PAREMA

Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

Partenariat Energétique Maroco-Allemand (PAREMA)

Ecole d'été : « Implication de la société civile dans la transition énergétique »

Renforcement des capacités de la société civile marocaine dans le domaine de la politique de l'énergie

16-19 Juillet 2018 / Hotel Terminus / Rabat, Maroc

GERMANWATCH

https://www.facebook.com/SecretariatPAREMA/
https://www.energypartnership.ma/

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

PAREMA

Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

Introduction au secteur de l'énergie

GERMANWATCH

https://www.facebook.com/SecretariatPAREMA/
https://www.energypartnership.ma/

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

PAREMA
Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

Sommaire

1. L'énergie
   - Qu'est-ce que l'énergie? Comment la mesurer?
   - Quelles sont les formes d'énergie?
2. Quels sont les liens entre le secteur de l'énergie et le climat?
3. Le rôle de la démarche prospective dans le secteur énergétique

PAREMA

Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

1. L'énergie

GERMANWATCH

https://www.facebook.com/SecretariatPAREMA/
https://www.energypartnership.ma/

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Qu'est-ce que l'énergie?

- "Energeia" mot grecque (ἐνέργεια) qui signifie „force en action"
- 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.
- concept qui date du XIXème siècle – relativement jeune (Auteur: Thomas Young – 1807)

PAREMA
Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

Qu'est-ce que l'énergie?

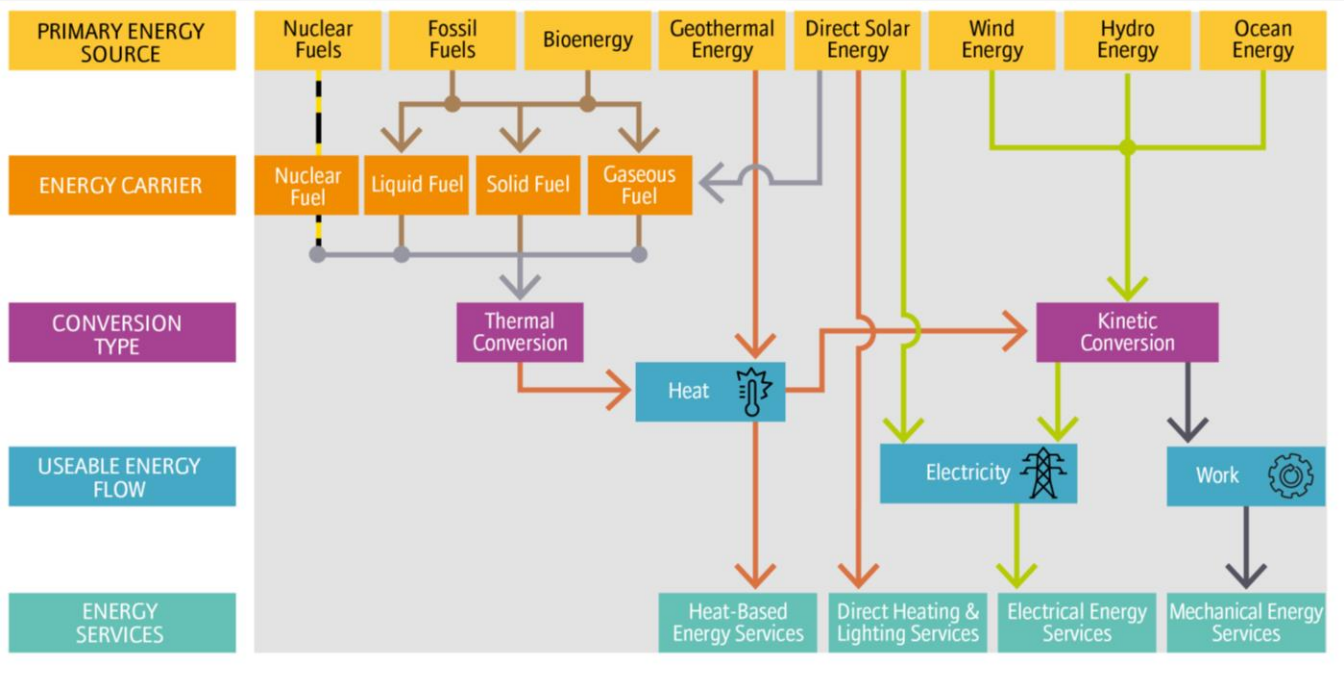
Jusqu'à il y a environ 500 000 ans, la seule énergie libre à la disposition de l'homme était sa propre énergie.

Puis sont ensuite venus le feu, l'énergie animale domestiquée, éolienne (cinétique), hydraulique, thermique, chimique, électrique, nucléaire, solaire, etc.

PAREMA
Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

Qu'est-ce que l'énergie?

Les différentes formes



GERMANWATCH

https://www.facebook.com/SecretariatPAREMA/
https://www.energypartnership.ma/

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

PAREMA
Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

Comment mesurer l'énergie?

- **Unité internationale**: le Joule [J]. Celui-ci s'inscrit dans un système global appelé Système international d'unités (SI).
- **Diversité d'unités** propres aux vecteurs et sources énergétiques: tonnes équivalent-pétrole (tep), kWh, BTU (gaz), calories (chaleur, froid)
- **Quelques ordres de grandeur :**
  - Production annuelle d'une centrale à charbon de 500 MW: ~3 **TWh** (térawattheures)
  - Une éolienne d'une puissance de 2 MW produit environ 5000 MWh ➔ 5 **GWh** par an
  - Un frigo de qualité moyenne consomme environ 500 **kWh** par an
  - Une ampoule de 60W allumée 3h par jour consomme 180 Wh par jour et 65,7 **kWh** par an
- Les **conversions :**
  - **1 kWh =** 3600 kilojoules (kJ)
  - 1 **tep** = 11,63 MWh (1 Mtep = 11,63 TWh)
  - 1 MWh = 0,088 Tep

PAREMA
Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

Comment mesurer l'énergie?

Appareil	Fréquence d'utilisation	Période d'utilisation	Puissance (en watts)	Consommation (en kWh)
Téléviseur LCD	3h par jour	365 jours	100	**109,5 kWh**
Téléviseur Plasma	3h par jour	365 jours	250	**274 kWh**
Réfrigérateur	24h par jour	365 jours	40	**350 kWh**
Aspirateur	2h par semaine	52 semaines	1500	**150 kWh**
Lave-vaisselle	10h par semaine	52 semaines	1200	**625 kWh**
Lave-linge	10h par semaine	52 semaines	2200	**1150 kWh**
Four à micro-ondes	5 mn par jour	365 jours	1300	**40 kWh**
Four	30 mn par jour	365 jours	2000	**365 kWh**
Ordinateur portable	2h par jour	365 jours	30	**22 kWh**
Ordinateur de bureau	24h par jour	365 jours	90	**790 kWh**
Chargeur de téléphone portable	1h par jour	365 jours	5	**2 kWh**
Ampoule à incandescence	5h par jour	365 jours	60	**110 kWh**
Ampoule basse consommation	5h par jour	365 jours	12	**22 kWh**

GERMANWATCH

https://www.facebook.com/SecretariatPAREMA/
https://www.energypartnership.ma/

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Puissance et énergie produite

- **Energie produite = puissance x temps**
- Une centrale de 5 MW produisant une heure à pleine capacité produit… 5 MWh (mégawattheures)
- Une ampoule de 70W allumée pendant 3 heures consomme …

- **Capacité et production d'électricité :**
  - **Puissance nominale d'une installation (puissance crête)**
  - **Facteur de charge (énergie effectivement produite / production théorique maximale)**

  - **Production = Puissance nominale x 8760 heures x facteur de charge**

- Exemple : une centrale à charbon de 500 MW avec un FC de 50 % :
  - **500 x 8760 x 0,5 = 2 190 000 MWh (21902 GWh)**
- Exemple : une éolienne de 2 MW avec un facteur de charge de 30 %:
  - **2 x 8760 x 0,3 = 5 256 MWh (5,3 GWh)**

PAREMA
Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

Energie primaire, secondaire et finale

Energie primaire:

- Une source d'énergie extraite d'une ressource naturelle, directement exploitable

Energie secondaire:

- Énergie obtenue en transformant ou en opérant une conversion d'une source primaire (essence, gasoil)

Energie finale.

- Énergie livrée à l'utilisateur, avant sa consommation, prête pour son utilisation finale

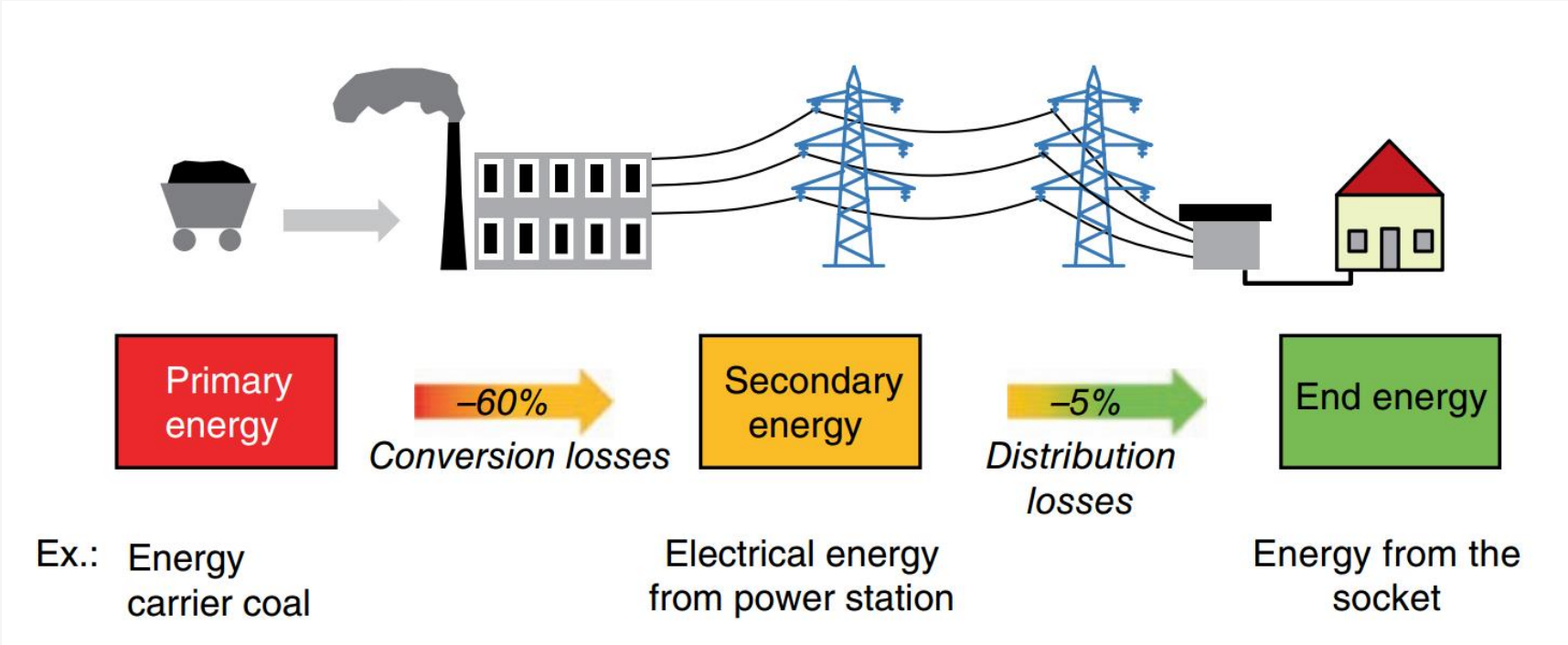
GERMANWATCH

https://www.facebook.com/SecretariatPAREMA/
https://www.energypartnership.ma/

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

PAREMA
Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

Energie primaire, secondaire et finale



GERMANWATCH

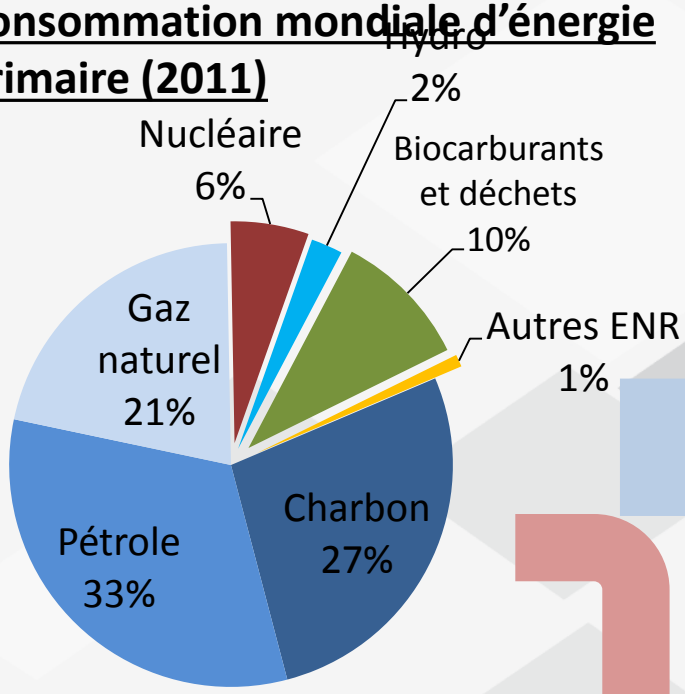
https://www.facebook.com/SecretariatPAREMA/
https://www.energypartnership.ma/

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

PAREMA
Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

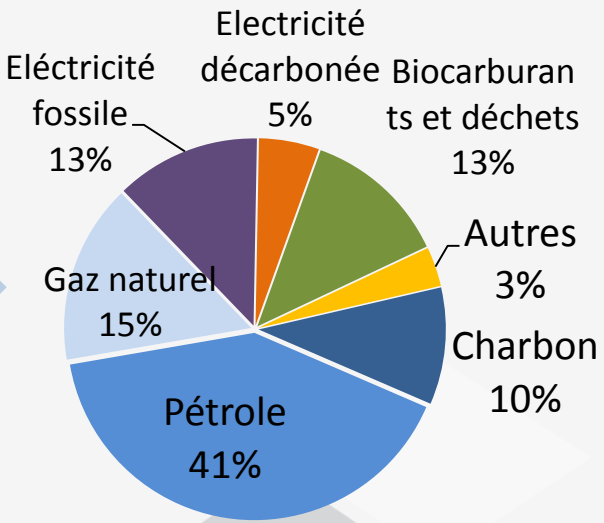
L'énergie dans le monde

Consommation mondiale d'énergie primaire (2011)



12720 millions de Tep

Conso. mondiale d'énergie finale



8920 millions de Tep

Pertes de transformation

Source: IEA 2013

GERMANWATCH

https://www.facebook.com/SecretariatPAREMA/
https://www.energypartnership.ma/

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

PAREMA

Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

2. Quels sont les liens entre le secteur de l'énergie et le climat?

GERMANWATCH

https://www.facebook.com/SecretariatPAREMA/
https://www.energypartnership.ma/

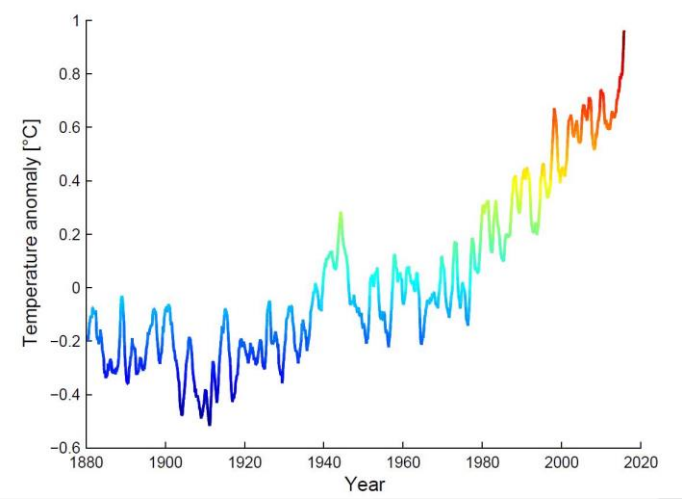
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

PAREMA
Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

Quels sont les liens entre le secteur de l'énergie et le climat?

- Définition du climat:

Situation moyenne de la météo sur une région donnée, et cette moyenne est calculée sur un minimum de 30 ans.



Augmentation de la température moyenne globale entre janvier 1880 et mars 2016 Source : NASA

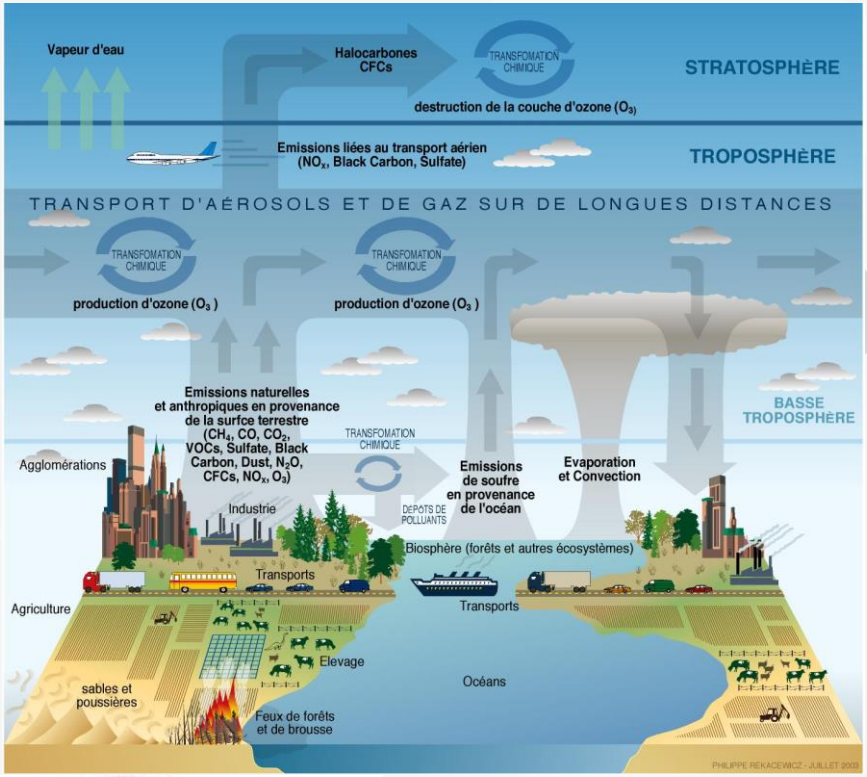
GERMANWATCH

https://www.facebook.com/SecretariatPAREMA/
https://www.energypartnership.ma/

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

PAREMA
Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

Quels sont les liens entre le secteur de l'énergie et le climat?



Effet de serre sévèrement augmenté par l'Homme, surtout depuis le XIXème siècle

GERMANWATCH

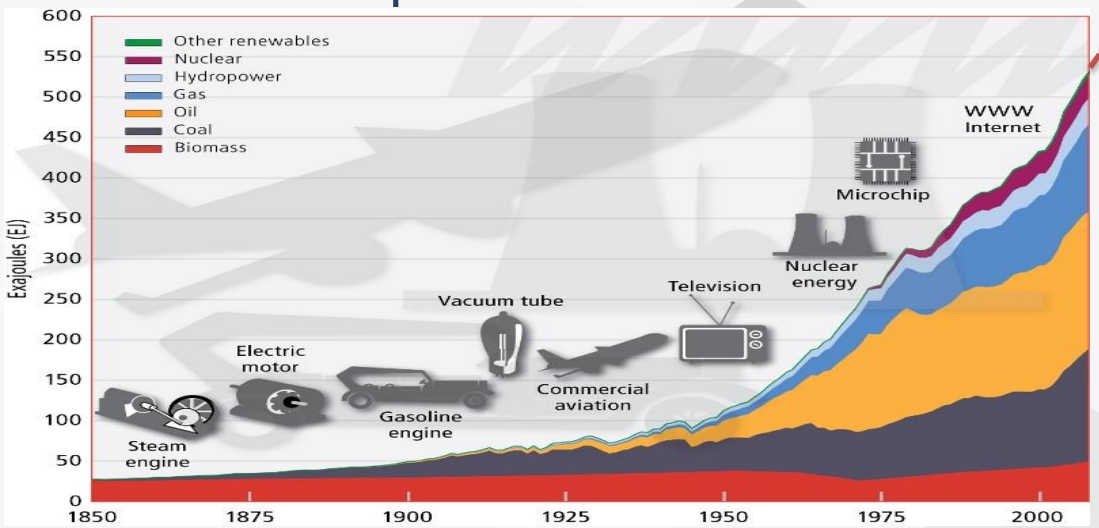
https://www.facebook.com/SecretariatPAREMA/
https://www.energypartnership.ma/

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

PAREMA
Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

La croissance de la demande énergétique

- explosion de la consommation d'énergie depuis l'industrialisation ?
- Doublement entre 1970 et 2010 ;
- Quels futurs probables et souhaitables ?



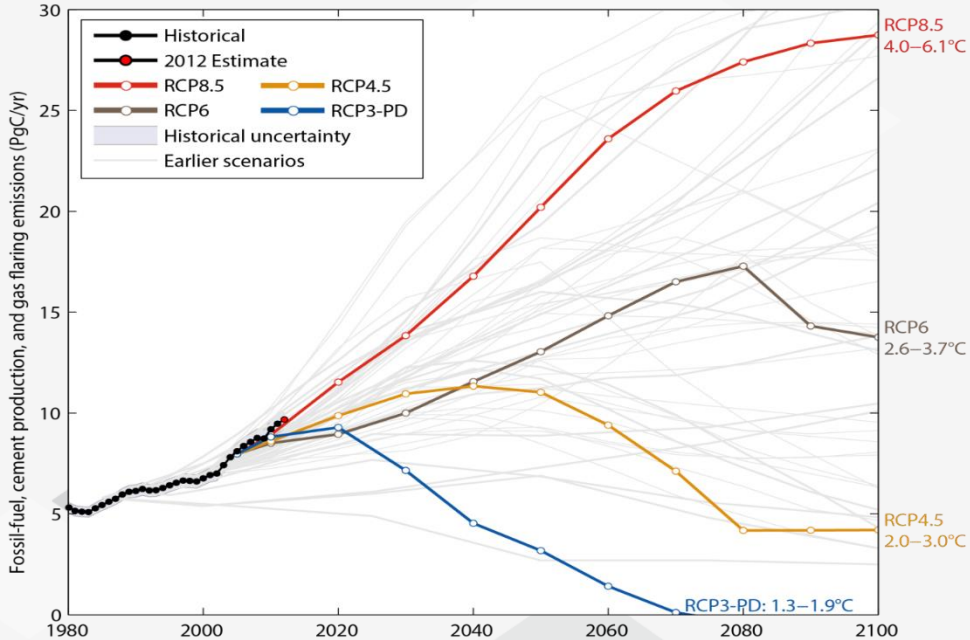
GERMANWATCH

https://www.facebook.com/SecretariatPAREMA/
https://www.energypartnership.ma/

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

PAREMA
Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

Scénarios d'émissions et élévations de la température



- 4 à 6,1°C
- 2,6 à 3,7°C
- 2 à 3°C
- 1,3 à 1,9°C

Global Carbon Budget 2012

Objectif d'un monde « 2°C » : diviser par 2 les émissions mondiales par rapport à 1990, par 4 dans les pays industrialisés

GERMANWATCH

https://www.facebook.com/SecretariatPAREMA/
https://www.energypartnership.ma/

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

PAREMA
Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

Quels sont les liens entre le secteur de l'énergie et le climat?

Les raisons du changement climatique anthropologiques sont nombreuses, et sont toutes (ou presque) liées à l'évolution de l'énergie:

… plus de deux siècles d'industrialisation

… croissance démographique

… hausse du niveau de vie

… croissance économique

… agriculture industrielle

… déforestation

… utilisation des sols

… combustion des énergies fossiles …

GERMANWATCH

https://www.facebook.com/SecretariatPAREMA/
https://www.energypartnership.ma/

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

PAREMA
Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

Quels sont les liens entre le secteur de l'énergie et le climat?

Les impacts du changement climatique sont nombreux et de plus en plus dangereux:

- Augmentation de la température
- Pour les zones humides: des précipitations plus denses
- Pour les zones sèches: plus de sécheresses et de canicules
- Ouragans plus fréquents et plus intenses
- Fonte des glaces
- Montée du niveau de la mer

https://climate.nasa.gov/interactives/climate-time-machine

PAREMA

Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

Montée des océans

- Submersions
- Catastrophes naturelles
- Infiltration du sel dans les terres

Météo

- Sécheresses ou inondations selon les régions
- Evènements météorologiques extrêmes de plus en plus fréquents et plus violents

Biodiversité

- Disparition de centaines d'espèces animales
- Disparition d'espèces végétales

Agriculture difficile

Déplacements de population

Maladies

Pénurie d'eau

Dégâts matériels et économiques

Perte de vies humaines

GERMANWATCH

https://www.facebook.com/SecretariatPAREMA/
https://www.energypartnership.ma/

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

PAREMA

Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

3. Le rôle de la démarche prospective dans le secteur

GERMANWATCH

https://www.facebook.com/SecretariatPAREMA/
https://www.energypartnership.ma/

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Comprendre la prospective

- **Prospective ≠ Prévision**
- Partir du passé (évolutions structurelles) et du présent (contextualisation des enjeux, aspirations) pour **explorer les futurs possibles**
  - **Visions normatives / visions tendancielles**
- Gaston Berger : *« Demain est moins à découvrir qu'à inventer »*
- Outil pour le débat public et **aide à la décision** : la prospective ne peut pas se substituer « au politique » mais contribue à en explorer les conséquences (probables)

PAREMA
Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

La prospective de l'énergie

- Partir de visions qualitatives pour les mettre en scène sous forme chiffrée
  ➔ trajectoires et scénarios
- Tester la **cohérence** et la faisabilité des visions normatives : identifier les implications et leviers d'action
- **<u>Différentes approches</u>**: back-casting, exploratoire, modèle intégré, top-down / bottom-up, niveaux de précision, etc.

IDDRI
SciencesPo.
CONTRIBUTION AU DÉBAT NATIONAL SUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

WORKING PAPER
N°09/13 JUIN 2013 · CLIMAT

Scénarios de transition énergétique pour la France : définir un espace de discussion pour le débat

Elie Bellevrat, Andreas Rüdinger, Michel Colombier, Emmanuel Guérin (Iddri)

PROPOSER DES VISIONS MOBILISATRICES

L'élaboration d'un scénario n'est pas un exercice de prévision, mais d'exploration des futurs possibles. En tant qu'exercices chiffrés, les scénarios énergétiques permettent de traduire de manière quantitative différentes visions ou aspirations normatives. Ils « mettent en scène » les choix réalisés et assurent la cohérence de récits parfois très contrastés, permettant ainsi d'étudier la faisabilité et les impacts de ces « visions mobilisatrices » sur les plans technique, économique, social et environnemental. Enfin, ils permettent d'identifier les leviers d'action nécessaires pour la réalisation de ces visions, et des objectifs qui y sont associés, notamment en termes de politiques publiques.

LA QUESTION DE L'INCERTITUDE, DÉFI MAJEUR POUR LA MODÉLISATION

En raison des incertitudes techniques, économiques et industrielles inhérentes aux différents horizons de temps visés, l'interprétation des bilans chiffrés (énergétiques, économiques, environnementaux) des scénarios est souvent complexe. Une attention particulière doit par conséquent être portée à la cohérence des récits et à la compréhension des hypothèses utilisées et de leurs effets structurants sur les scénarios. L'effort de transparence requis par un débat ouvert sur la transition énergétique doit donc permettre de mettre en lumière ces composants structurels des scénarios, ainsi que les avantages et limites des approches de modélisation utilisées,

[Etude IDDRI]

GERMANWATCH

https://www.facebook.com/SecretariatPAREMA/
https://www.energypartnership.ma/

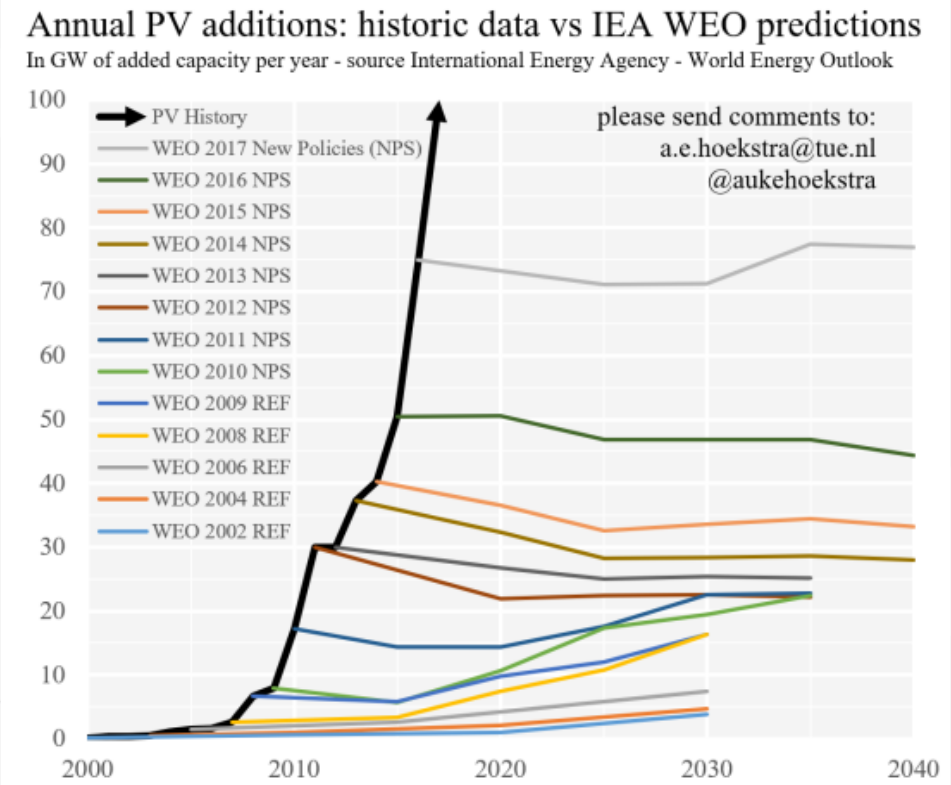
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Incertitude et résilience

- Keynes : « *A long terme nous serons tous morts* »
- **La cohérence des scénarios reste très dépendante des hypothèses sous-jacentes :**
  - Evolution des prix des énergies fossiles ? Hypothèses sur les ressources disponibles ?
  - Evolution des coûts des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique ?
  - Maturité des technologies innovantes : CCS, stockage, hydrogène ?
- **Résilience et tests de sensibilité ➔ *efficiency first***

PAREMA
Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

Illustration : l'essor du solaire PV dans le monde



GERMANWATCH

https://www.facebook.com/SecretariatPAREMA/
https://www.energypartnership.ma/

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

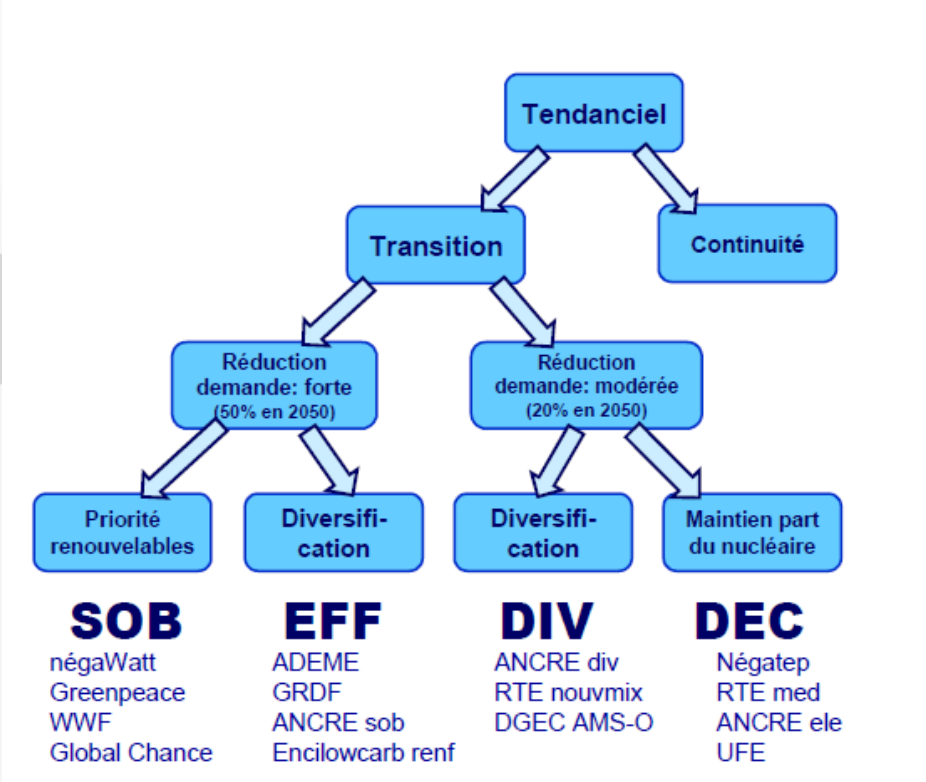
La prospective : conclusions

- **Prospective ≠ prévision** : il n'y a pas un scénario « parfait » ➔ explorer les futurs
- Un outil de débat et d'aide à la décision très utile **à condition de considérer ses limites**
- **Ne pas se focaliser sur les seuls résultats** : mettre en débat les hypothèses sous-jacentes et le fonctionnement des modèles
- **La logique participative** : l'élaboration collective des hypothèses (ou scénarios) comme outil de production d'une vision plus consensuelle

PAREMA
Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

L'usage des scénarios dans le débat français

- définition de 4 trajectoires à partir des 16 scénarios des acteurs, en fonction des choix structurants :
- Évolution de la consommation d'énergie
- Choix sur le nucléaire et l'électrification
- Prise en compte de la sobriété énergétique



GERMANWATCH

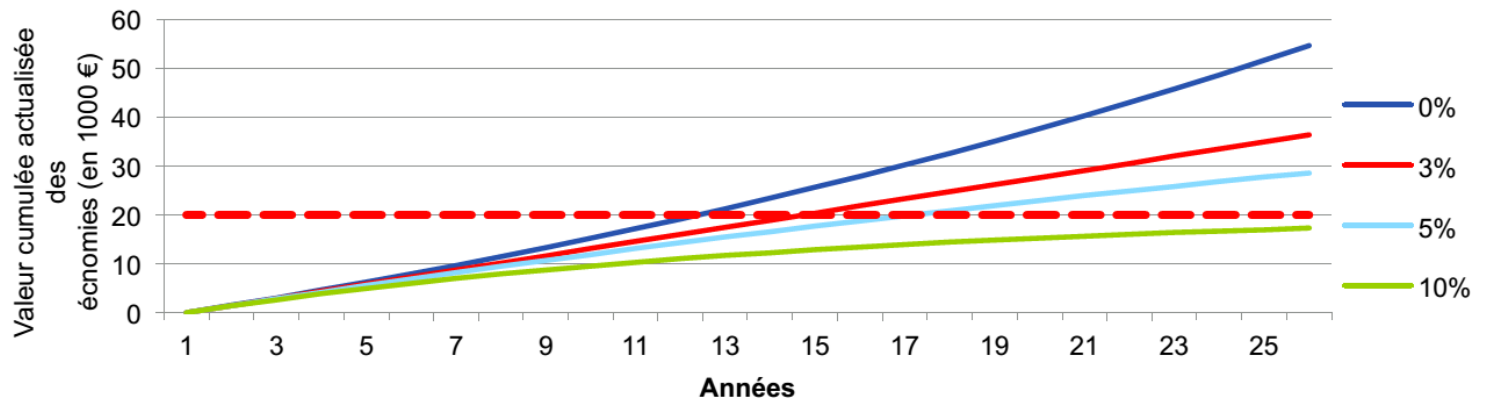
https://www.facebook.com/SecretariatPAREMA/
https://www.energypartnership.ma/

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

PAREMA
Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

Taux d'actualisation et préférence pour le présent

Figure 2. Impact du taux d'actualisation sur la rentabilité des investissements de rénovation énergétique



- le taux d'actualisation représente une variable clé (et souvent mal comprise) des modèles économiques : un taux d'actualisation élevé conduit à réduire les bénéfices et coûts futurs
- **➔ focalisation sur le court terme**

GERMANWATCH

https://www.facebook.com/SecretariatPAREMA/
https://www.energypartnership.ma/

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

PAREMA

Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

Merci pour votre attention!

Des questions?

GERMANWATCH

https://www.facebook.com/SecretariatPAREMA/
https://www.energypartnership.ma/

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

PAREMA
Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

Sources

- *Pictures*:
- Andreas Hannusch. CC BY-SA 3.0. https://de.wikipedia.org/wiki/Tagebau#/media/File:Tagebau_Zwenkau.jpg
- Arne Müseler. arne-mueseler.de. CC-BY-SA-3.0. https://de.wikipedia.org/wiki/Nuklearkatastrophe_von_Tschernobyl#/media/File:Tschernobyl_2013_1.jpg
- Cook, C. (2016): A Map to 100% Renewable Electricity. https://www.linkedin.com/pulse/map-100-renewable-electricity-charlie-cook
- Energyeducation (2017): http://energyeducation.ca/encyclopedia/Total_primary_energy_supply#cite_note-1
- Energyfreedomco (2017): http://www.energyfreedomco.org/figs/elec-grid.gif
- Etrical (2016): Load Curve and Load Duration Curve.https://etrical.blogspot.de/2016/07/load-curve-and-load-duration-curve.html
- FrancoisDM (2011): https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Different_energy_forms_(EC).png
- Justin Stahlmann. CC-BY-2.0. https://de.wikipedia.org/wiki/Prypjat_(Stadt)#/media/File:Pripyat_-_Bumper_cars.jpg
- PJM (2017): How Energy Use Varies with the Seasons. https://learn.pjm.com/three-priorities/keeping-the-lights-on/how-energy-use-varies.aspx
- Plugincars (2014): Electric Vehicles and the Smart Grid. http://www.plugincars.com/guide-electric-vehicles-and-the-smart-grid.html
- Pulspower (2018): http://www.pulspower.com/cz/applications/energy/
- QCA Queensland Competition Authority (2017): Electricity Facts. http://www.qca.org.au/Electricity/Further-Info/Electricity-facts
- Raimond Spekking. CC BY-SA 4.0 (via Wikimedia Commons). https://de.wikipedia.org/wiki/Tagebau#/media/File:Tagebau_Garzweiler_Panorama_2005.jpg
- Shizhao. CC BY-SA 2.0. https://en.wikipedia.org/wiki/Wind_turbine#/media/File:%E8%A5%BF%E7%94%B8%E5%AD%90%E6%A2%81%E9%A3%8E%E8%BD%A6.jpg
- http://archives.lesechos.fr/archives/cercle/2015/11/12/cercle_143005.htm
- https://www.planete-energies.com/fr/medias/infographies/la-carte-mentale-des-energies?&xtmc=&xtnp=1&xtcr=3?&xtmc=&xtnp=1&xtcr=3?&xtmc=&xtnp=1&xtcr=3?&xtmc=&xtnp=1&xtcr=3?&xtmc=&xtnp=1&xtcr=3?&xtmc=&xtnp=1&xtcr=3?&xtmc=&xtnp=1&xtcr=3?&xtmc=&xtnp=1&xtcr=3?&xtmc=&xtnp=1&xtcr=3?&xtmc=&xtnp=1&xtcr=3?&xtmc=&xtnp=1&xtcr=3
- https://www.ptj.de/geschaeftsfelder/energie

GERMANWATCH

https://www.facebook.com/SecretariatPAREMA/
https://www.energypartnership.ma/

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

PAREMA
Partenariat énergétique Maroco-Allemand
Deutsch-Marokkanische Energiepartnerschaft

Sources

Littérature:

Bhattacharyya, S.C. (2011): Energy Economics. Cocepts, Issues, Markets and Governance. Springer.

IEA statistics (2017): Germany: Balances for 2014. http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?year=2014&country=GERMANY&product=Balances

Mertens, K. (2004): Photovoltaics. FUNDAMENTALS, TECHNOLOGY AND PRACTICE. Wiley.

REN21 (2017): Renewables Global Futures Report: Great debates towards 100% renewable energy. Paris.

Smil, V. (2006): Energy - a beginner's guide. Oneworld Publications. Oxford.

Yang, M. and Yu, X. (2015): Energy Efficiency. Benefits for Environment and Society. Springer.

Sites web:

https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/energie-energie-15884/

https://www.planete-energies.com/fr/medias/decryptages/l-energie-les-differentes-formes-d-energie

https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/energie

https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/energie-renouvelable-energie-secondaire-6936/