

Remplacer le nucléaire par du renouvelable : «Comment ça marche en Suisse ?»



© Chappatte 4 octobre 2011
www.globecartoon.com

Stratégie énergétique 2050 en Suisse : historique

1988	Le projet de centrale nucléaire en zone sismique à Kaiseraugst est abandonné (occupation du site pendant 11 semaines en 1975 !)	
23.09.90	Mise sur pied Programme Energie 2000 , moratoire de 10 ans sur la construction de nouvelle centrale	
24.09.00	Le programme SuisseEnergie prend le relais du programme Energie 2000	
11.03.11	accident de Fukushima	
17.05.11	Début récolte signatures initiative « Pour la sortie programmée de l'énergie nucléaire »	
25.05.11	Le Conseil Fédéral annonce que la Suisse sortirait du nucléaire en 2034	
12.09.12		l'OFEN publie un 1^{er} paquet de mesures pour la Stratégie énergétique 2050, sur la base d'un rapport « Die EnergiePerspektiven für die Schweiz bis 2050 » (rapport 842 pages de Prognos AG)
16.11.12	Dépôt de l'initiative	
sept.12 - mars 13		1^{er} paquet de mesures pour Stratégie 2050 mis en consultation. Mars 13 : 7 tables rondes organisées par D. Leuthard
janv. 13	L'initiative est validée par la Chancellerie	
fin mars 13	le Conseil Fédéral recommande le rejet de l'initiative et propose au Parlement la Stratégie 2050 comme contre-projet à l'initiative	
4.09.13	le Conseil Fédéral publie l'arrêté fédéral sur l'initiative et adopte le message relatif au 1^{er} paquet de mesures de la Stratégie énergétique 2050	
déc. 14	Discussion Conseil National du premier paquet de mesures Stratégie 2050	

Stratégie énergétique 2050 : les principales mesures sur l'électricité

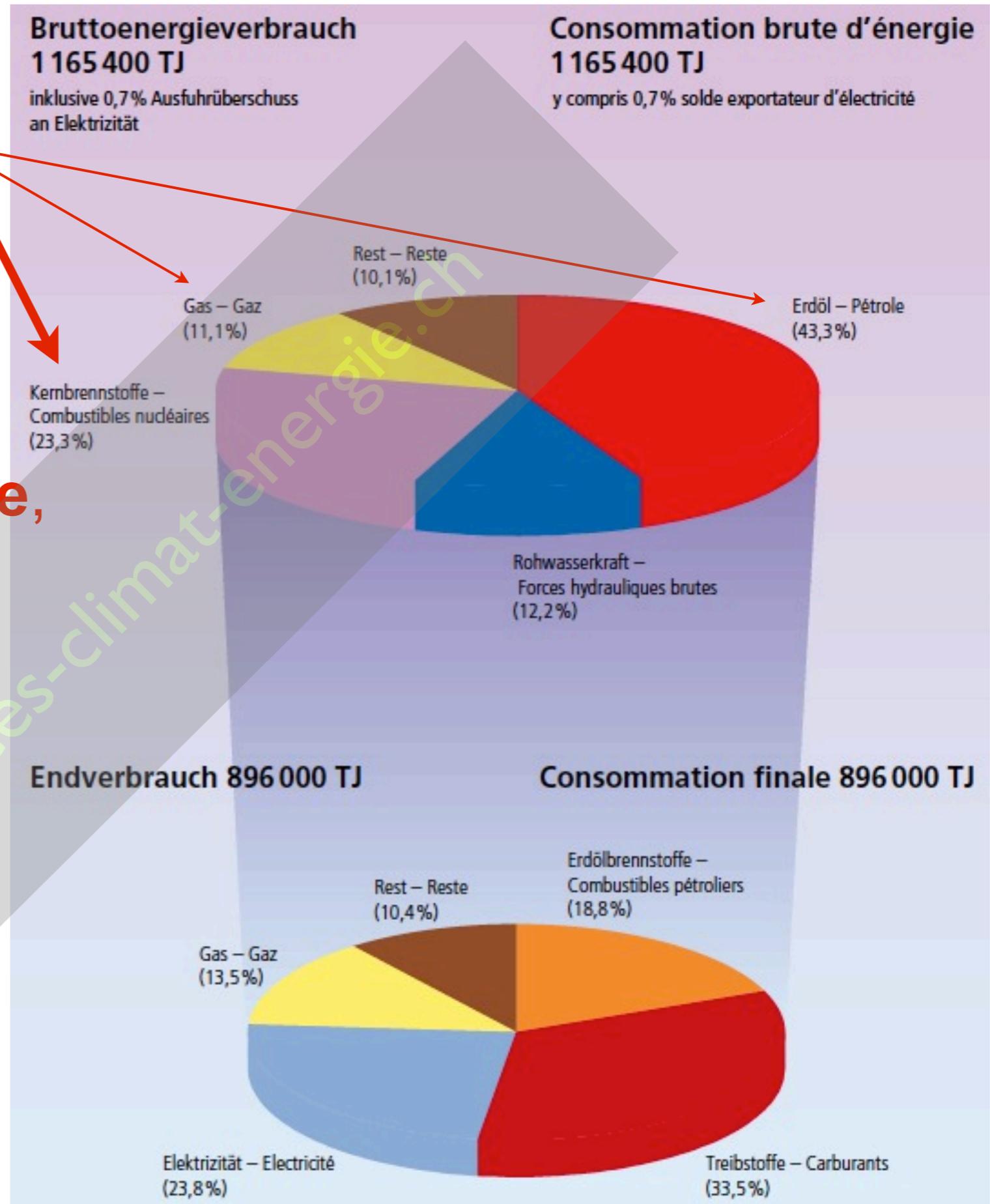
- Définition du plan de fermeture des centrales nucléaires
- Estimation des besoins électriques jusqu'en 2050
- Estimation du potentiel des énergies renouvelables
- Estimation des possibilités d'augmentation du stockage de l'électricité
- Nécessité ou non de mettre en service des centrales à gaz (surtout pour l'hiver)
- Adaptation du réseau électrique (smart grid)
- Soutien financier à la production d'électricité par les énergies renouvelables (RPC, rétribution unique, prime à l'injection)
- Augmentation de la taxe de supplément perçue sur le réseau de 1,5 à 2,3 cts
- Incitation à plus de sobriété (-3% d'ici 2020 et -13% horizon 2035)
- Possibilité pour tout producteur de consommer sa propre production

La Suisse dépend fortement de l'étranger pour son énergie

3/4 de l'énergie brute consommée en Suisse vient de l'étranger !

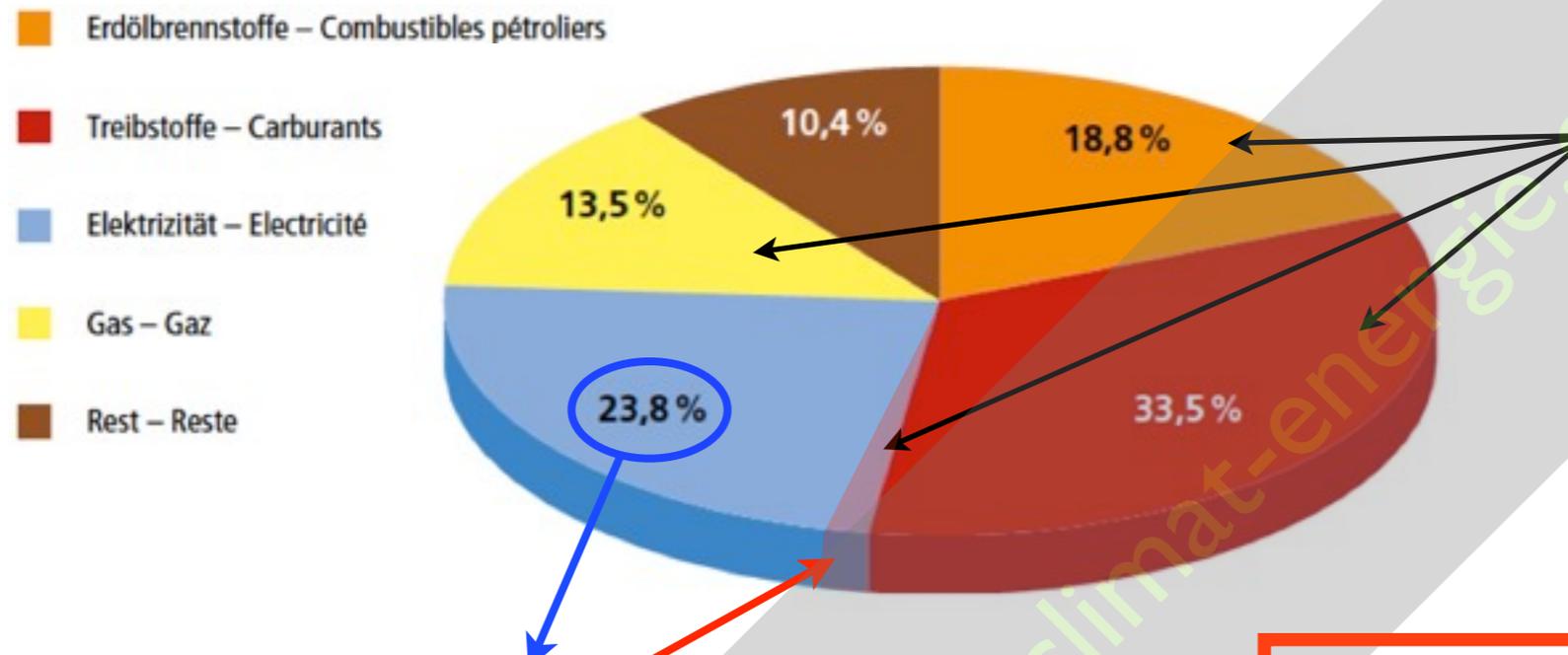
Nous importons du combustible nucléaire, du pétrole, et du gaz !

Et le combustible nucléaire représente presque 1/4 des importations d'énergie brute !!



Et en Suisse, il y a 2 gros problèmes avec l'énergie !

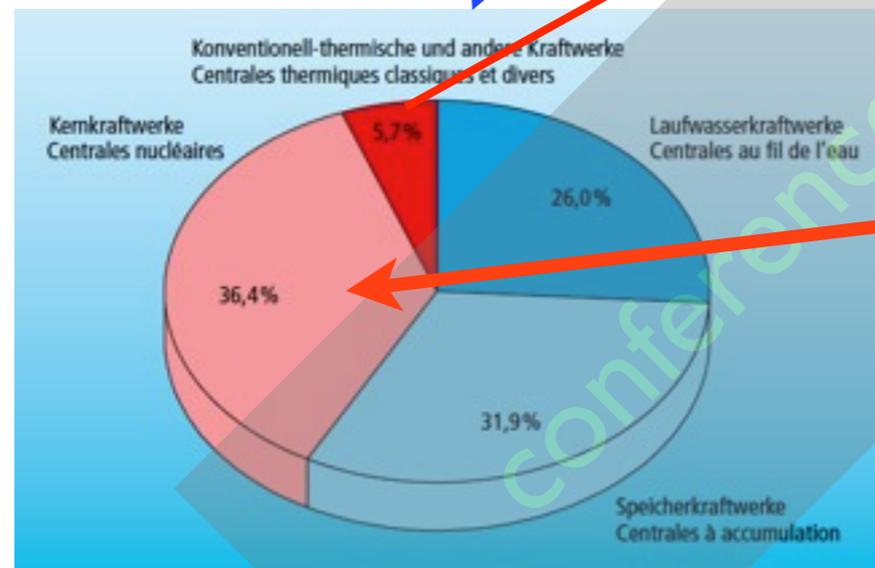
Consommation d'énergie finale :



Premier problème :

67 %

de toute notre consommation d'énergie rejette du **CO₂** dans l'**atmosphère** !



Second problème :

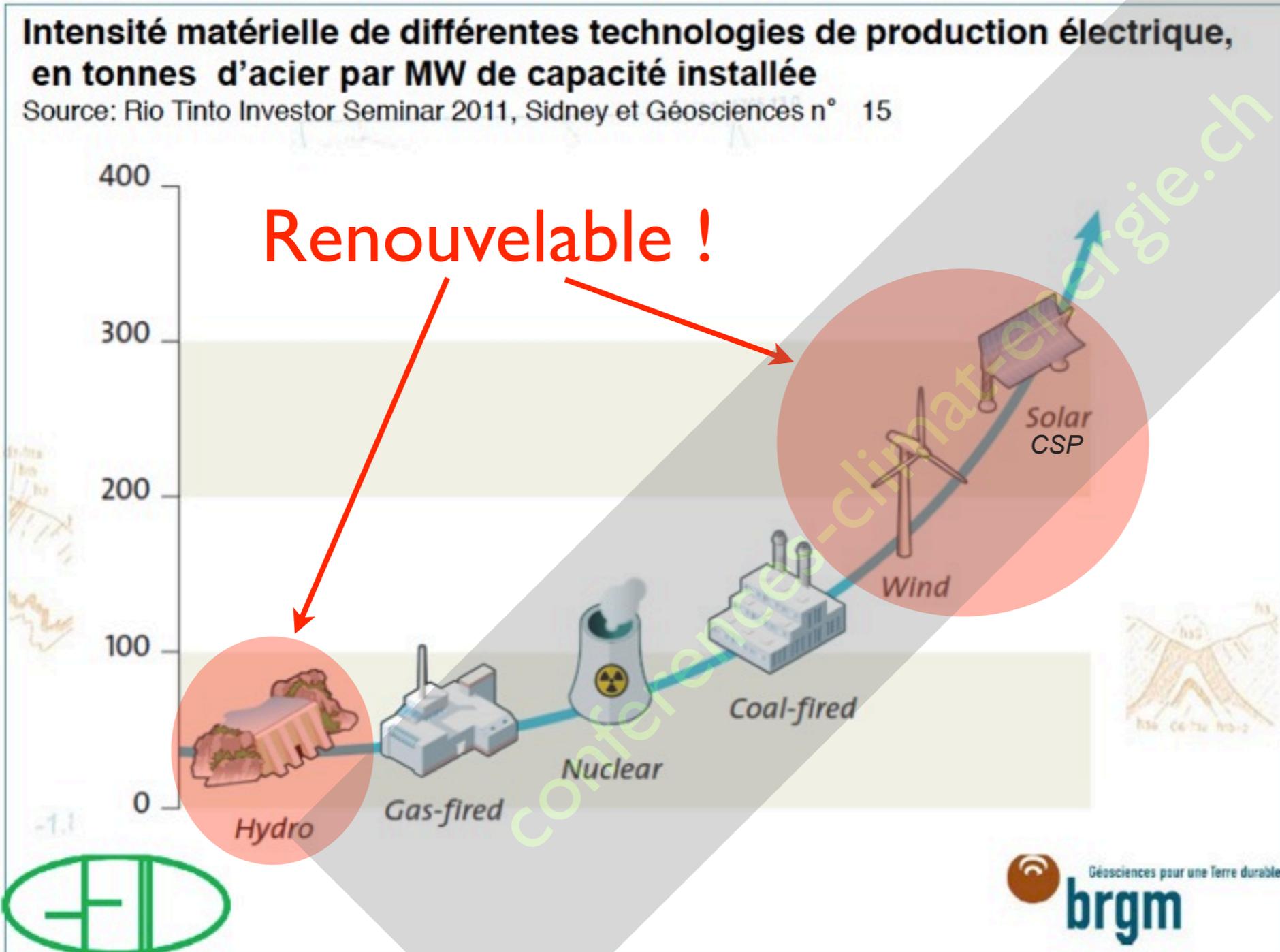
36,4 %

de toute notre production d'électricité génère de la **radioactivité** (déchets nucléaires)

http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/00631/?lang=fr&dossier_id=00763

http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/00630/index.html?lang=de&dossier_id=00765

+ un problème : celui de la finitude des ressources indispensables à la construction des centrales électriques !



Le photovoltaïque aussi est un gros consommateur de ressources supports : aluminium



fils de liaison : cuivre

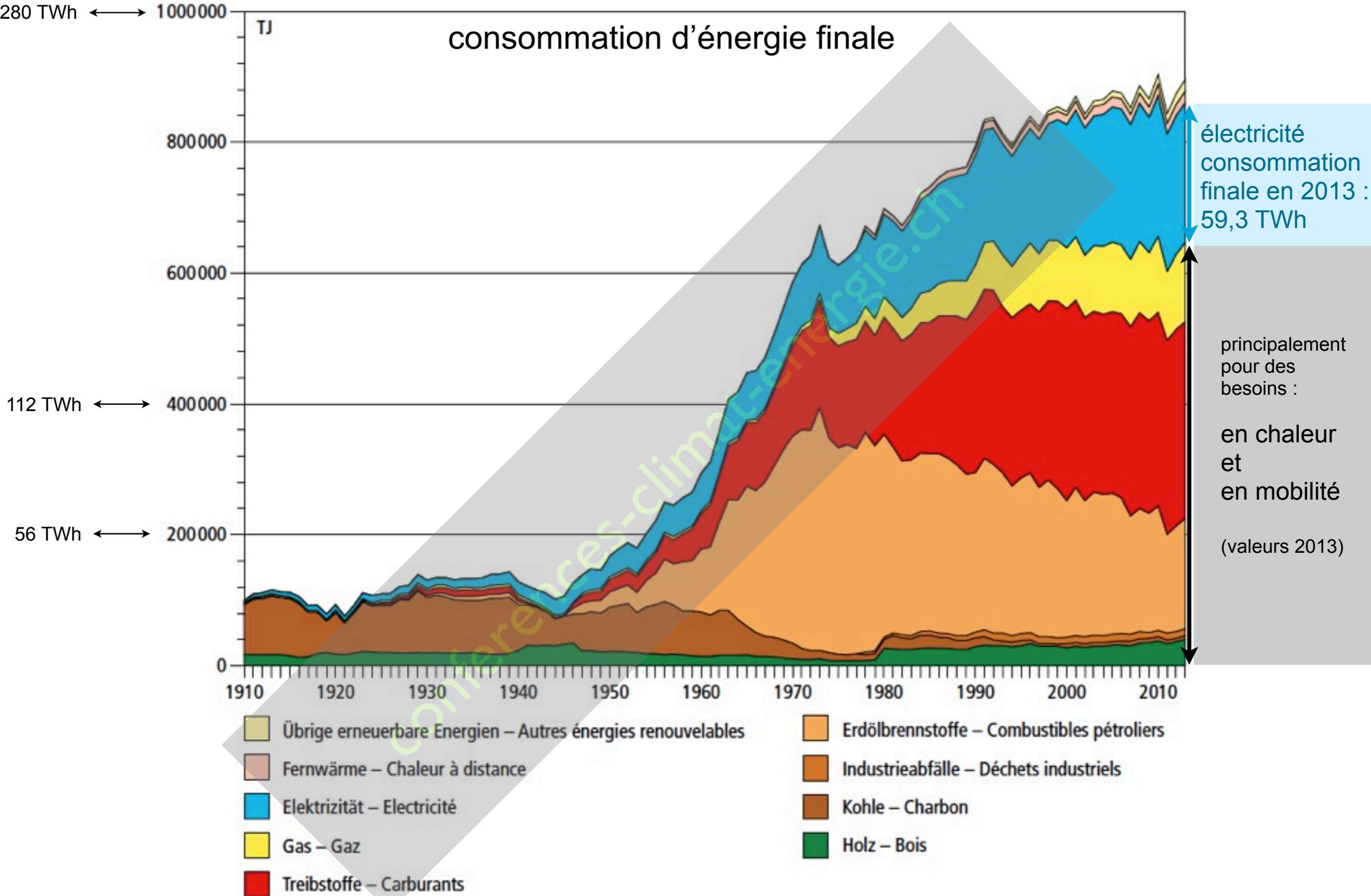


onduleur : or, terres, rares, etc...



et pour les panneaux :
silicium, argent,
bore (dopage type P),
phosphore (dopage type N),
etc ...

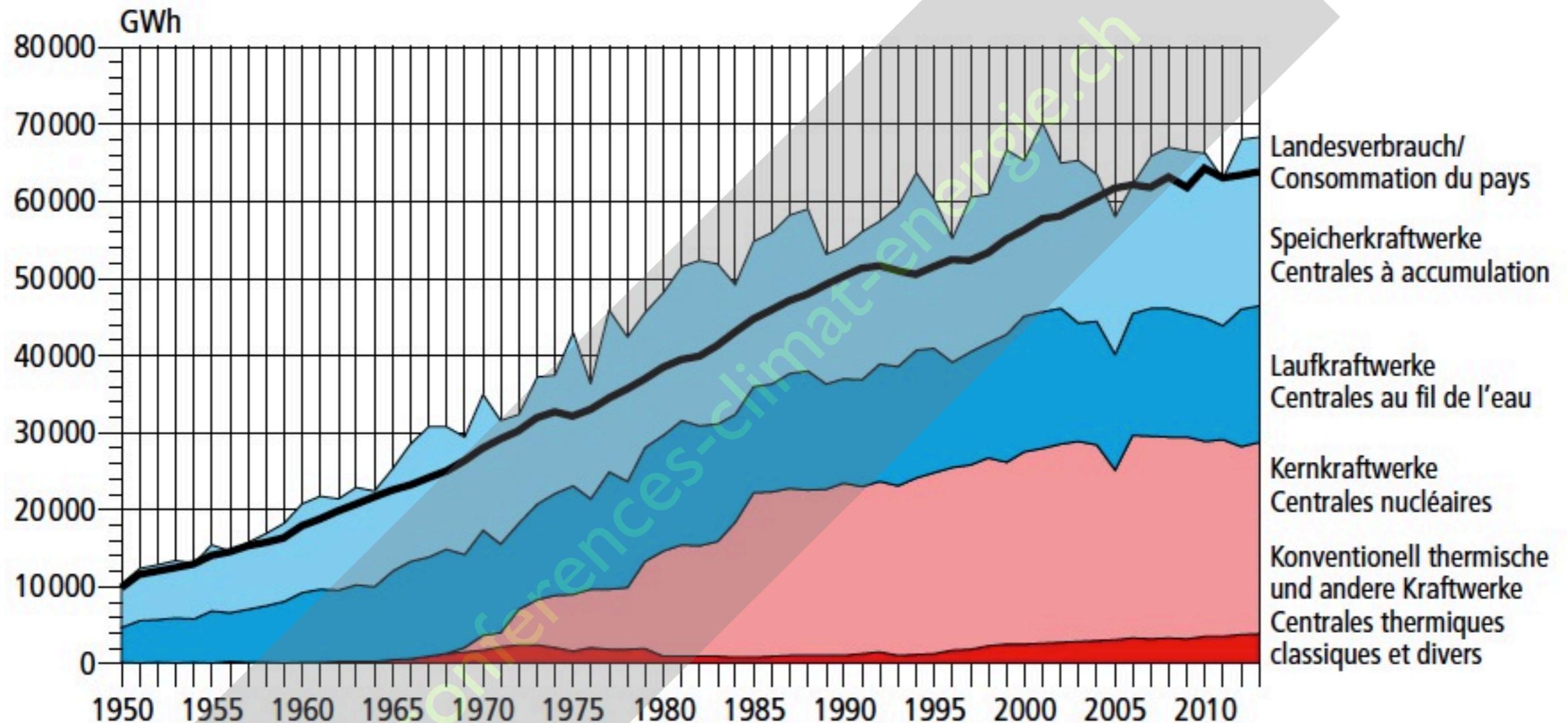
En Suisse, la consommation d'énergie a fortement augmenté !



http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/00631/?lang=fr&dossier_id=00763

En Suisse, production et consommation d'électricité ont continuellement augmenté depuis 1950 !

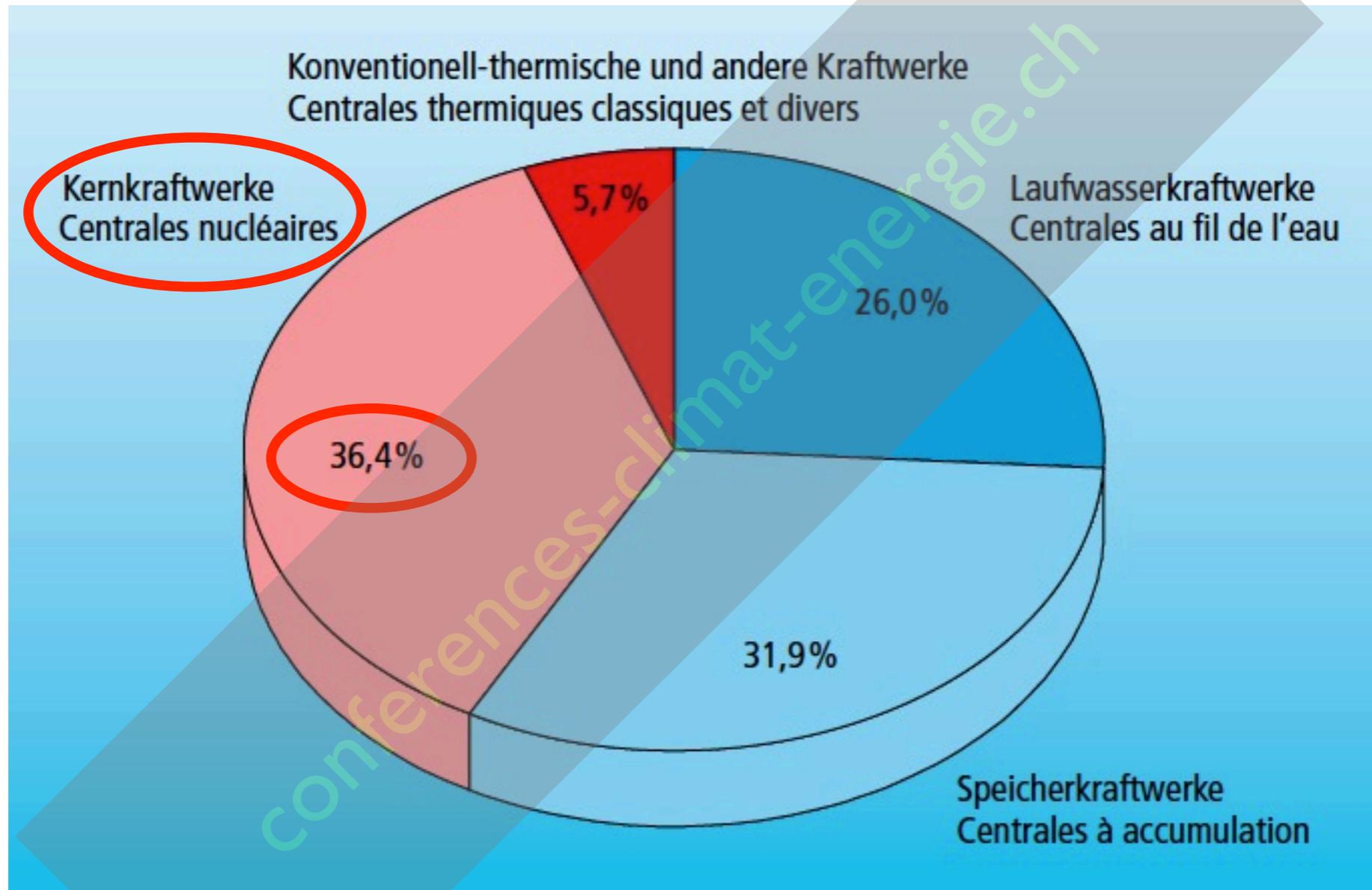
C'est le nucléaire qui a contribué à la forte augmentation de la production



http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/00630/index.html?lang=de&dossier_id=00765

En Suisse, la production d'électricité rejette peu de CO₂, mais elle dépend du nucléaire (36,4%)

Source du graphique : «Statistique suisse de l'électricité - 2013», publié par l'OFEN



http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/00630/index.html?lang=de&dossier_id=00765

En Suisse : répartition de la production d'électricité en 2013

Quantité totale d'électricité produite en 2013 : 68'300 millions kWh

Production par les centrales thermiques conventionnelles :	3'900 millions kWh	(5,7%)
Production par les centrales hydrauliques :	39'600 millions kWh	(57,9%)
Production par les centrales nucléaires :	24'870 millions kWh	(36,4%)

Beznau I	3'012 millions kWh
Beznau II	2'846 millions kWh
Mühleberg	2'940 millions kWh
Gösgen	6'382 millions kWh
Leibstadt	9'691 millions kWh

- les centrales de Beznau ont aussi fourni de la chaleur au réseau régional Refuna de chauffage à distance (environ 110 millions kWh_{therm}/an)
- celle de Gösgen à deux entreprises (environ 200 millions kWh_{therm}/an)

L'énergie contenue dans les lacs de retenue représente : 8'775 millions kWh (12,8%)

Les centrales de pompage - turbinage ont consommé : 2'100 millions kWh (3%)

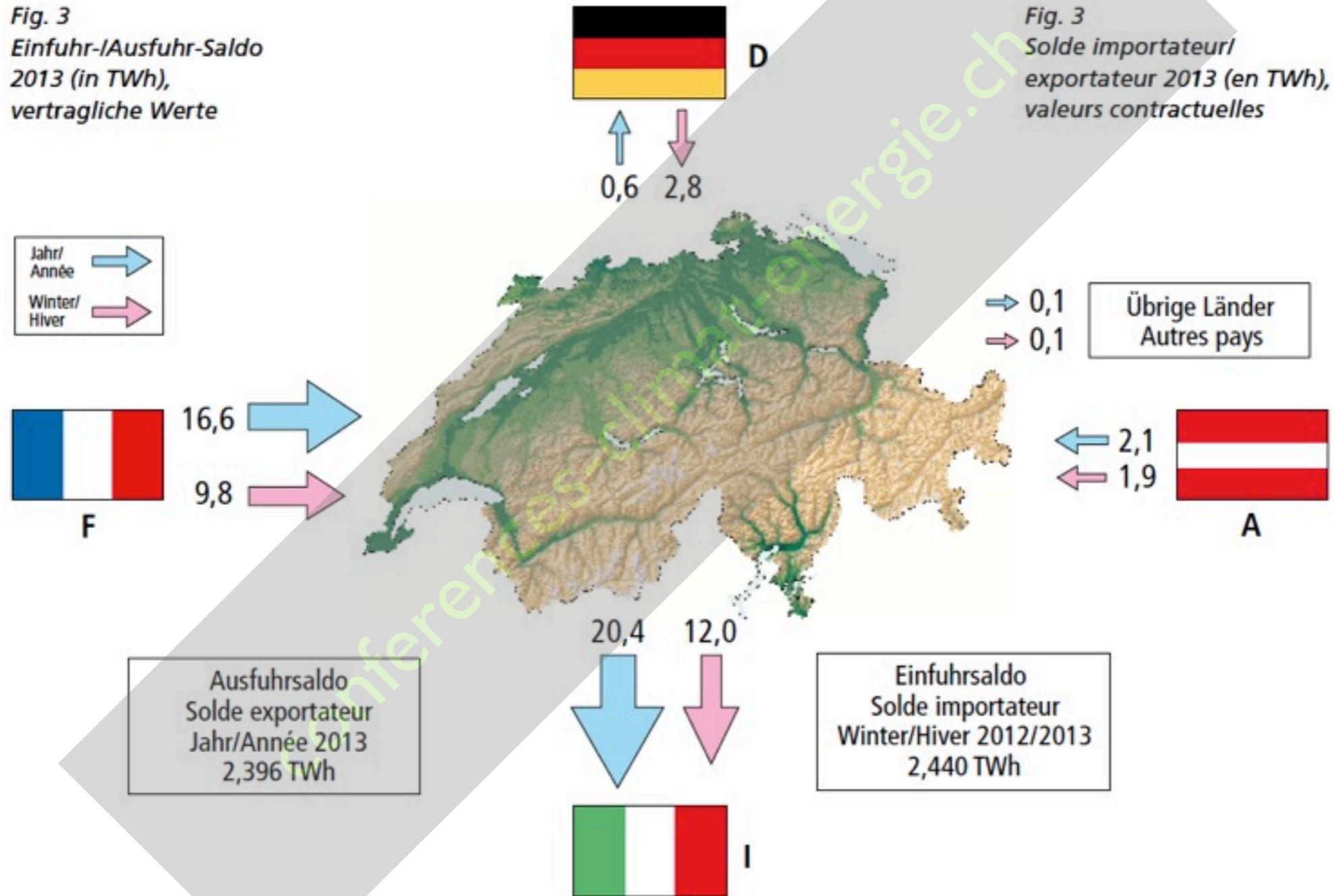
Pertes dans les lignes de transport de l'électricité : 4'461 millions kWh (6,5%)

En 2013, la Suisse a exporté : 2'400 millions kWh (3,5%)

En Suisse : exportation et importation d'électricité en 2013

Sur l'année complète, on exporte : 2'400 millions kWh.
Mais pendant l'hiver, on importe : 2'400 millions kWh !!

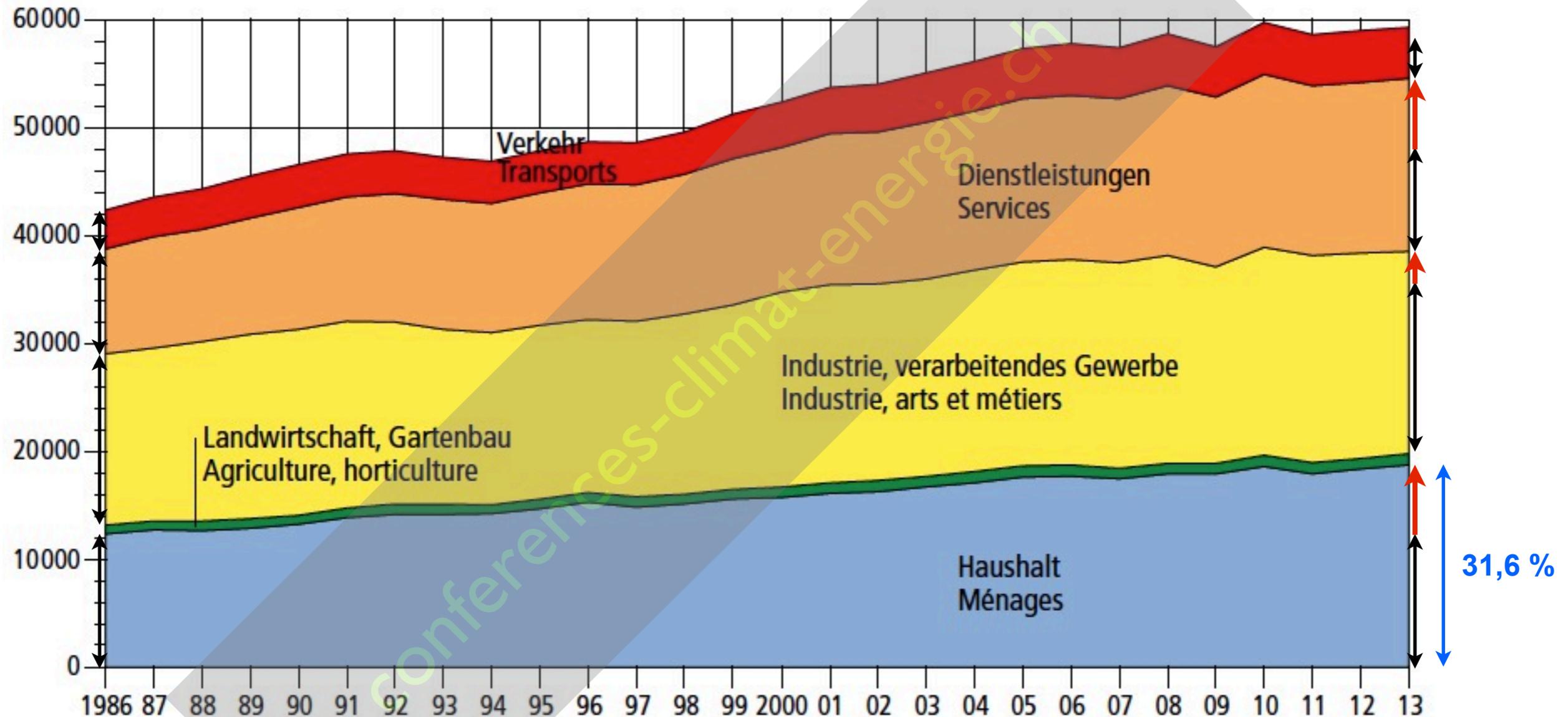
Fig. 3
Einfuhr-/Ausfuhr-Saldo
2013 (in TWh),
vertragliche Werte



En Suisse : qui consomme de l'électricité ?

Consommation finale d'électricité en 2013 : 59'300 millions kWh

En 2013, la part des ménages représente 31,6% du total !



Source du graphique : «Statistique suisse de l'électricité - 2013», publié par l'OFEN

http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/00630/index.html?lang=de&dossier_id=00765

En Suisse : à quoi correspond la production d'électricité 2013 ?

En 2013, nous avons produit environ 68'300 millions de kWh.

(ce qui correspond environ à l'énergie contenue dans 6,83 milliards de litres de pétrole, soit un volume de 6,83 millions de m³, soit un cube de 190 m de côté !).

Cette quantité d'énergie correspond à celle contenue dans l'eau d'environ 34 barrages comme celui de la Grande Dixence et turbinée dans l'usine de Bieudron !

En d'autres termes, la production suisse 2013 représente une situation où l'on vide complètement le lac de la Grande Dixence tous les 11 jours !!



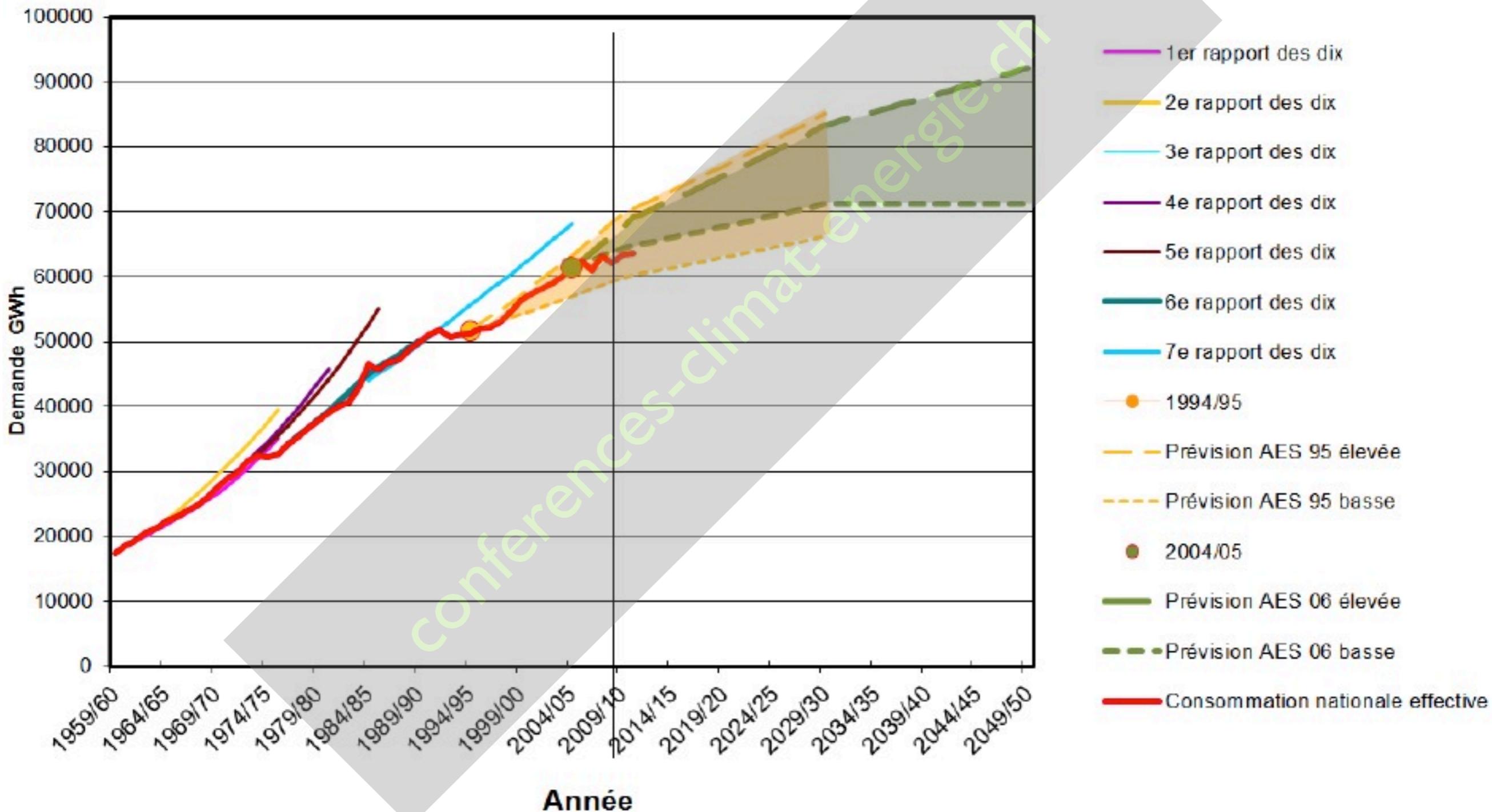
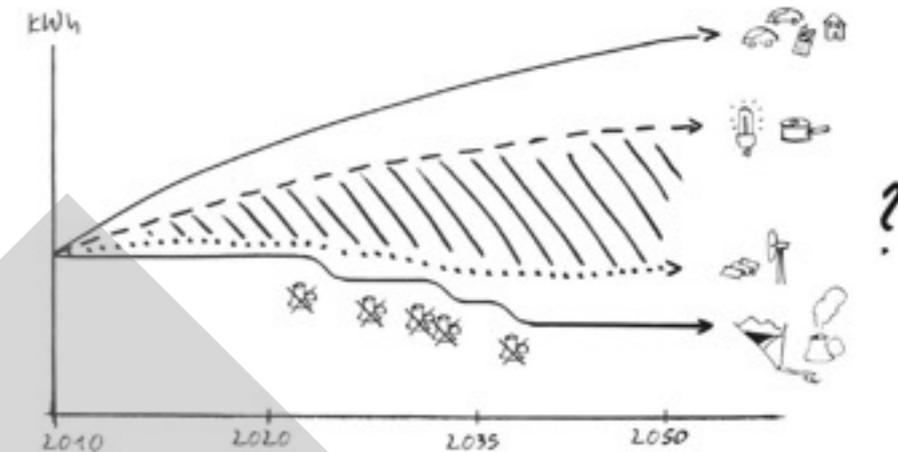
barrage de la Dixence

Données de la Grande Dixence :
capacité du lac 400 millions de m³
hauteur de chute 1880 m

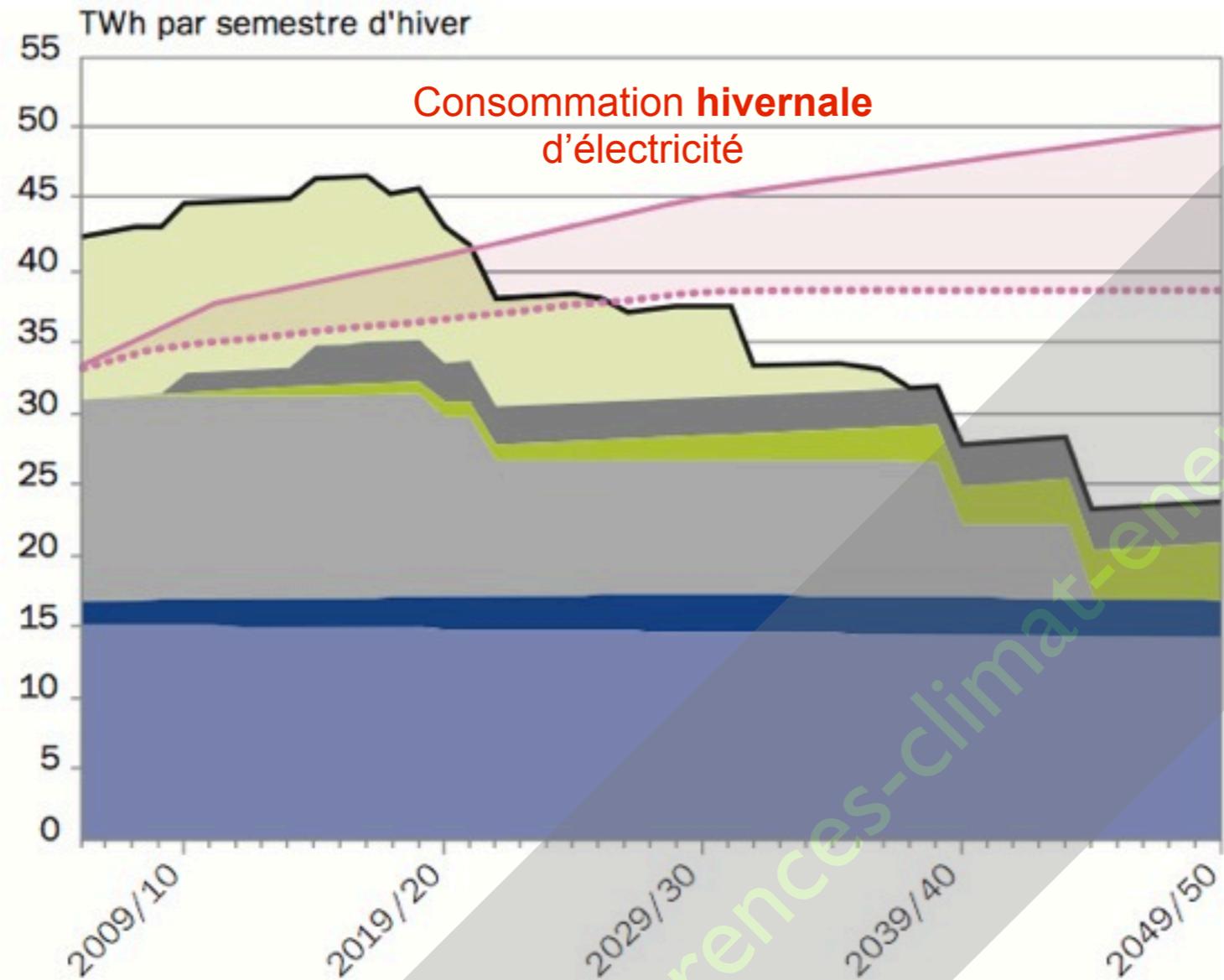
Cela représente une quantité
d'énergie égale à environ 2 TWh !

Pronostic fait par l'AES sur la demande d'électricité en Suisse

Depuis 1960, les pronostics de la demande d'électricité faits par l'AES sont précis.



En Suisse : avenir de la fourniture d'électricité



Sans une baisse de la consommation, la fourniture d'électricité en hiver pourrait poser un problème à partir de 2020 - 2030 !

- Contrats de prélèvement existants avec la France
- Nouvelles centrales au gaz naturel (base de production assurée)
- Nouvelles exploitations d'énergies renouvelables
- Centrales nucléaires existantes
- Petites centrales thermiques conventionnelles
- Centrales hydroélectriques existantes (production nette)

- Base de production assurée: total
- Consommation nationale élevée, semestres d'hiver (Prévision 2006)
- Consommation nationale basse, semestres d'hiver (Prévision 2006)

En Suisse, nous devons fermer 5 centrales nucléaires

Beznau I et Beznau II (mise en service : 1969 et 1971)
Production en 2013 : 3,012 et 2,846 TWh)



<http://www.tdg.ch/suisse/Axpo-va-investir-700-millions-dans-la-centrale-de-Beznau/story/13814184>

Mühleberg (mise en service : 1972)
Production en 2013 : 2,94 TWh



<http://www.ensi.ch/fr/2011/06/29/revision-annuelle-de-la-centrale-nucleaire-de-muehleberg-cinq-semaines-plus-tot-que-prevu/>

Gösgen (mise en service : 1979)
Production en 2013 : 6,382 TWh



<http://www.rts.ch/2011/03/23/18/08/3028977.image?w=534&h=301>

Leibstadt (mise en service : 1984)
Production en 2013 : 9,691 TWh



<http://www.rts.ch/2014/07/10/12/24/5993876.image?w=534&h=301>

Les centrales de Beznau et de Gösgen ont aussi fourni de la chaleur au réseau régional Refuna de chauffage à distance, ainsi qu'à deux entreprises industrielles.

Production nucléaire suisse
en 2013 : **24'870 millions kWh**

**Un des scénarios, prévus en Suisse
pour l'arrêt des centrales nucléaires,
s'appuie sur le développement
de production d'électricité
à partir d'énergies renouvelables :**

hydraulique à accumulation

hydraulique au fil de l'eau,

petite hydraulique,

géothermie,

éolien,

photovoltaïque,

biomasse / bois,

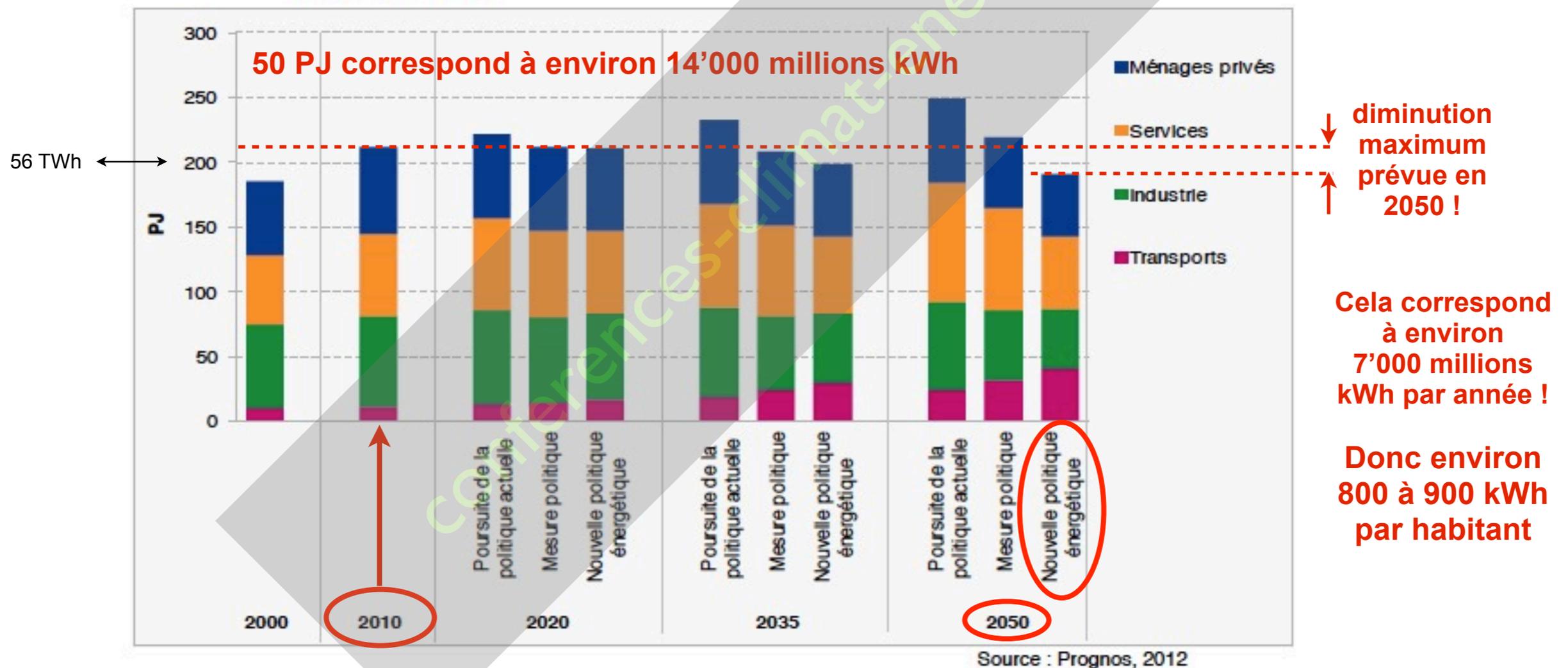
méthanisation et incinération de déchets

Scénarios envisagés par la Confédération

Le scénario de consommation d'électricité «Nouvelle politique énergétique», planifié par l'OFEN, tient compte du fait que des économies devront être réalisées.

Pour atteindre cet objectif, il s'agira de gérer une transition vers une société de consommation plus sobre (par exemple produire l'eau chaude sanitaire avec des capteurs solaires thermiques plutôt qu'avec de l'électricité) !

Graphique 7 Demande électrique par secteurs économiques, scénarios «Poursuite de la politique énergétique actuelle», «Mesures politiques du Conseil fédéral» et «Nouvelle politique énergétique», en PJ.



Potentiel 2050 de développement de la production électrique

Rénovation de centrales hydrauliques existantes et mise en service de nouvelles : $\approx 8'500$ millions kWh

rénovation centrale
Hagneck : 30 millions kWh



<http://www.bielerseekraftwerke.ch/etapes-terminées-en-images.html>

palier de Massongex :
100 millions kWh



<http://www.lenouveliste.ch/fr/services/courrier-lecteurs/3e-correction-du-rhone-alternative-hydro-electrique-643-410065>

Nant de Drance :
2'500 millions kWh



http://www.alpiq.ch/fr/news-articles/medienmitteilungen/media_releases.jsp?news=tcn:114-95816&tag=Nant-de-Drance&taxid=8049&schema=52638

Couplage chaleur-force :
centrales industrielles, centrales à gaz, incinération
déchets, méthane (stations d'épuration des eaux) ...

$\approx 2'000$ millions kWh

= 40 centrales
comme TRIDEL
(50 millions kWh)

(ou 5 centrales à gaz
comme Monthel
384 millions kWh, mais
rejets de CO₂ !)



<http://www.cimo.ch/energie>

Photovoltaïque
 $\approx 11'000$ millions kWh

= 2'620 fois
l'installation
à Palexpo



http://www.palexpo.ch/newsletter/consultation/index_art.php?newsletterid=373

Petite hydraulique
 $\approx 1'600$ millions kWh

= 800 fois
l'installation
de La Zour
à Savièse



<http://www.mhylab.com/petite-hydro.html>

Biomasse (bois)
 $\approx 1'100$ millions kWh

= 38 fois
l'installation
Enerbois SA
à Rueyres



www.EnerBois.ch

Biogaz
 $\approx 1'400$ millions kWh

= 560 fois
l'installation
à Lignerolle



<http://www.agrogaz.ch>

Eolien
 $\approx 4'200$ millions kWh

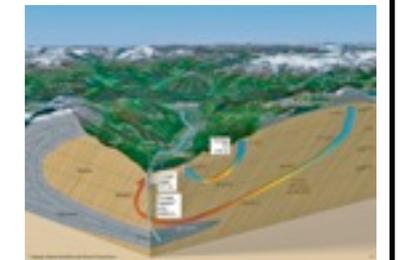
= 100 fois
la production
du parc de
Mont-Crosin



http://www.arcinfo.ch/multimedia/images/img_traitees/2011/11/eoliennes_parc_de_mt_crosin_11_rle_zoom945.jpg

Géothermie
 $\approx 4'400$ millions kWh

à titre de
comparaison :
production prévue
à Lavey
4,5 millions kWh



<http://www.leregional.ch/N32615/geothermie-a-lavey-le-bout-du-tunnel.html>

Total : 34'200 millions kWh ... tout ne sera pas réalisé : production nucléaire 2013 : 24'300 millions kWh !

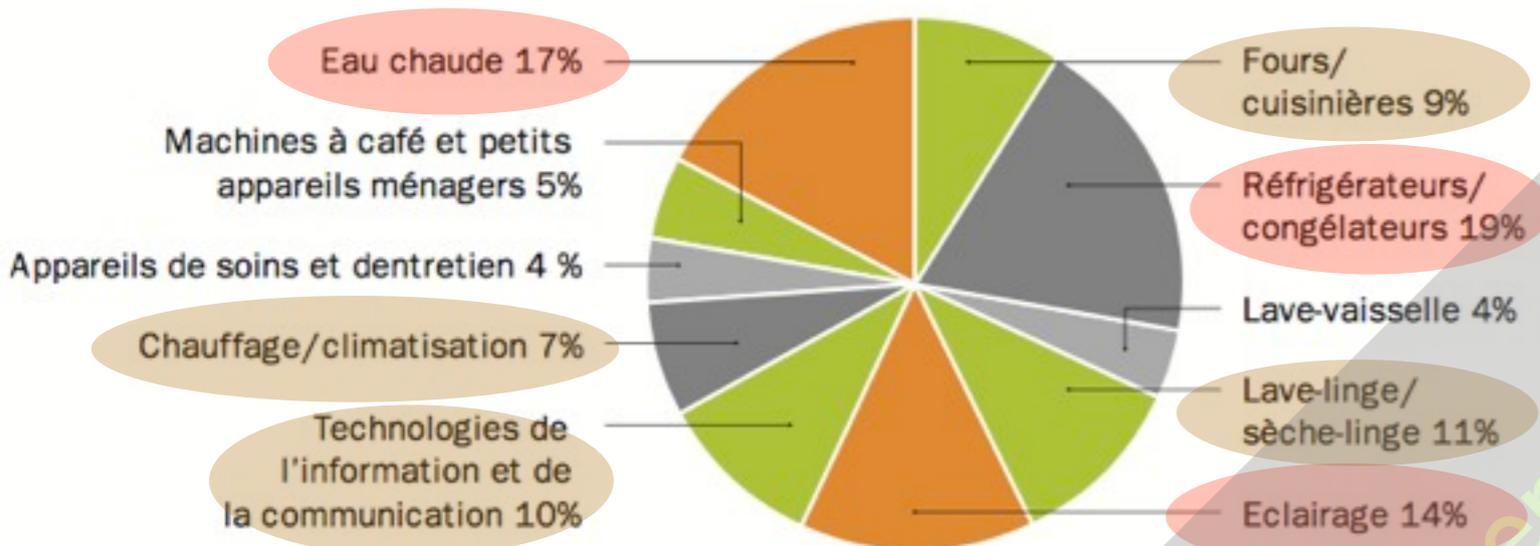
Source : «Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050, Energienachfrage und Elektrizitätsangebot in der Schweiz 2000 – 2050», (p.235)

http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00527/index.html?lang=fr&dossier_id=05673

Soyons ambitieux ... !!

Et si les ménages diminuaient d'un tiers leur consommation !

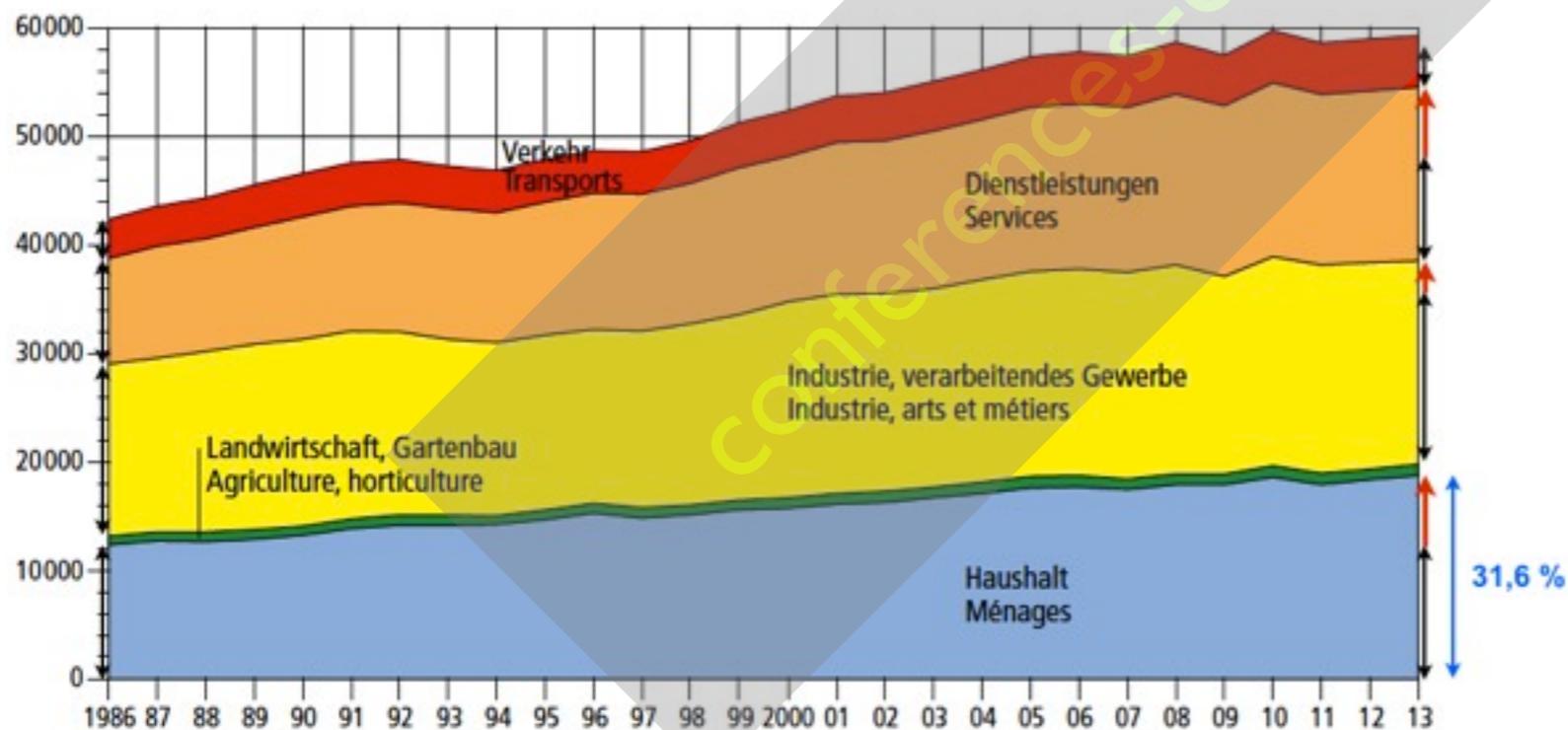
Répartition de la consommation domestique (en %)



Graphique 6: Consommation d'électricité des ménages en Suisse (chauffages électriques et pompes à chaleur non compris) 2006

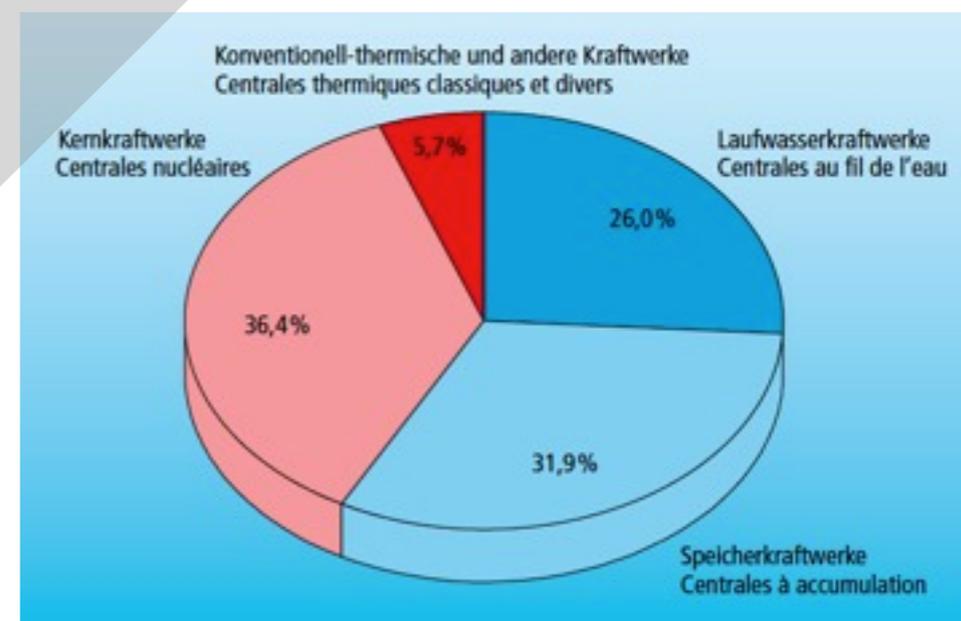
Source: Bulletin SEV/AES 4/06

http://www.strom.ch/uploads/media/AES_Previson_06_f_01.pdf



http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/00630/index.html?lang=de&dossier_id=00765

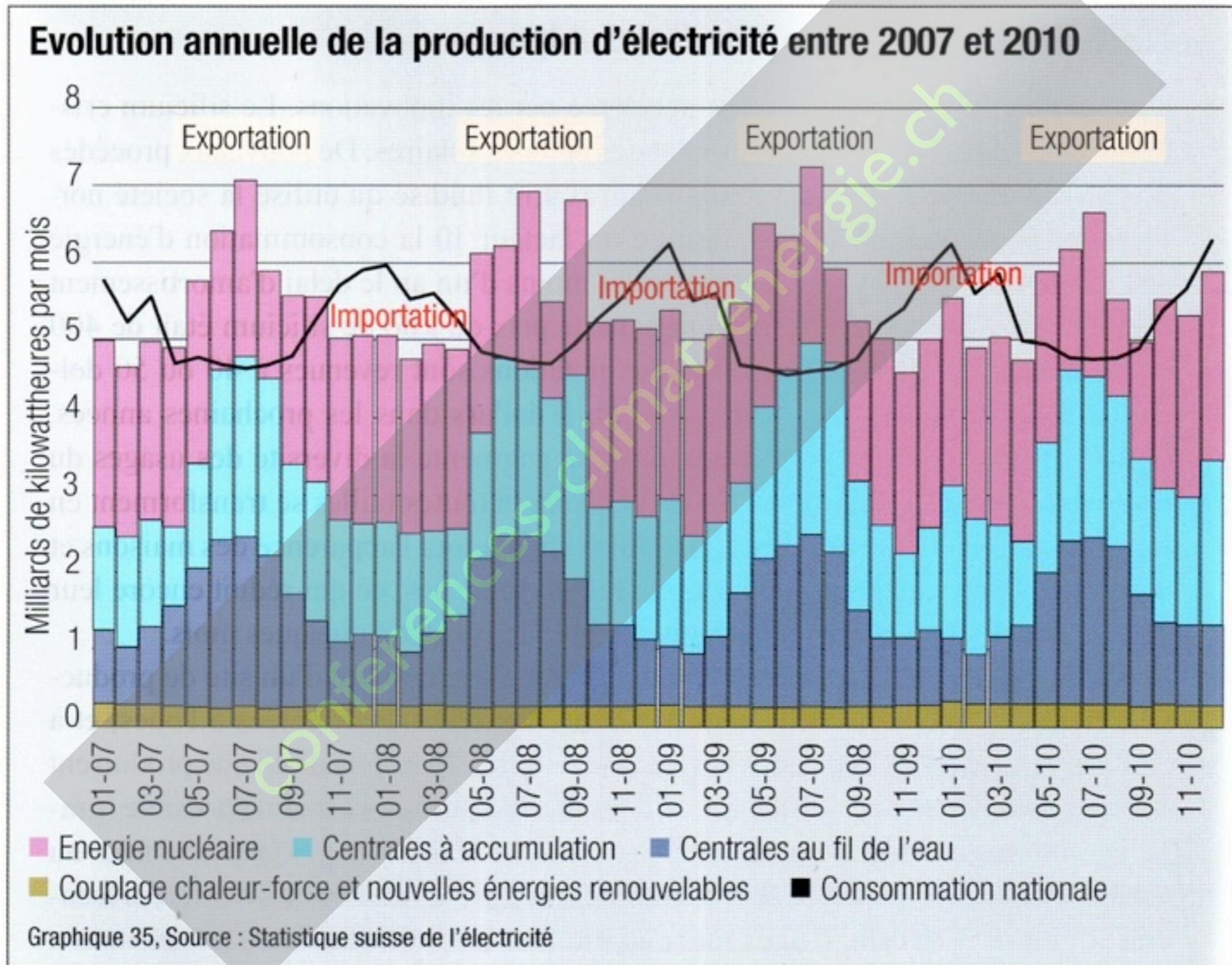
Si tous les ménages suisses diminuaient leur consommation électrique d'un tiers, cela représenterait environ 10 % de toute la consommation électrique en moins (environ 6'000 millions kWh)



Economie ainsi réalisée : environ 25 % de la totalité de la production nucléaire !

Il faudra encore résoudre le problème du stockage saisonnier de l'électricité !

En effet, on produit trop d'électricité en été et on n'en produit pas assez en hiver !

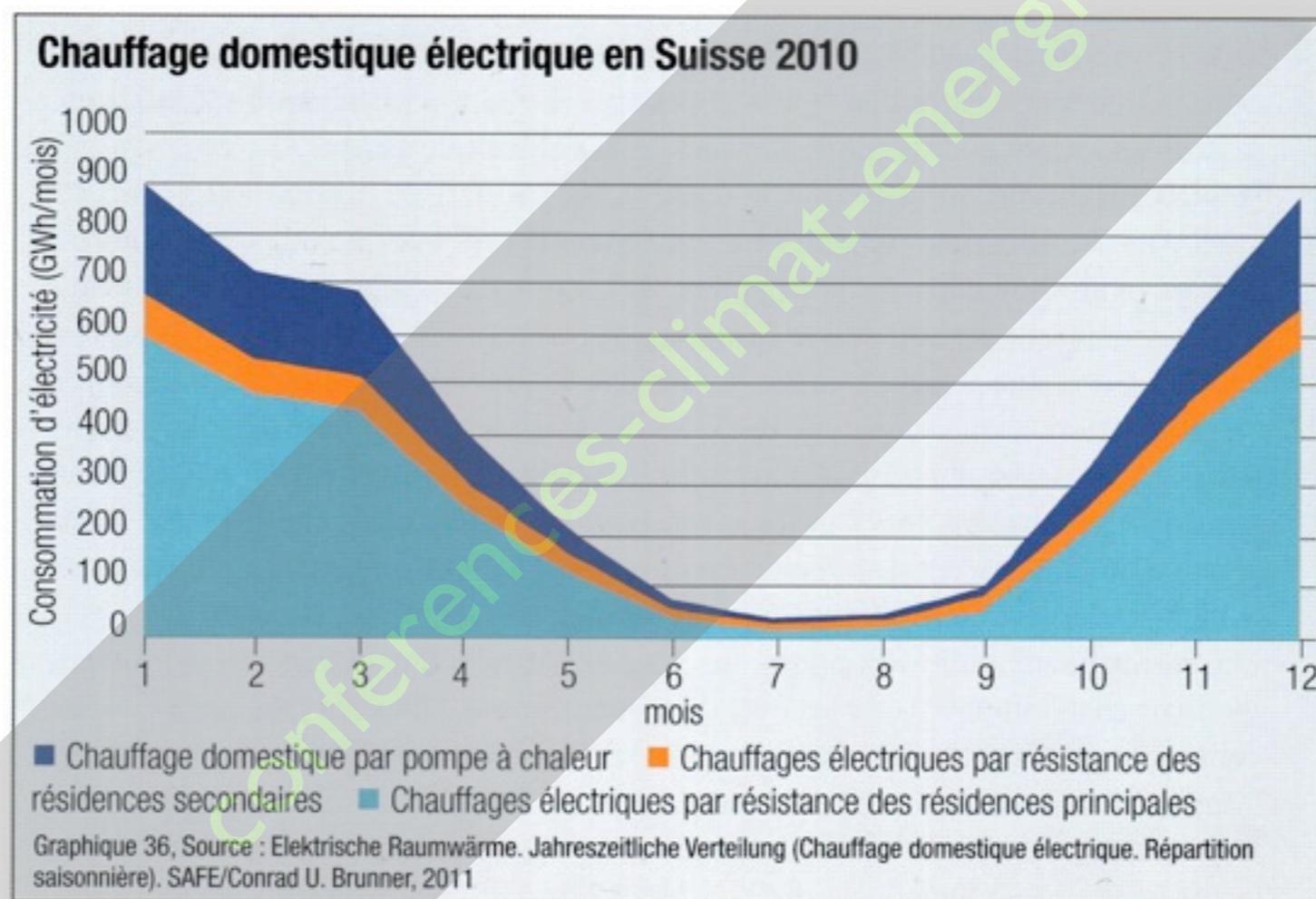


Source : «100% renouvelable» de Rudolf Rechsteiner aux éditions Favre (page 50)

Le remplacement des chauffages électriques par des pompes à chaleur permettrait déjà de diminuer la demande hivernale

Les chauffages électriques à résistance consomment environ 2'400 millions kWh. Leur remplacement par des pompes à chaleur pourraient diminuer cette consommation d'environ 1'600 millions kWh.

Cela représente environ 6,4 % de la totalité de la production nucléaire (2013) !



Les chauffages électriques et chauffe-eau absorbent environ 20% de la consommation énergétique hivernale en Suisse. Ils pourraient être remplacés par des installations plus efficaces telles que chauffages à pellets, panneaux solaires et pompes à chaleur.

Source : «100% renouvelable» de Rudolf Rechsteiner aux éditions Favre (page 50)

Rappel :
production nucléaire suisse
en 2013 : **24'870 millions kWh**

Et comment faire pour le stockage saisonnier de l'électricité ?

Les raccards permettaient de stocker de la nourriture pour l'hiver !



photos J.-C. Keller

Où sont nos raccards à électricité !!

Stocker pour l'hiver de l'électricité produite en été : grâce au «pompage - turbinage» (ou STEP)

STEP : Station de Transfert d'Énergie par Pompage

L'exemple du projet Nant de Dranse qui utilise les 2 lacs de retenue, celui du Vieux Emosson (2'225 m d'altitude) et celui d'Emosson (1'939 m d'altitude).



Il faut «remonter» environ 10 m³ d'eau dans cette installation, pour stocker l'équivalent d'un litre de pétrole !



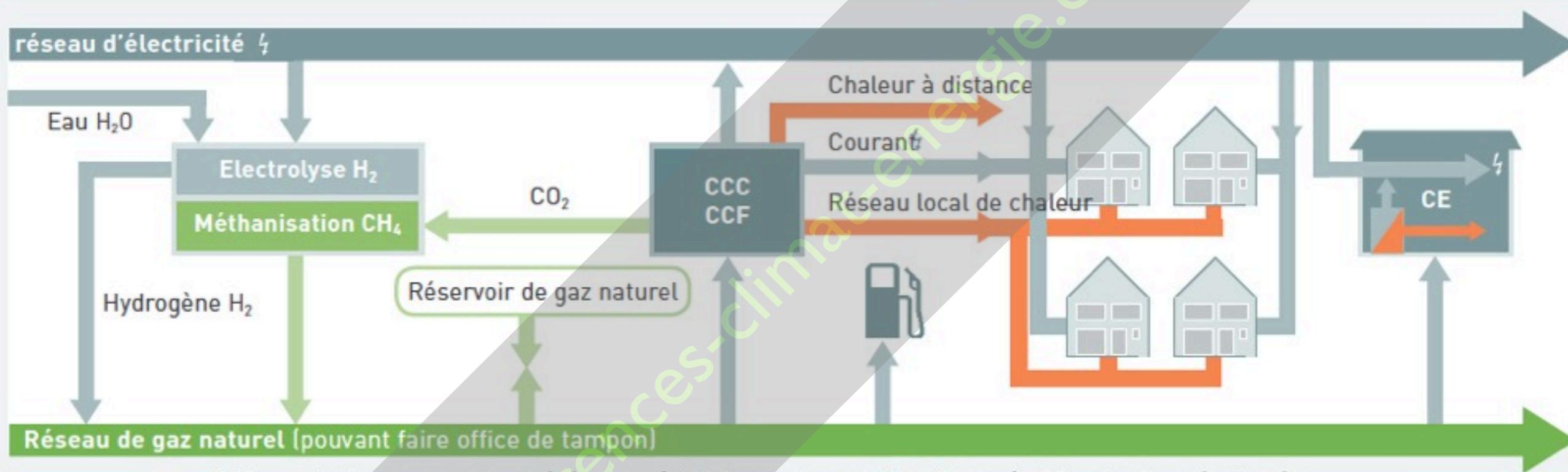
http://www.alpiq.ch/fr/news-articles/medienmitteilungen/media_releases.jsp?news=tcm:114-95816&tag=Nant-de-Dranse&taxid=8049&schema=52638

Puissance : 900 MW Production : jusqu'à 2'500 millions kWh par année.

Dénivellation utile : entre 300 et 400 m Volume bassin supérieur : 25 10⁶ m³

Stockage de l'électricité : il y a une synergie à développer entre le réseau de gaz naturel et le réseau électrique

La transformation d'électricité en gaz combustible



CCC = centrale compacte de cogénération | CCF = couplage chaleur-force | CE = chauffage électrogène

Source : VSG

«Réseaux et accumulateurs intelligents, Les réseaux d'énergie se rapprochent», publication de l'AEE
<http://www.aeesuisse.ch/fr/publications/reseaux-et-accumulateurs-intelligents/>

Et peut-être aussi : développer le stockage de l'électricité sous forme chimique avec production d'hydrogène

28.05.2014, 00:01 - Martigny

Actualisé le 28.05.14, 05:56



La step comme un laboratoire grandeur nature!



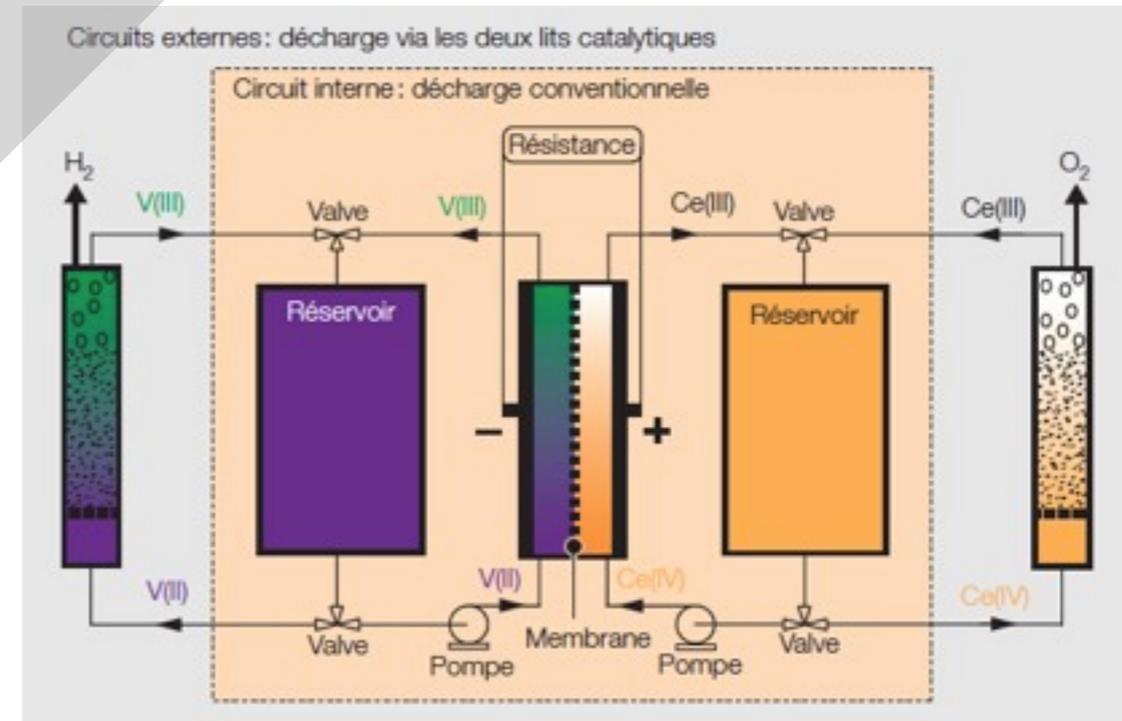
MARTIGNY
Le professeur Hubert Girault, le président de Martigny, Marc-Henri Favre; Jonathan Carron (Sinergy); Philippe Gillet (vice-président de l'EPFL) et Olivier Dumas (président du CREM) devant la nouvelle installation. LE NOUVELLISTE



Ajouter un commentaire
Tous les commentaires (0)

Installation d'une batterie au vanadium et d'un réacteur à hydrogène, grâce à l'EPFL.

La commune de Martigny et sa station d'épuration se projettent un peu plus dans le futur! Lundi soir, le président de la ville, Marc-Henri Favre, le vice-président de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Philippe Gillet, le président du CREM, Olivier Dumas, des chercheurs de l'EPFL et des représentants de Sinergy SA ont en effet inauguré une nouvelle installation, dans le cadre d'un projet pilote. Cette dernière est composée d'une batterie au vanadium permettant de stocker l'énergie et d'un réacteur à même de produire de l'hydrogène. Un premier "container" de 4,5 mètres de long pour plus de 2 mètres de haut a été installé en un temps record dans l'aile est de la step, dans des locaux gracieusement mis à disposition par la commune octodurienne. "Cette structure offre de belles perspectives de développement", s'est réjoui le professeur Hubert Girault, le responsable de ce projet qui se présente aussi bien comme une plate-forme de l'enseignement - elle attirera plusieurs équipes de chercheurs et d'étudiants ces prochains mois au coude du Rhône - que comme un laboratoire grandeur nature. "A terme, on peut imaginer que cette infrastructure serve à traiter tout le CO₂ de la step et devienne un centre d'approvisionnement en hydrogène."



<http://www.lenouvelliste.ch/fr/valais/martigny/la-step-comme-un-laboratoire-grandeur-nature-494-1300691>

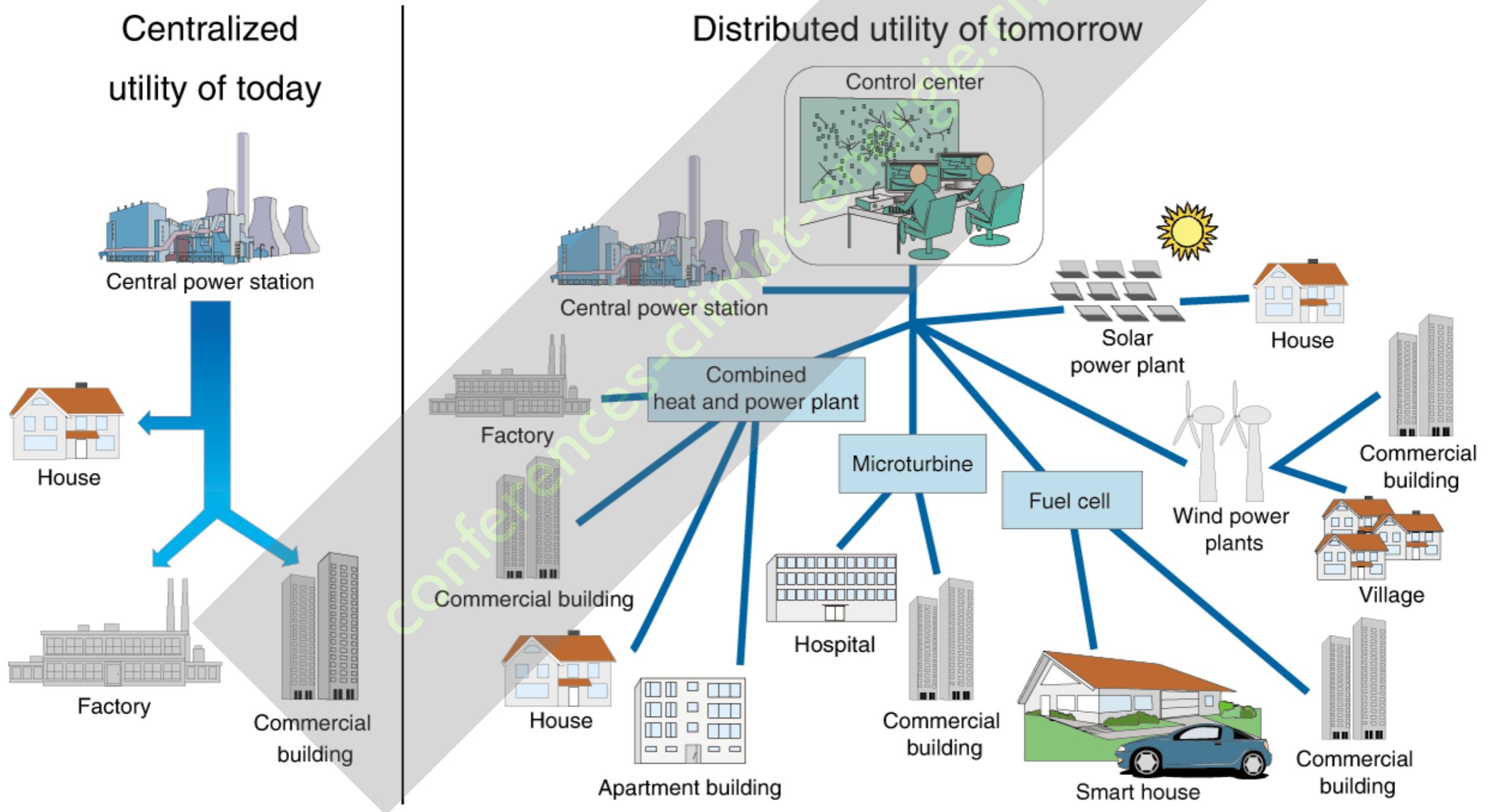
http://www.bulletin-online.ch/uploads/media/1210_Seite_035-039.pdf

Dernière difficulté : il faudra adapter notre réseau électrique !

Le schéma qui figure ci-dessous a été mis à ma disposition par le professeur A. Rufer



Il faudra passer du système électrique actuel «production centralisée et consommation décentralisée» à un système de type «production / stockage / consommation» en grande partie décentralisé et combiné avec d'autres réseaux (chaleur et gaz) !



La Suisse a fait le choix de sortir du nucléaire et de développer la production d'électricité avec des énergies renouvelables afin d'éviter le pire !



© Chappatte 11 mars 2014
www.globecartoon.com