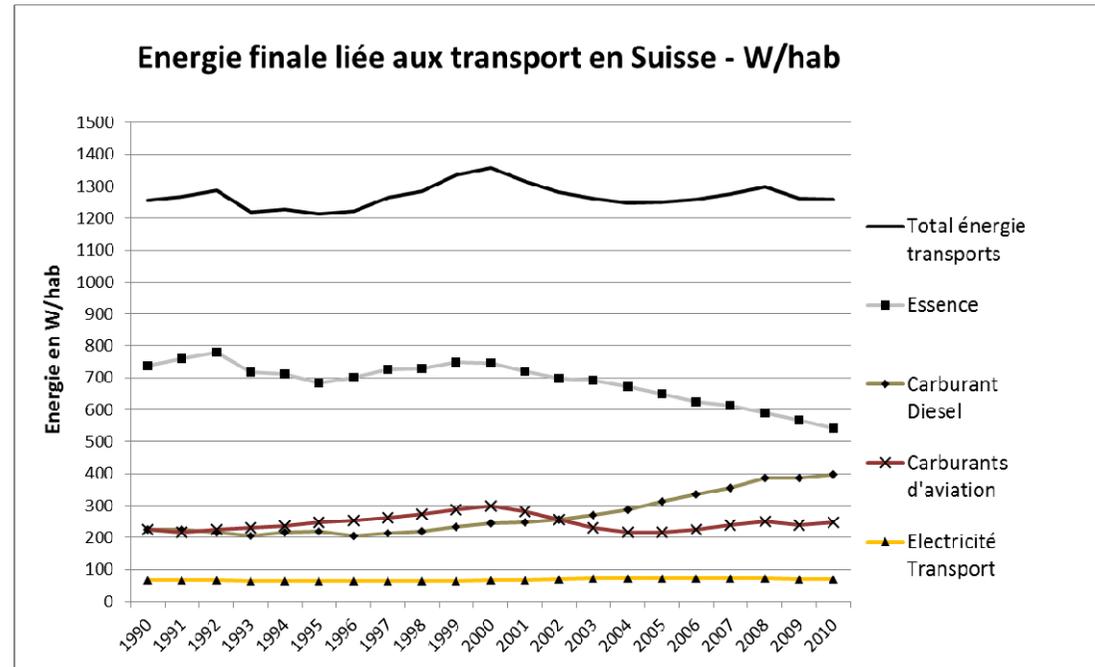
- 53 % pour le chauffage en 2050 ?



➤ Différence « systémique » entre besoins prévus (normés) et besoins réels

- 40 % pour la «mobilité» en 2050 ?

- Energie pour le transport
 - Doublement entre 1970 et 1990 (carburants)
 - +18% entre 1990 et 2013
- Par habitant
 - +50% entre 1970 et 1990
 - Stagnation depuis 1990



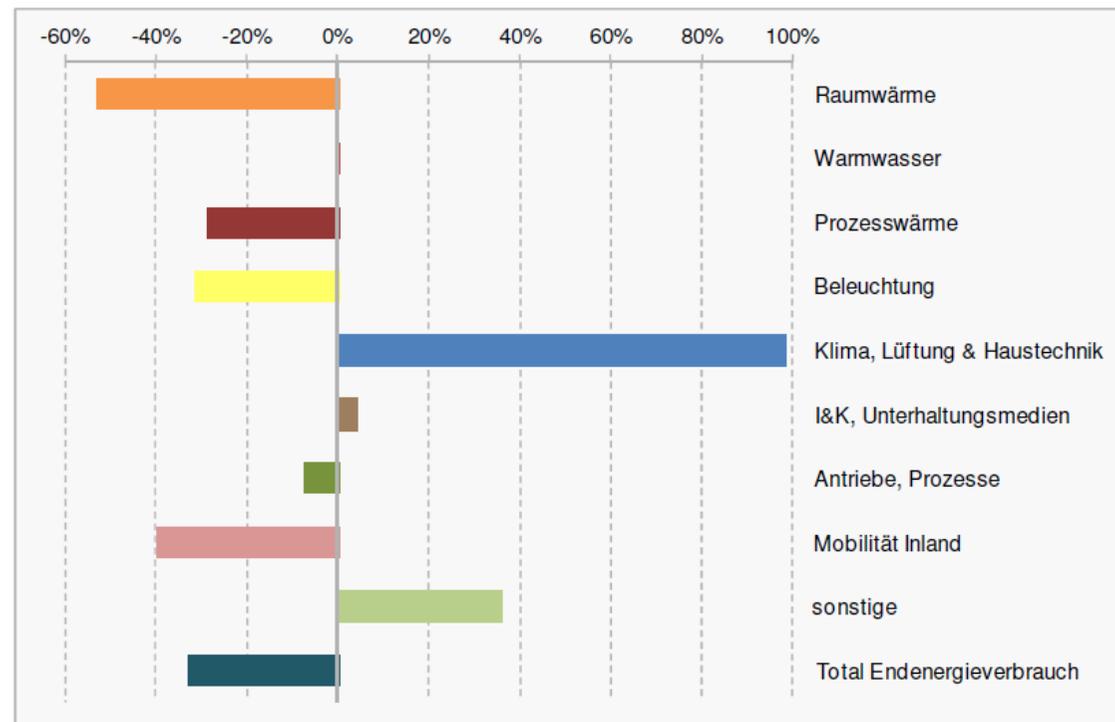
- Scénario ARE pour 2050 (2012)
 - Milliards personnes-km : +33%
 - Milliards tonnes-km : +57%

Amélioration «que» via l'efficacité des mesures ?

- Scénario «mesures politiques» du CF
- Energie finale : - 33% (841 à 565 PJ)

Figur 9-25: Szenario „Politische Massnahmen“
Veränderung der Endenergienachfrage 2050 gegenüber 2010 nach Verwendungszwecken, in %

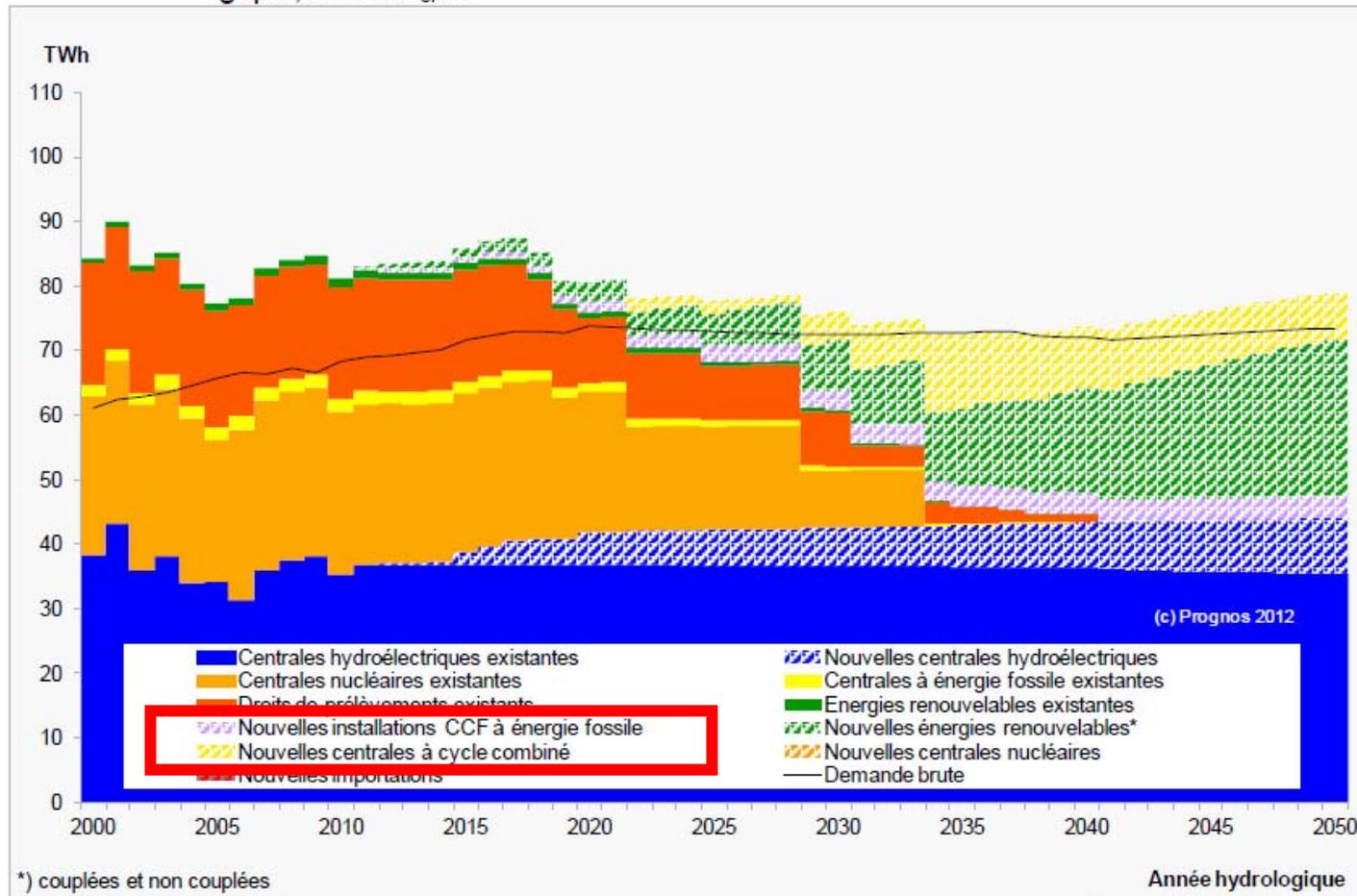
- **Chauffage :**
 - -53% (301 à 141 PJ)
- **Mobilité «inland» :**
 - -40% (250 à 150 PJ)



Quelle: Prognos 2012

Vision électrique de la Confédération

Graphique 10 Scénario «Mesures politiques du Conseil fédéral», variante d'offre C&E, année hydrologique, en TWh_{el}/a.



Nouveaux CCF : 3.5 TWh_{el} en plus

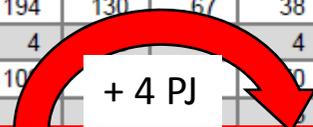
Nouvelles CCC : 7 ou 18 TWh_{el} selon les variantes

Potentiel d'une vision thermo-électrique ?

- Nouveaux CCF : 3.5 TWh_{él} ≈ env. 12 PJ de chaleur à valoriser
- Nouvelles CCC : 7 ou 18 TWh_{él} ≈ env. 8 à 22 PJ chaleur à valoriser (si 20% de récupération chaleur)

Tableau 3 Scénario *Mesures politiques du Conseil fédéral*: consommation d'énergie par agents énergétiques, en PJ (3,6 PJ = 1 TWh) et pourcentages.

Agent énergétique	Consommation en PJ					Part en % de la consommation annuelle			
	2000	2010	2020	2035	2050	2010	2020	2035	2050
Electricité*	185	212	211	208	219	25%	28%	33%	39%
Huiles de chauffage	207	194	130	67	38	23%	17%	10%	7%
Autres produits pétroliers	6	4			4	0.5%	0.6%	0.7%	0.7%
Gaz naturel	87	100			10	13%	14%	14%	12%
Charbon	6				7	1%	0.8%	0.7%	0.5%
Chaleur à distance*	13	17	22	25	21	2%	3%	4%	4%
Bois	27	37	38	35	29	4%	5%	5%	5%
Déchets (industriels)	10	10	10	9	8	1%	1%	1%	1%
Chaleur solaire	1	1	4	10	15	0%	1%	2%	3%
Chaleur ambiante	4	11	22	35	37	1%	3%	6%	7%
Biogaz, gaz d'épuration	1	2	2	3	3	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%
Essence	169	135	92	56	39	16%	12%	9%	7%
Diesel	56	99	97	73	56	12%	13%	11%	10%
Carburants d'aviation	4	3	3	3	3	0.4%	0.4%	0.5%	0.6%
Biocarburants liquides	0	0	16	16	16	0.0%	2.0%	2.5%	2.8%
Gaz naturel comme carburant	0	0	0	1	1	0.0%	0.1%	0.2%	0.2%
Biogaz comme carburant	0	0	0	1	1	0.0%	0.1%	0.2%	0.2%
Hydrogène	0	0	0	0	3	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%
Total	777	841	767	639	565				



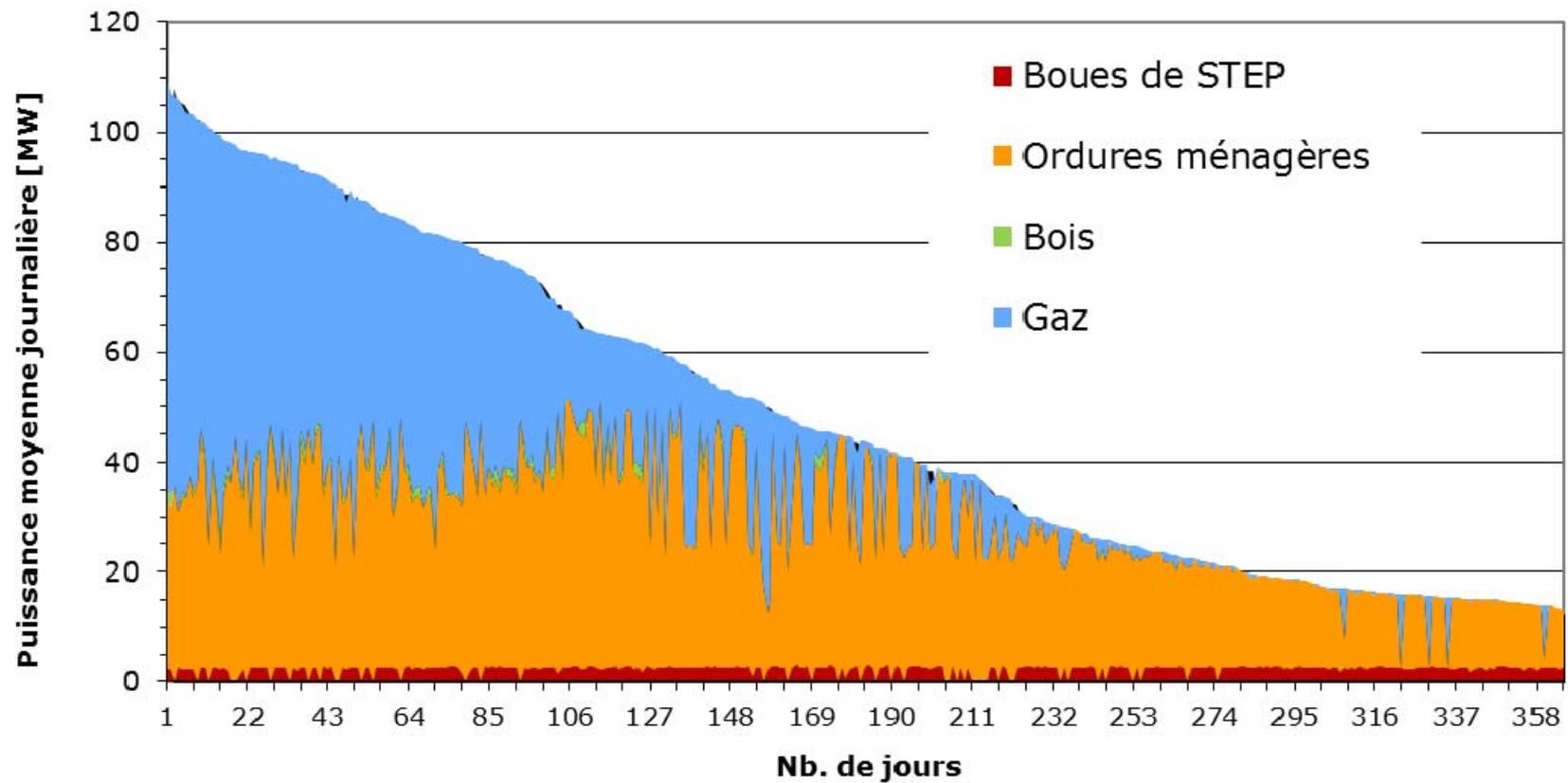
- Syndrome du «black-out»
- Manque une stratégie nationale d'optimisation de la valorisation de la chaleur
 - en complémentarité avec les valorisations électriques
 - et en relation avec les autres politiques (déchets, eau, sous-sol, etc...)
- Exemple 1 = nb de citations «réseaux» (OFEN, 2012*) :
 - Réseaux électriques $\approx 130x$
 - Réseau gaz $3x$
 - Réseaux thermiques $6x$
- Exemple 2 : garantie de risque Géothermie
 - Gérée par RPC – Swissgrid

* OFEN, 13 sept. 2012, Stratégie énergétique 2050: premier paquet de mesures

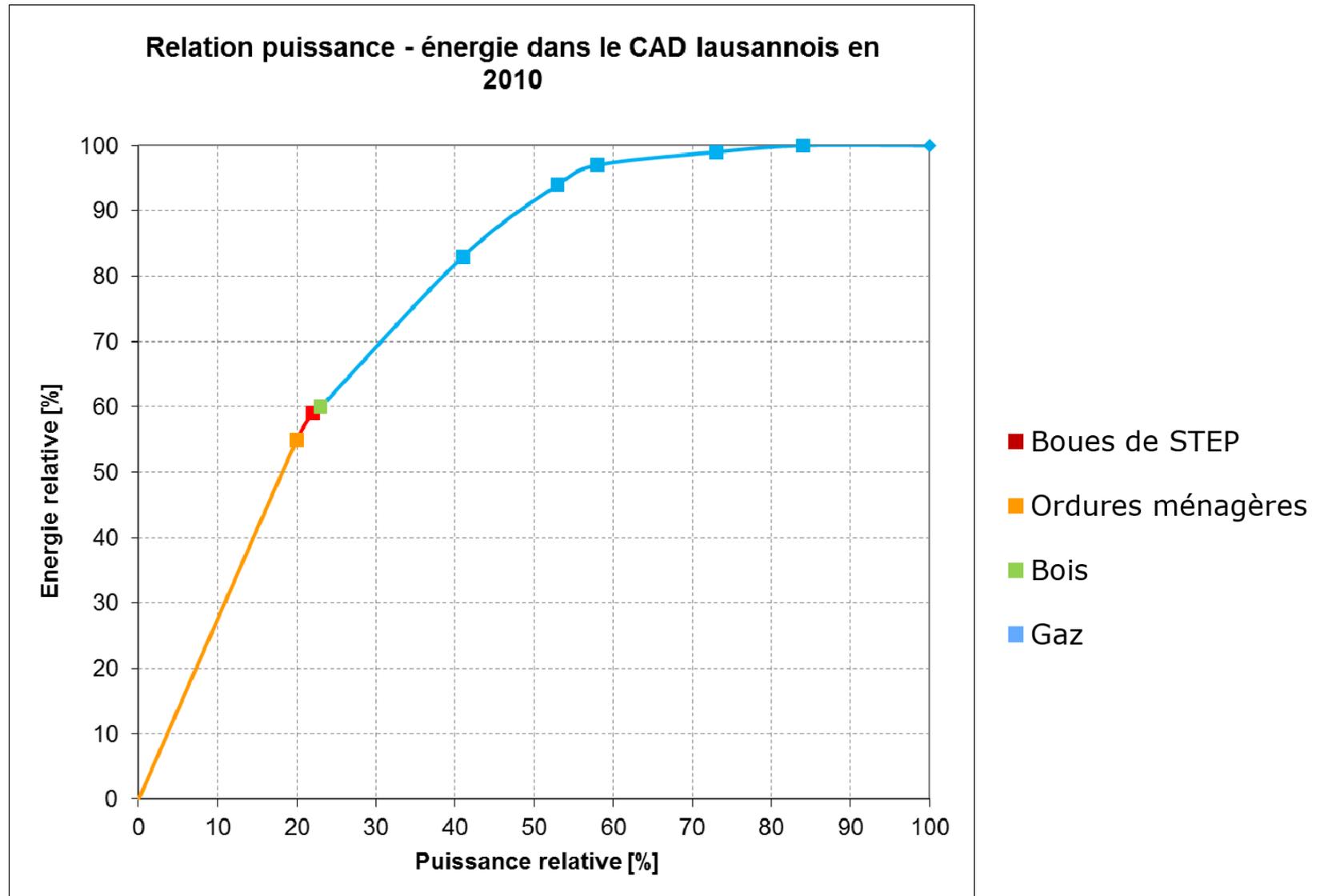
- Avantages des CAD :
 1. Intégration des énergies renouvelables dans le chauffage en milieu urbain
 2. Récupération d'énergie fatale (déchets, couplage chaleur force, industrie)
 3. Mutualisation des ressources et des investissements
 4. Stabilisation du réseau électrique en couplant CCF et PAC en hiver
- Contraintes principales :
 1. Nécessité d'une densité énergétique minimale
 2. Investissements importants («capital cost»)
- Conflits et/ou synergies entre le développement des CAD et la rénovation des bâtiments ?
- Projet REMUER en cours (réseaux thermiques multi-ressources efficients et renouvelables)

Réseau Multi Ressources (Lausanne)

Courbe de charge du CAD lausannois par ressource en 2010

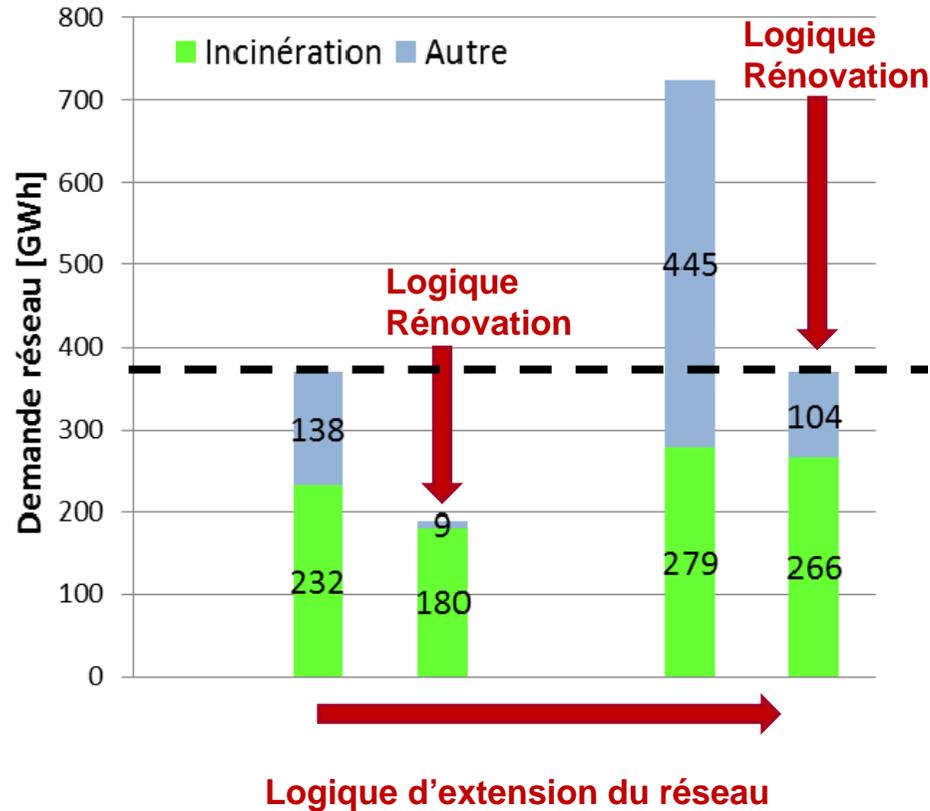


Réseau Multi Ressources (Lausanne)



Exemple évolution demande VS extension réseau

Exemple du réseau «CADIOM-CADSIG»



Pour une même demande du réseau (370 GWh), on peut :

- valoriser plus de chaleur fatale
- améliorer sa part relative dans le mix énergétique du réseau
- baisser le coût de revient de la chaleur

Pour cela il faut combiner deux logiques :

- *Extension/densification du réseau*

Et

- *Rénovation des bâtiments preneurs*

Exemple de l'UE : Directive efficacité énergétique 2012/27/UE

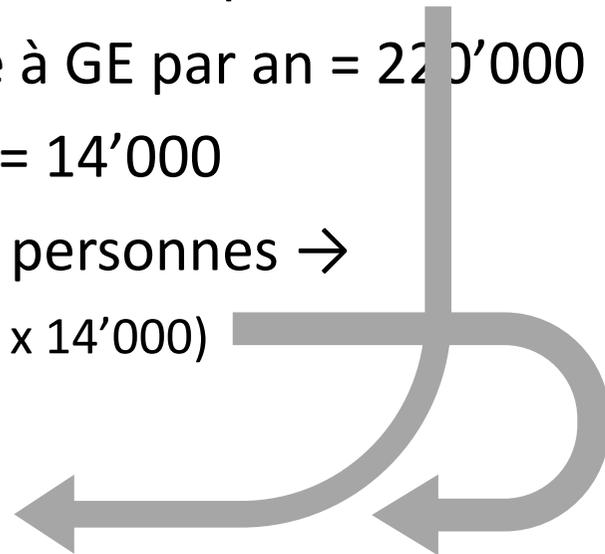
- Article 14 : promotion de l'efficacité en matière de chaleur et de froid
- Al. 1 : «*Le 31 décembre 2015 au plus tard, les États membres réalisent et communiquent à la Commission **une évaluation complète du potentiel pour l'application de la cogénération à haut rendement et de réseaux efficaces de chaleur et de froid, qui contient les informations indiquées à l'annexe 8***»
- Définitions (article 2 et annexes 1-2)
 - **Cogénération à haut rendement** : économie $E_{\text{prim}} > 10\%$ (par rapport à référence production séparée électricité et chaleur)
 - **Réseau de chaleur/froid efficace** : utilisant $> 50\%$ EnR ou $> 50\%$ fatale ou $>75\%$ cogénération ou $>50\%$ en combinaison
- Annexe 8 :
 - Demande chaud/froid avec évolution 10 ans
 - cartes offre/demande et infrastructures
 - taux pénétration/potentiels CCF
 - potentiel d'efficacité énergétique des réseaux chaud/froid
 - stratégies/politiques applicables d'ici 2020 et 2030

Exemple de la mobilité électrique

- Etude réalisée pour SIG en 2011-2012 «*Aspects énergétiques de la mobilité électrique : état des lieux et enjeux généraux pour le territoire du canton de Genève*» (dispo sous <http://archive-ouverte.unige.ch/unige:23585>)
- Objectif principal : enjeux quantitatifs pour SIG d'un transfert de la motorisation thermique vers une motorisation électrique (caténaire, batterie, hybride) sans évolution de la mobilité

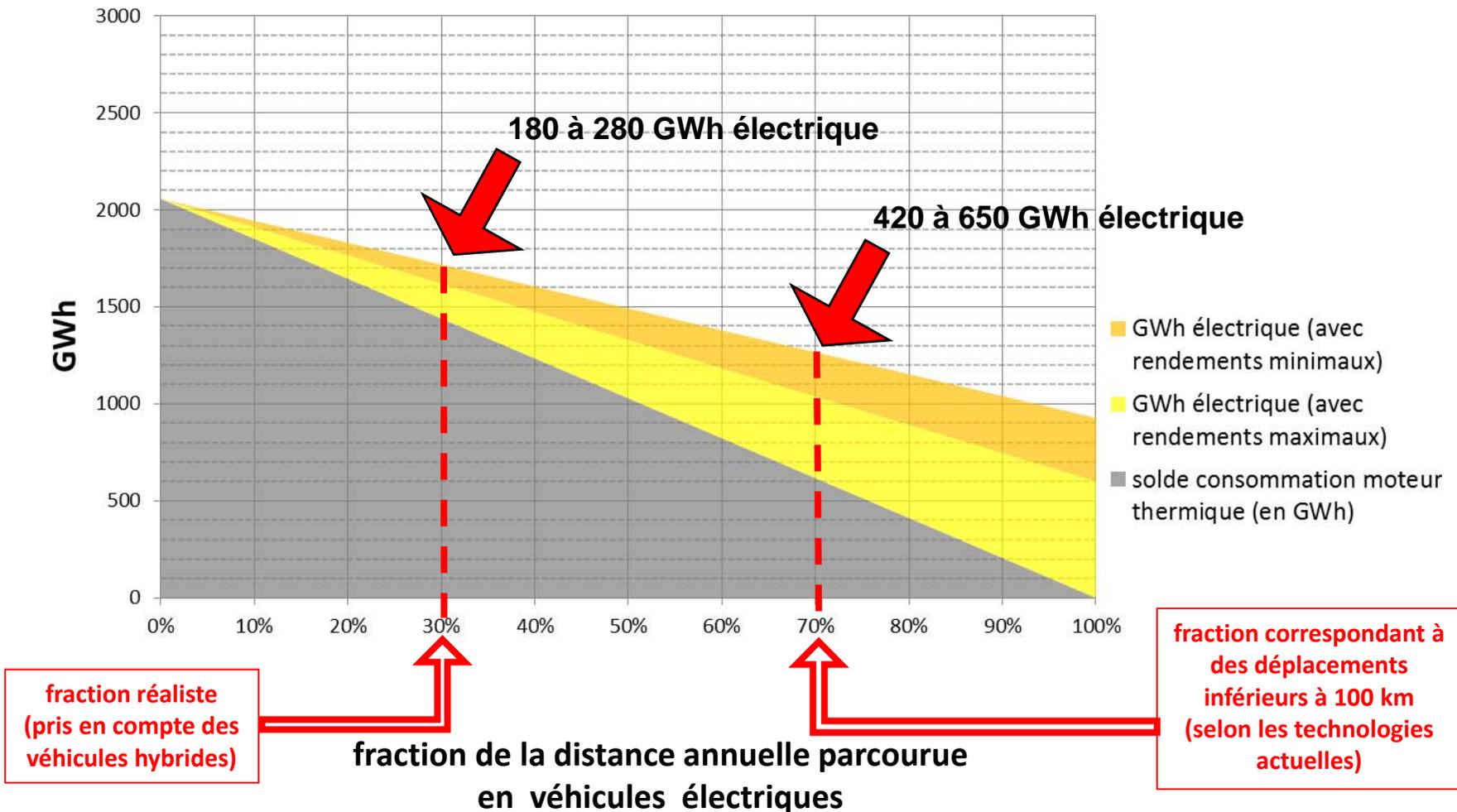
Scénario transfert véhicule thermique vers électrique (individuels)

- Analyse élaborée sur la base de filières énergétiques typiques «de l'électricité à la roue»
- Hypothèses pour le scénario de transfert
 - Consommation moyenne véhicule électrique = 150 Wh/km
 - Consommation induite sur le réseau = 230 Wh/km
 - Consommation moyenne véhicule thermique = 667 Wh/km
 - Nombre de véhicules immatriculé à GE par an = 220'000
 - km annuel parcouru par véhicule = 14'000
 - Pas d'évolution de la mobilité des personnes →
 - 3 milliards de km constant (220'000 x 14'000)
 - Soit 2'060 GWh d'essence/diesel
 - *Pour info, ventes sur GE = 2'150 GWh en 2013*



Enjeux pour SIG – véhicules individuels

Evaluation de l'impact pour SIG d'un transfert des véhicules thermiques vers des véhicules électriques à Genève



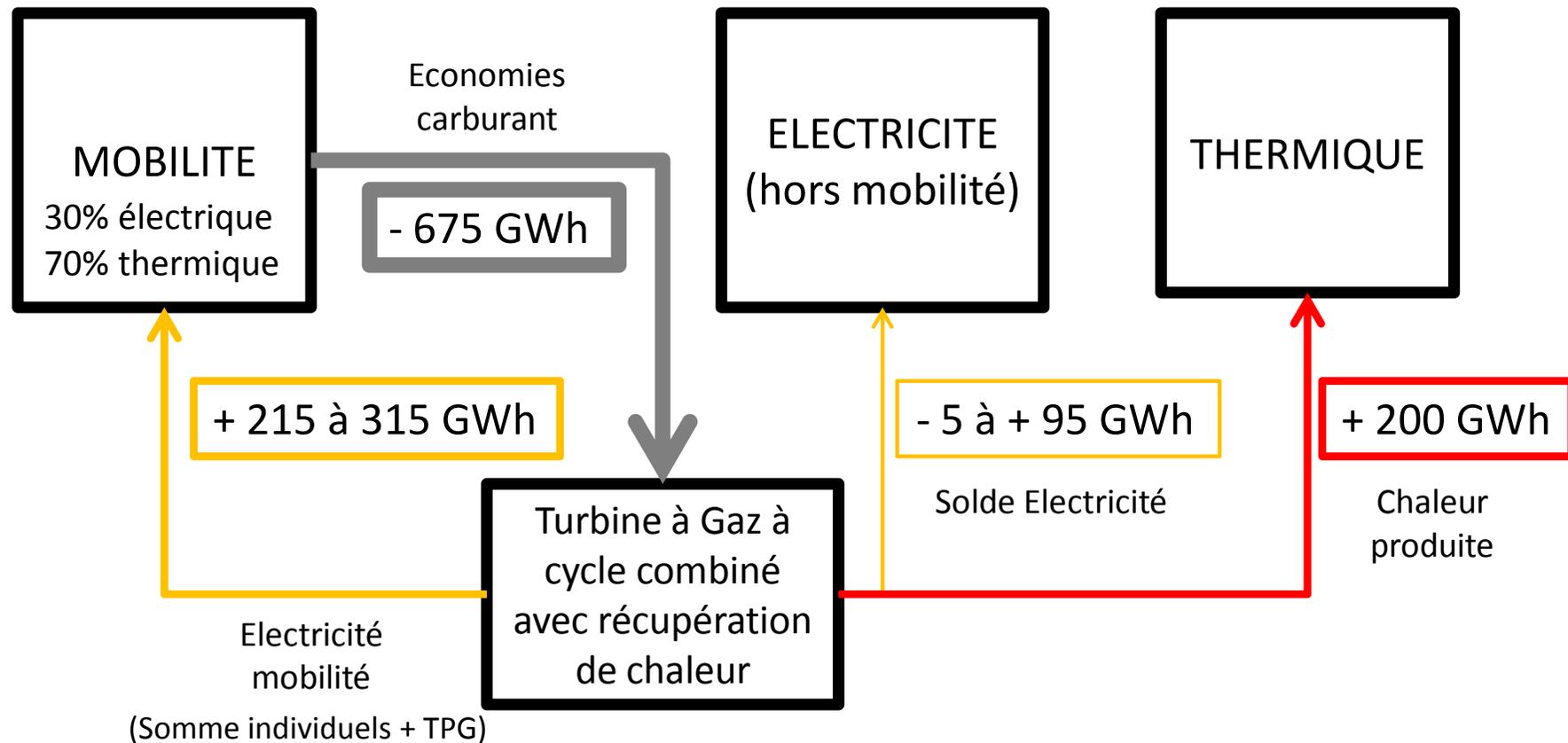
Enjeux pour SIG – véhicules TPG

- Consommation électrique TPG en 2010 = 26 GWh
- Hypothèse : pas d'évolution de la mobilité des personnes
- Enjeux transfert bus diesel vers électrique $\approx + 35 \text{ GWh}_{\text{élec}}$
- Avantage : «facile» à mettre en œuvre

Enjeux globaux pour SIG

Enjeux = 6 à 10% de la conso électrique actuelle

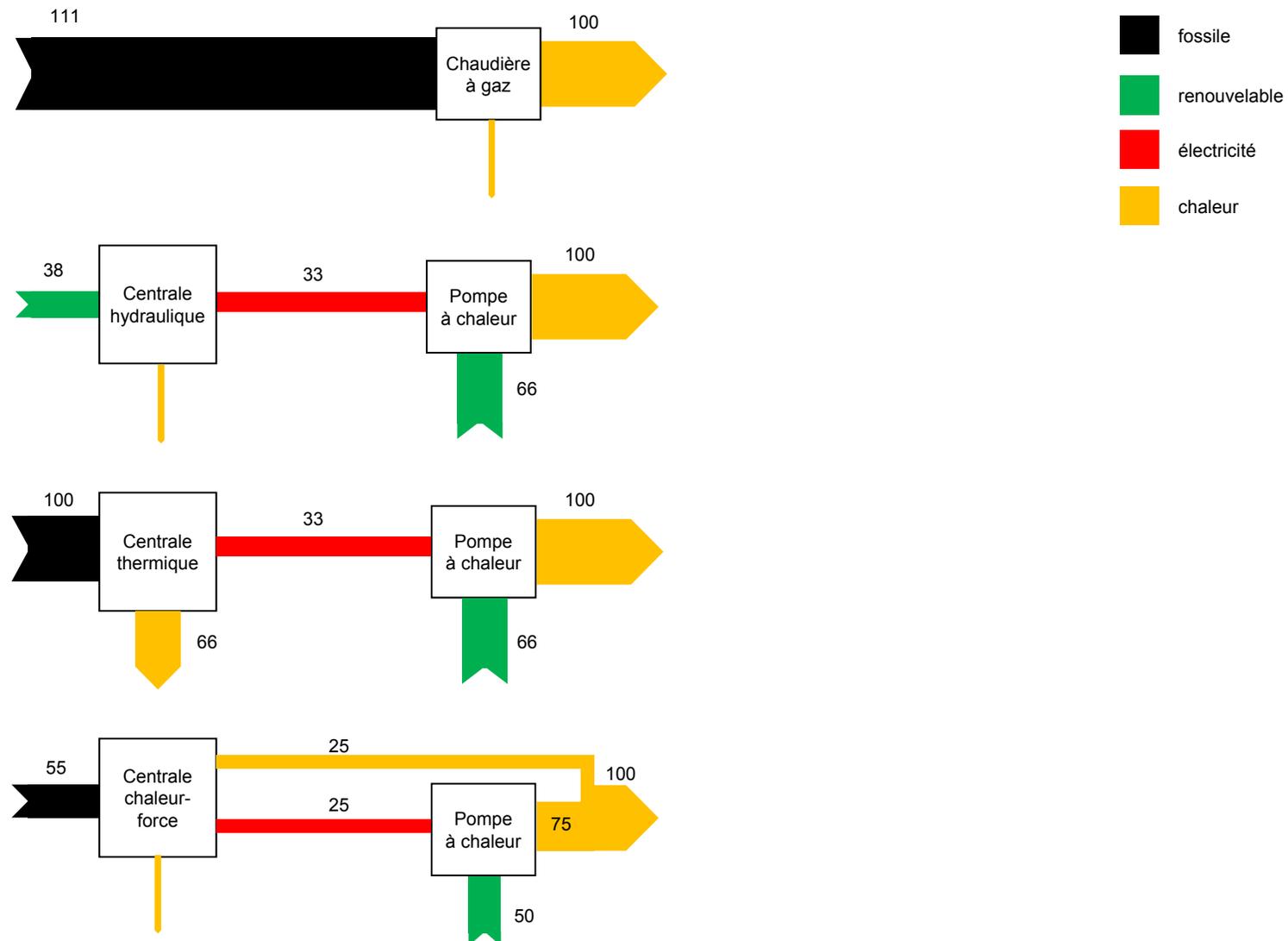
Gains potentiels avec TGCCRC:
0 à 100 GWh_{él} et 200 GWh_{th}



- Diminution de CO₂
 - Transfert carburant → gaz naturel = - 43 kTon
 - Gain 95 GWh Electricité :
 - 0 (hydro) à - 19 kTon (gaz)
 - Substitution 200 GWh thermique :
 - 0 (chaleur fatale / renouvelable) à - 44 kTon (gaz)
- Soit de 43 à 106 kTon de CO₂ en moins sur le canton
 - Rappel : émissions directes énergie GE ≈ 1'900 kTon
- Enjeux
 - Concordance de temps entre tous les usages
 - Développement des réseaux thermiques pour substituer des chaudières individuelles au fossile (mazout/gaz)



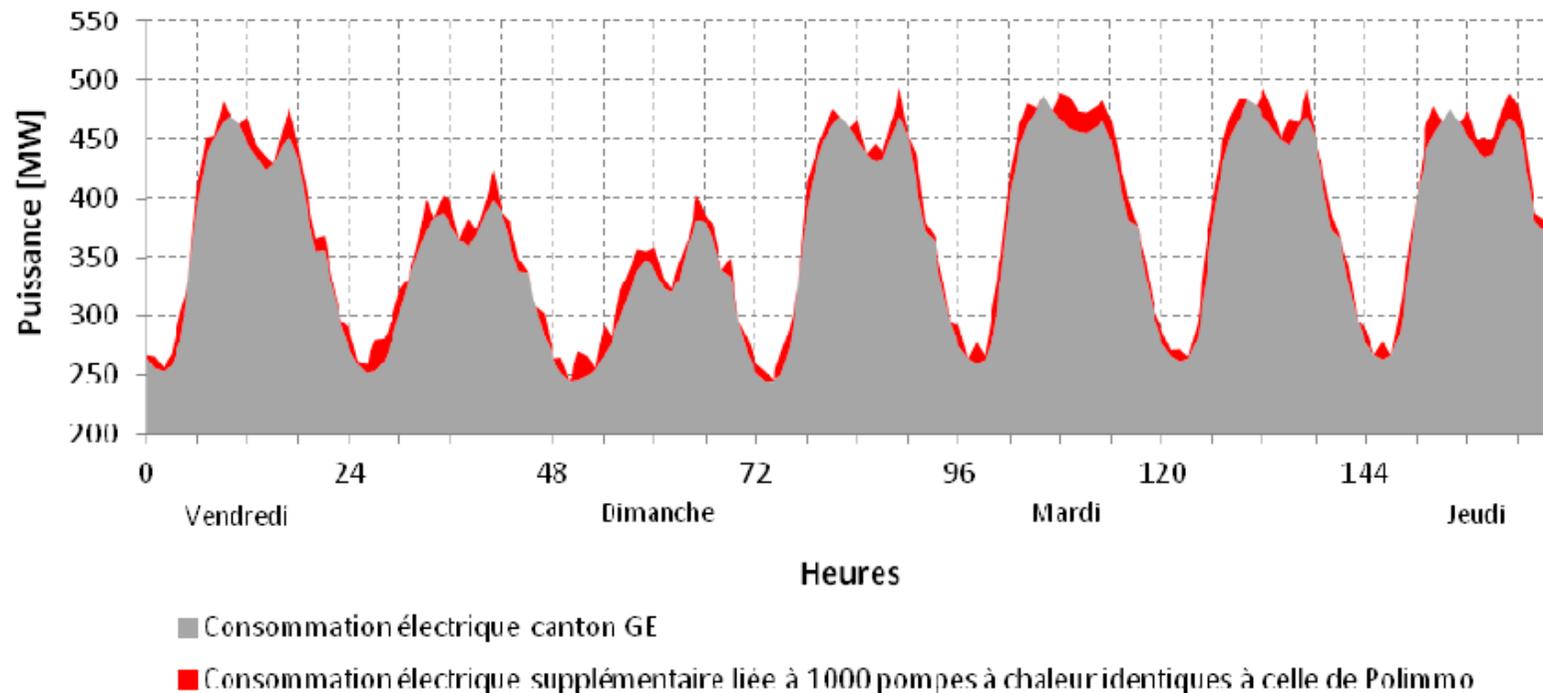
Pompe à chaleur et couplage chaleur-force



Exemple développement PAC

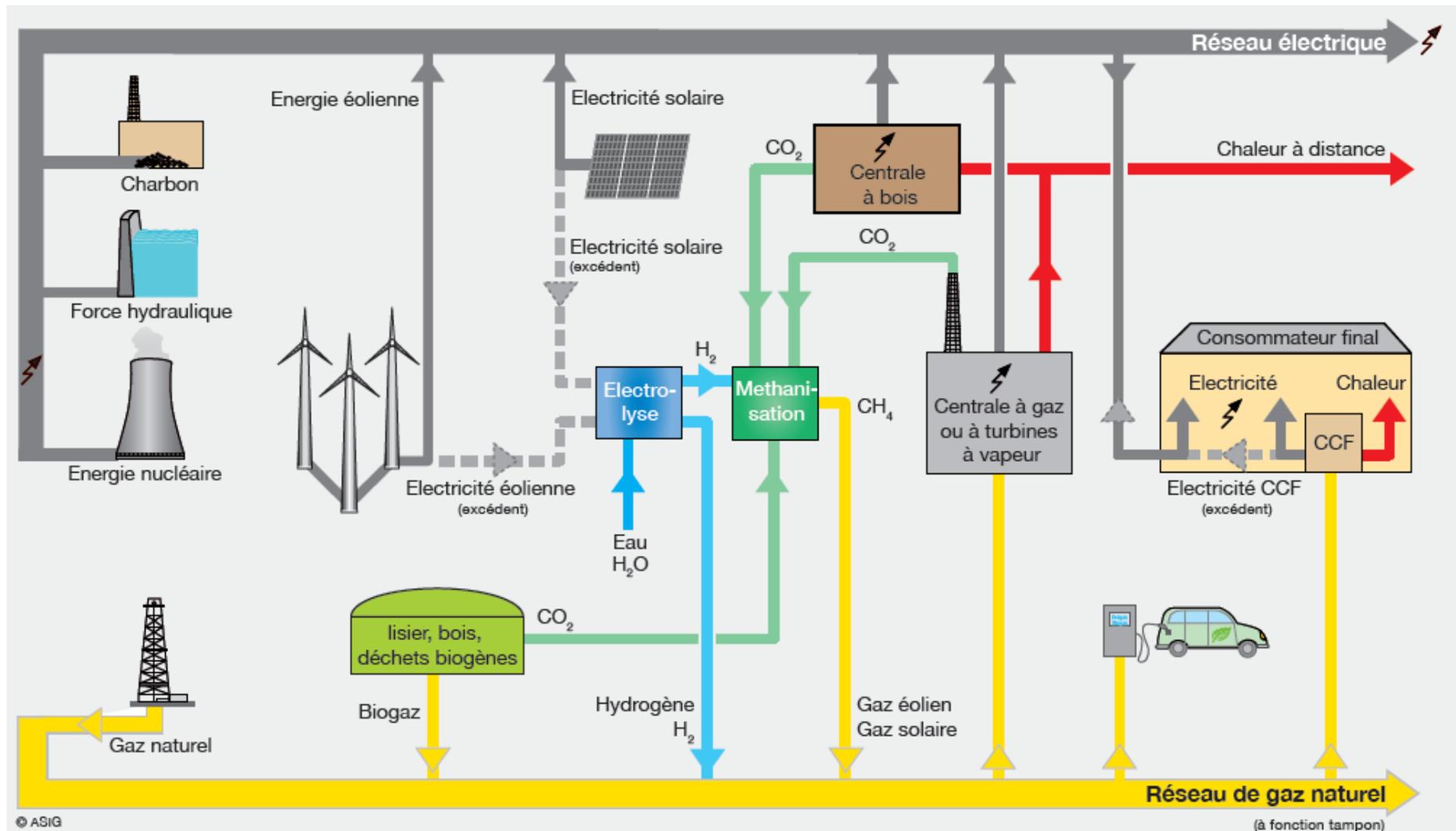
- 1'000 bâtiments tertiaire de type Polimmo (voir <http://archive-ouverte.unige.ch/unige:41178>)
- Rénovation (→ demande divisée par 4) ET substitution mazout par PAC
- Besoins annuel des 1'000 PAC : 33 GWh_{él} (100 GWh_{th}; COPA = 3)

Figure 4-3 Impact sur la consommation électrique du canton de Genève entre le 26 novembre 2010 et le 2 décembre 2010 lié à l'installation de 1000 nouvelles PAC identiques à celle de Polimmo



Source : Oberson Y., 2011, Source froide géothermique pour le chauffage des bâtiments par pompes à chaleur : Retour d'expérience sur un bâtiment tertiaire rénové au standard Minergie, master MUSE UNIGE

Réseaux énergétiques du futur ?



1. Energie \neq Electricité

- La stratégie énergétique devrait développer une stratégie thermo-électrique «couplée»

2. Pas de «plan B» à la réduction drastique de la demande

- Développement des réseaux thermiques nécessaires ?
- Nécessité de couplage des développements CCF et PAC ?

3. Nombreuses pistes de recherche à explorer sur thermo-électrique

- Plus de flexibilité, d'opportunités, de mutualisation, etc...
- Vers un Both Side Management (BSM) thermo-électrique ?