

Energies renouvelables et stockage, quelles sont les dernières innovations?

Michel FREMONT

SCIC IDEE - Bureau
d'études en coopérative

IDEE - Initiatives pour le
Développement de l'Efficacité
Énergétique

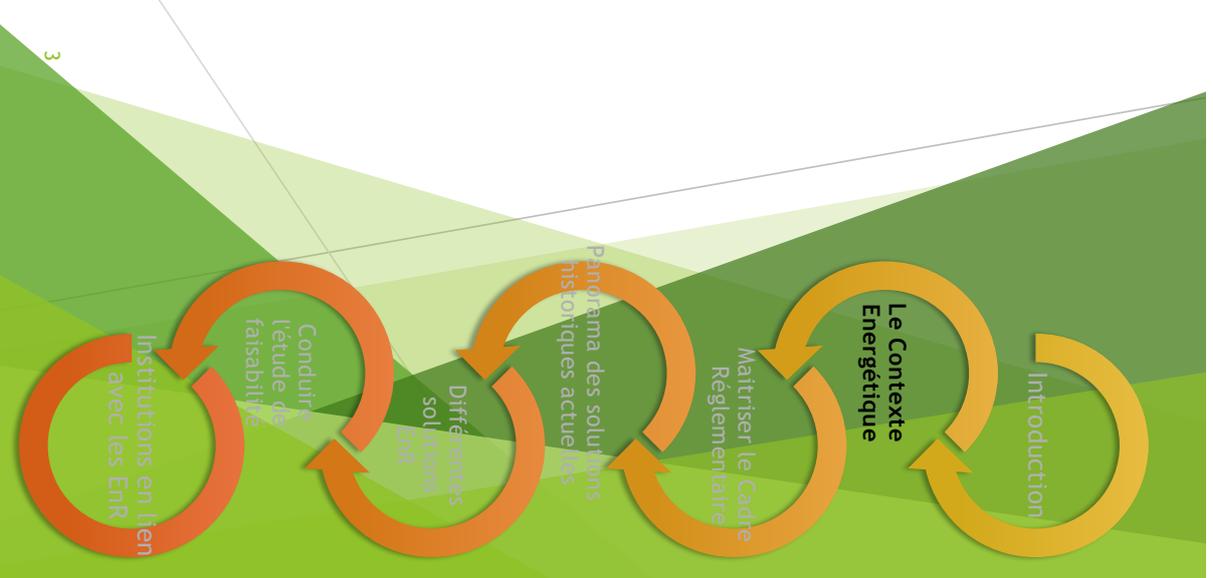
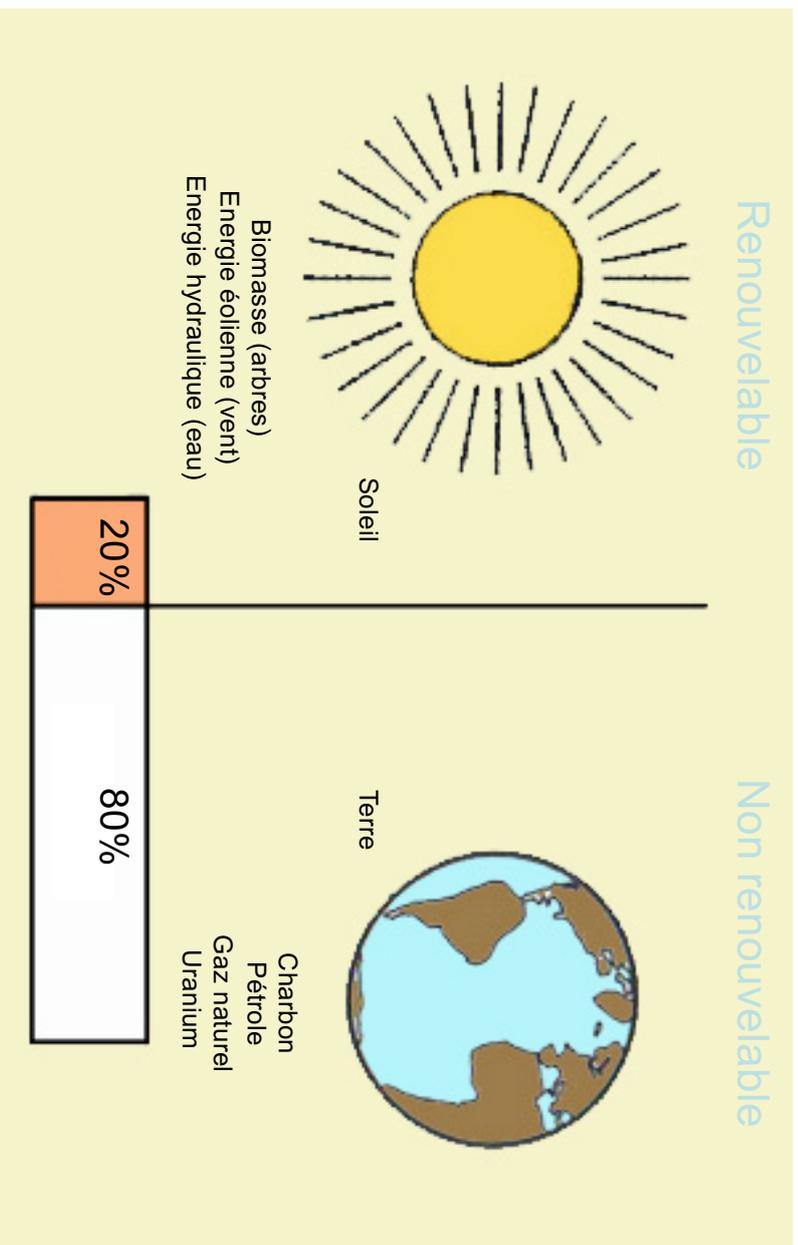
www.idee-energies.fr



Contexte Energétique



Consommation mondiale d'énergie :



Diminuer les consommations d'énergie

Quelle finalité ?

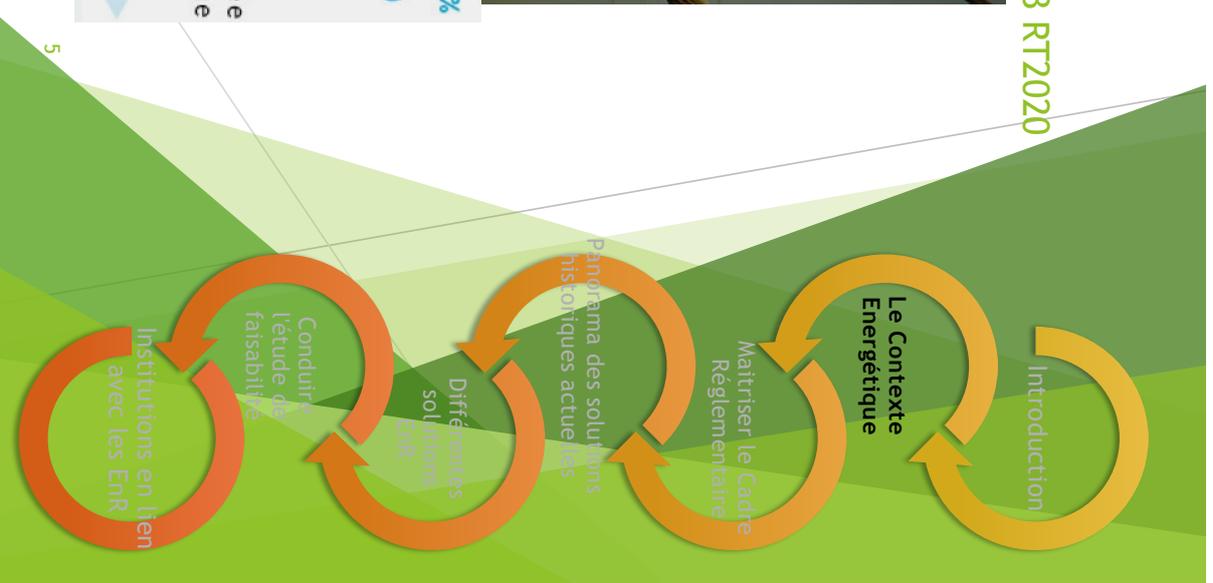
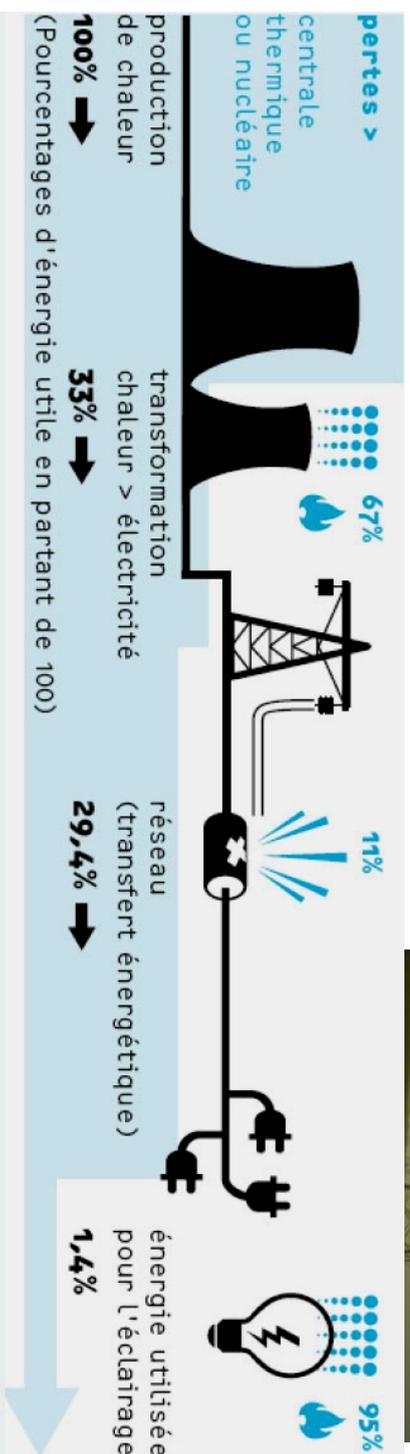
Quelles en sont les conséquences visibles ?

- ✎ L'énergie est une source de fragilité de l'équilibre mondial, provoquant crises politiques, économiques et guerres,
- ✎ La déresponsabilisation des individus conduit à des gâchis monumentaux
- ✎ Les inégalités s'accroissent entre les propriétaires du patrimoine de l'humanité et les autres...
- ✎ Le réchauffement climatique

ENERGIE PRIMAIRE

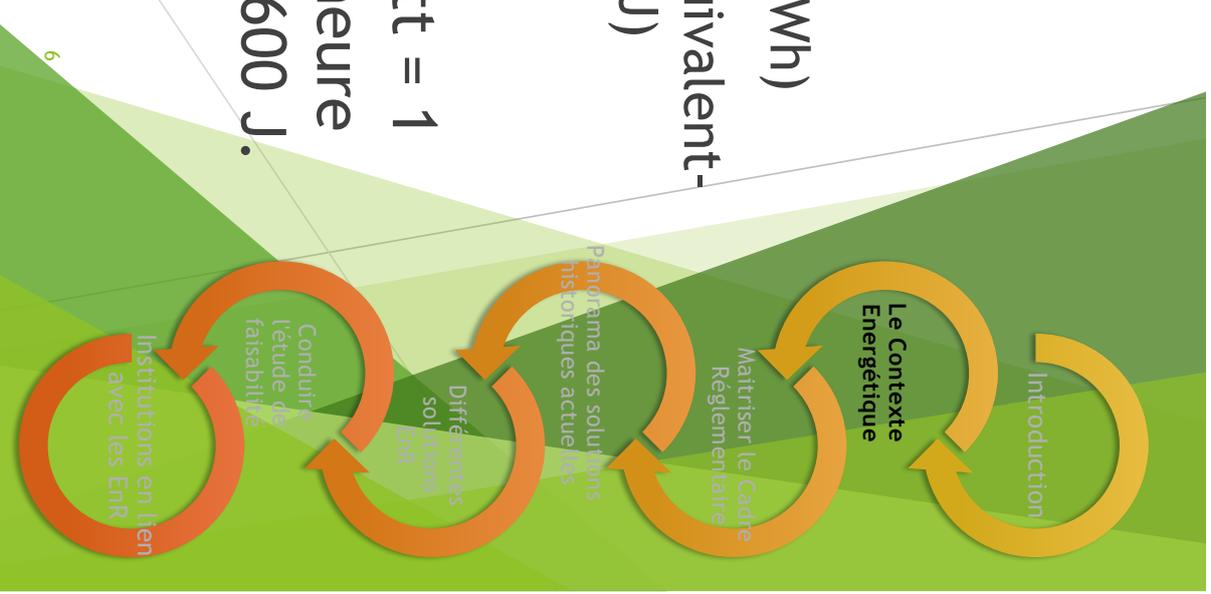
1 kWh d'énergie finale = 3 kWh d'énergie primaire (2,58 RT 2005/2012) - 2,3 RT2020

- ▶ En 2020, la consommation française d'énergie primaire a été de 252 Millions de tep alors que la consommation d'énergie finale atteignait seulement 158 Mtep.
- ▶ 93,5 Mtep ont été perdues dans la transformation et le transport de l'énergie entre son prélèvement dans la nature et sa mise à disposition des consommateurs.

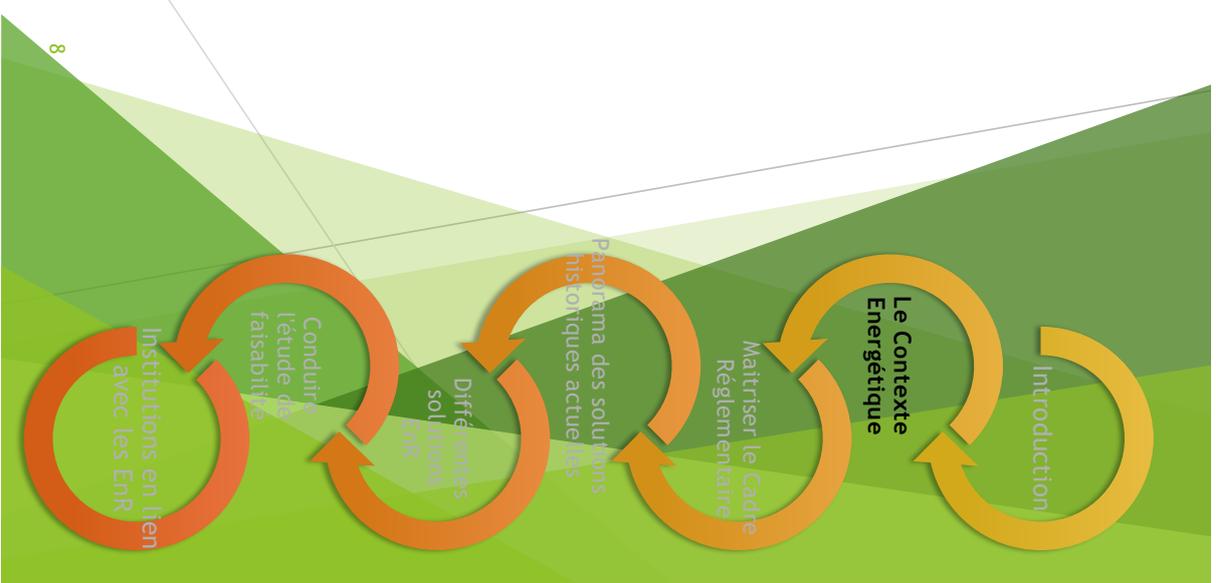
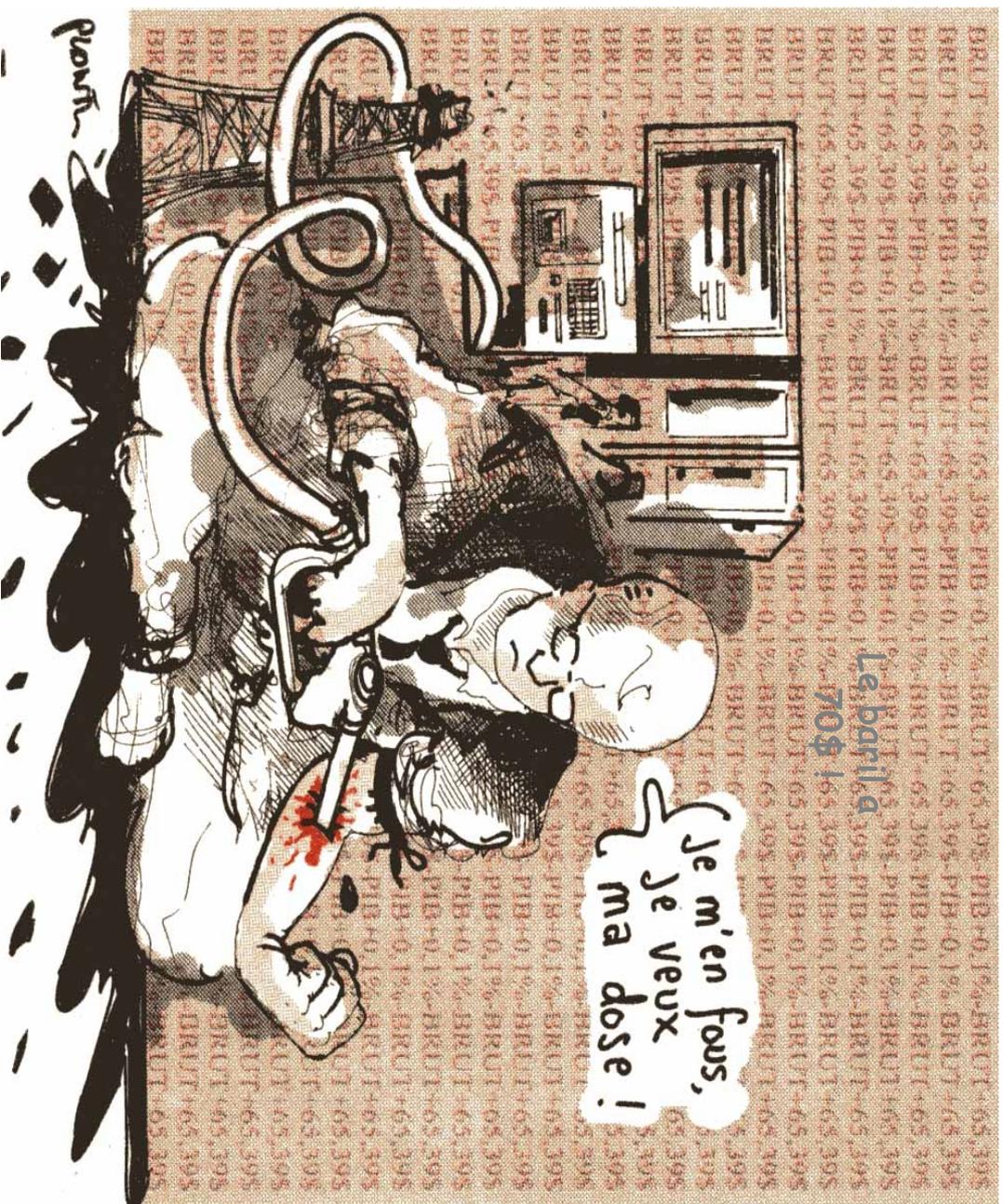


Energie et Puissance ?

- ▶ Unités courantes de l'énergie :
 - ▶ Le Joules et ses multiples : kJ, MJ, GJ,
 - ▶ Le kWh (kilowattheure) et ses multiples (MWh, GWh, TWh)
 - ▶ Et dans une société dépendante du pétrole, la tonne-équivalent-pétrole (tep) qui vaut 11 670 kWh par convention (42 GJ)
- ▶ PUISSANCE : équivalent à un débit d'énergie 1 Watt = 1 J/s. Une puissance d'1 Watt fournit pendant une heure correspond à une quantité d'énergie de 1 Wh ou 3600 J.



La consommation



L'énergie

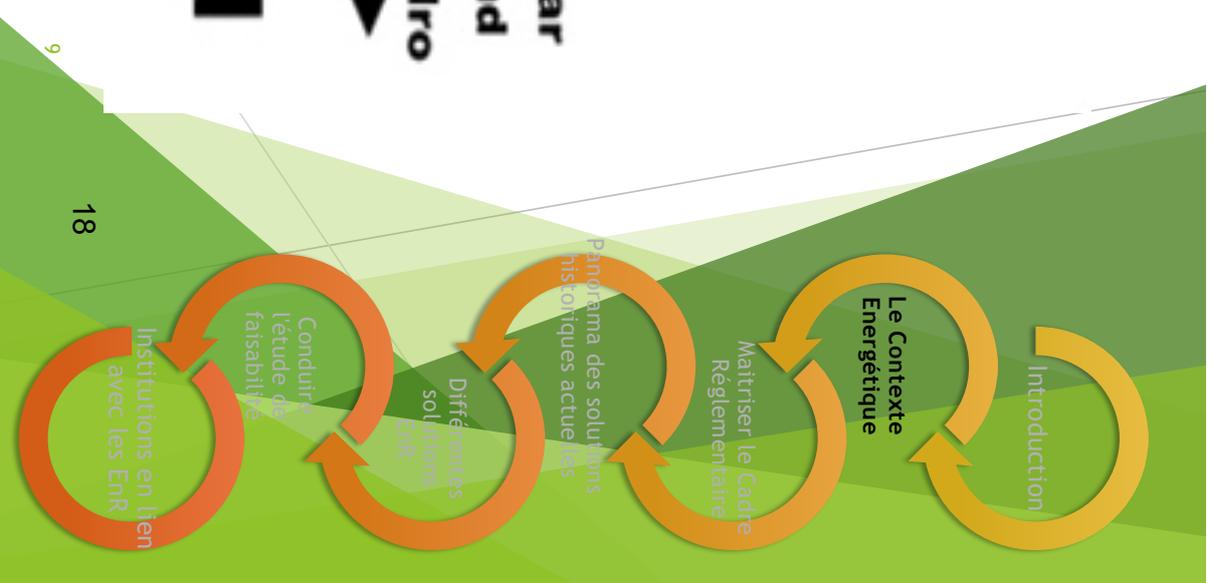
Get ready

We are here

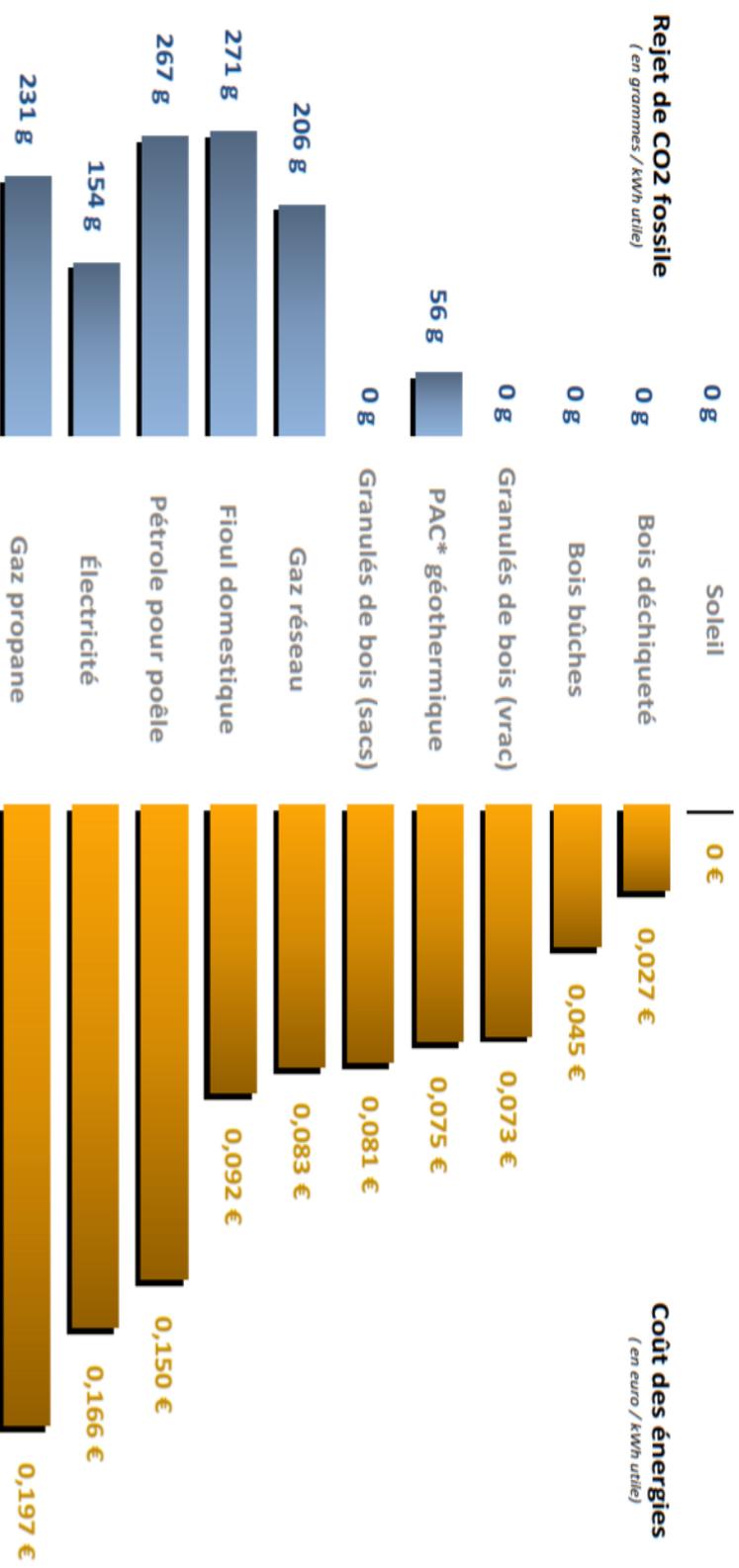
Agir...



for a low energy world



Prix des énergies

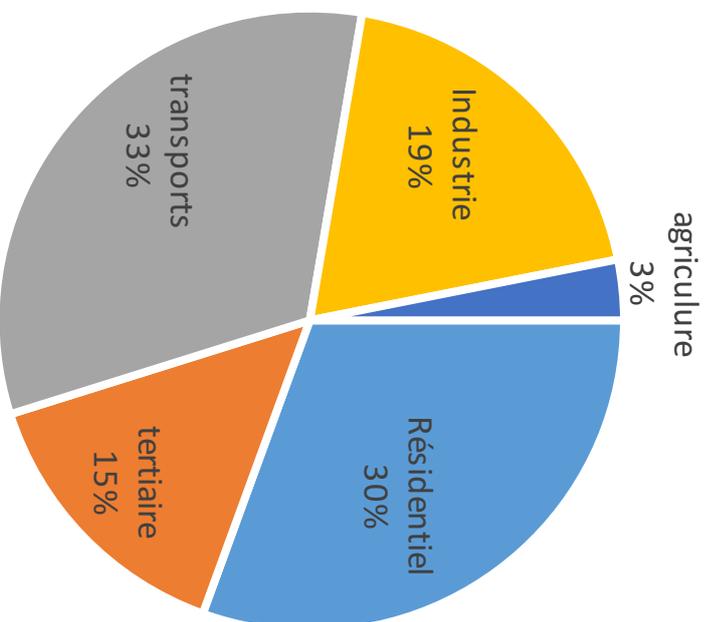


* PAC : Pompe à chaleur

Source : <https://www.ajena.org/ressources/argus-energie.htm>

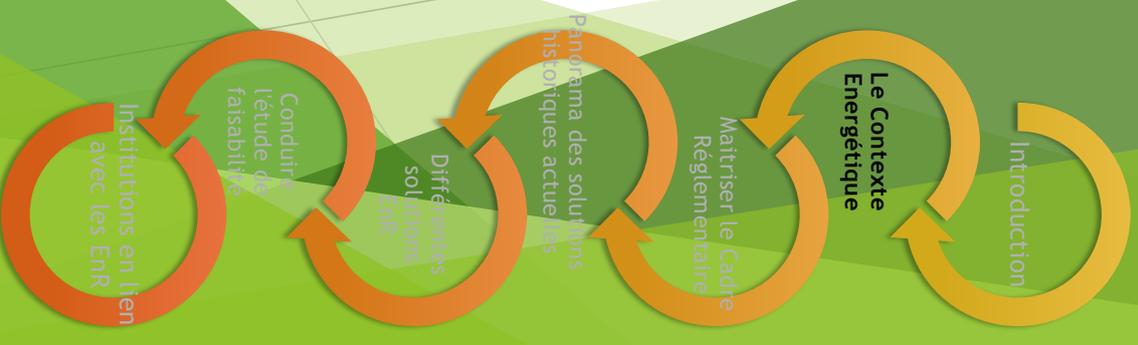
Consommation finale d'énergie par secteur

Consommation finale d'énergie par secteur

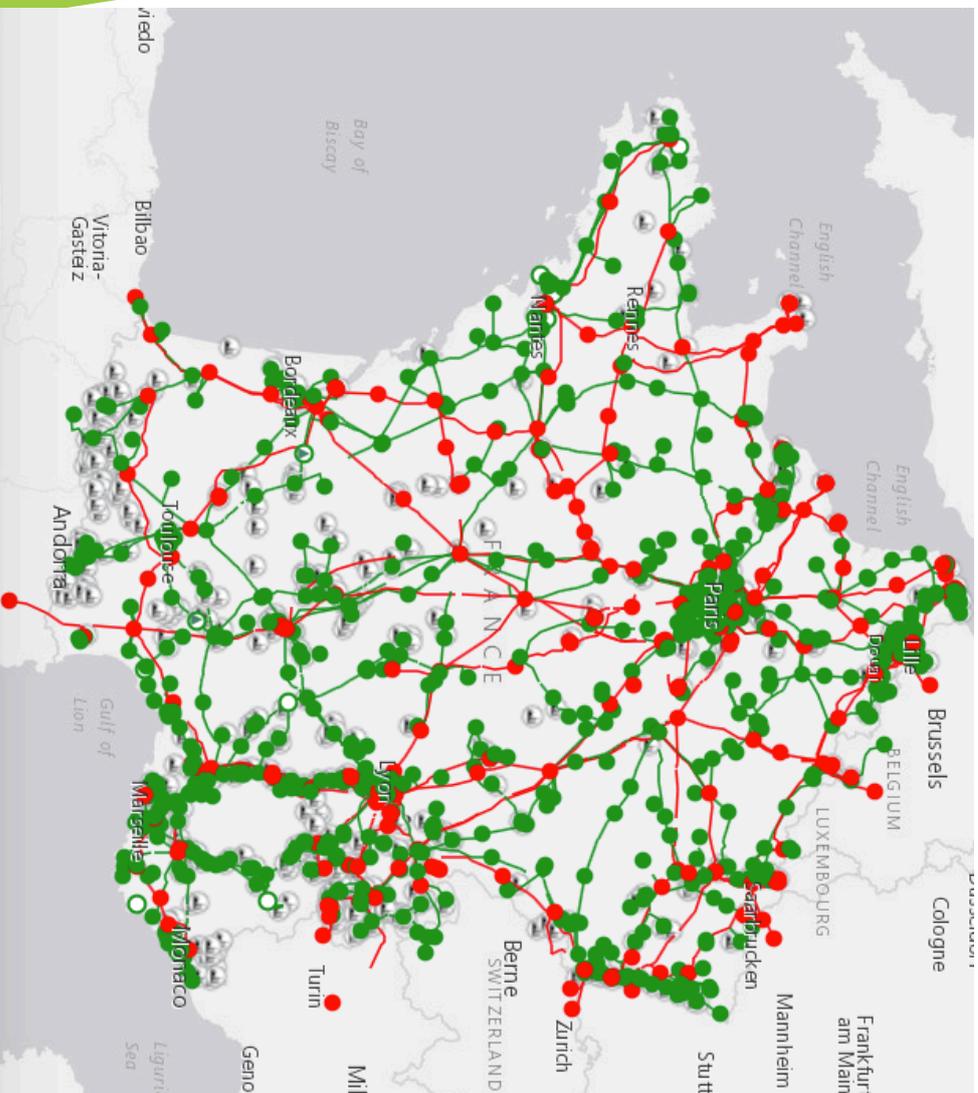


Bâtiment - 45%
1^{er} poste de consommation
énergétique en France

Calcul SOeS, d'après les sources par énergie - données 2020



Système de production Français



Source : RTE

Formation ENR - IPTIC - IDEE -

**Nucléaire : 58 tranches
sur 19 sites**

Charbon : 2 centrales

Fioul Vapeur : 4 centrales

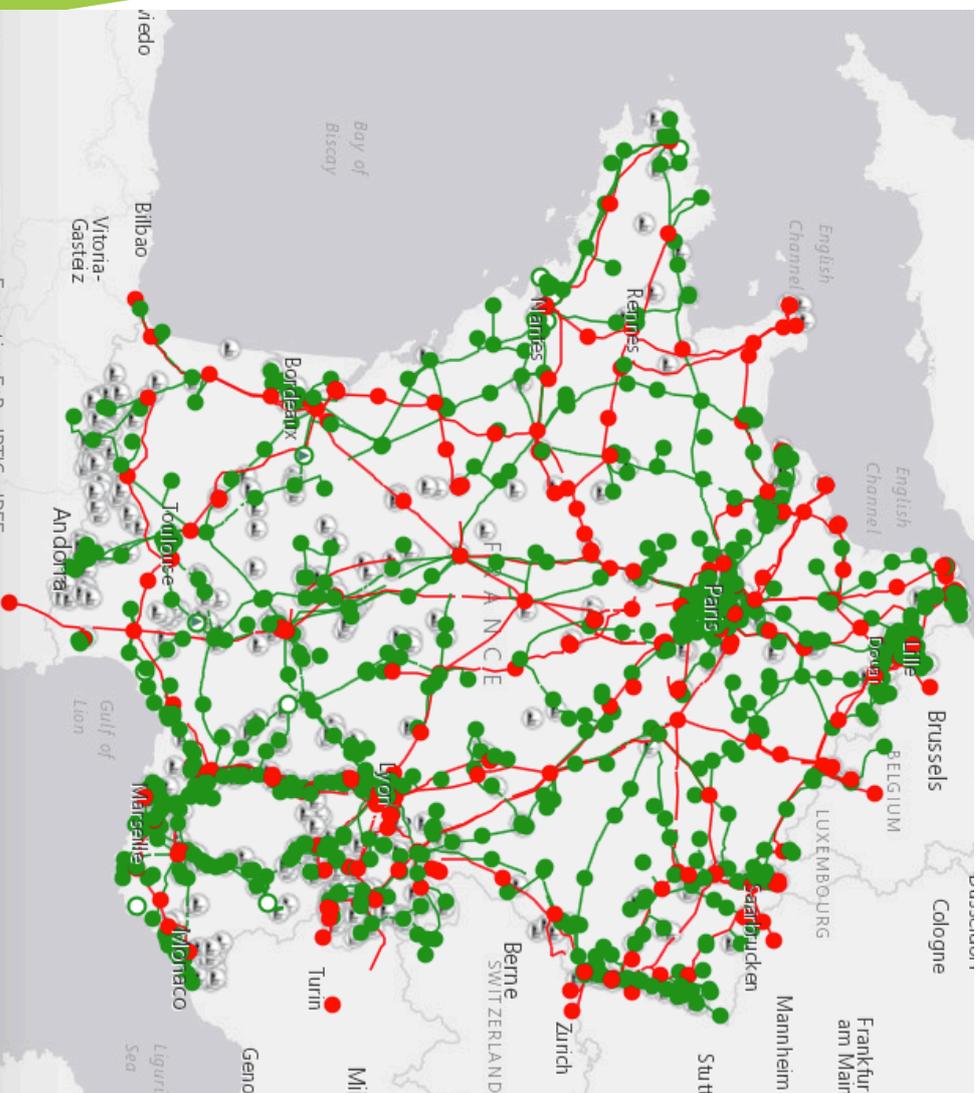
Turbine à combustion : 6

Cycles combinés Gaz : 10

Rapport au Parlement Programmation pluriannuelle
des investissements de production d'électricité
Période 2009 - 2020

Système de production Français

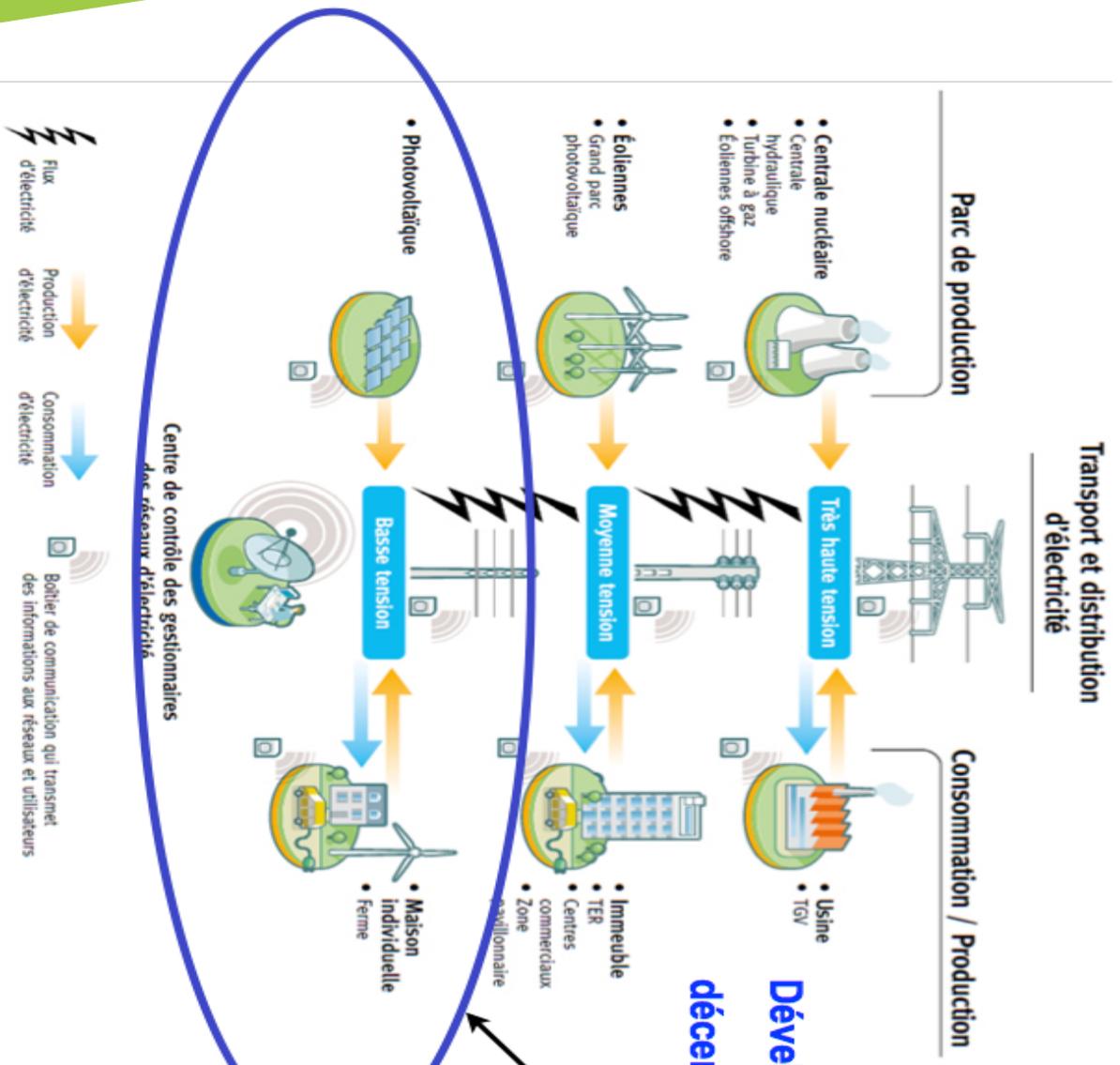
ENR



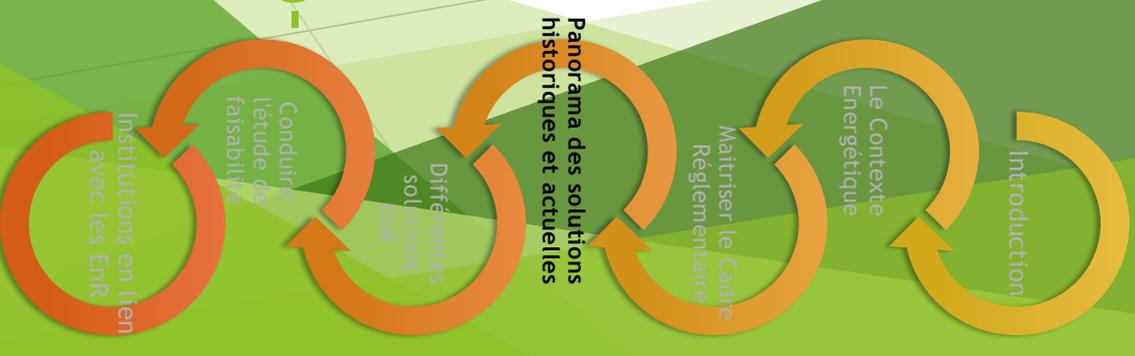
Source : RTE

Formation ENR - IPTTC - IDEE

Eolien : terre et mer
Photovoltaïque
Thermique
Petite Hydroélectricité
Géothermie
Pompe à Chaleur
Biogaz
Biocarburant
Dechets Urbains Renouvelables
Biomasse Solide
Solaire Thermodynamique
Energie Océanique
...



Le réseau électrique de l'avenir Micro-Grid - Smart Grid



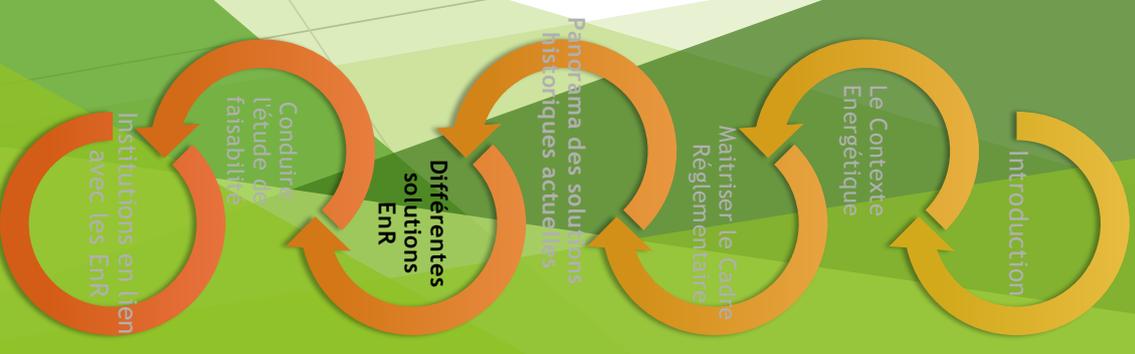
Description différentes solutions



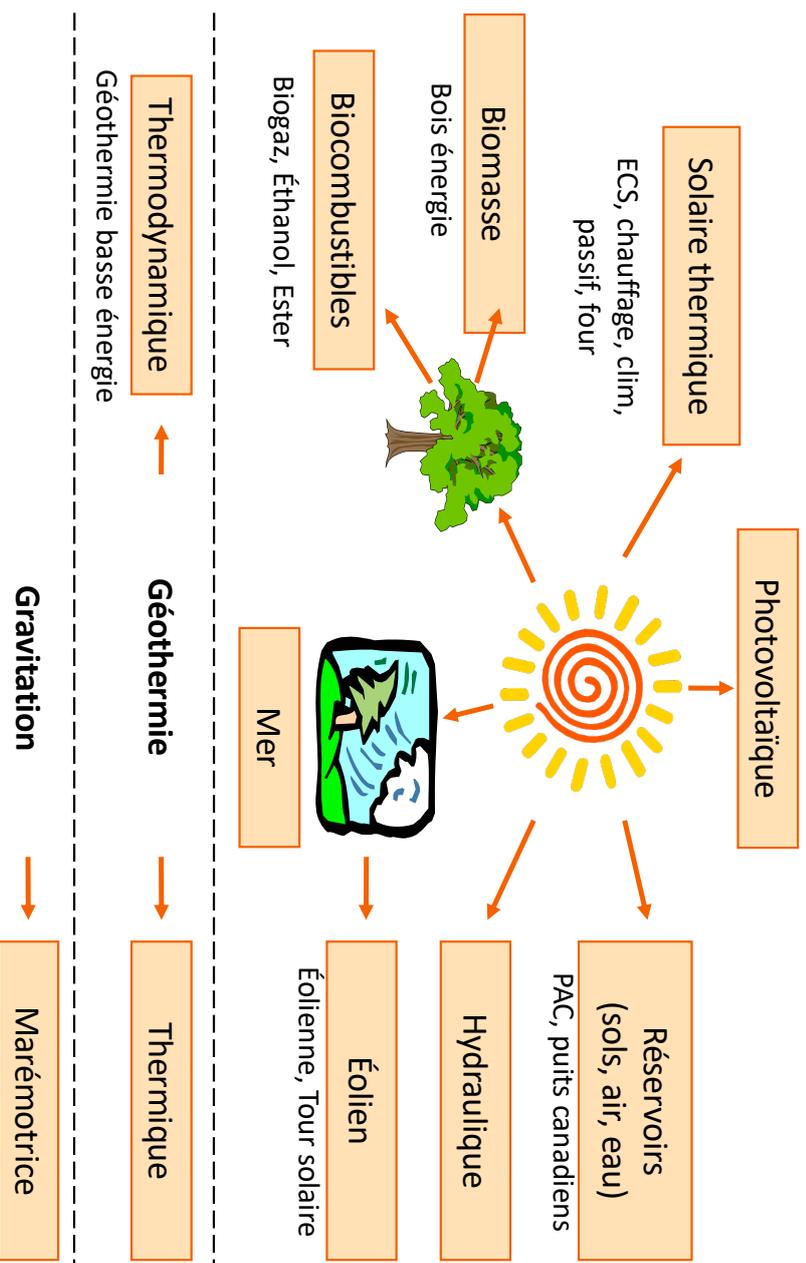
Différentes solutions ENR



Connaître et savoir utiliser les énergies renouvelables



Les Energies Renouvelables



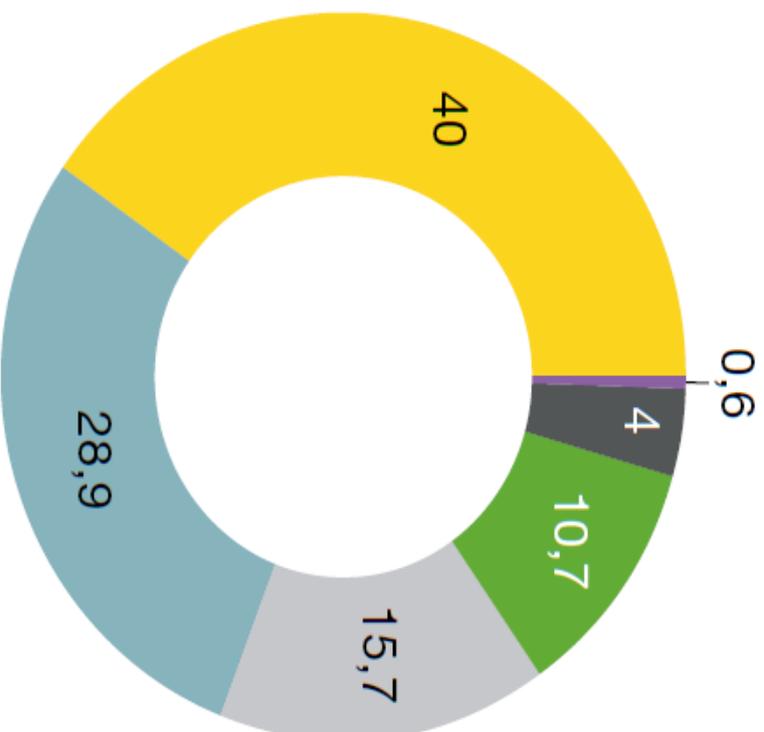
La répartition des énergies primaires en France

Source : DATALAB - Chiffres clés des énergies renouvelables

CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE PAR TYPE D'ÉNERGIE EN 2017

TOTAL : 251,4 Mtep

En % (données corrigées des variations climatiques)



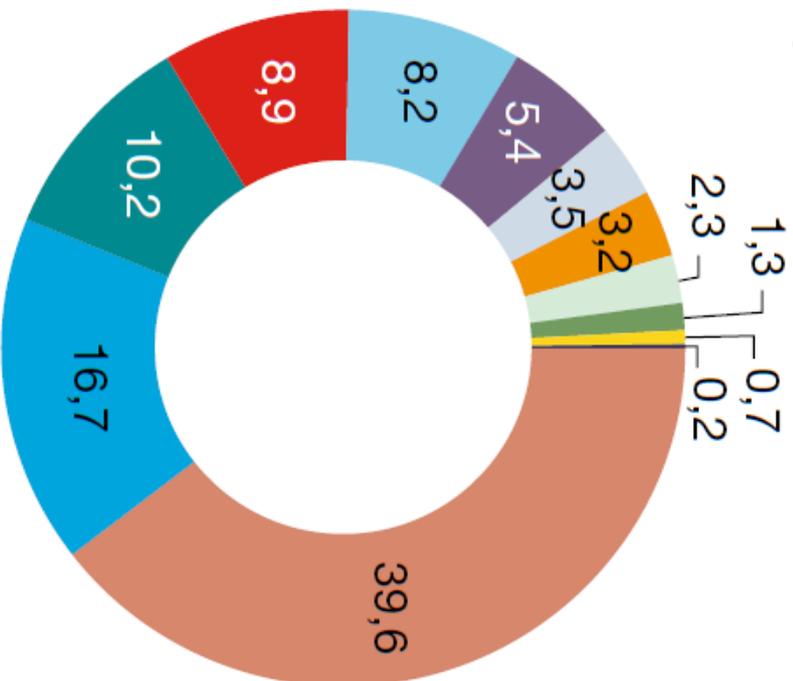
- Déchets non renouvelables
- Charbon
- Énergies renouvelables
- Gaz
- Produits pétroliers
- Nucléaire

La répartition des sources d'énergies renouvelables en France

PRODUCTION PRIMAIRE D'ÉNERGIES RENOUVELABLES PAR FILIÈRE EN 2017

TOTAL : 25,9 Mtep

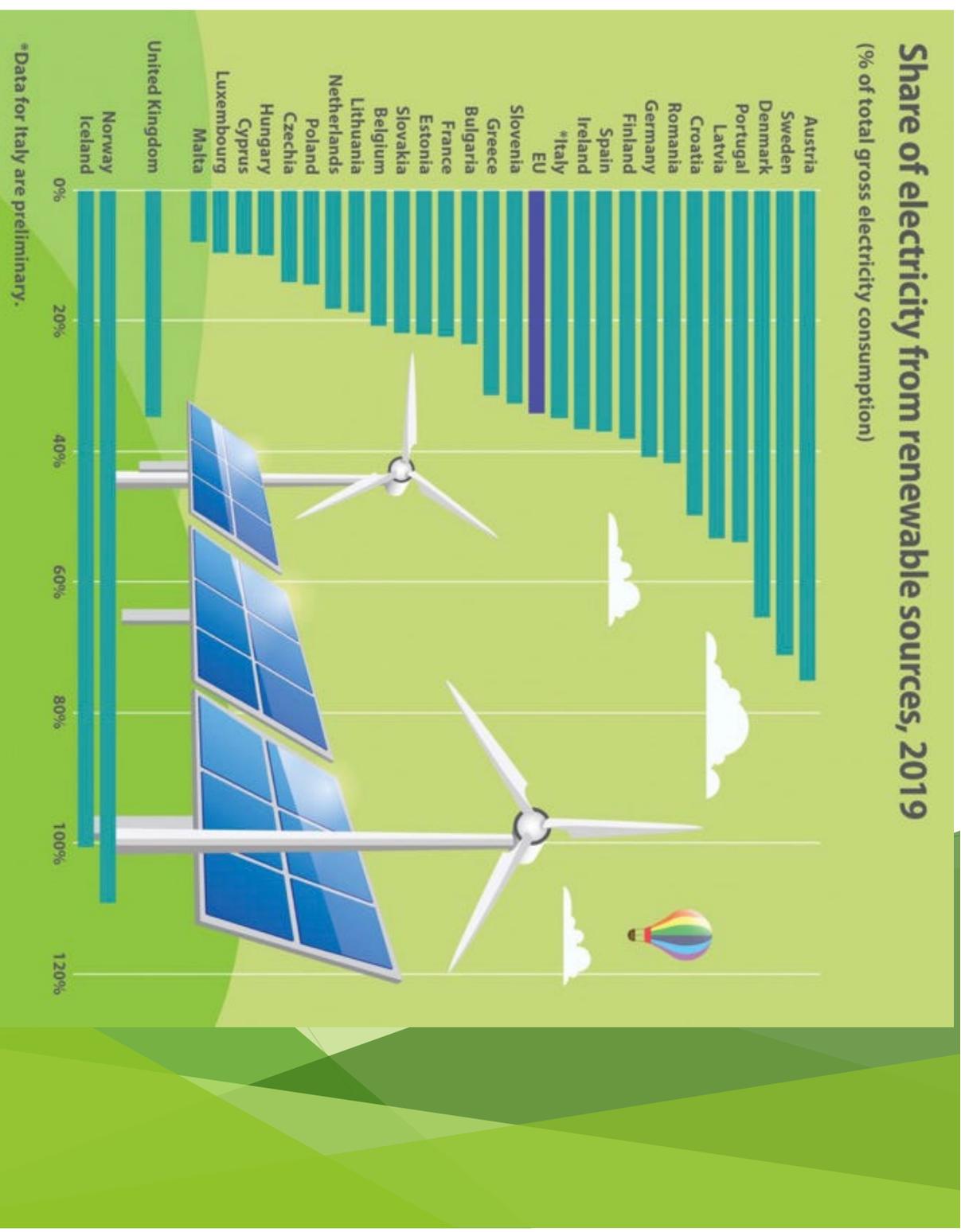
En %



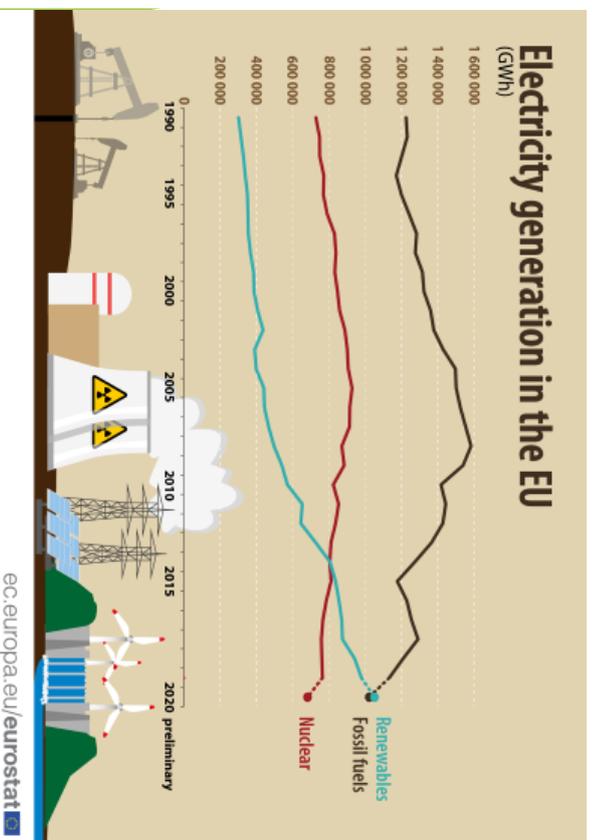
- Bois-énergie
- Hydraulique (hors pompages)
- Biocarburants
- Pompes à chaleur
- Éolien
- Déchets renouvelables
- Biogaz
- Solaire photovoltaïque
- Résidus de l'agriculture et des IAA*
- Géothermie
- Solaire thermique
- Énergies marines

* IAA : industries agroalimentaires.

L'énergie en Europe



Objectifs Européens 2020



La France, seul pays d'Europe à ne pas atteindre ses objectifs d'énergies renouvelables

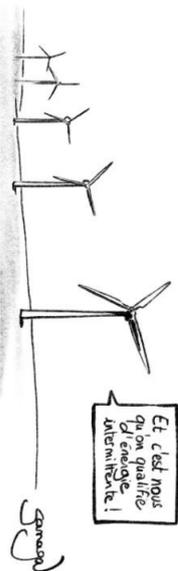
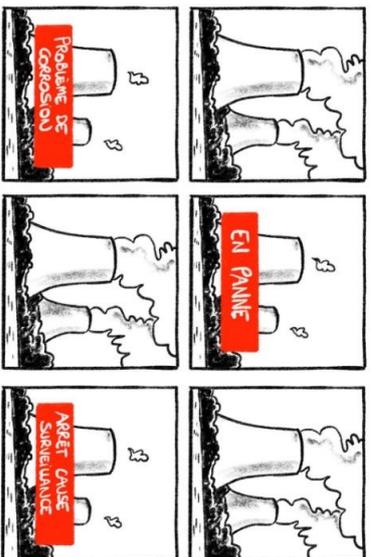
Niveau atteint en 2020 par rapport à l'objectif d'énergie renouvelable édicté en 2009, écart en points de pourcentage



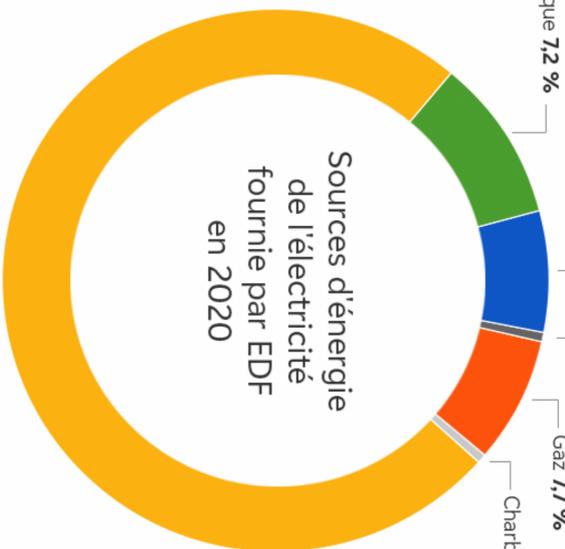
Leecture : la France avait pour objectif en 2020, une part de 23 % de renouvelables dans sa consommation d'énergie finale, mais n'a atteint que les 19 %, soit un écart de - 4 points de pourcentage

Source : Eurostat

Alternatives
Economiques



Autres énergies renouvelables 9,9 %
 Hydraulique 7,2 %
 Fioul 0,4 %
 Gaz 7,7 %
 Charbon 0,3 %



Sources d'énergie de l'électricité fournie par EDF en 2020

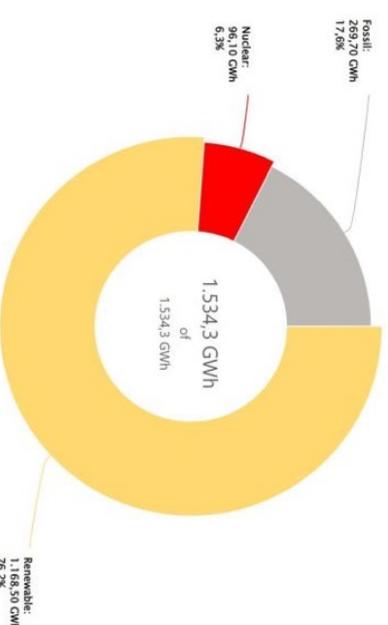
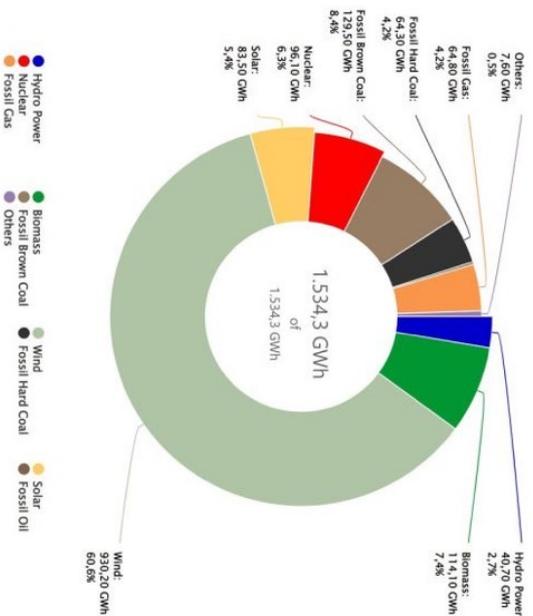
Energy-Charts

Power ▾ Energy ▾ Emissions ▾ Climate ▾ Prices ▾ Scenarios ▾ Map Infos ▾



Country Language

Net public electricity generation in Germany on 5, February 2022

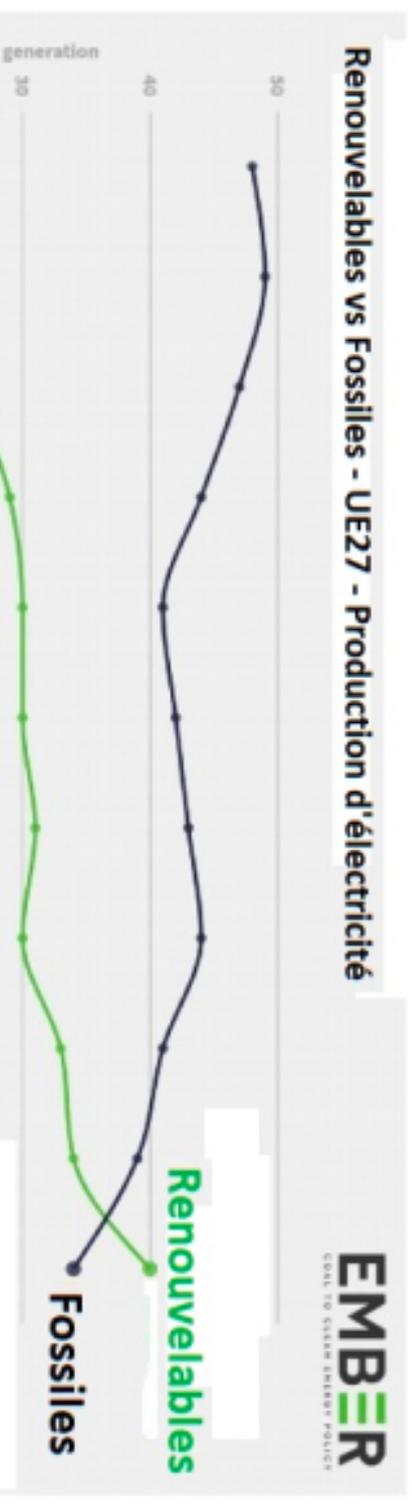


Energy-Charts.info - last update: 06.02.2022, 16:14 MEZ

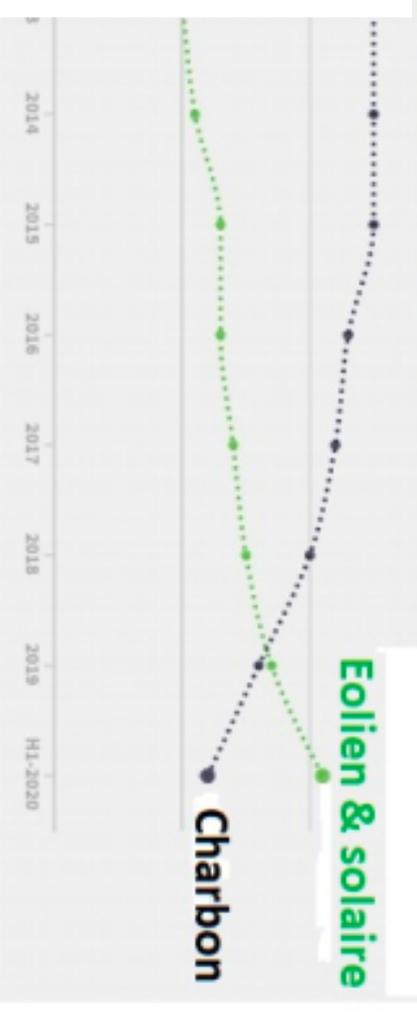
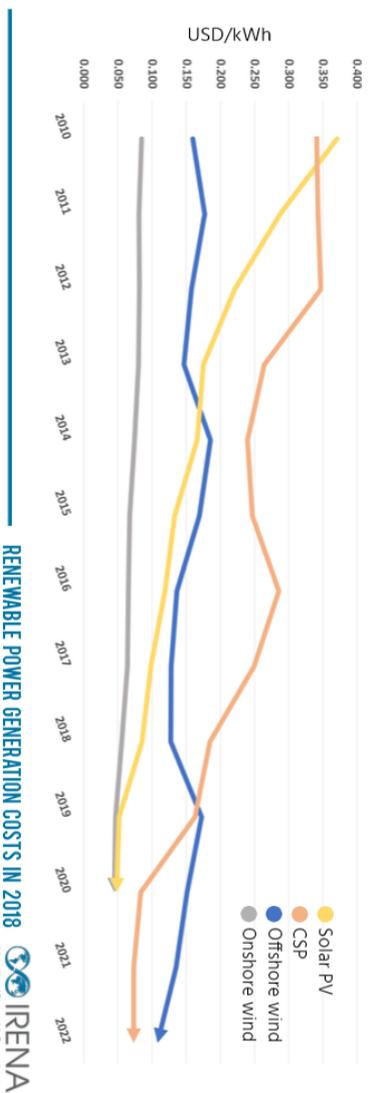
Allemagne/France



Production des ENR/Fossiles en Europe des 27 - Electricité

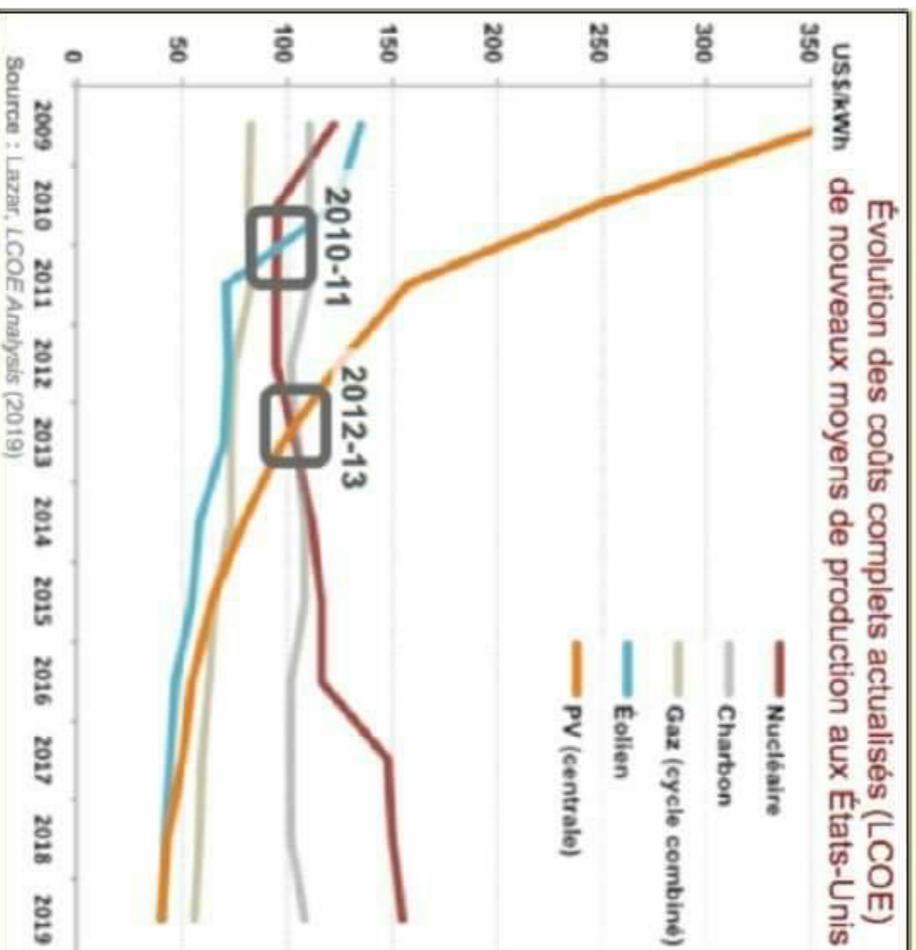


By 2020, **onshore wind** and **solar PV** will be a less expensive source of new electricity than the cheapest fossil fuel alternative.



Et aux USA ?

La face positive des énergies vertes

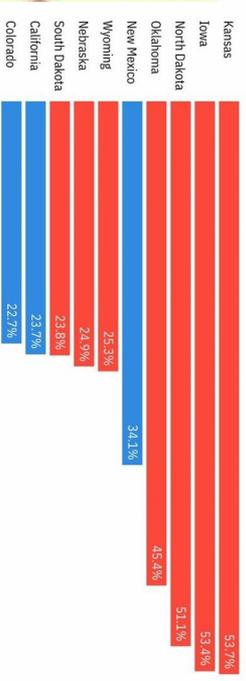


Photovoltaïque et éolien produisent de l'électricité moins chère qu'avec les fossiles. Le nucléaire est 3 fois plus onéreux.

Jl Gabby déc 2020

US red states among wind + solar leaders

Wind and solar generation as percentage of electricity consumption (2019)



Source: Environment America Research & Policy Center

ENERGY MONITOR

Et au Portugal ?

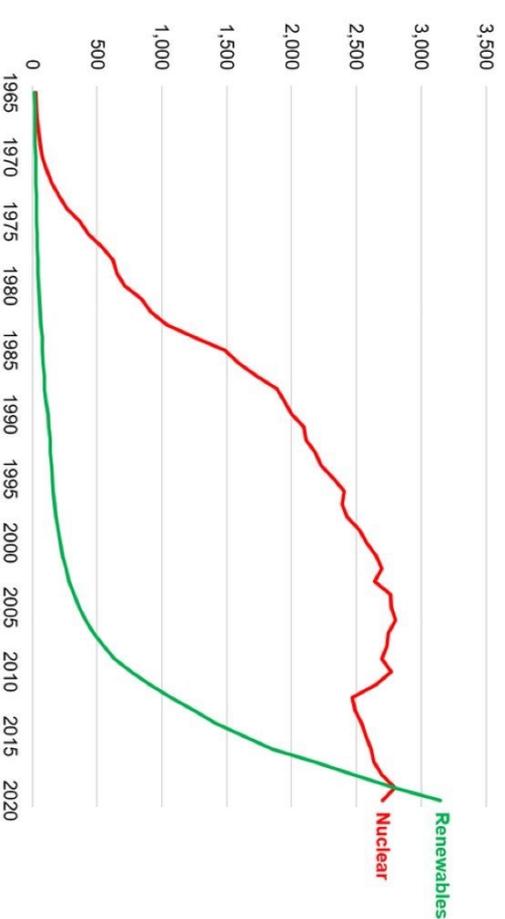
Portugal

| en GWh | Consommation | Eolien | Hydraulique | Photovoltaïque | Total EnR | | |
|-------------|--------------|---------|-------------|----------------|-----------|----------|--------|
| Janvier | 4 987,0 | 1 450,6 | 29,1% | 1 715,5 | 34,4% | 3 239,7 | 65,0% |
| Février | 3 999,6 | 1 461,8 | 36,5% | 2 708,6 | 67,7% | 4 240,6 | 106,0% |
| Mars | 4 073,8 | 1 070,6 | 26,3% | 1 843,9 | 45,3% | 3 055,8 | 75,0% |
| 3 mois 2021 | 13 060,4 | 3 983,0 | 30,5% | 6 268,0 | 48,0% | 10 536,1 | 80,7% |

<http://www.centrodeinformacao.ren.pt/PT/Paginas/CIHomePage.aspx>

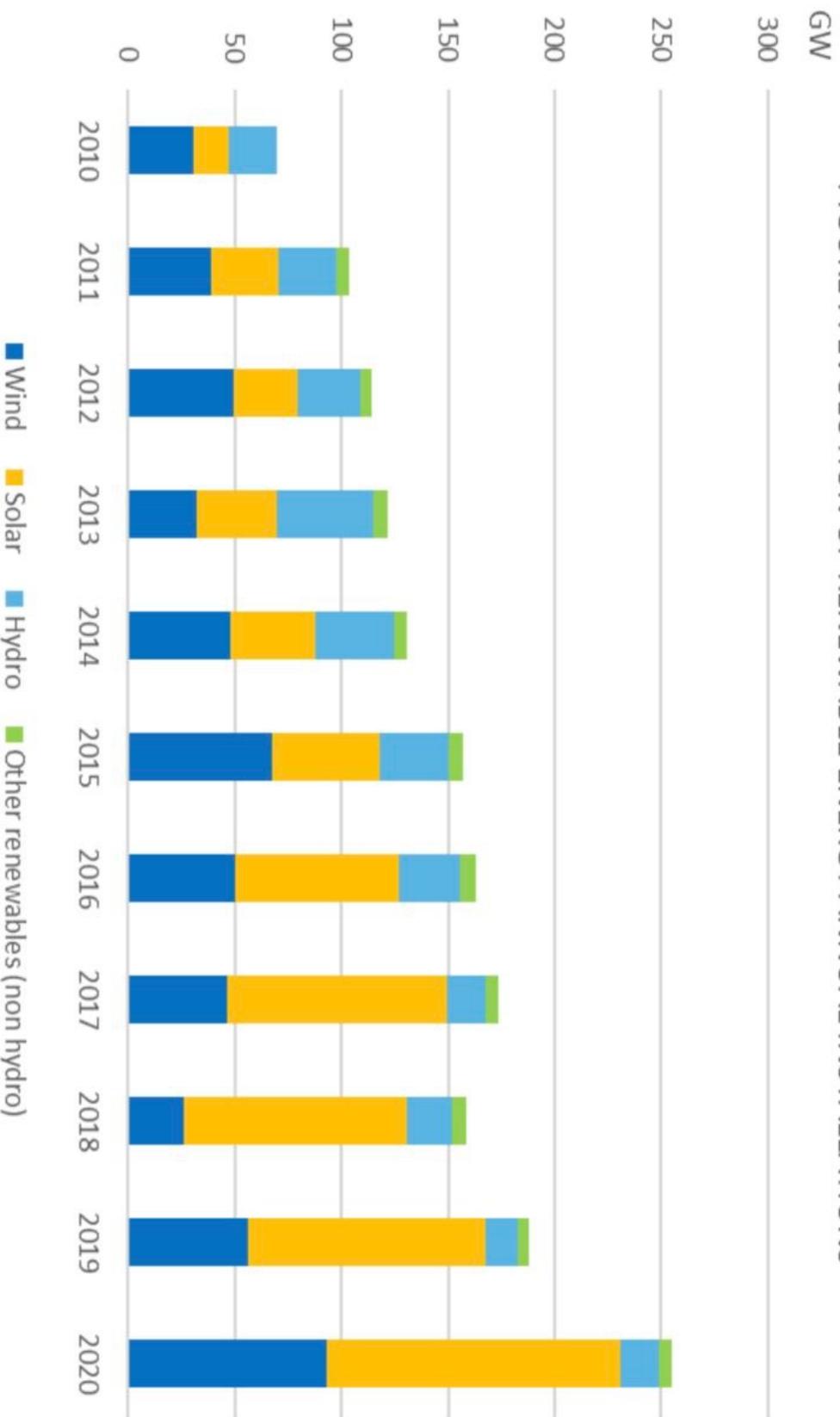
| | | | | | | | | | |
|------|----------|----------|-------|----------|-------|---------|------|----------|-------|
| 2020 | 48 791,5 | 12 051,2 | 24,7% | 13 804,7 | 28,3% | 1 271,7 | 2,6% | 27 127,6 | 55,6% |
|------|----------|----------|-------|----------|-------|---------|------|----------|-------|

Global power generation (TWh)



Source: BP Statistical Review of World Energy 2021

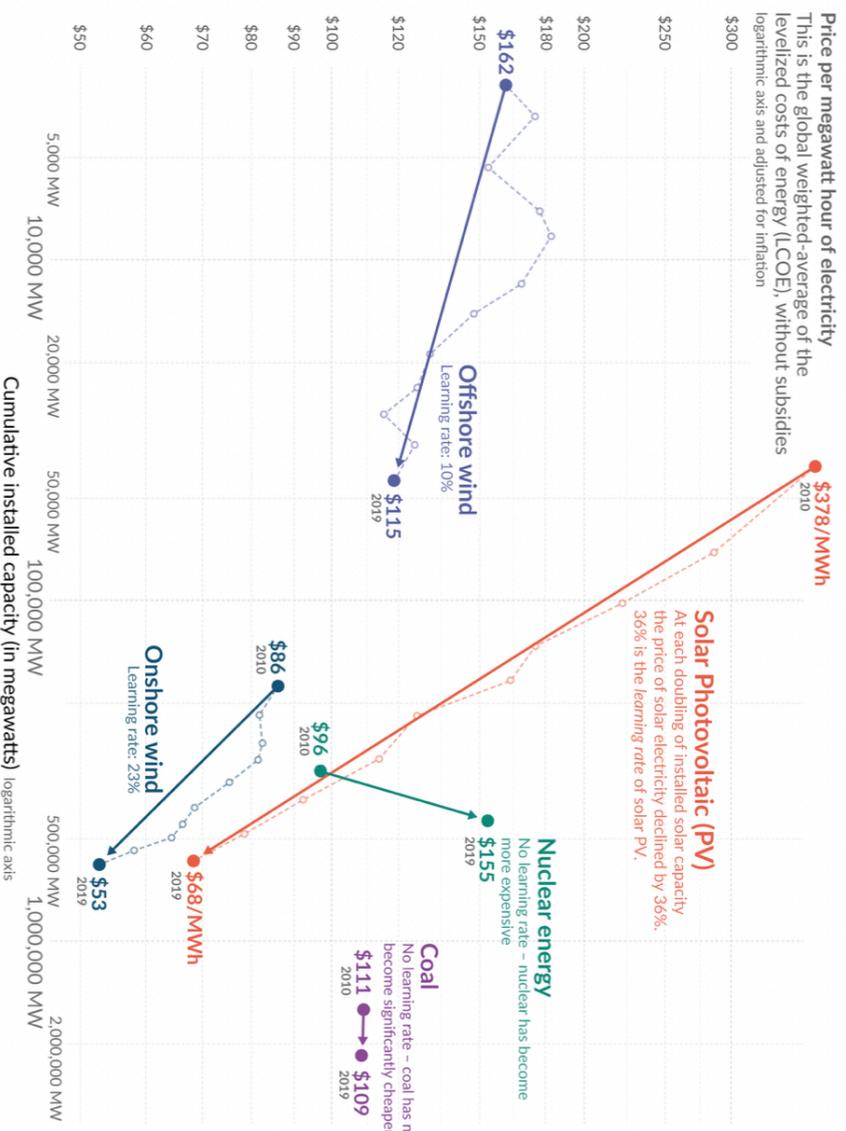
FIGURE 7: EVOLUTION OF RENEWABLE ENERGY ANNUAL INSTALLATIONS



Sources: compilation of IEA PVPS, GWEC, IRENA and estimations for 2020

Le prix de l'éolien et du PV

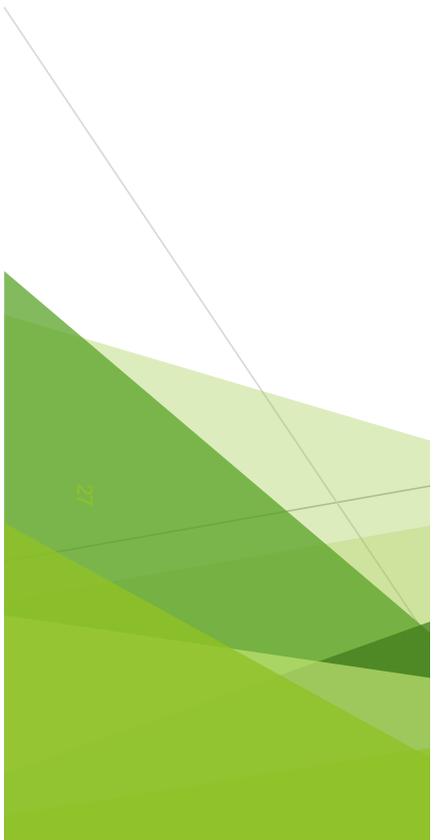
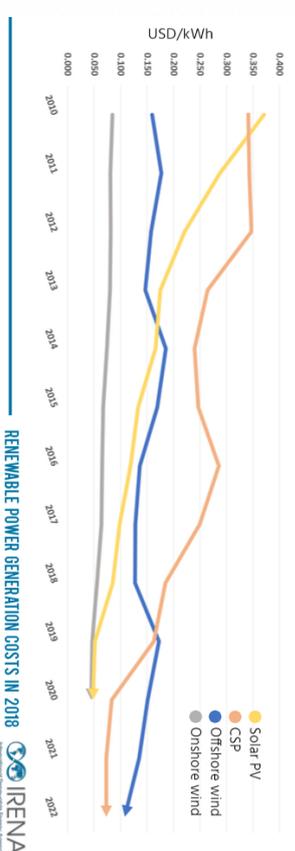
Electricity from renewables became cheaper as we increased capacity – electricity from nuclear and coal did not



Source: IRENA 2020 for all data on renewable sources; Lazard for the price of electricity from nuclear and coal – IAEA for nuclear capacity and Global Energy Monitor for coal capacity. Gas is not shown because the price between gas peaker and combined cycles differs significantly, and global data on the capacity of each of these sources is not available. The price of electricity from gas has fallen over this decade, but over the longer run it is not following a learning curve.

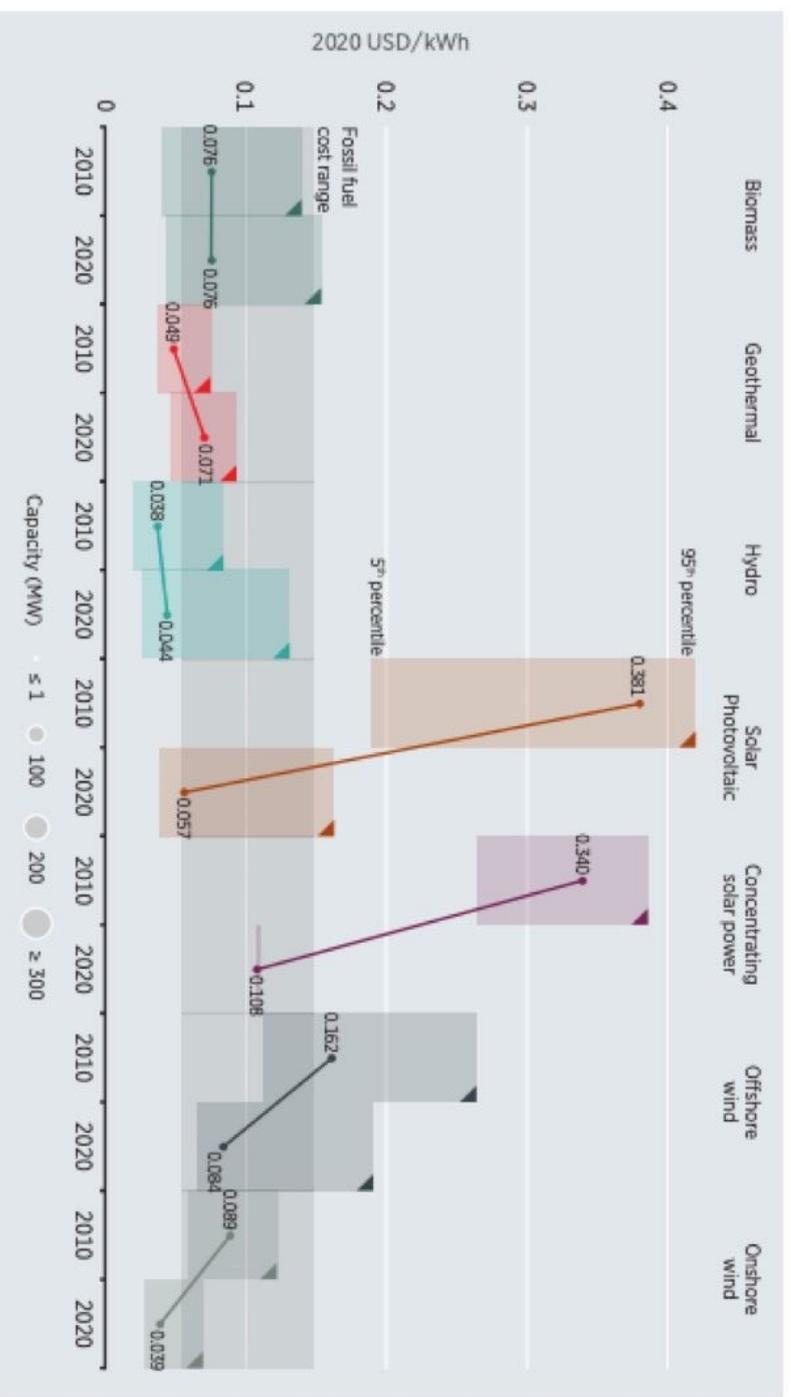
Licensed under CC-BY by the author Max Roser

By 2020, **onshore wind** and **solar PV** will be a less expensive source of new electricity than the cheapest fossil fuel alternative.



L'évolution du prix des énergies

Figure Es.2 Global LCOEs from newly commissioned, utility-scale renewable power generation technologies, 2010-2020



Source: IRENA Renewable Cost Database

Note: This data is for the year of commissioning. The thick lines are the global weighted-average LCOE value derived from the individual plants commissioned in each year. The project-level LCOE is calculated with a real weighted average cost of capital (WACC) of 7.5% for OECD countries and China in 2010, declining to 5% in 2020; and 10% in 2010 for the rest of the world, declining to 7.5% in 2020. The single band represents the fossil fuel-fired power generation cost range, while the bands for each technology and year represent the 5th and 95th percentile bands for renewable projects.

Renewable Costs 2020

Record high capacity additions in 2020

10.3%
renewable capacity

261 GW
global renewable generation capacity

In 2020 costs continued to fall

16%

Concentrating Solar Power (CSP)

13%

Onshore Wind

9%

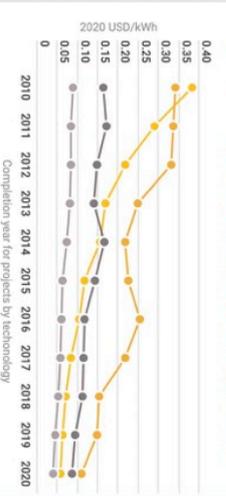
Offshore Wind

7%

Solar Photovoltaics (PV)

The decade of falling costs culminated in solar PV and onshore wind continuously undercutting even the cheapest new coal option without any financial support.

Solar and wind power technologies became the economic backbone of the energy transition

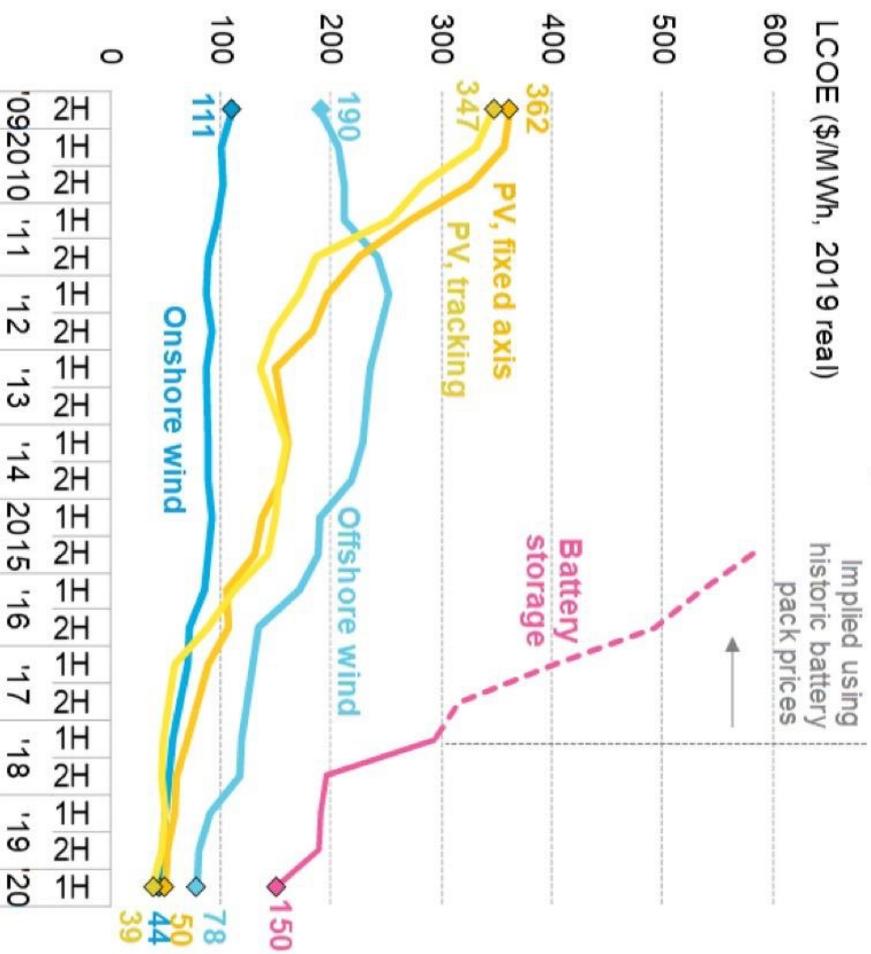


62%
of added capacity

In 2019 had lower costs than the cheapest new fossil fuel-fired option

Prix du stockage batteries

Figure 2: Global LCOE benchmarks – PV, wind and batteries

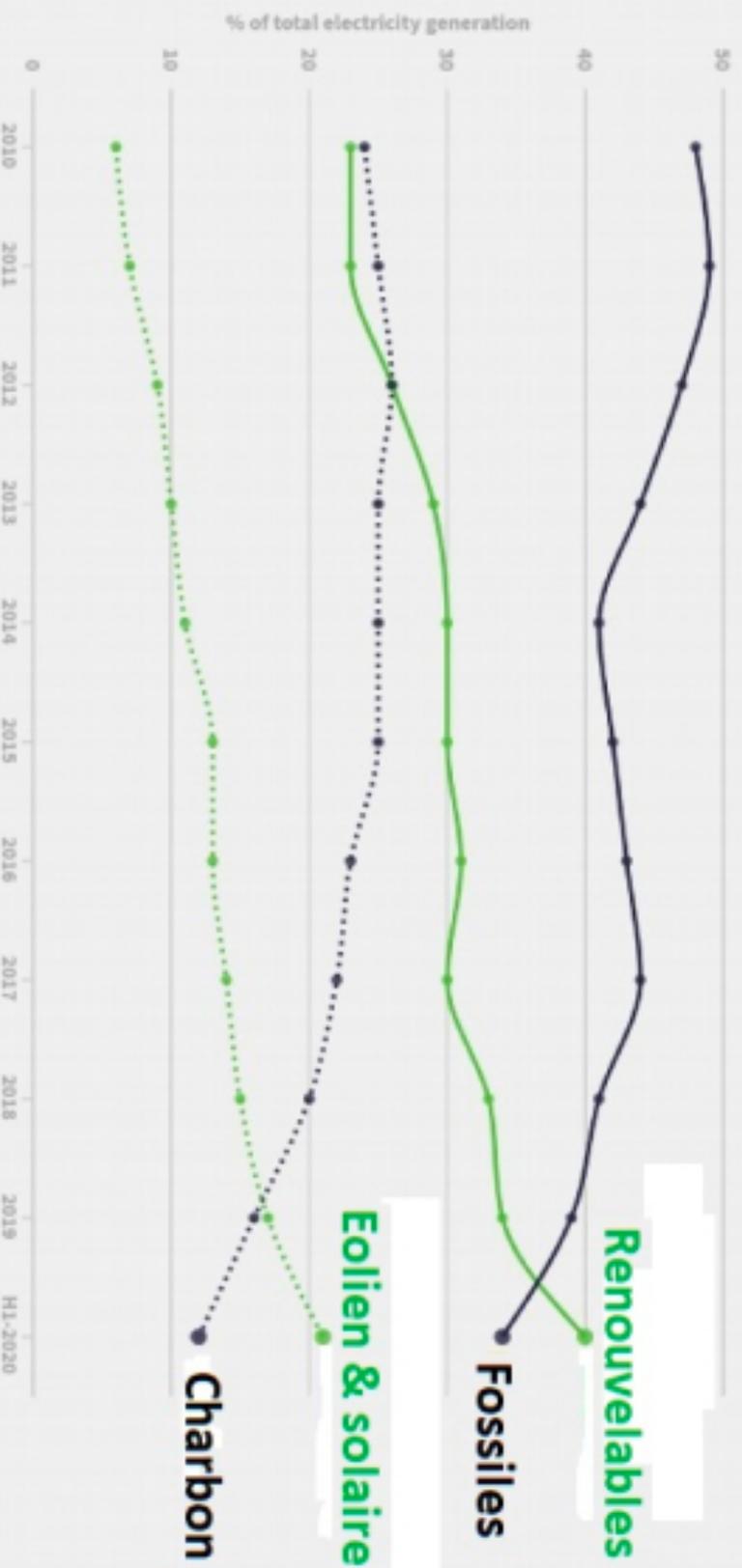


Source: BloombergNEF. Note: The global benchmark is a country weighted-average using the latest annual capacity additions. The storage LCOE is reflective of utility-scale projects with four-hour duration, it includes charging costs.

Production des ENR/Fossiles en Europe des 27 - Electricité

Renouvelables vs Fossiles - UE27 - Production d'électricité

EMBER
GOAL TO CLEAN ENERGY POLICY



Prévisions de l'AEIA au niveau mondial en 2050

Solar PV and wind energy lead the transition

Primary energy supply in the 100% renewable energy system will be covered by a mix of sources, with solar PV generating 69%, followed by wind energy (18%), biomass and waste (6%), hydro (3%) and geothermal energy (2%) by 2050 (see Figure KF-2). Wind energy and solar PV make up 96% of total electricity, and approximately 88% of the total energy supply, which will have a synergetic balancing effect.

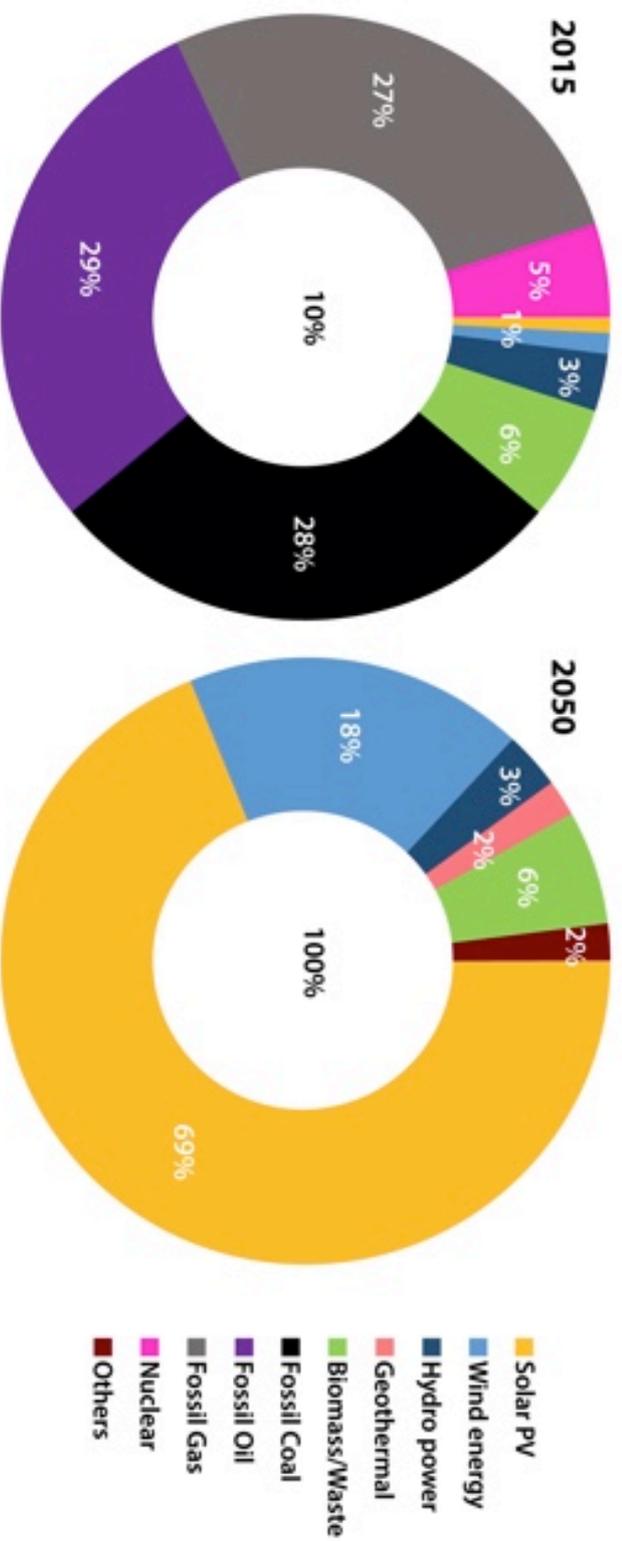


Figure KF-2: Shares of primary energy supply in 2015 and 2050.

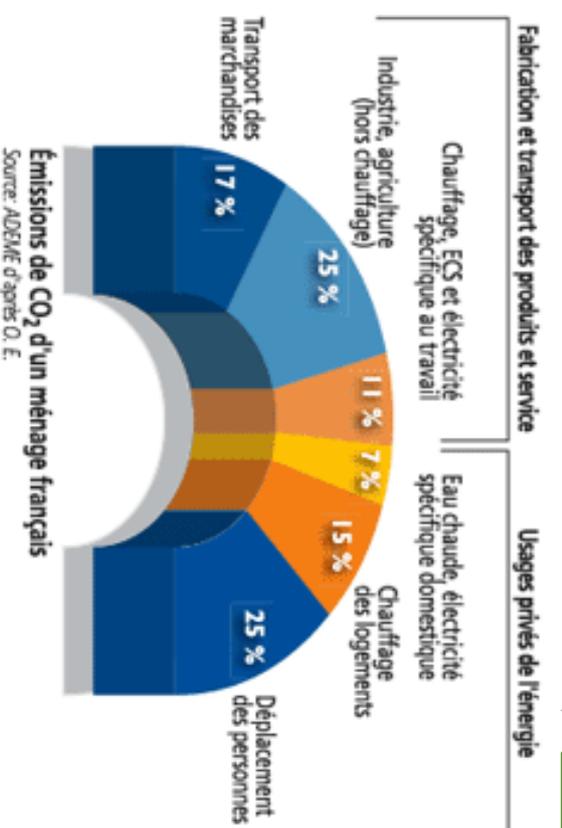
Les énergies renouvelables

La production d'énergie

3 grandes catégories de

production :

- chaleur,
- électricité,
- Combustible



1/3 des GES sont issus de la production de chauffage et d'eau chaude pour l'habitat et le tertiaire



Le stockage de l'électricité

Caractéristiques des batteries Plomb



Batteries au Plomb (Pb)

▶ Batteries ouvertes (OPZS)

- ▶ Electrolyte : acide sulfurique diluée avec eau distillée
- ▶ Fortement influencées par la température ambiante : baisse de capacité à $T^{\circ} < 20^{\circ} C$
- ▶ Entretien régulier : remise à niveau (eau distillée)
- ▶ Nécessite bac de rétention et ventilation

▶ Batteries fermées (OpzV, Gel, AGM)

- ▶ Electrolyte non liquide (pas besoin de bac de rétention)
- ▶ Sans entretien et facilement manipulable (pas de fuite)
- ▶ Durée de vie plus courte que OPZS
- ▶ Plus chères que les batteries OPZS

▶ 100 - 200 €TTC/kWh

▶ 750 à 1 500 cycles (à 80% DOD)

▶ Faible durée de vie à bas niveau de charge

▶ 35 à 50 Wh/kg ou 90 à 130 Wh/litre (volume)

■ Capacité sensible

- Diminue à fort courant de décharge
- Diminue avec l'âge de la batterie
- 30 à 50% utile pour une application autoconso

■ Rendement énergétique : 80 à 90%

■ Durée de vie : 4 à 10 ans

■ Recyclage : à 95% et valorisé à 20-30% de sa valeur neuve

Batteries au Plomb : Durée de vie

- A chaque utilisation sa batterie

Pour une application en autoconso, la Profondeur De Décharge (DOD) sera comprise entre 40 et 60% de sa capacité.

Exemple: batterie stationnaire à 40% de décharge ≈ 3 500 cycles

- ▶ A raison d' 1 cycle par jour, la durée de vie sera de 10 ans environ

Pour une batterie 24 V de 200 Ah, l'énergie utile sera

- ▶ $40\% \times 200 \times 24 = 1,9 \text{ kWh/jour}$
- ▶ $1,9 \times 3\,500 = 6\,700 \text{ kWh sur 10 ans}$

Prix approximatif du parc batterie OPZV

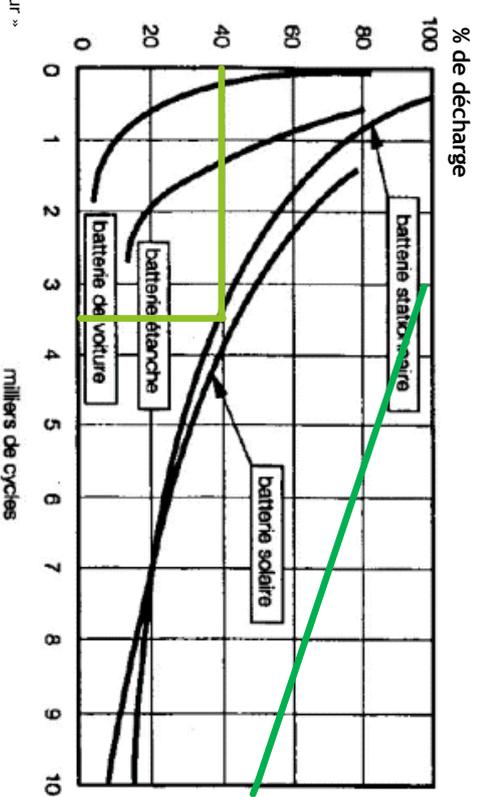
- ▶ $200 \text{ €/kWh} \times (24 \text{ V} \times 200\text{Ah}) \approx 1\,000 \text{ €}$

Prix approximatif du kWh stocké

- ▶ $1000 \text{ €} / 6\,700 \text{ kWh} = 0,15 \text{ €/kWh}$

Note: La durée de vie de la batterie Lithium est linéaire par rapport à la profondeur de décharge (ce n'est pas une courbe mais une droite)

Durée de vie d'une batterie en fonction de la profondeur de décharge



Source: L'électricité photovoltaïque collection : « le point sur »

Batteries au Plomb : Capacité fonction du courant de décharge

La capacité d'une batterie est annoncée pour une durée donnée (C/durée) (et une température donnée, en général 20°C).

- ▶ Ex: la capacité batterie est annoncée en C10 (194 Ah), c.a.d une décharge sur 10h.

- ▶ Si on décharge la batterie plus doucement, l'énergie restituée augmente (exemple +18% à C100)
- ▶ Si on décharge plus vite, l'énergie restituée diminue (exemple -12% à C/5 ou -1/3 à C1)

| Battery Model | Nominal Voltage | C1 | C3 | C5 | C10 | C100 |
|---------------|-----------------|-----|-----|-----|-----|------|
| OPzS 200 | 2 | 131 | 159 | 172 | 194 | 230 |
| OPzS 250 | 2 | 165 | 201 | 218 | 244 | 291 |
| OPzS 300 | 2 | 197 | 240 | 259 | 291 | 347 |
| OPzS 350 | 2 | 229 | 278 | 301 | 338 | 403 |
| OPzS 420 | 2 | 274 | 332 | 360 | 404 | 481 |
| OPzS 490 | 2 | 318 | 386 | 418 | 470 | 559 |
| OPzS 600 | 2 | 388 | 471 | 510 | 573 | 682 |
| OPzS 770 | 2 | 496 | 603 | 653 | 733 | 873 |
| OPzS 800 | 2 | 515 | 626 | 678 | 761 | 906 |
| OPzS 1000 | 2 | 646 | 784 | 849 | 954 | 1135 |

12% à C/5 ou -1/3 à C1

Capacité selon régime de décharge (Energysys)

Batteries Plomb : Mise en œuvre

- Selon l'énergie contenue par les batteries :

Si $C(Ah) \times U(V) \leq 1 \text{ kWh}$

- La batterie peut être installée dans un local d'usage général autre qu'un local service électrique

Si $C(Ah) \times U(V) > 1 \text{ kWh}$

- Emplacement dans un local assurant une **protection de la batterie contre son environnement** (choc, températures ...etc.) et **protégeant son environnement contre la batterie** (dégazage, acide, explosion ...etc.)
- **Formation et habilitation** aux travaux sous tension de l'intervenant (habilitation TST)

Batteries Plomb (Pb) : conclusion



La batterie plomb est une technologie mature

- Techniquement et économiquement performante, si elle est bien choisie et utilisée.
- Elle est concurrencée par d'autres technologies plus récentes mais reste encore une incontournable du marché !

Les batteries NiFe (similaire aux Ni-Cd)

| Item | Batterie plomb acide | Batterie NiFe |
|--|--|---------------|
| Tension par élément | 2V | 1,2V |
| Tension de charge d'équilibrage par élément | 2,23 | 1,45 à 1,5V |
| Facteur de température pendant la charge par cellule | -3mV | -3mV |
| Courant standard de charge/décharge | 0,1C10A | 0,25C5A |
| Performance à forte intensité | mauvaise | bonne |
| Performance dans le cas de surcharge | mauvaise | bonne |
| Performance en cas de décharge profonde | mauvaise | bonne |
| Effets de la tension de charge d'équilibrage | lorsque la tension de charge excède 2,35 V, la durée de vie de la batterie est altérée | non affectée |

La batterie de Thomas Edison

| | | |
|--|---------------------------------------|--------------|
| Durée de vie | 3 à 9 ans | 20 ans |
| Durée de vie en stockage | 2 ans | 4 ans |
| Performance en haute température | au-dessus de 50°C la capacité décroît | non affectée |
| Emballlement thermique en cas de court-circuit | oui | non affectée |
| Perte prématurée de capacité | oui | non affectée |
| Écologique au niveau du recyclage | non | oui |

BATTERIES STATIONNAIRES
NiFe Alkaline series

NOUVEAU
durée de vie > 20 ans

Séries NiFe Alkaline

Ces batteries NiFe stationnaires sont spécialement conçues pour les systèmes photovoltaïques. Elles sont fabriquées en acier de fer et hydroxyde de nickel. Elles sont aussi insensibles aux variations de température de -20°C à +40°C, aux chocs électriques et aux décharges profondes. Il n'y a pas d'acide, donc pas de corrosion.

Caractéristiques

- + Écologique, pas de plomb, de cadmium ou d'acide, recyclable
- + Durée de vie longue
- + Cycle régulier indéfini
- + Conditions extrêmes sans problème (chocs électriques et installation dans des conditions difficiles)
- + Maintenance réduite (pas de vérification ni substitution)
- + Conçu pour durer + de 20 ANS
- + Coût opérationnel faible
- + Haute sécurité, fiable, sans maintenance
- + Bon rapport de charge
- + Pas de surtension, pas de risque de fuite dangereuse

Les batteries NiFe (similaire aux Ni-Cd) performances de la batteries Ni-Cd

Il apparaît donc que la performance des batteries NiFe est similaire aux cellules Ni-Cd. En outre, les batteries NiFe sont exemptes de pollution lors du recyclage ce qui est un argument important. Les exigences de maintenance réelles et les coûts du cycle de vie sont les principaux facteurs à prendre en considération pour calculer la rentabilité d'une installation, de ce fait les batteries Ni-Cd et Ni-Fe sont moins chères à long terme. Ce qui fait qu'il semble intéressant pour ce projet d'envisager d'utiliser cette technologie innovante pour le stockage.

Au niveau des risques, cette technologie de batteries à électrolyte stable ne présente aucun danger d'explosion (pas d'hydrogène, pas d'acide, l'électrolyte est recyclable une fois usée) et la fabrication des ces batteries ont un faible impact environnemental ce qui leur confère de gros avantages par rapport au plomb ou par rapport à la complexité de gestion des systèmes Cadmium Nickel ou Lithium.

Au bout des 25/30 ans d'utilisation, il suffit de remplacer l'électrolyte des batteries pour qu'elles repartent pour un nouveau cycle. Le coût de remplacement de l'électrolyte est d'environ 8 €/litre, ce qui revient pour le parc de batteries prévu de 18 kW à 250 € environ.

Le prix de cette technologie reste compétitif si on les compare avec ces deux solutions technologiques onéreuses Cadmium/Nickel et Lithium. Les désavantages du plomb font que même si la solution est moins chère à l'acquisition, à moyen terme la technologie Nickel/Fer est beaucoup plus intéressante au niveau économique et environnemental. Il faudrait en effet remplacer au minimum 3 fois le parc de batterie plomb sur la durée de vie du Nickel/fer.

GARANTIE
7
ANS



Caractéristiques des batteries Lithium

Batterie Pyrontech US2000 C Lithium-Fer-Phosphate (LiFePo4)

Dernière génération de **batteries solaires** au Lithium

Grosse capacité : 48 V et 50 Ah, soit 2,4 kWh

Plus de 6 000 cycles à 90% de décharge !

Peu encombrante

Garantie 7 ans

Batteries Lithium (Li)

▶ Ne doit pas être installée sans son Système de Management Batterie (BMS) et celui-ci doit être compatible avec chargeur spécifique à chaque technologie/fabricant de batterie, sinon :

- ▶ Risque d'emballlement thermique
- ▶ Réduction de la durée de vie
- ▶ Réduction des performances (à 45 °C)

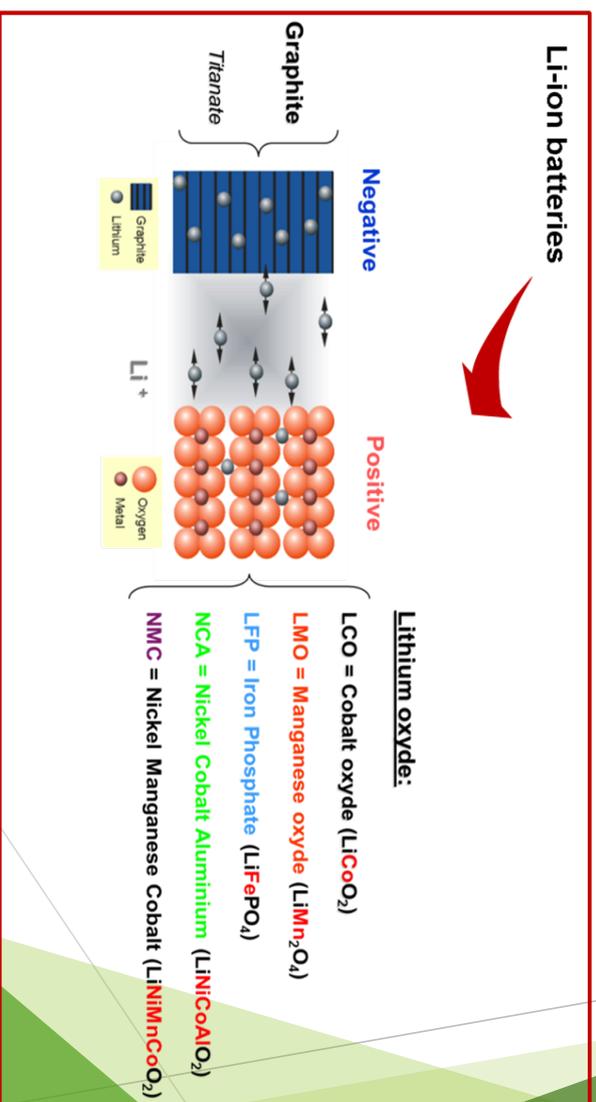
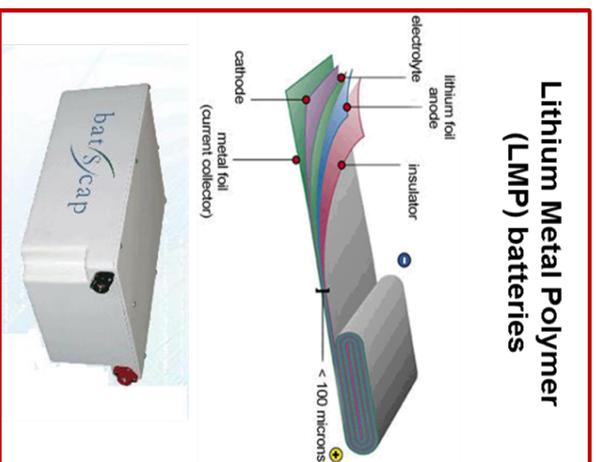
Informations clés

- Technologies : LiFePO₄, LiNMC, LiNCA, LiTO...
- 500 - 1000 €TTC/kWh
- 3 500 à 7 000 cycles (à 80% DOD)
- Meilleure durée de vie à bas niveau de charge
- 75 à 150 Wh/kg (module)
- 100 à 200 Wh/litre (module)

- Rendement : **90 - 95%** sur toute la plage d'utilisation (DOD entre 15 et 90%)
- **Durée de vie : 15 à 25 ans** (sous réserve des performances et de la durée de vie du BMS)
- (Pas d'effet mémoire)
- Pas de filière de recyclage structurée pour le moment

Batteries Lithium (Li) : Fonctionnement

Lithium batteries



Li-ion picture: courtesy of Prof. M. Winter

Batteries (Li) : Performance en vieillissement

- Besoin réel pour une application résidentielle

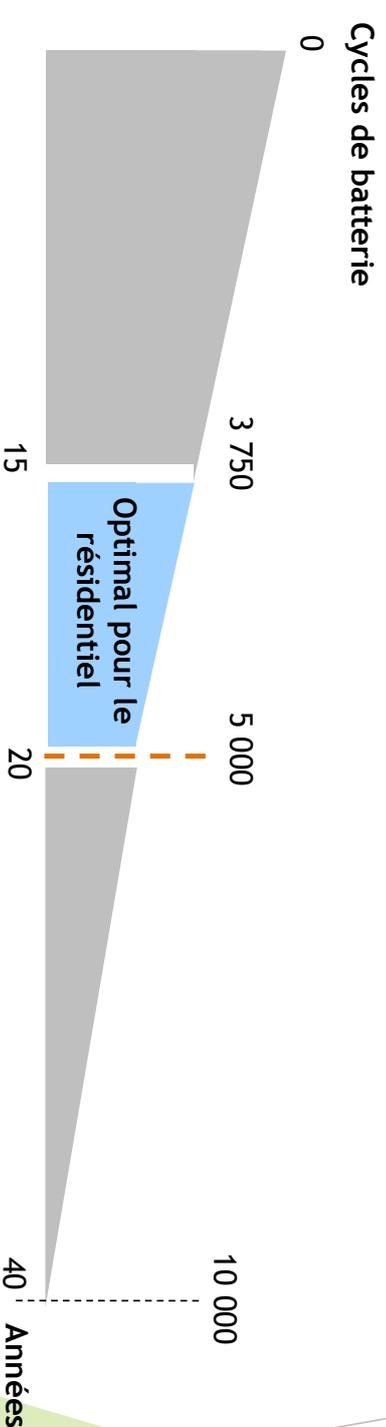
250 cycles par an
pour les applications d'accumulateurs domestiques



15 à 20 ans d'espérance de vie
Accumulateurs domestiques au lithium-ion



Valeurs optimales: 3750 - 5000 cycles
pour l'application d'accumulateur domestique

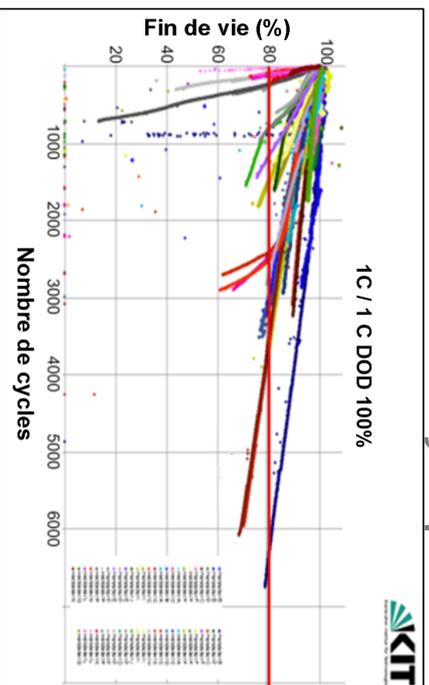


- Note : Utilisation différente des batteries résidentielles pour les applications domestiques (Source: rna SOLARWATT® power to the people)

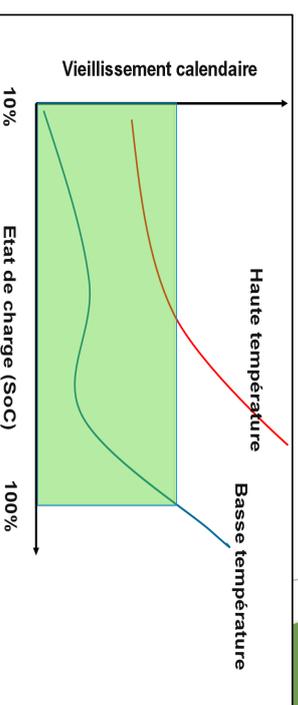
Batteries (Li) : Performance en vieillissement

- 2 types de vieillissements

Vieillissement cyclique



Vieillissement calendaire



- ▶ Fortement lié à la **qualité de fabrication** de la cellule Li-ion
- ▶ Varie en fonction de la forme de la cellule (ex: cylindrique, prismatique, poche)
- ▶ Peut varier légèrement en fonction de la technologie Li-ion (ex: LMO, LFP, NMC, NCA,...)

- Le vieillissement calendaire est accéléré par une mauvaise utilisation de la cellule Lithium-ion (notamment si température élevée ou lorsque SOC < 20% ou SOC > 95%),
- Le système de contrôle (BMS) doit intégrer des fonctions de management avancées, par ex. une **stratégie de chargement « intelligente »** pour



Batteries (Li) : Performance en vieillissement

- On ne négocie pas avec la sécurité
- Danger d'emballage thermique des cellules lithium-ion

LE BMS DOIT EMPÊCHER D'ATTEINDRE DES ÉTATS CRITIQUES



Plage de fonctionnement sécurisé d'une cellule lithium-ion

- **Fenêtre de fonctionnement sécurisé**
- **Frontière d'un état stable:**
 - Le BMS doit prendre des mesures (abaisser la tension, ralentir le chargement, etc.)
- **Etat instable:**
 - Le BMS interrompt le fonctionnement (relais)
 - Le BMS interdit le réarmement automatique
- **Etat critique:**
 - Contenir l'emballage thermique (épaisseur de l'enveloppe, réduction de la pression, interdire l'entrée d'oxygène)

Batteries (Li) : Mise en œuvre

- ▶ **La mise en œuvre doit assurer :**
 - ▶ Une protection contre les influences de la température et un maintien de charge à 100%
 - ▶ Une protection contre les émanations de gaz suite à un emballement thermique

▶ Selon l'énergie contenue par les batteries :

Si : **Énergie de stockage < 15 kWh**

- Être situé à au moins 1 m de distance de toute source de chaleur et combustibles
- Ne pas être à risque d'incendie (BE2) au titre de la NF C 15-100

Si : **Énergie de stockage > 15 kWh**

- être placé dans un local fermé respectant la réglementation incendie disposant d'un moyen de détection des fumées et d'extinction conforme aux prescriptions du fabricant

Batteries (Li) : Conclusion



Une batterie high-tech !

- Techniquement très performante avec de grands avantages par rapport au plomb, cette technologie arrive très fort sur le marché
- Reste encore coûteuse à l'investissement, mais les prix baissent

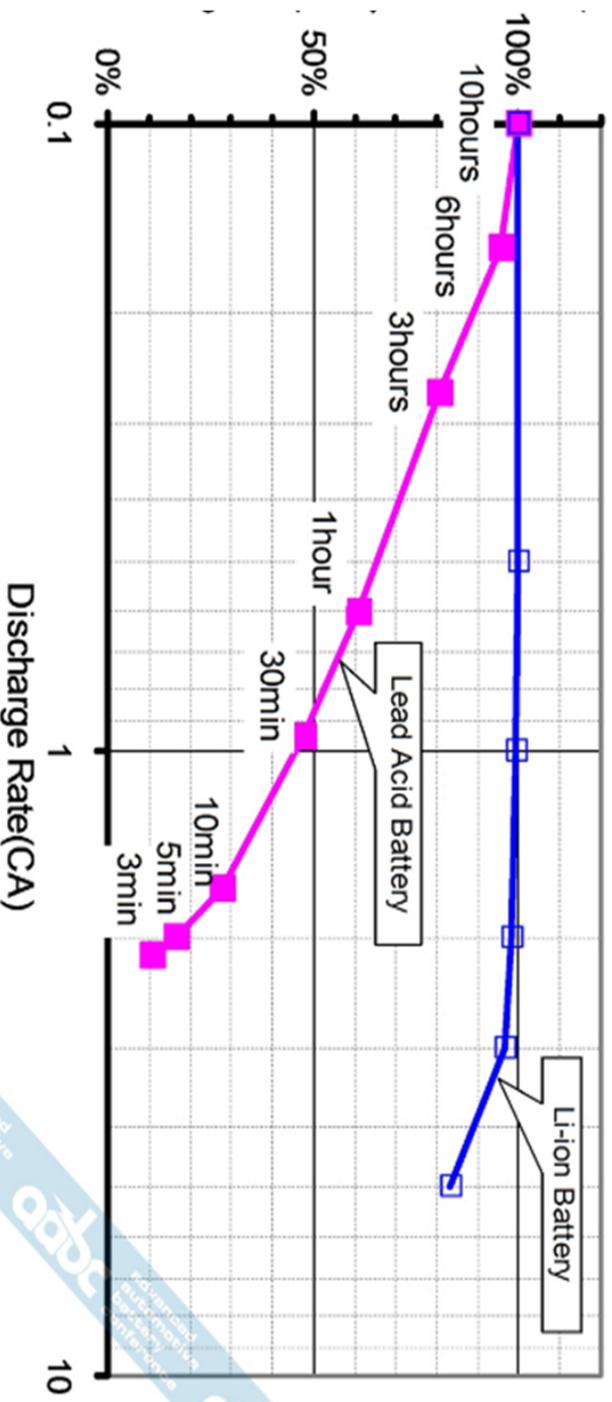
Comparaison des 2 technologies de batterie

| | Points forts | Inconvénients |
|-------------------------|---|---|
| Batterie Plomb | <ul style="list-style-type: none">✓ tolère assez bien faible courant de charge/décharge✓ permet longues durées à état de charge à 100%✓ Coût investissement abordable✓ Valeur de la matière au recyclage (25% du prix neuf) | <ul style="list-style-type: none">✗ Ventilation du local✗ Poids et taille✗ Maintenance nécessaire✗ Augmentation de capacités nécessitant le changement des batteries existantes |
| Batterie Lithium | <ul style="list-style-type: none">✓ Sans entretien✓ Autorise des cyclages variés✓ Fonctionnement en puissance✓ Offre des garanties de performance et de durée✓ Augmentation simple de capacité (ajout de modules + BMS) | <ul style="list-style-type: none">✗ Prix✗ Recyclage✗ N'aime pas rester chargée✗ Coût BMS spécifique <p><i>(Batterie Management System: régule la charge et l'équilibrage des cellules internes de la batterie)</i></p> |

Comparaison batteries Plomb et Li (capacité en fonction du courant de décharge)

La capacité de la batterie (Li) est peu impactée par son régime de décharge

Rapport de la Capacité délivrée par rapport à la capacité nominale en C10 (100% en 10h)



Discharge rate : Intensité de décharge / capacité nominale
(ex : 10 A / 100Ah en C10 = 0,1; 100 A / 100 Ah = 1)