

Economie de l'énergie

EOST

Cours 2014-2015

Chap 5

La transition énergétique

Jean-Alain HERAUD

Université de Strasbourg

FSEG/BETA

Objectifs de cette présentation:

Les motifs, conditions et modalités de la transition énergétique:

- Lutter contre l'effet de serre
- Epargner les ressources épuisables
- Contribuer au développement durable sur toutes ses dimensions, y compris économiques et sociales

Le point sur les Ressources Renouvelables

Analyse de la situation particulière d'un pays pionnier: l'Allemagne

Quelques données concernant la France (production d'électricité)

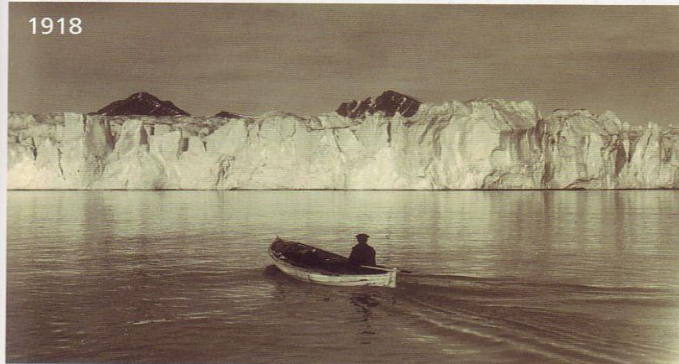
Problématique

- EUR-27: engagement à porter à 20% la part des énergies renouvelables dans la consommation totale d'énergie d'ici 2020. Motifs: objectifs CO₂ et question de l'épuisement du carbone fossile.
- Le pari semble à portée de main, surtout grâce aux pays comme l'Allemagne qui ont déjà beaucoup investi dans le solaire ou l'éolien... surtout quand, en plus, ils ont décidé de renoncer au nucléaire
- Faut-il faire plus?
 - Le Danemark a assez vite envisagé 30% en 2030
 - Problème pour les pays comme la France et UK qui comptent sur le nucléaire pour maintenir de faibles émissions de CO₂. La Pologne veut aussi sortir du charbon sans dépendre du gaz russe: d'où la tentation nucléaire.
 - L'Allemagne a décidé en 2011 (suite à la catastrophe de Fukushima) de forcer le pas et de lancer la transition énergétique en commençant par l'arrêt programmé des centrales nucléaires.

Un motif: l'effet de serre

• La fonte des glaces

La température moyenne du globe a augmenté de presque 1 °C depuis 150 ans et continue de croître...



Les glaciers du monde entier fondent progressivement, diminuant les surfaces de haute réflectivité solaire et amplifiant ainsi le réchauffement climatique.



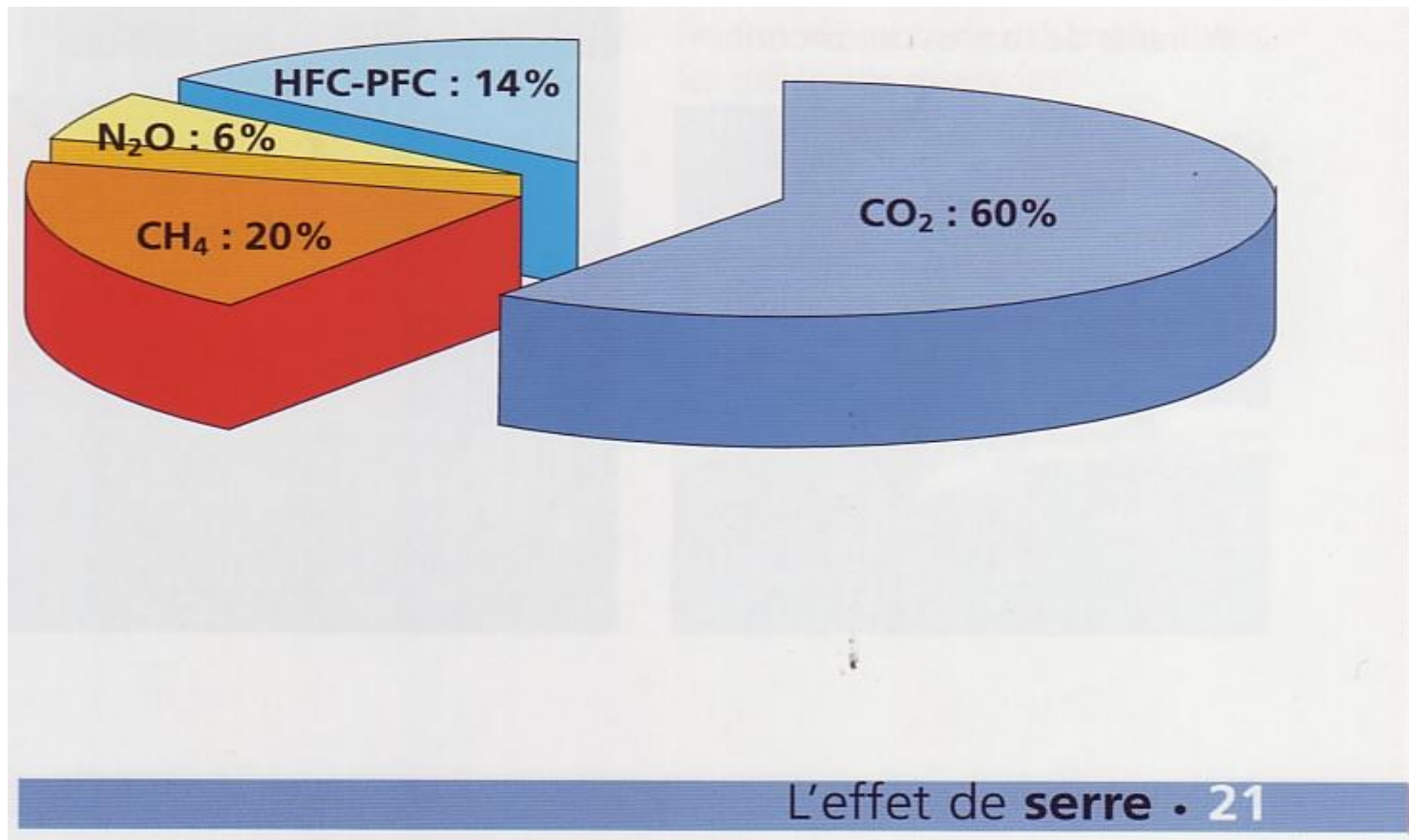
Le glacier de Blomstrandbreen, Norvège, à 84 ans d'intervalle.

Les conséquences - 25

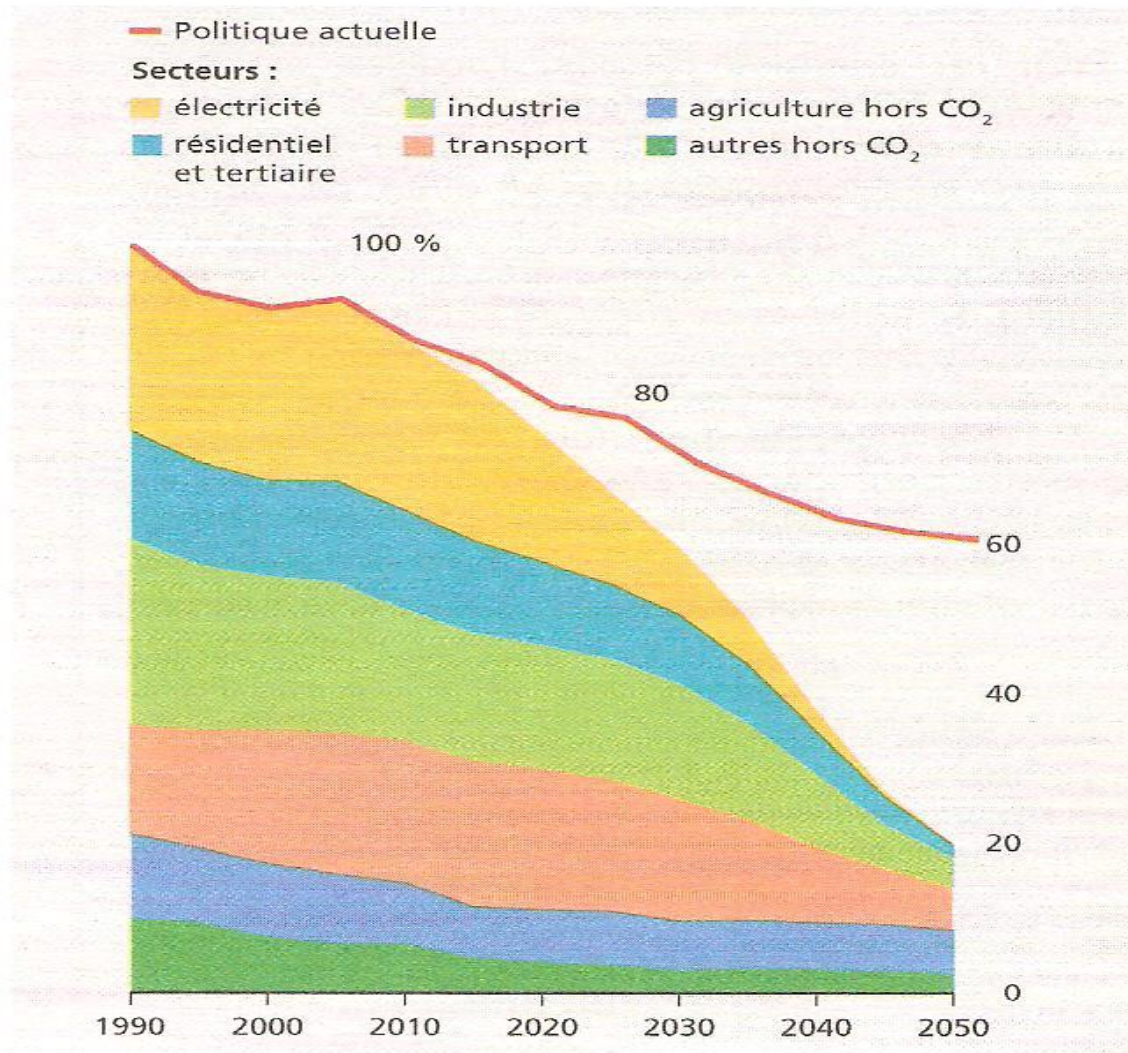
Source: R. Ducroux, Ph. Jean-Baptiste CNRS Ed. 2004

Contributions à l'effet de serre

(Source: R. Ducroux, Ph. Jean-Baptiste CNRS Ed. 2004)



Émissions de dioxyde de carbone (CO₂) dans l'Union européenne. Vers un objectif de réduction des émissions internes de 80 % (100 % = 1990)

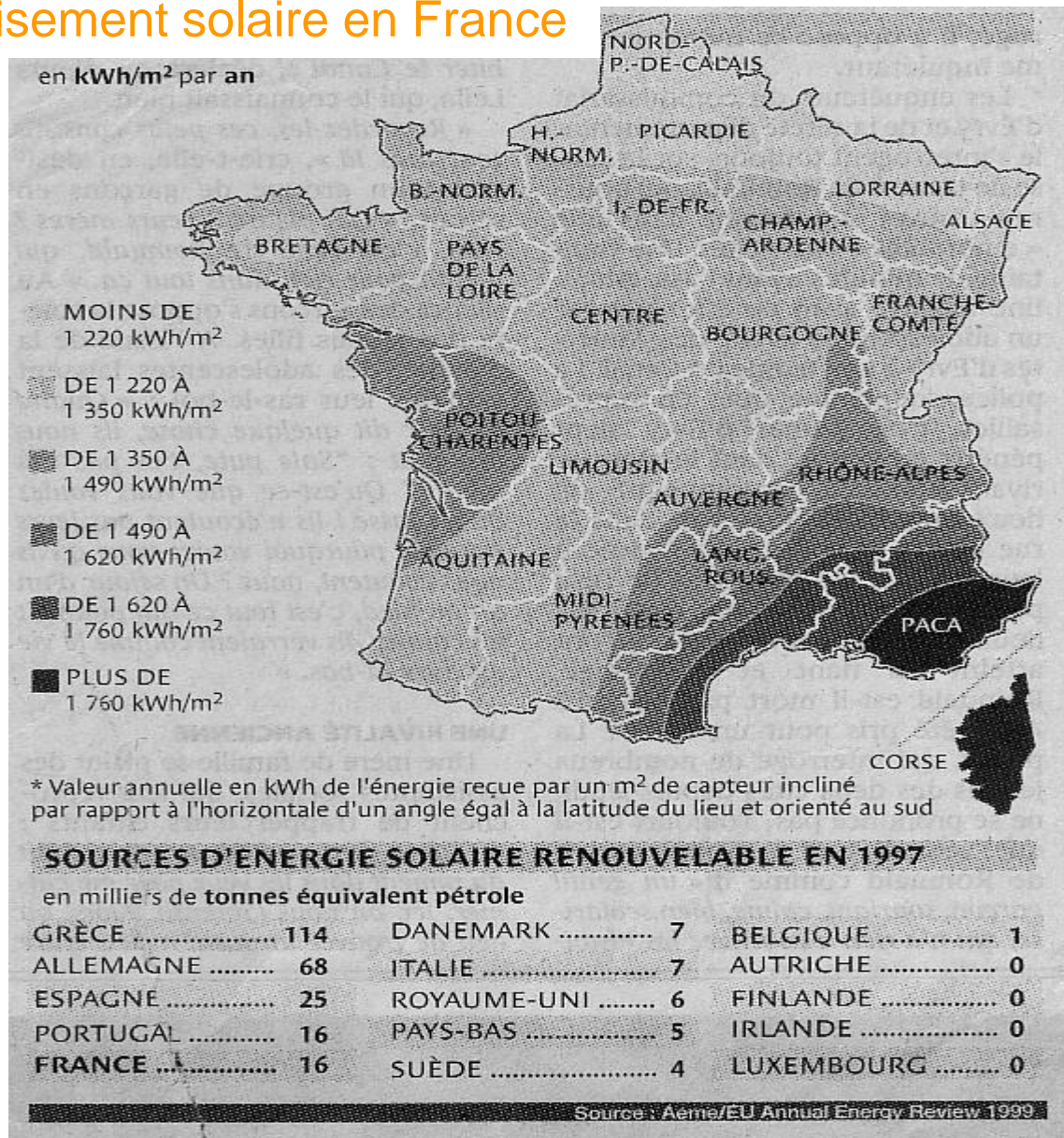


© Source : *Questions internationales*, n° 65.
Réalisation : Sciences Po - Atelier de cartographie.

Source:
Problèmes Economiques
N°3097 (2014)

Les énergies renouvelables disponibles

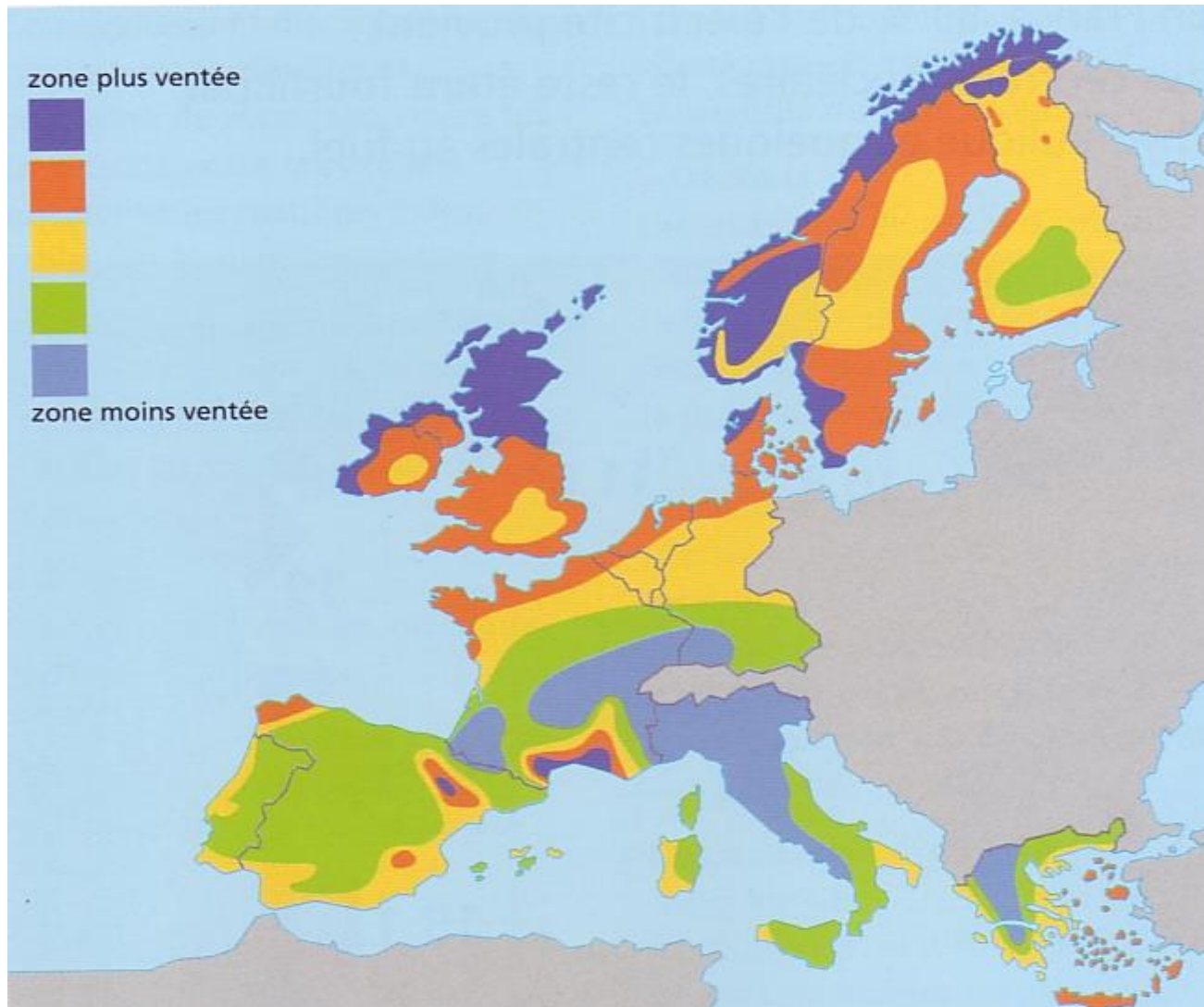
Le gisement solaire en France



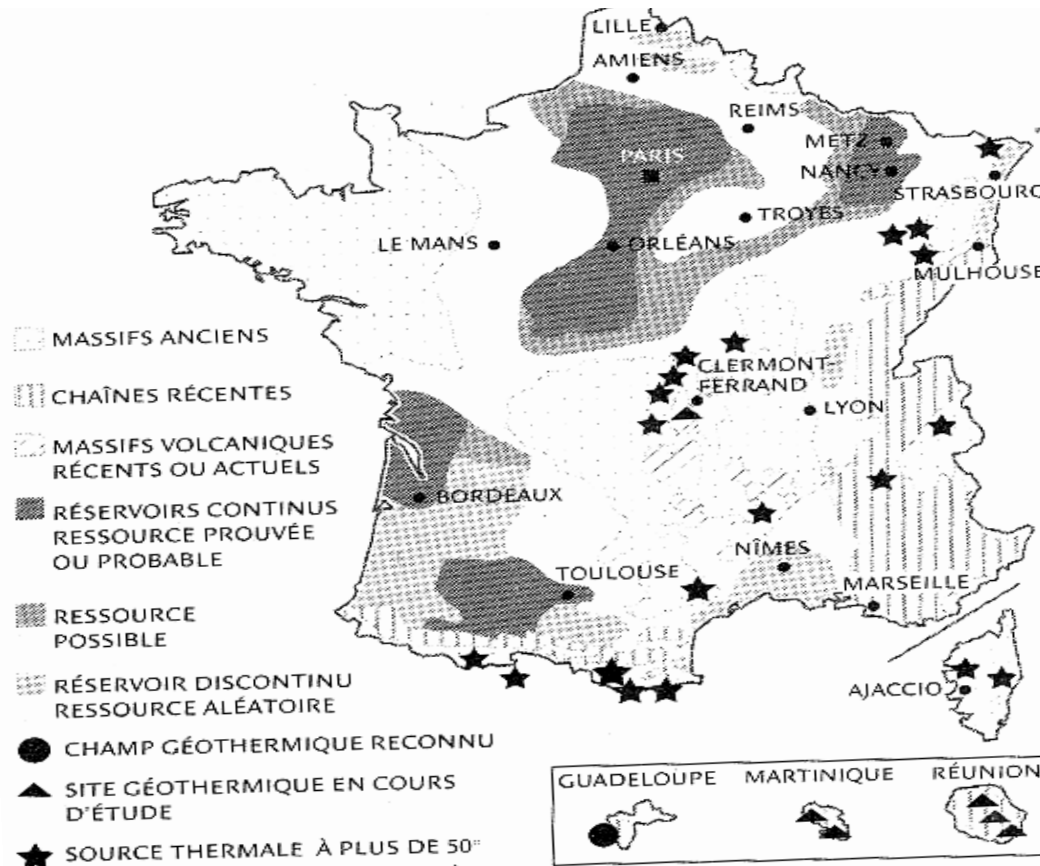
Le Monde 14/11/2000

Le potentiel éolien en Europe

Source: R. Ducroux, Ph. Jean-Baptiste, CNRS Ed. 2004



Les ressources géothermiques en France



SOURCES D'ÉNERGIE RENOUVELABLES DANS L'UE EN 1997

GÉOTHERMIE

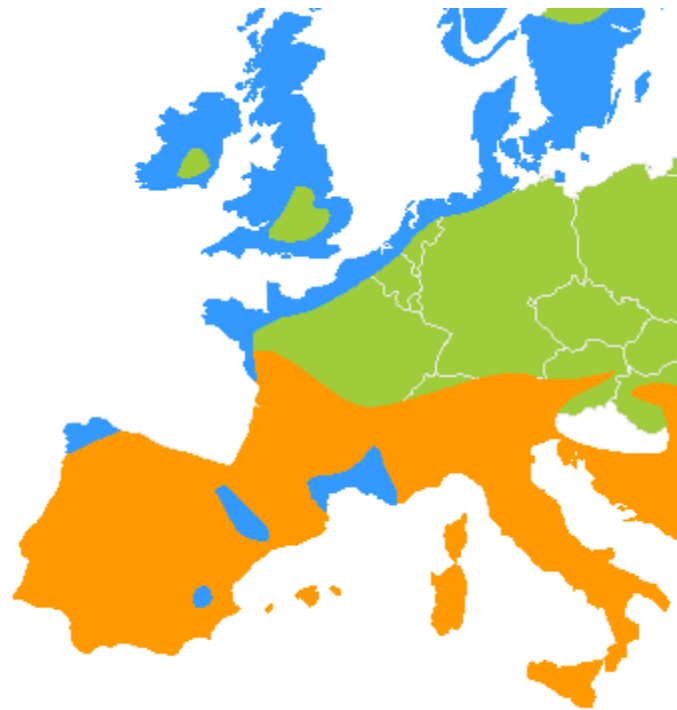
en milliers de tonnes équivalent pétrole

ITALIE	2 611	BELGIQUE	2	IRLANDE	0
FRANCE.....	131	GRÈCE	2	LUXEMBOURG.....	0
PORTUGAL	45	DANEMARK	1	PAYS-BAS	0
ALLEMAGNE	10	ROYAUME-UNI	1	SUÈDE	0
ESPAGNE.....	7	FINLANDE	0	TOTAL UE	2 810

Source : Ademe/EU Annual Energy Review 1999

Le Monde 15/11/2000

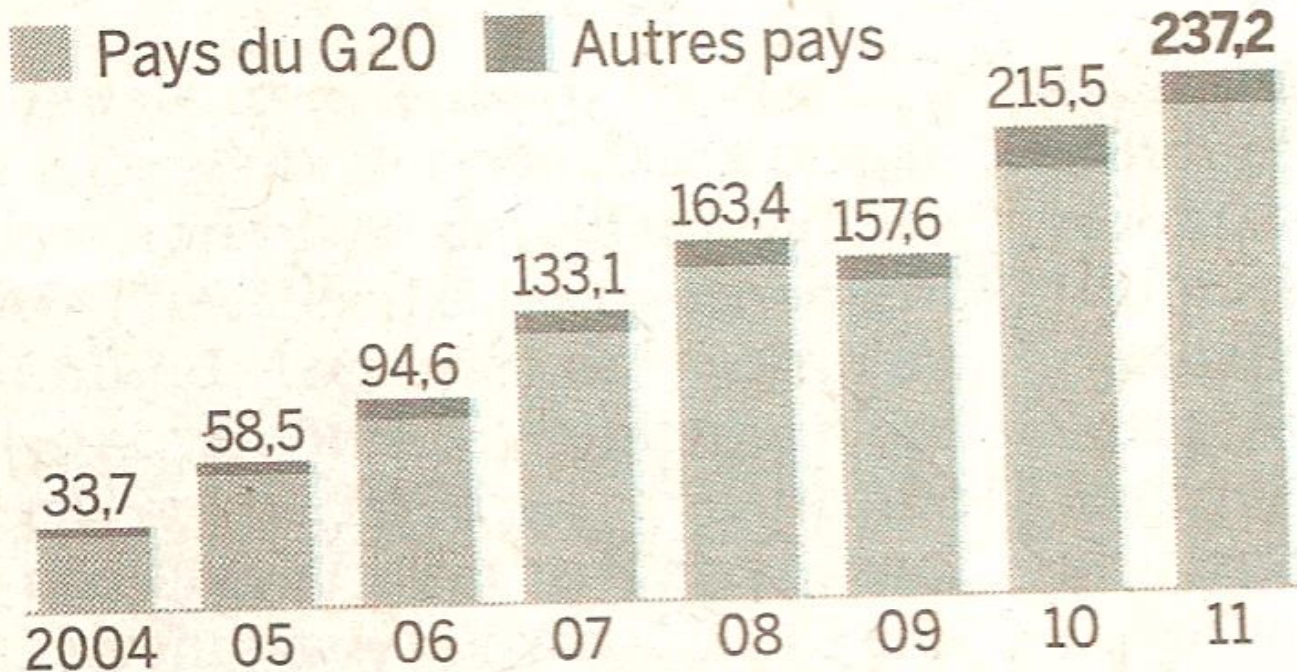
Eolien, solaire, biomasse?



Source: Com Eur, DG ENER, 2011

Le point sur les énergies renouvelables dans le monde

INVESTISSEMENT MONDIAL DANS LES ÉNERGIES RENEUVELABLES*, en milliards de dollars

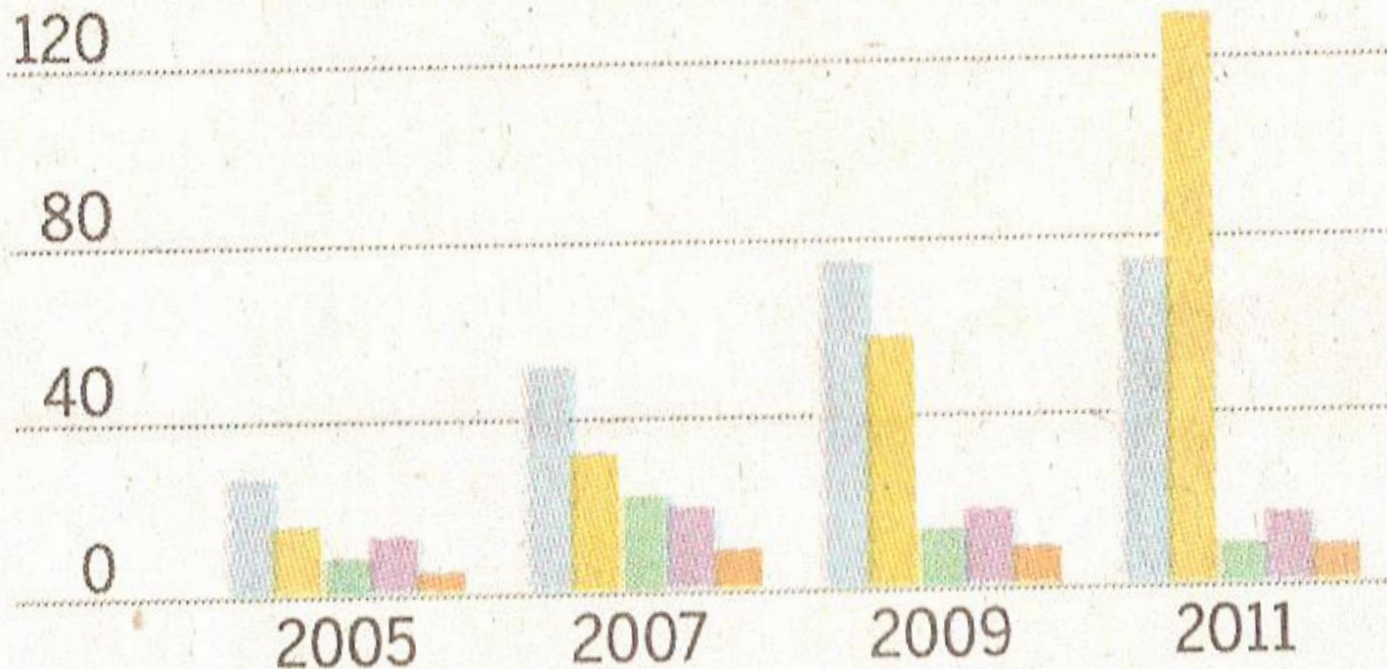


* N'incluent pas les dépenses en recherche et développement

INVESTISSEMENTS DES PAYS DU G20 par type d'énergie renouvelable, en milliards de dollars'

Le Monde 16/04/2012

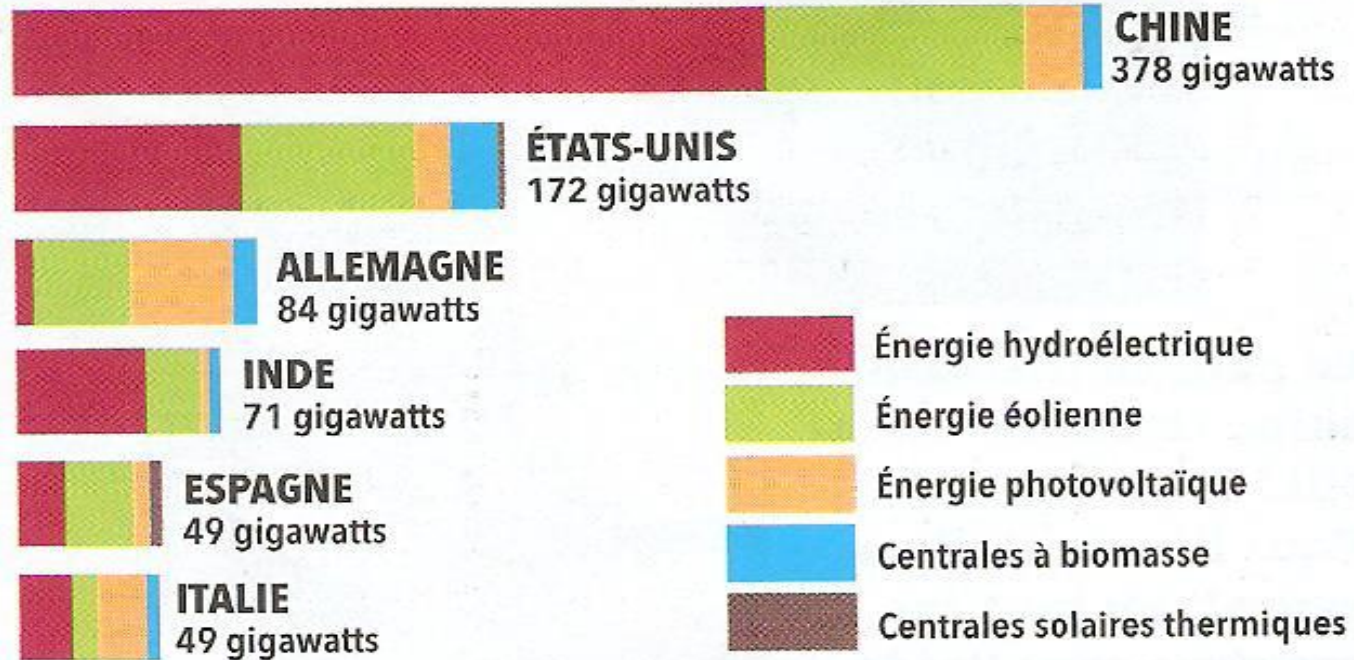
INVESTISSEMENTS DES PAYS DU G20 par type d'énergie renouvelable, en milliards de dollars'



Eolien Solaire Efficacité énergétique
Biocarburants Autres

SOURCE : THE PEW CHARITABLE TRUST

PRODUCTION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES



Source: *La Recherche* N°493 (2014)

Les résistances au changement: la tyrannie du prix de marché

Renewables Can't Compete

The declining cost of solar panels and wind turbines, combined with the rising cost of fossil fuels, was supposed to make renewable sources of electricity generation cost-competitive. But thanks to a 70 percent drop in the cost of natural gas, greener sources like solar and wind aren't catching on.



Source: *Detail*, sept. 2012

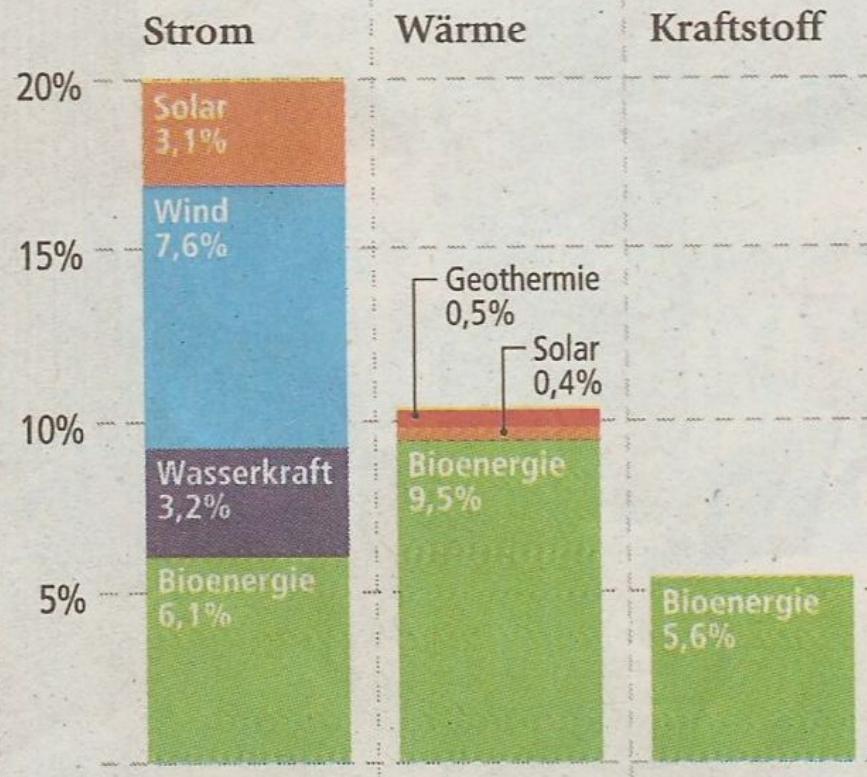
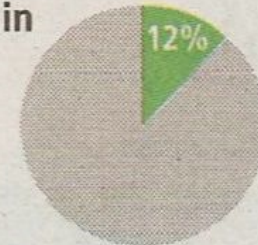
Le pari de l'Allemagne

La part des énergies renouvelables en Allemagne

2011

Erneuerbare Energien 2011

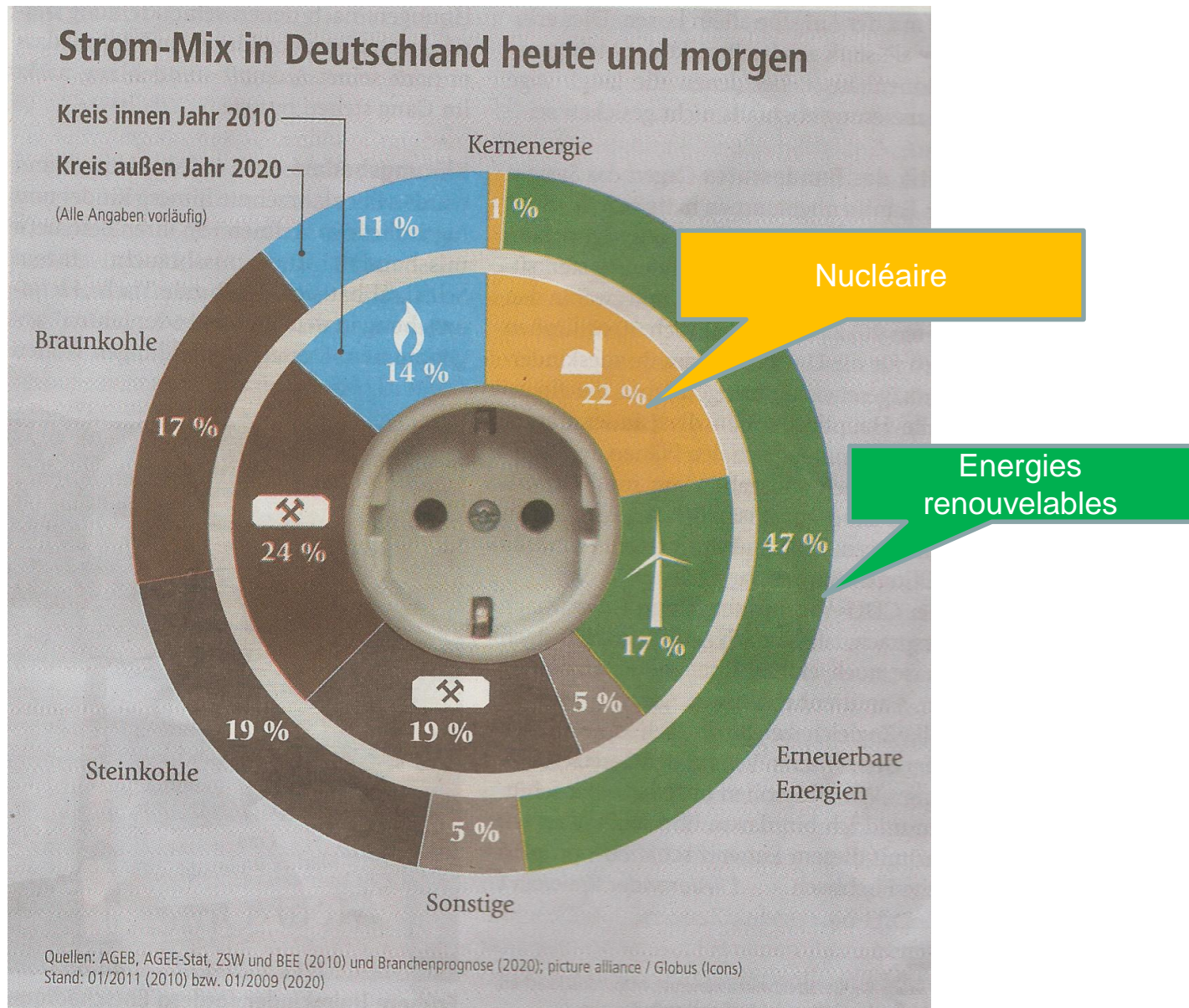
Der Anteil der Erneuerbaren Energien am gesamten Energieverbrauch in Deutschland betrug 2011 etwa 12 Prozent und verteilt sich folgendermaßen:



Quelle: BMU, Stand: März 2012

Grafik: Stephan Roters

L'objectif concernant l'électricité



Energiewende n° 1

“Energiekonzept 2010“

Base: scénarios produits par des instituts spécialisés

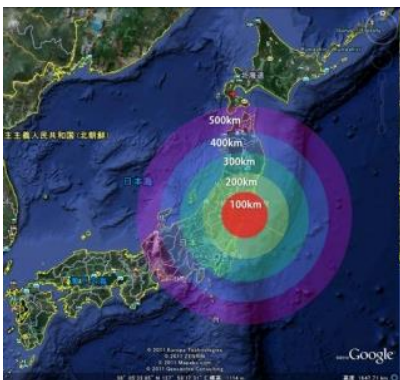
	Climat	Energies renouvelables (EnR)		Efficacité énergétique			
	GES	Totale	Elec-tricité	Energie primaire	Elec-tricité	Trans-port	Bâtiments
2020	-40%	18%	35%	-20%	-10%	-10%	Taux de rénovation énergétique: 1% → 2%
2050	-80 / -95%	60%	80%	-50%	-25%	-40%	

Nucléaire: Technologie de passage → prolongement de l'utilisation

Source: présentation de Marc RINGEL
APR, 12 Novembre 2014

Energiewende n° 2

à partir de 2011 (Fukushima)

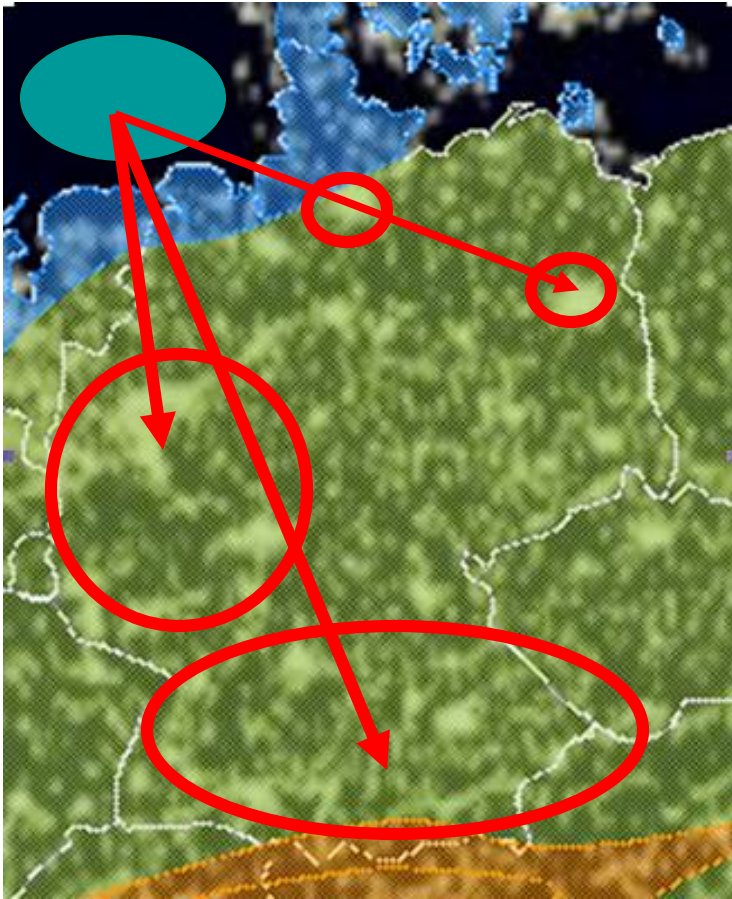


Nouvelles orientations stratégiques du gouvernement:

- Plus de 100 mesures pour: la réduction de la demande; l'amélioration de l'efficacité énergétique; le développement des énergies renouvelables; le renforcement des réseaux....
- ... et la sortie du nucléaire :
 - 8 centrales déconnectées immédiatement
 - fermeture programmée des autres centrales d'ici le 31/12/2022

Source: présentation de Marc RINGEL
APR, 12 Novembre 2014

Le problème du réseau



Source: présentation de Marc RINGEL
APR, 12 Novembre 2014

- Contribution massive des éoliennes offshore (Mer du Nord)
- Réseaux intelligents (*smart grids*) pour coordonner les sources intermittentes.
- Renouvellement et renforcement des réseaux
- Capacités d'équilibrage (centrales à gaz)
- Capacités de stockage

1. Production d'électricité par origine, Allemagne, 2010 et 2012

	2010		2012	
	TWh	Pourcentage	TWh	Pourcentage
Nucléaire	141	22,4	100	16,1
Charbon	263	⇒ 41,8	277	⇒ 44,9
Gaz	87	13,8	70	11,3
Hydraulique	21	3,3	21	3,4
Éolien	38	6,0	46	7,4
Solaire	12	1,9	28	4,5
Biomasse	28	4,5	36	5,8
Autres (*)	39	6,2	40	6,5
Total	629	100	618	100

(*) Autres = diesel, déchets ménagers et origine non spécifiée.

Source : Office statistique fédéral (www.destatis.de, Facts & Figures).

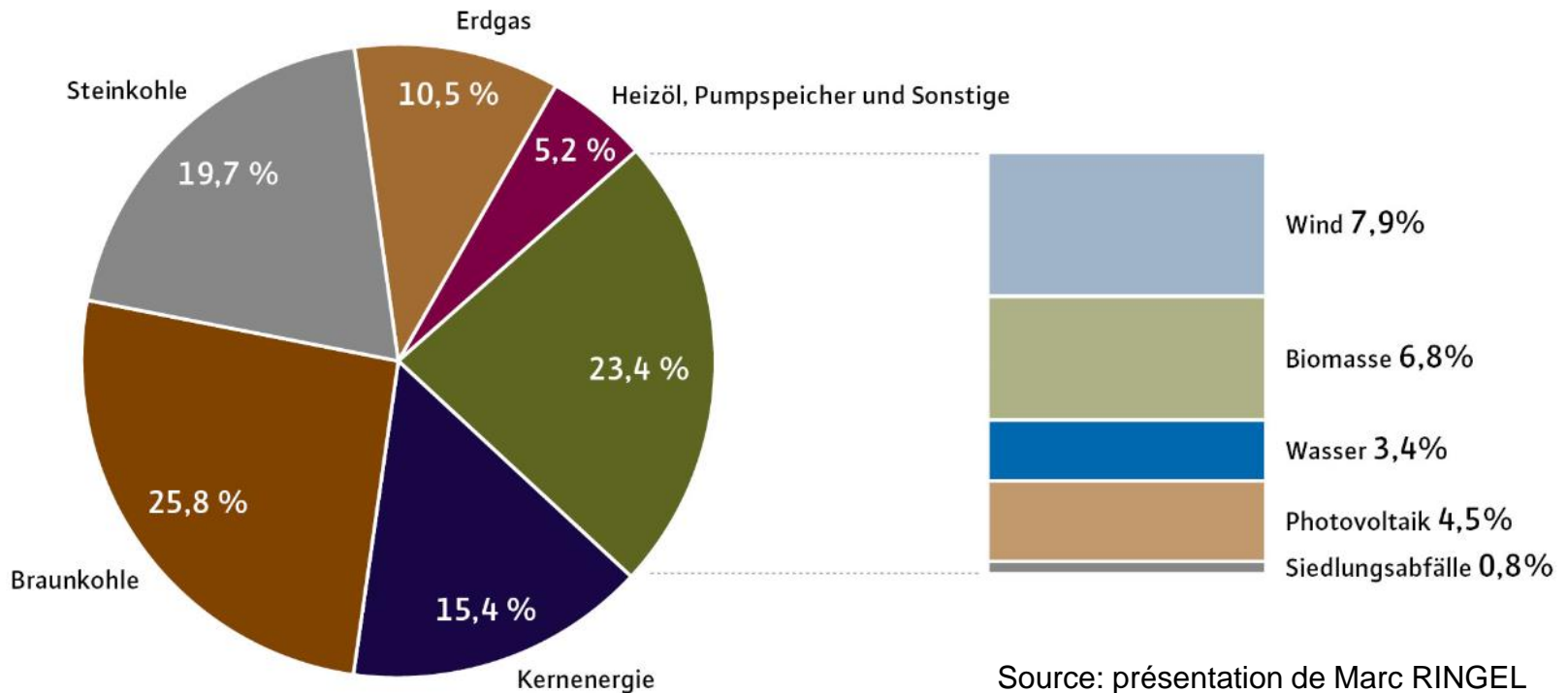
Source: Rémy Prud'homme, *Commentaire*, N°146, 2014

La méthode

- La transition énergétique est pensée comme une modification systémique globale et non pas comme une simple substitution d'input naturel pour l'industrie existante.
- L'idée est de passer à un mode de production beaucoup plus décentralisé.
 - Les agents consommateurs peuvent devenir producteurs (exemple: habitations à énergie positive... au moins par moment)
 - L'électricité, typiquement, doit s'adapter aux modes décentralisés (*smart grids*)
 - Construction d'écosystèmes énergétiques locaux (recyclage, valorisations de déchets et co-produits...)
- La transition est aussi un changement de paradigme politique et économique:
 - Changement des modes de vie des habitants; implication des *collectivités locales*, avec l'appui de *services spécialisés*; *recommunalisation* des réseaux.
 - Penser « développement endogène » et circuits courts; chaînes de valeurs ajoutée locales (non délocalisables).
- Politiques: systèmes de subventions pour compenser les effets de *lock-in* dont bénéficient les technologies traditionnelles.

Les premiers résultats: production électrique 2013

Brutto-Stromerzeugung 2013 in Deutschland: 629 Mrd. Kilowattstunden*



Source: présentation de Marc RINGEL
APR, 12 Novembre 2014

Mais....

2. Prix de l'électricité en Allemagne et en France en 2012

	Consommateurs domestiques (euros/MWh)	Consommateurs industriels (euros/MWh)	Ratio (en %)
Allemagne	267	170	64
France	145	112	77
Différence (en %)	+ 84	+ 52	-

Nota bene. – Les chiffres donnés, qui sont toutes taxes comprises, se réfèrent à des tranches particulières mais représentatives de consommateurs ; d'autres sources peuvent donner des chiffres légèrement différents.

Source : Eurostat Data Explorer.

Source: Rémy Prud'homme, *Commentaire*, N°146, 2014

Des conséquences structurelles problématiques

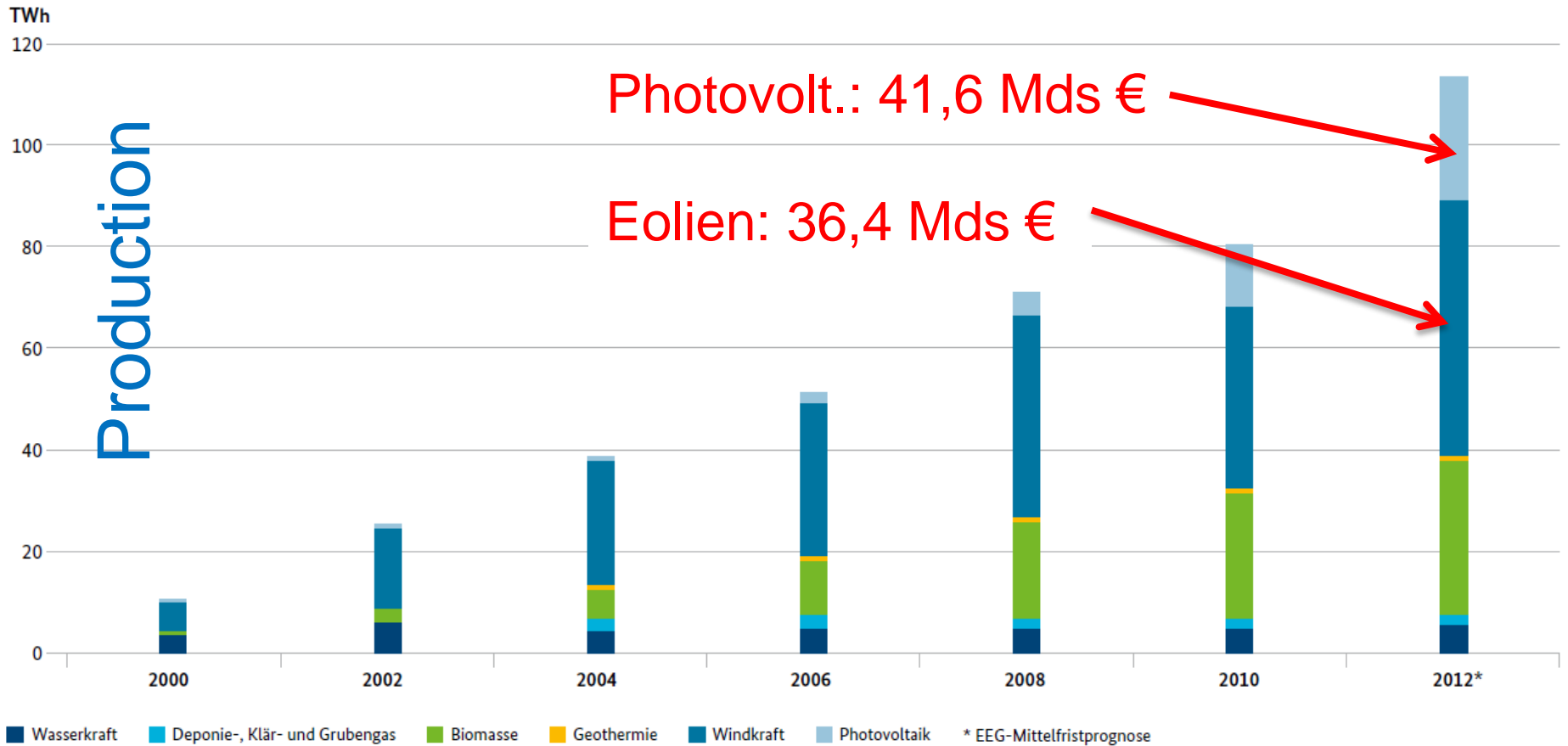
- Coûts de démantèlement et de traitement des déchets. Problème du stockage des déchets ultimes.
- Dommages et intérêts pour les opérateurs électriques ?
- L'Allemagne va devenir un importateur net important d'électricité à partir de 2020

Début des problèmes sur le réseau

- Le réseau électrique à longue distance n'a pas suivi à un rythme suffisant et le potentiel éolien du N n'arrive pas à atteindre le S dans les quantités prévues.
 - Problème de délai de construction, mais pas seulement: comportements NIMBY des territoires traversés
- Le solaire décentralisé devient incontrôlable et à certains moments, son prix devient négatif sur la bourse de l'électricité.
 - De manière plus ou moins ouverte, les autorités essaient de décourager maintenant les particuliers de s'équiper en cellules solaires!

Solution à LT: le stockage...

Coût budgétaire des aides



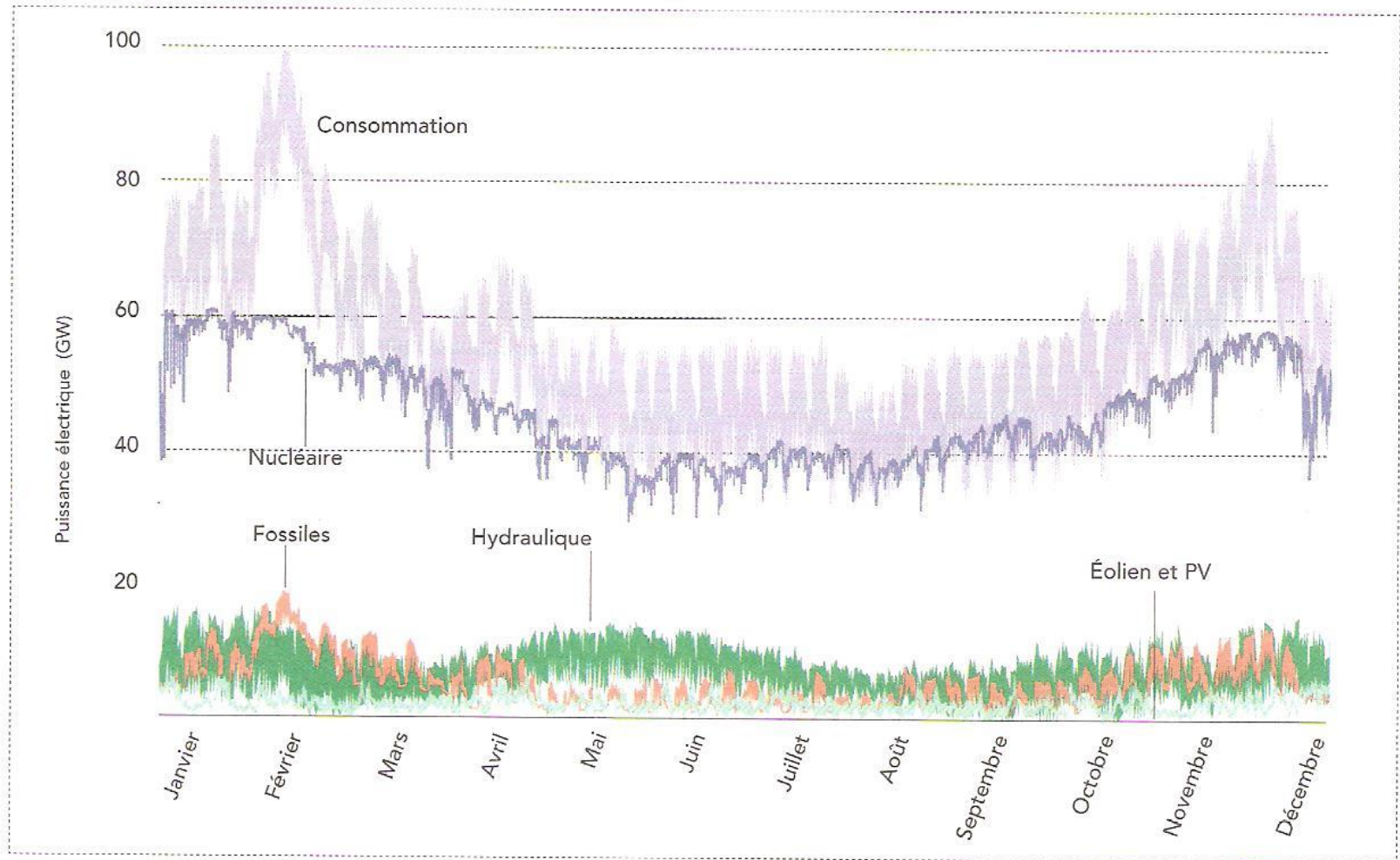
Source: présentation de Marc RINGEL, APR, 12 Novembre 2014

Source: BMWi 2014

La problématique électrique (dans le cas français)

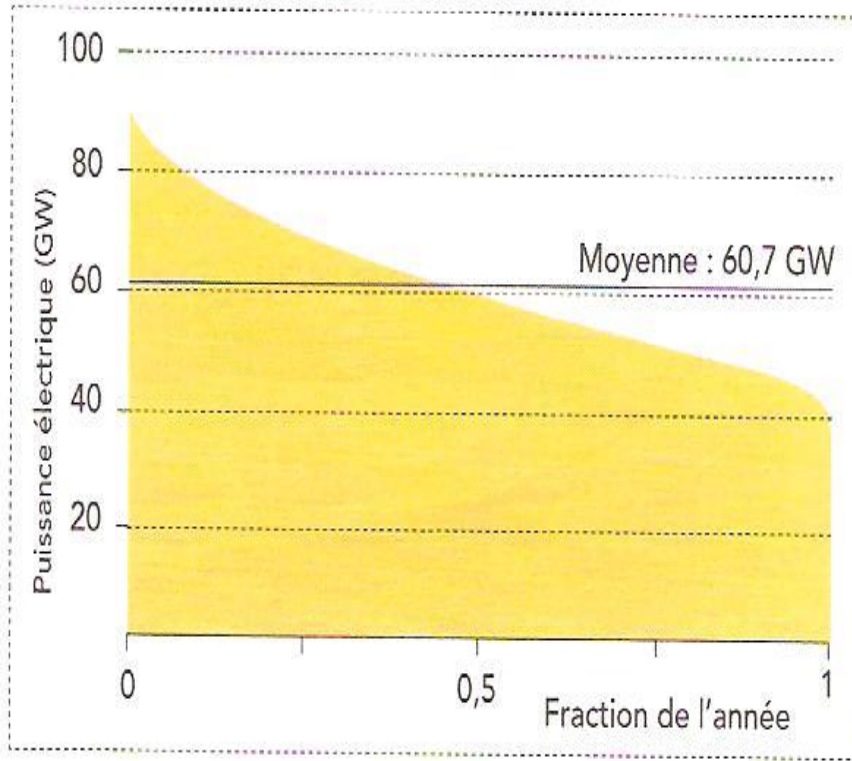
- Une part importante du nucléaire
 - Le coût d'exploitation est faible; l'investissement initial largement amorti.
 - Mais le coût du kWh nucléaire était jusqu'à présent sous-estimé: sans vraiment tenir compte du démantèlement des centrales et du stockage des déchets ultimes.
 - Le prix va donc augmenter régulièrement en fonction de l'imputation croissante des coûts finaux.
- La production du nucléaire est peu flexible; il faut des sources intermittentes pour boucler le bilan énergétique (offre-demande) en temps réel.
- Les énergies renouvelables, à part l'hydraulique, ne sont pas à même de remplir ce rôle. Ce sont des EnR intermittentes (EnRi), comme l'éolien et le photovoltaïque.
- On retombe sur le problème du stockage...
- ... et il n'y a que les ressources fossiles pour boucler le bilan

1. Historique des puissances électriques en 2012

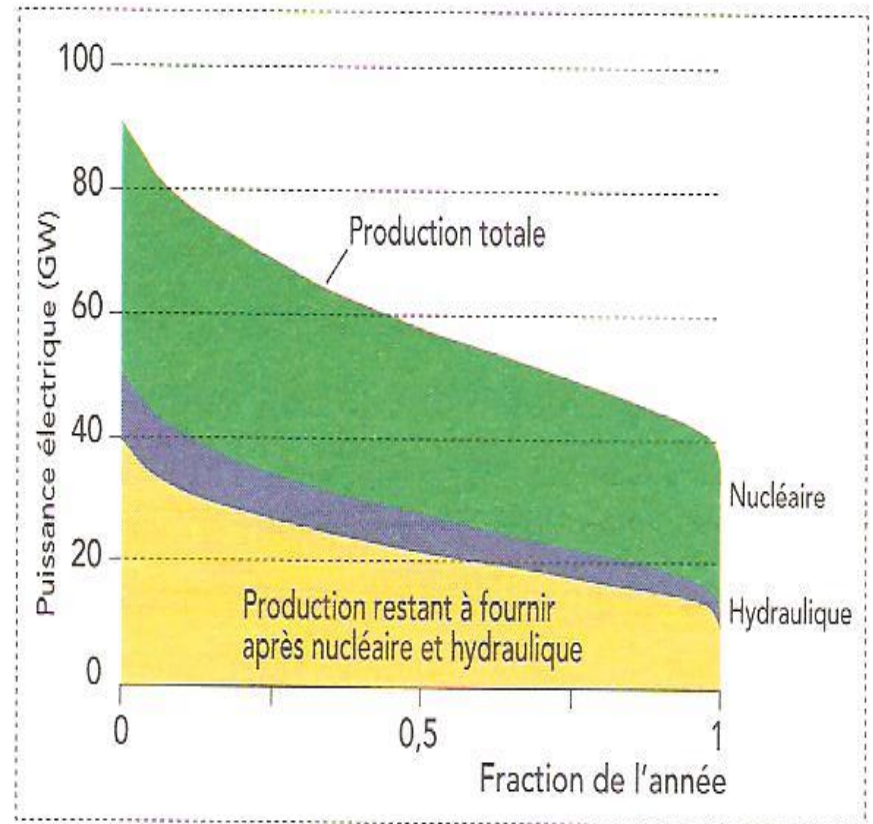


Source: Grand, Lebrun, Vidil, *La Revue de l'Energie* N°619, 2014

3. Monotone de la production de l'année 2012

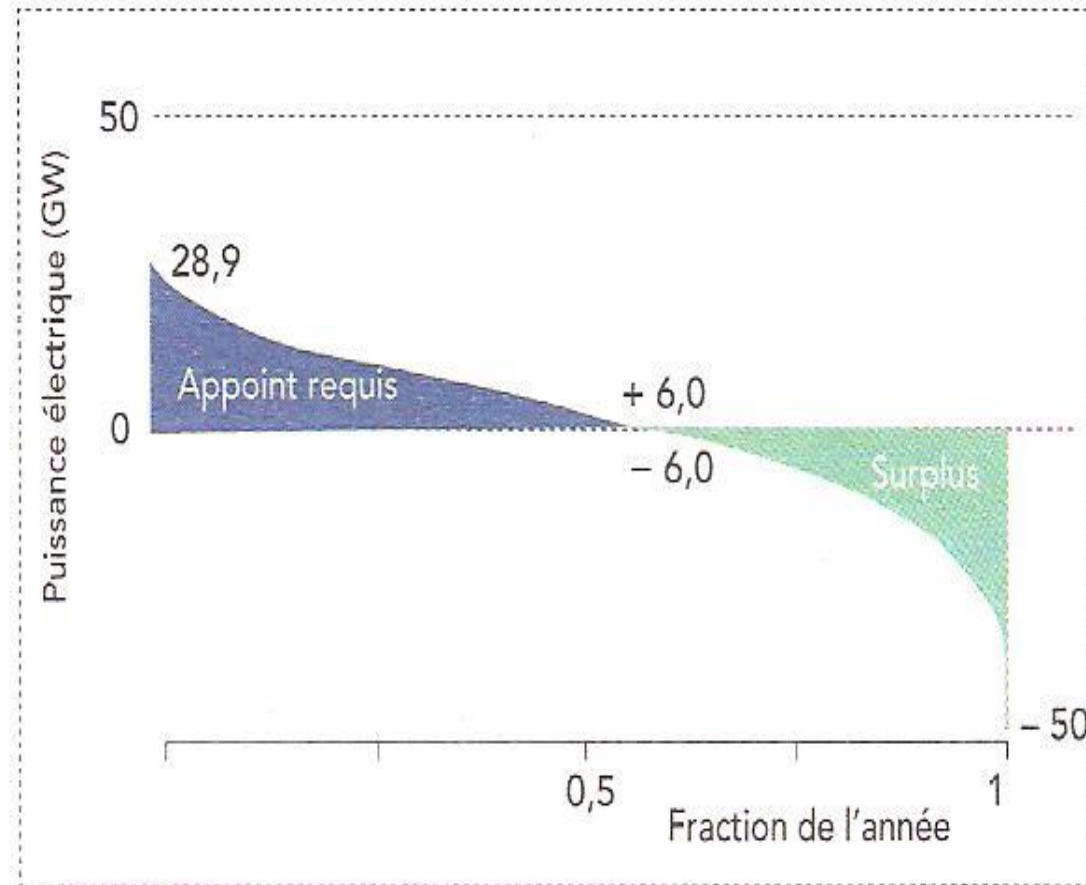


4. Monotone de la charge à fournir par EnRi et fossiles



Source: Grand, Lebrun, Vidil *La Revue de l'Energie* N°619, 2014

6. Monotone résultante après apport des EnRi



Source: Grand, Lebrun, Vidil *La Revue de l'Energie* N°619, 2014

Merci de votre attention