Conférence du 29 novembre 2018

Les réseaux électriques, une partie du problème ?

Loïc Eggenschwiler

Un kilowattheure, c'est quoi ?

- 0.20 CHF ?
- 3.6 millions de J ?
- Un chauffage de 1000 W pendant une heure… Puissance x Temps
- 1.5 km parcouru avec une voiture moyenne (6l/100km)
- Faire bouillir 10 litres d'eau
- Ascension d'une personne de 90 kg pour 4'000 m de dénivelé
- Consommation moyenne par personne en Suisse (sans énergie grise) en 2017: env. 100 kWh

Définition scientifique:
Capacité à modifier un état ou à produire un travail entraînant un mouvement ou générant un rayonnement électromagnétique - de la lumière, par exemple - ou de la chaleur.

THÉORÈME DE GAÏA

CO_2: Emissions mondiales de CO_2 [kg]

$$\boldsymbol{CO_2 = CO_2}$$

THÉORÈME DE GAÏA

$$CO_2 = CO_2$$

CO_2: Emissions mondiales de CO_2 [kg]
TEP: Consommation mondiale d'énergie [J]

$$CO_2 = \frac{CO_2}{TEP} \cdot TEP$$

Emissions mondiales de CO_2 [kg]

Contenu en carbone de l'énergie [kg/J]

THÉORÈME DE GAÏA

$$CO_2 = CO_2$$

CO_2: Emissions mondiales de CO_2 [kg]
TEP: Consommation mondiale d'énergie [J]
PIB: PIB mondial [$]

$$CO_2 = \frac{CO_2}{TEP} \cdot \frac{TEP}{PIB} \cdot PIB$$

Emissions mondiales de CO_2 [kg]

Contenu en carbone de l'énergie [kg/J]

Intensité énergétique de l'économie [J/$]

THÉORÈME DE GAÏA

CO_2: Emissions mondiales de CO_2 [kg]
TEP: Consommation mondiale d'énergie [J]
PIB: PIB mondial [$]
POP: Population mondiale [cap]

$$CO_2 = CO_2$$

$$CO_2 = \frac{CO_2}{TEP} \cdot \frac{TEP}{PIB} \cdot \frac{PIB}{POP} \cdot POP$$

- $\frac{CO_2}{TEP}$: Emissions mondiales de CO_2 [kg]
- $\frac{TEP}{PIB}$: Contenu en carbone de l'énergie [kg/J]
- $\frac{PIB}{POP}$: Intensité énergétique de l'économie [J/$]
- POP : Production par habitant [$/cap]
- Population mondiale [cap]

THÉORÈME DE GAÏA

Horizon 2050

$$CO_2 = CO_2$$

CO_2: Emissions mondiales de CO_2 [kg]
TEP: Consommation mondiale d'énergie [J]
PIB: PIB mondial [$]
POP: Population mondiale [cap]

$$CO_2 = \frac{CO_2}{TEP} \cdot \frac{TEP}{PIB} \cdot \frac{PIB}{POP} \cdot POP$$

Emissions mondiales de CO_2 [kg]

Objectif de Copenhague: limiter le réchauffement à +2°C
=> Diviser par 3 d'ici 2050

Contenu en carbone de l'énergie [kg/J]

Intensité énergétique de l'économie [J/$]

Production par habitant [$/cap]

Population mondiale [cap]

Sources: http://www.manicore.com/documentation/serre/kaya.html

THÉORÈME DE GAÏA

Horizon 2050

$$CO_2 = CO_2$$

CO_2: Emissions mondiales de CO_2 [kg]
TEP: Consommation mondiale d'énergie [J]
PIB: PIB mondial [$]
POP: Population mondiale [cap]

$$CO_2 = \frac{CO_2}{TEP} \cdot \frac{TEP}{PIB} \cdot \frac{PIB}{POP} \cdot POP$$

Emissions mondiales de CO_2 [kg]

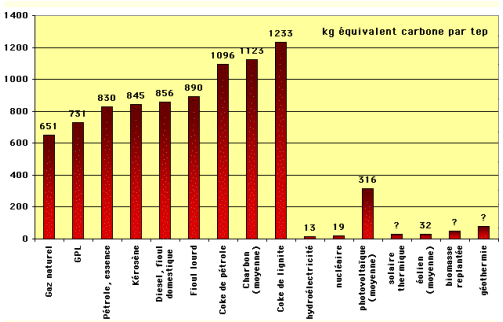
Objectif de Copenhague: limiter le réchauffement à +2°C
=> Diviser par 3 d'ici 2050

Contenu en carbone de l'énergie [kg/J]

Intensité énergétique de l'économie [J/$]

Production par habitant [$/cap]

Population mondiale [cap]



Sources: http://www.manicore.com/documentation/serre/kaya.html

THÉORÈME DE GAÏA

Horizon 2050

$$CO_2 = CO_2$$

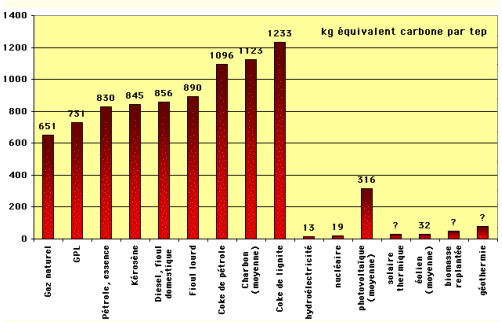
CO_2: Emissions mondiales de CO_2 [kg]
TEP: Consommation mondiale d'énergie [J]
PIB: PIB mondial [$]
POP: Population mondiale [cap]

$$CO_2 = \frac{CO_2}{TEP} \cdot \frac{TEP}{PIB} \cdot \frac{PIB}{POP} \cdot POP$$

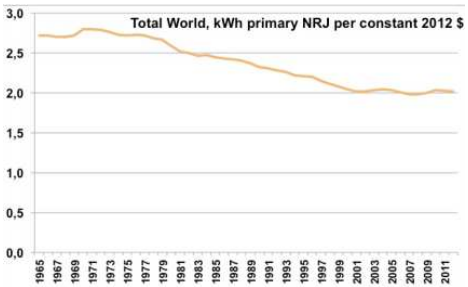
Emissions mondiales de CO_2 [kg]

Objectif de Copenhague: limiter le réchauffement à +2°C
=> Diviser par 3 d'ici 2050

Contenu en carbone de l'énergie [kg/J]



Intensité énergétique de l'économie [J/$]



Production par habitant [$/cap]

Population mondiale [cap]

Sources: http://www.manicore.com/documentation/serre/kaya.html

THÉORÈME DE GAÏA

Horizon 2050

$$CO_2 = CO_2$$

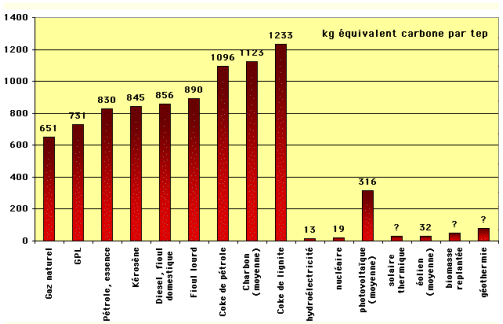
CO_2: Emissions mondiales de CO_2 [kg]
TEP: Consommation mondiale d'énergie [J]
PIB: PIB mondial [$]
POP: Population mondiale [cap]

$$CO_2 = \frac{CO_2}{TEP} \cdot \frac{TEP}{PIB} \cdot \frac{PIB}{POP} \cdot POP$$

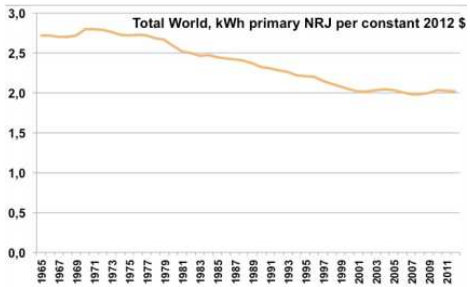
Emissions mondiales de CO_2 [kg]

Objectif de Copenhague: limiter le réchauffement à +2°C
=> Diviser par 3 d'ici 2050

Contenu en carbone de l'énergie [kg/J]



Intensité énergétique de l'économie [J/$]



Production par habitant [$/cap]

Liée directement au pouvoir d'achat (croissance économique)
Avec un taux de croissance de 2% par année, on obtient ici un facteur de 2,2 pour 2050!

Population mondiale [cap]

Sources: http://www.manicore.com/documentation/serre/kaya.html

THÉORÈME DE GAÏA

Horizon 2050

$$CO_2 = CO_2$$

CO_2: Emissions mondiales de CO_2 [kg]
TEP: Consommation mondiale d'énergie [J]
PIB: PIB mondial [$]
POP: Population mondiale [cap]

$$CO_2 = \frac{CO_2}{TEP} \cdot \frac{TEP}{PIB} \cdot \frac{PIB}{POP} \cdot POP$$

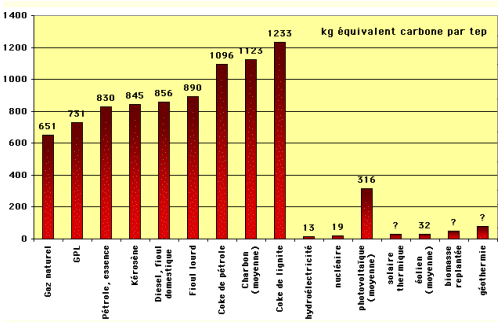
÷ 3

Emissions mondiales de CO_2 [kg]

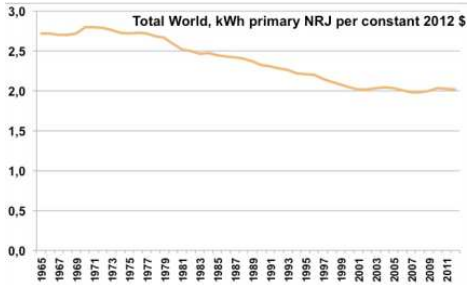
Objectif de Copenhague: limiter le réchauffement à +2°C
=> Diviser par 3 d'ici 2050

A diviser par 9!!!

Contenu en carbone de l'énergie [kg/J]



Intensité énergétique de l'économie [J/$]



x 2,2

Production par habitant [$/cap]

Liée directement au pouvoir d'achat (croissance économique)
Avec un taux de croissance de 2% par année, on obtient ici un facteur de 2,2 pour 2050!

x 1,3

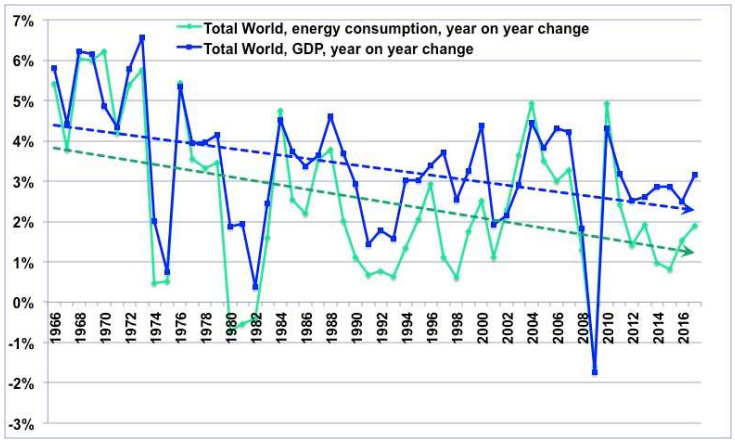
Population mondiale [cap]

x1,3 en 2050 selon les scénarios du GIEC

Sources: http://www.manicore.com/documentation/serre/kaya.html

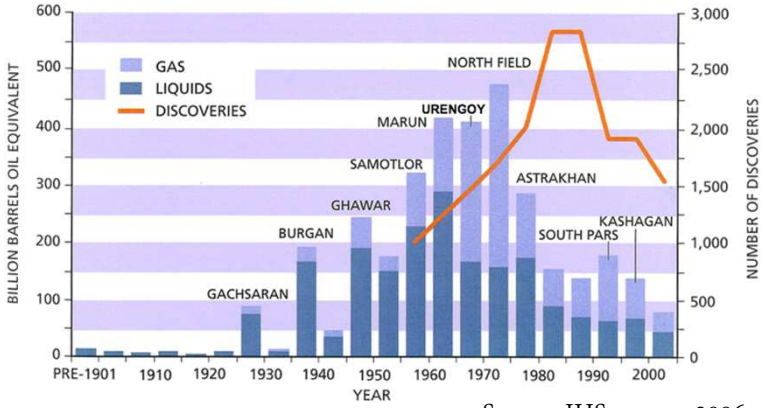
L'écroulement de notre modèle économique aura-t-il lieu ?

Dépendance entre activité économique et énergie



Source: https://jancovici.com

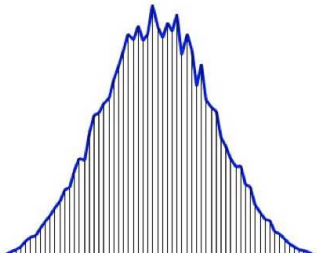
Pétrole - Découvertes



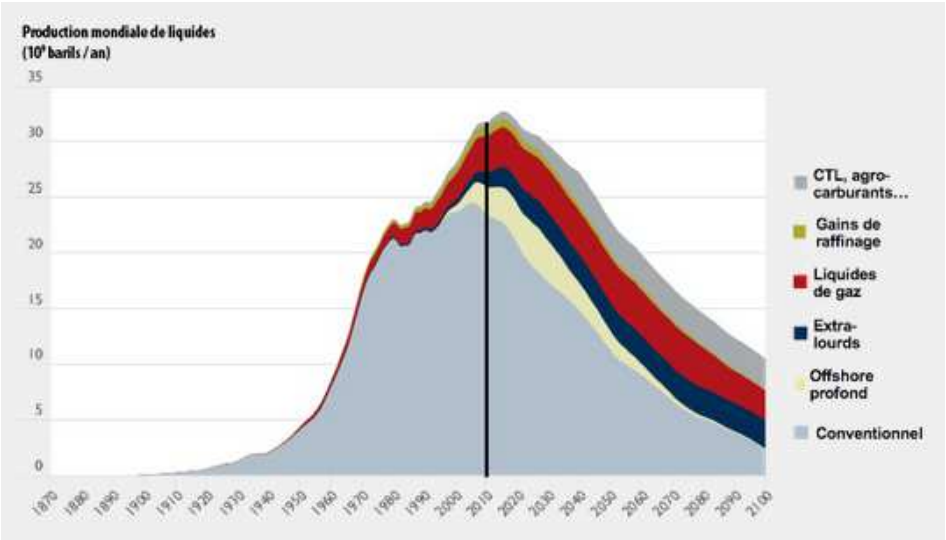
Source: IHS energy, 2006

Mathématique du stock fini:

- Début = zéro extraction
- Quelque part, un maximum,
- Fin = zéro extraction



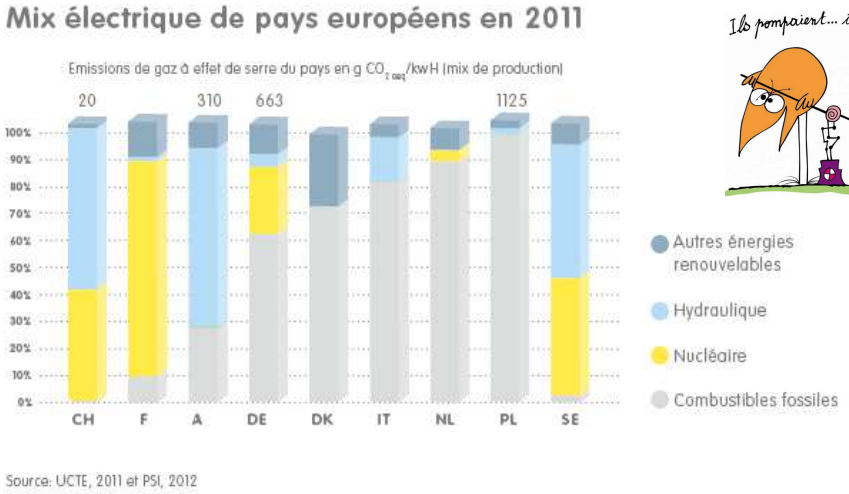
Pétrole - Production



Source: «Transport energy futures: long-term oil supply trends and projections », Australian Government, Department of Infrastructure, Transport, Regional Development and Local Government, Bureau of Infrastructure, Transport and Regional Economics (BITRE), Canberra (Australie), 2009.

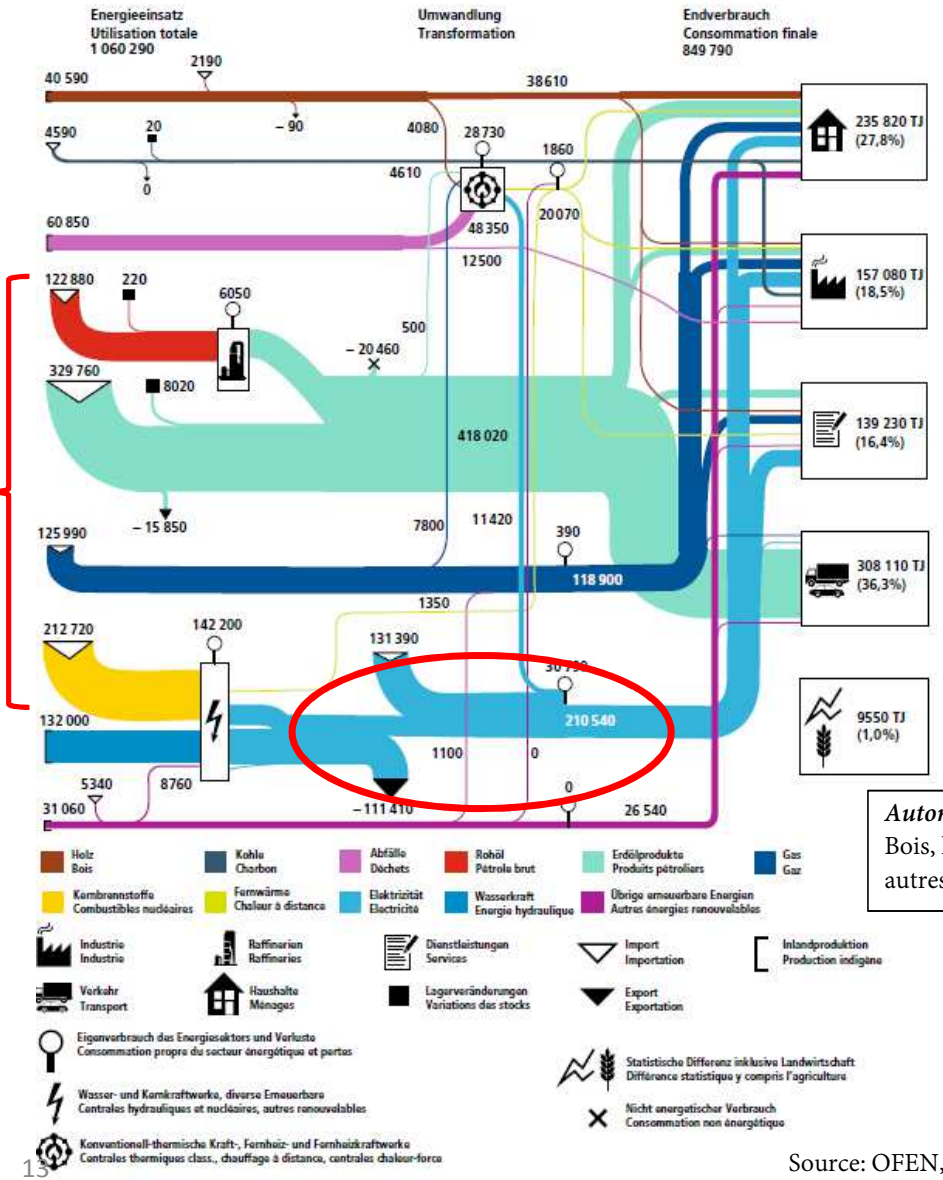
Les flux énergétiques en Suisse

…ou bienvenue chez les Shadocks !



Source: UCTE, 2011 et PSI, 2012

Energies primaires



Energies finales

Autonomie CH: 25%
Bois, hydraulique, autres renouvelables

Source: OFEN, *Statistique globale suisse de l'énergie*

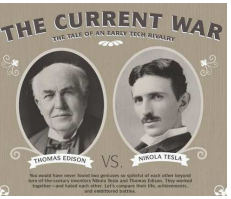
Energie grise due à la consommation

$$E_{tot} = E_{fabr} + \sum_{N\ appareils} \frac{P_{utile}}{\eta} \cdot t + E_{recycl}$$

Energie grise

Partie I:

La technique des réseaux



AC/DC – Pourquoi Edison a-t-il perdu ?

Puissance P: débit d'énergie = Energie [kWh] / temps [h]

Puissance P = tension [V] x courant [A]

Dépend de la ligne (longueur et diamètre)

Pertes thermiques: P_{Th} = R· Courant²

R = 1 ohm

Puissance P = 1'000 kW

MÜHLEBERG — Ligne électrique:100 km — BASSECOURT

Tension
1'000 V
2'000 V
10'000 V

Courant
1'000 A
500 A
100 A

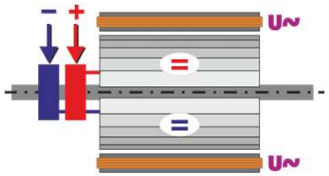
$P_{Th} = 1 \cdot 1'000^2 = 1'000'000$ W

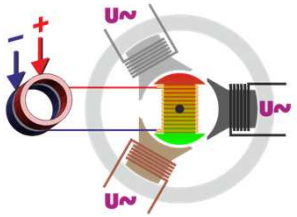
$P_{Th} = 1 \cdot 500^2 = 250'000$ W

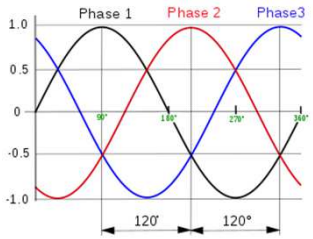
$P_{Th} = 1 \cdot 100^2 = 10'000$ W

Besoin pour 1h:
1'000 kWh

Alternateur AC







Source: https://www.tecnipass.com/

PRODUCTION — TRANSPORT — CONSOMMATION

1'000 V

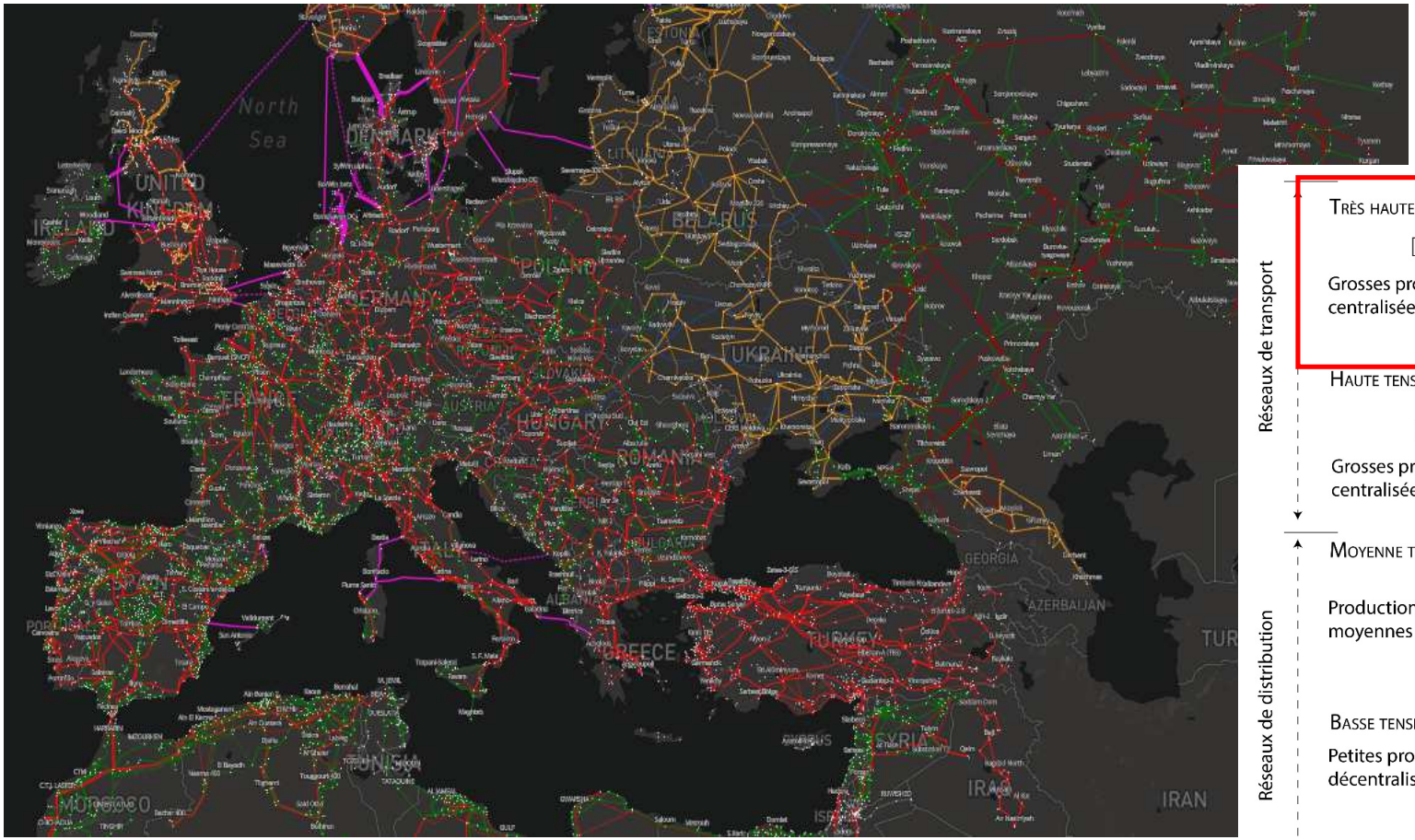
50'000 V

230 V

Source: http://electricmall.com.ng/

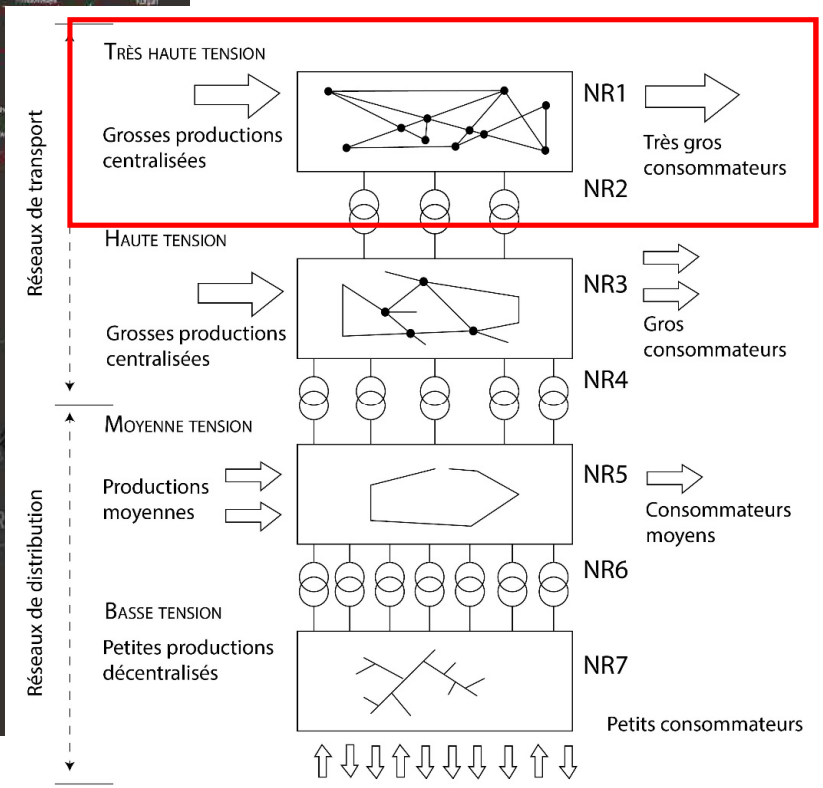
European Network of Transmission System Operators for electricity (ENTSO-E)

Visible: lignes (> 220 kV), production (>100 MW)



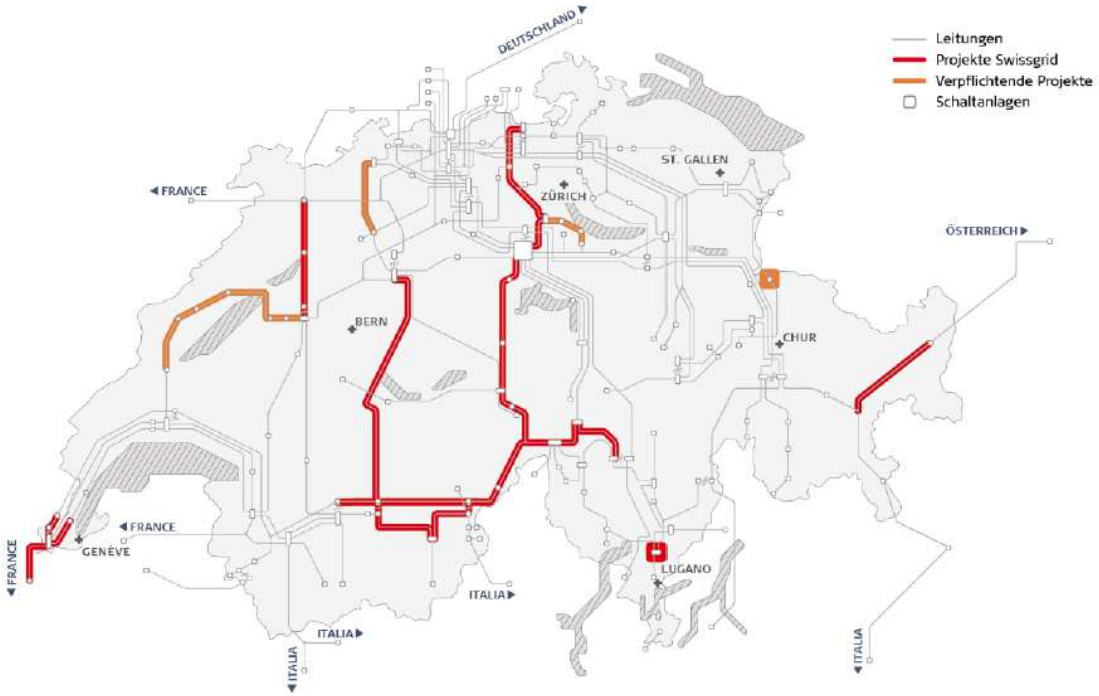
Source: website de l'ENTSO-E

L'ENTSO-E est un regroupement de plusieurs gestionnaires de réseau de transport (en anglais TSO), souvent nationaux (Swissgrid, EDF,…)

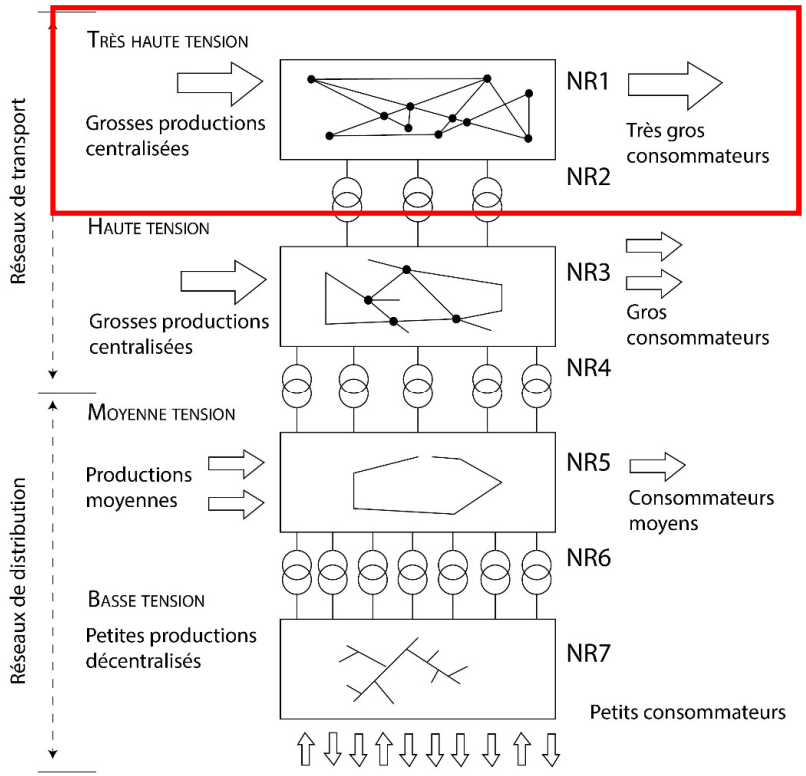


Swissgrid: Gestionnaire de réseau de transport (GRT) pour la Suisse

swissgrid

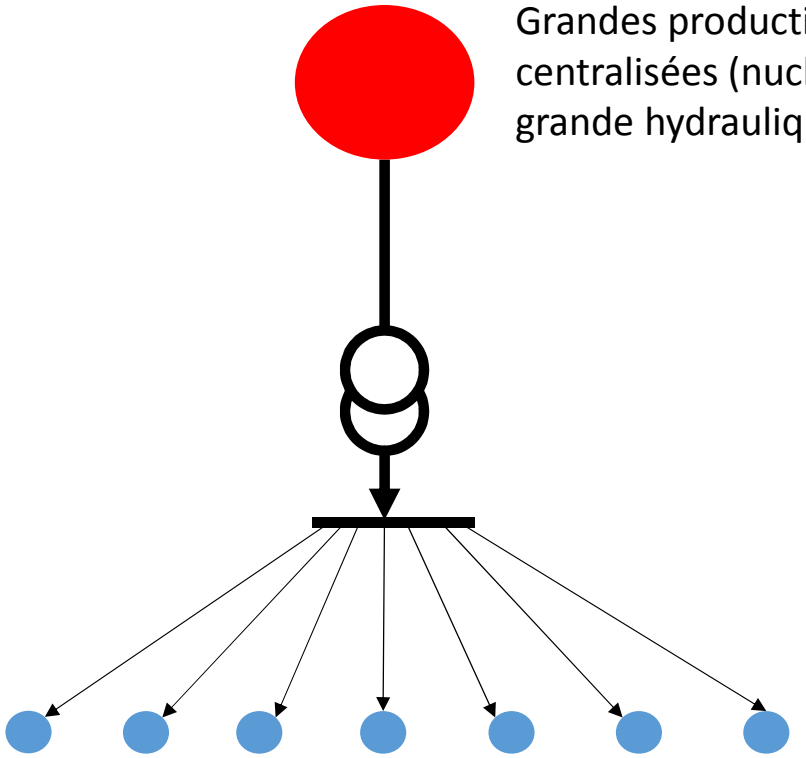


Quelle: Swissgrid



Défi du futur: adapter les flux au réseau

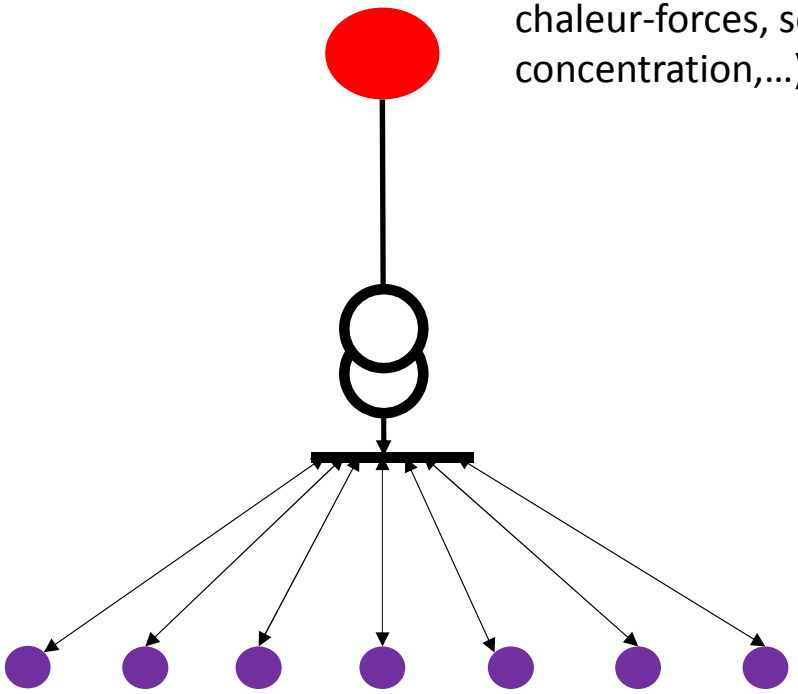
Structure actuelle



Grandes productions centralisées (nucléaire, grande hydraulique, etc.)

Petits consommateurs

Futur Smartgird



Productions moyennes centralisées (couplages chaleur-forces, solaire à concentration,…)

Petits producteurs-consommateurs (Prosumers)

Défi du futur : équilibre entre la production et la consommation (Sécurité d'approvisionnement et stabilité)

Equilibre: 50 Hz

Injection Soutirage

M Énergies

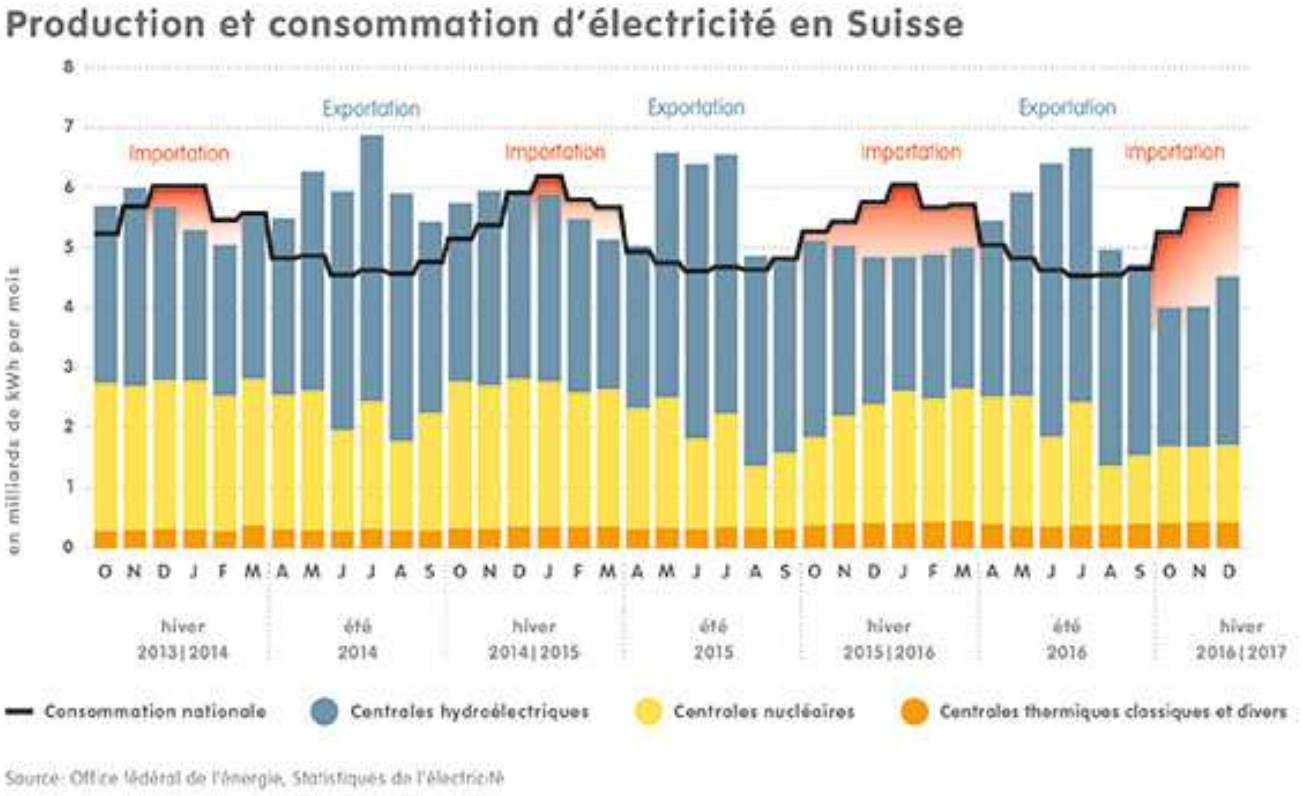
PLANÈTE | ÉNERGIES | Biocarburants | Énergies fossiles | Énergies renouvelables | Nucléaire

Les horloges de vos appareils électroménagers sont en retard ? C'est normal

Le Kosovo et la Serbie sont accusés de baisser la production d'électricité qu'ils fournissent au réseau européen, normalement équilibré par la participation des différents producteurs d'électricité européens.

LE MONDE | 07.03.2018 à 09h16 • Mis à jour le 07.03.2018 à 10h34

Equilibre saisonnier

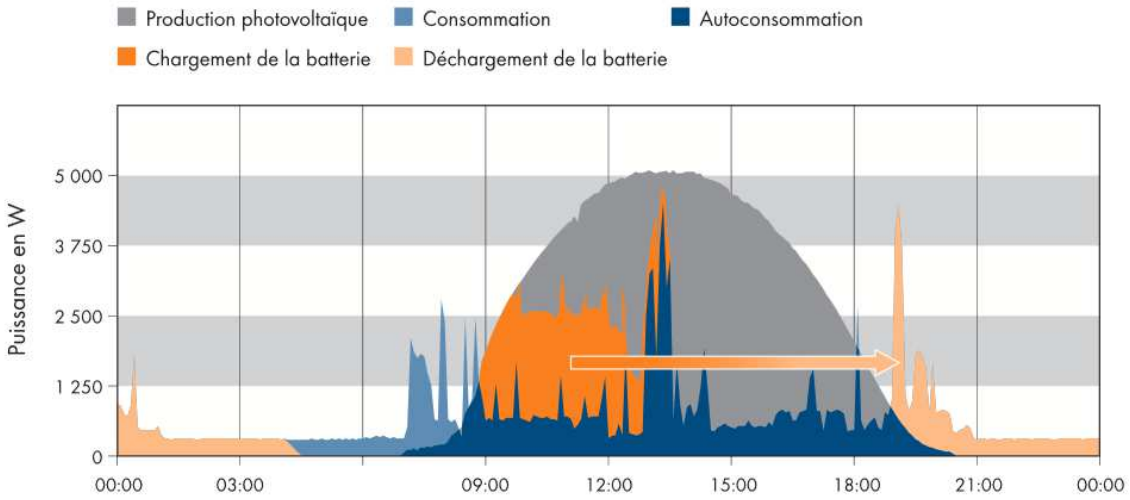


Source: Office fédéral de l'énergie, Statistiques de l'électricité

Défi du futur : équilibre entre la production et la consommation

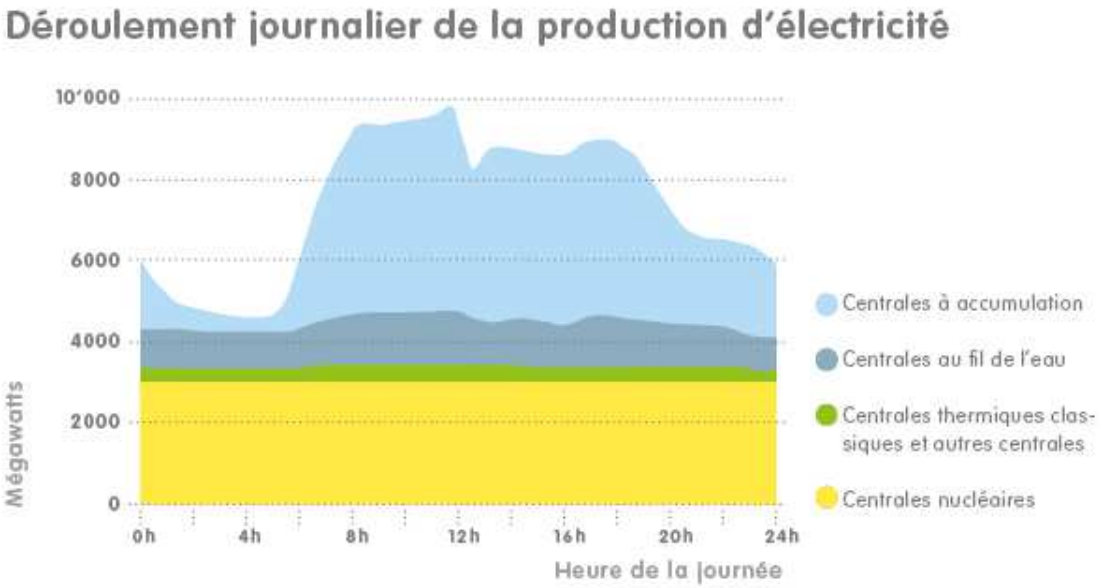
Equilibre: 50 Hz

Injection Soutirage



Source: http://systemessolaires.fr/autoconsommation/

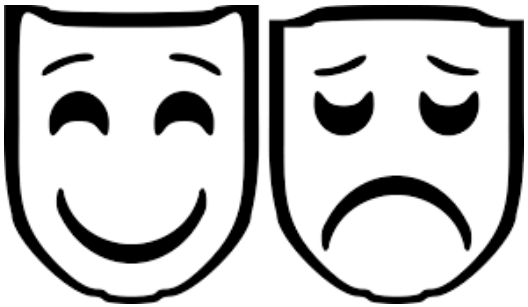
Equilibre journalier



Source: Association des entreprises électriques suisses (AES)

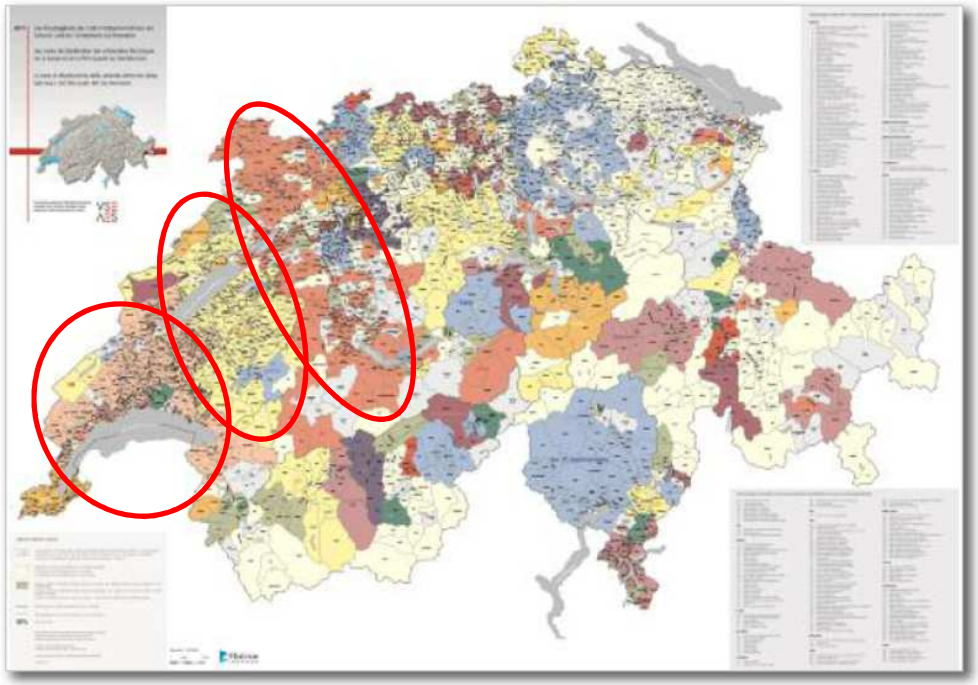
Partie II:

Les acteurs majeurs



Les gestionnaires de réseau de distribution

- Entreprises semi-étatiques
- 800 GRD en Suisse et 160 en France
- Assure la gestion du réseau électrique, qui relie le producteur au consommateur
- Leur zone de desserte varie entre l'échelle d'un canton (Romande Energie, Axpo, BKW, Groupe E) et celle d'un village.



Source: AES

Fischingen (TG): 2'600 hab. / 7 distributeurs

Les gestionnaires de réseau de distribution

Actionnariat BKW AG

Source: https://www.zonebourse.com/BKW-AG-9623195

Actionnaires

Nom	Actions	%
State of Bern	27 741 120	52,5%
Groupe E SA	5 280 000	10,0%
M&G Investment Management Ltd.	1 478 841	2,80%
BKW AG	955 921	1,81%
Vontobel Asset Management AG	653 611	1,24%
Norges Bank Investment Management	618 749	1,17%
AMG Fondsverwaltung AG	531 520	1,01%
Credit Suisse Asset Management (Schweiz) AG	491 691	0,93%
The Vanguard Group, Inc.	452 469	0,86%
Zürcher Kantonalbank (Investment Management)	409 024	0,77%

Actionnariat Romande Energie SA

Source: http://investor.romande-energie.ch/

Situation au 31/12/2017	Participation au capital
Etat de Vaud*	38.60%
Autres actionnaires	20.40%
Communes vaudoises*	16.22%
Romande Energie Holding SA	9.54%
Groupe E SA	6.07%
Credit Suisse Fondation de placement	3.60%
Banque Cantonale Vaudoise (*pour 0.87% du capital)	3.05%
Holdigaz SA	2.52%

Actionnariat Groupe E

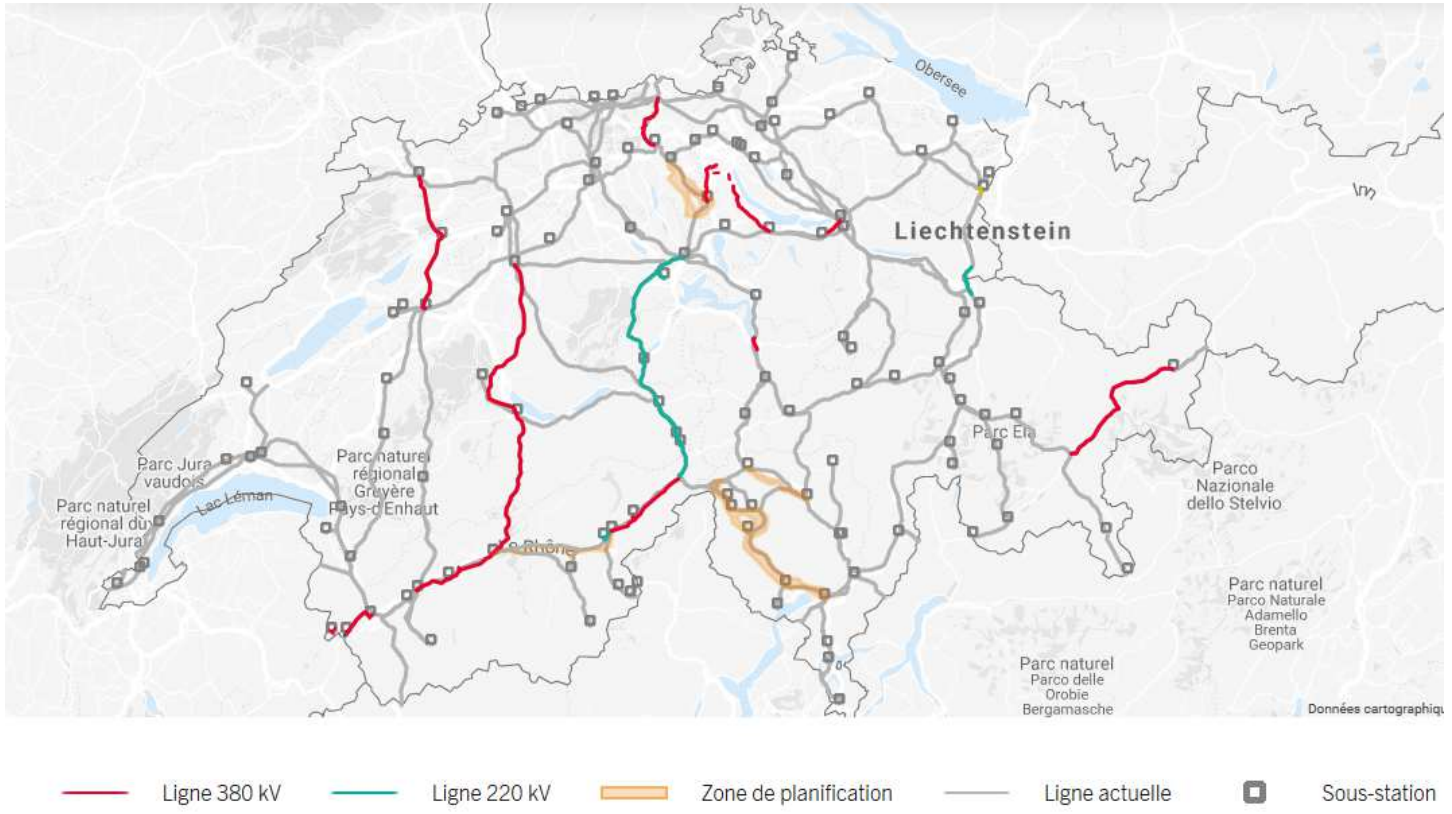
Source: https://www.zonebourse.com/BKW-AG-9623195

	NOMBRE D'ACTIONS	%
ETAT DE FRIBOURG	5'520'000	80.291
AUTRES INVESTISSEURS INSTITUTIONNELS	550'000	8.000
GROUPE E (PROPRES ACTIONS)	389'978	5.672
VITEOS	175'375	2.551
ETAT DE NEUCHÂTEL	123'550	1.797
COMMUNES NEUCHÂTELOISES	57'450	0.836
BANQUE CANTONALE NEUCHÂTELOISE	25'000	0.364
SOCIÉTÉ ÉLECTRIQUE DU VAL-DE-TRAVERS	6'625	0.096
PERSONNEL GROUPE E	27'022	0.393
TOTAL	**6'875'000**	**100.000**

Le gestionnaire du réseau de transport suisse

Société nationale du réseau de transport

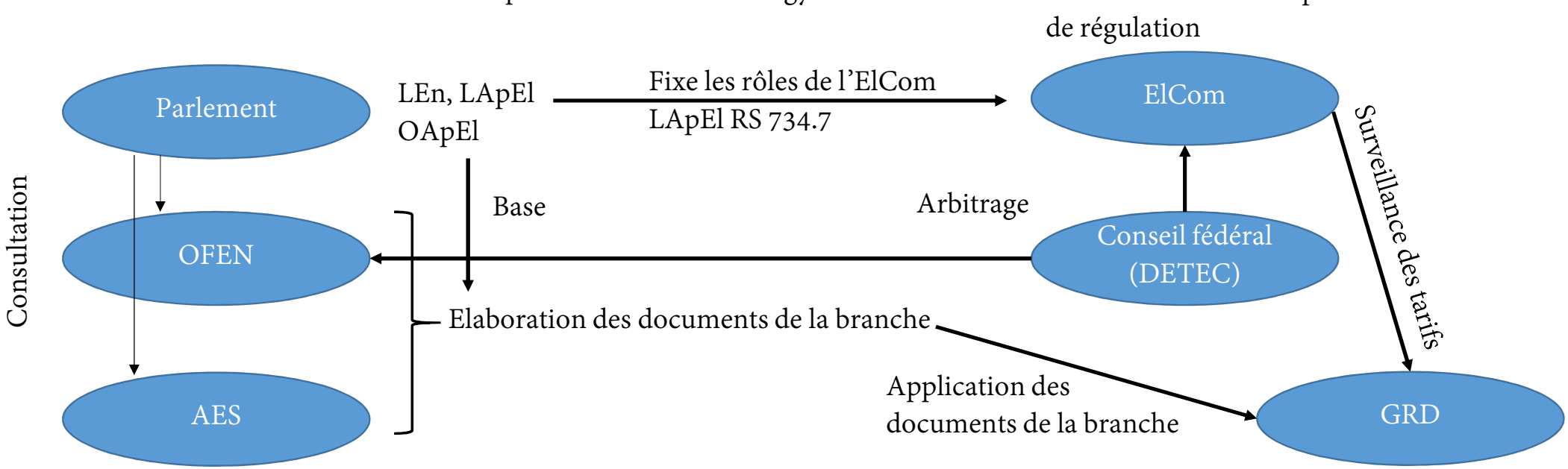
- 6’700 km de lignes
- Supervisé par l’ElCom
- Responsable groupe bilan
- 8 zones de réglage
- Fait partie de l’ENTSO-E



Source: swissgrid

Parties prenantes au niveau national: AES – ElCom - OFEN

GRD:	Gestionnaire de réseau de distribution
AES (ElectroSuisse):	Association des entreprises électriques suisses (représente les GRD, et autres personnes du métier)
ElCom:	Commission fédérales de l'électricité
OFEN:	Office fédéral de l'énergie
DETEC:	Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication
Monde de la recherche	
VSGS:	Verein Smart Grid Switzerland
SCCER:	Swiss Competence Centre for Energy Research



Partie III:
La stratégie énergétique 2050

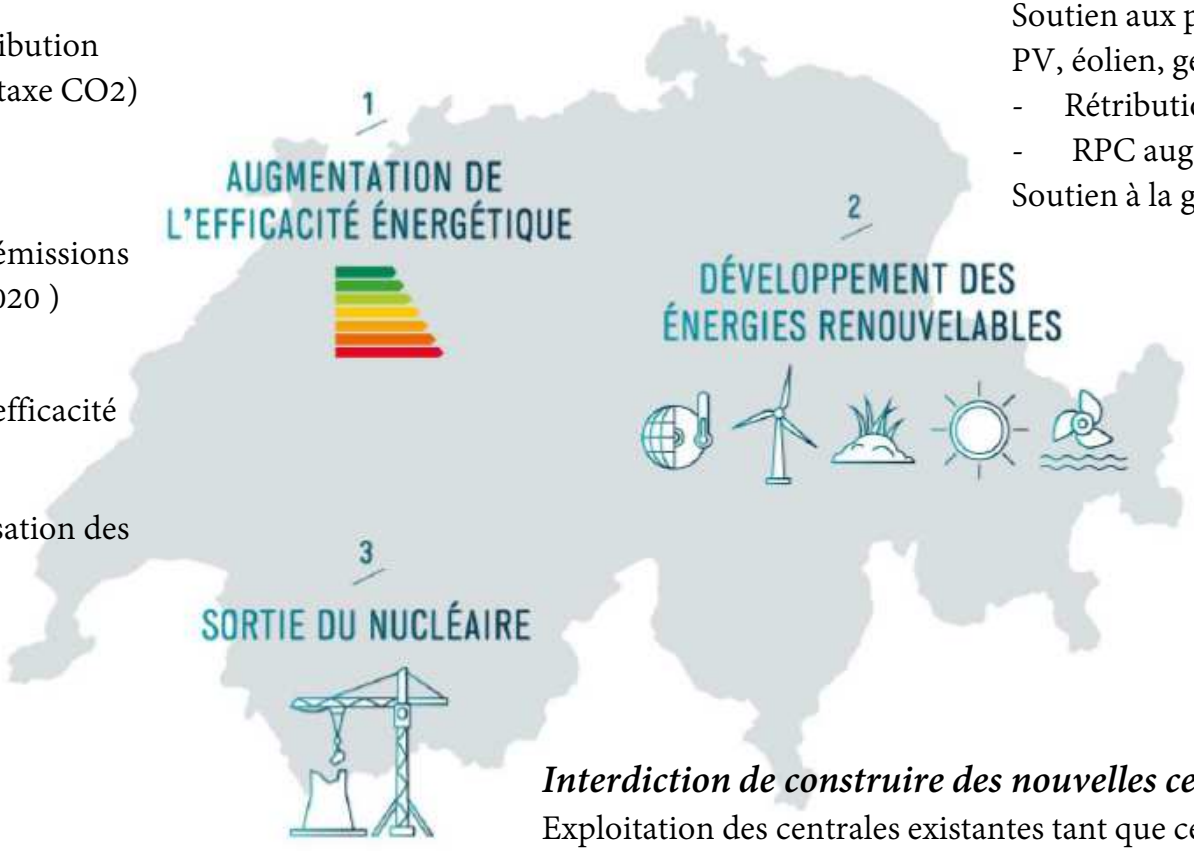
Les trois piliers (révision de la Lene 30.9.2016)

Programme bâtiments
Déduction fiscales et contribution financière (financée par la taxe CO2) lors d'assainissement

Transport
Nouvelles prescriptions d'émissions (95 g CO2/km d'ici à fin 2020)

Appareil électriques
Nouvelles prescriptions d'efficacité

Entreprises
Encouragement à l'optimisation des processus



Le supplément perçu sur le réseau passe de 1.5 ct/kWh à 2.3 ct.

Soutien aux petites installations (solaire PV, éolien, géothermie)
- Rétribution unique
- RPC augmentée

Soutien à la grande hydraulique

Raccourcissement des procédures d'autorisation

Interdiction de construire des nouvelles centrales
Exploitation des centrales existantes tant que celles-ci sont considérées comme sûres (déterminé par IFSN)

SYNTHÈSE

La boucle est-elle bouclée ?

Adéquation entre la stratégie 2050 et les problématiques actuelles ?

Peut-on combler la politique nationale par le bas ?

Education ? Révolution spirituelle ? Normes sociales ?

Efficacité ≠ Sobriété

Outils:

- CPE: contrats de performance énergétique
- Communautés d'énergie ? Energies citoyennes ?

Promotion du bois et du solaire thermique dans les bâtiments

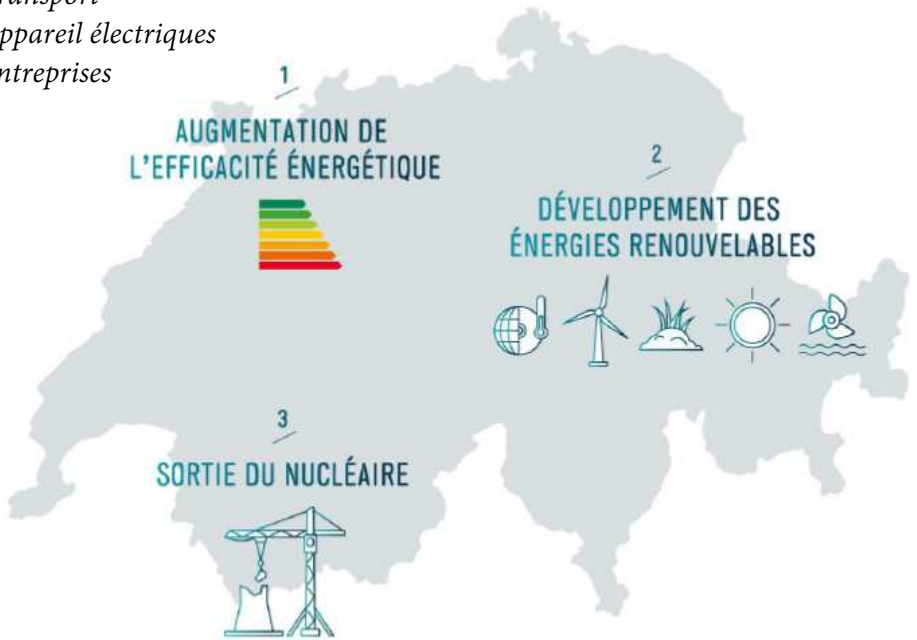
Gestion des forêts

Covoiturage, transports publics

Information sur l'élevage de masse

Et bien d'autres choses… (voir aussi *DecarbonizeEurope.org*.)

Programme bâtiments
Transport
Appareil électriques
Entreprises



Merci