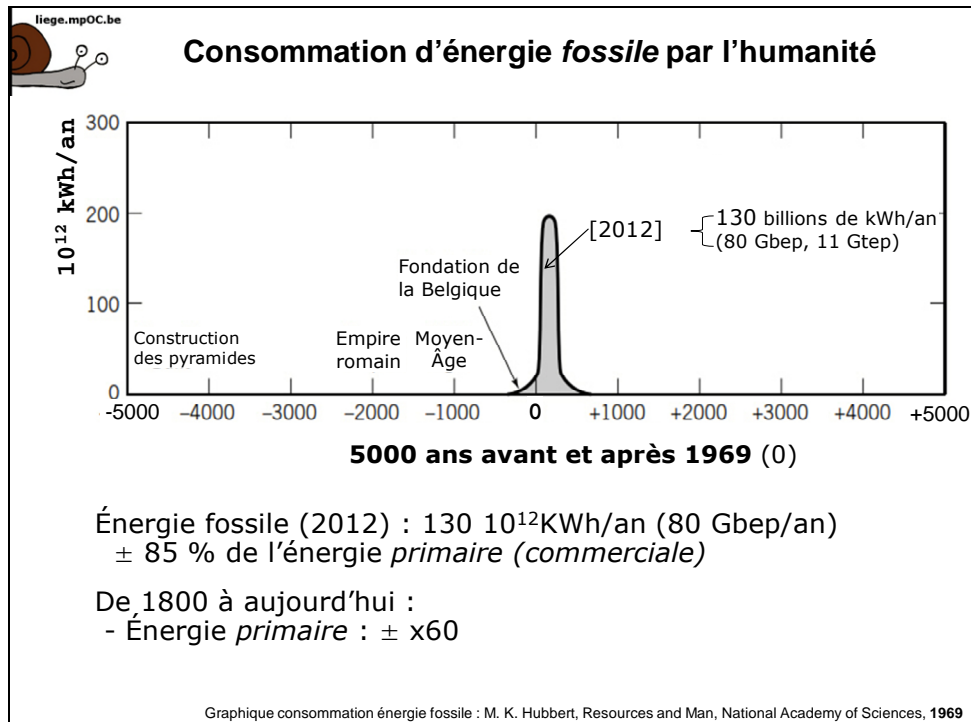


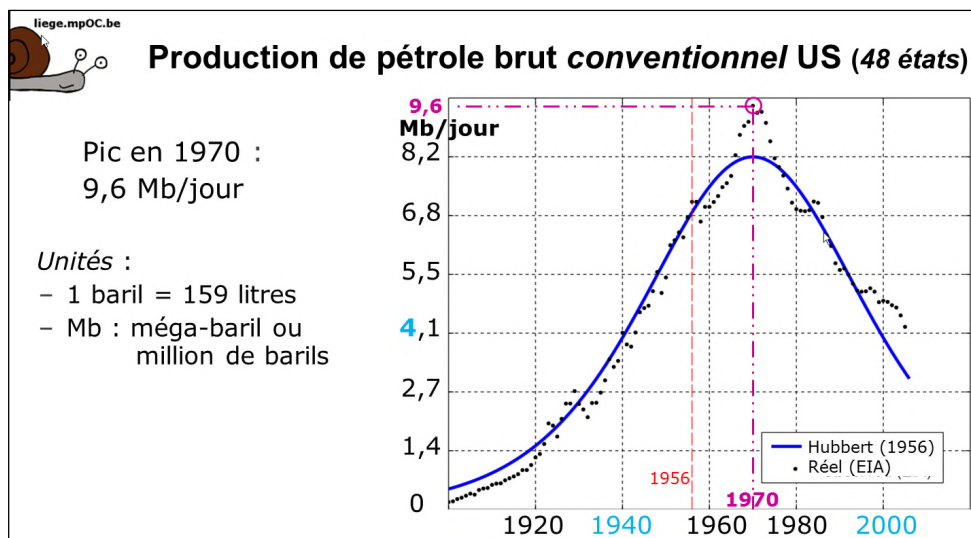
## 1. Contexte énergétique

Ci-dessous un diagramme de la consommation d'énergie fossile de l'humanité sur une échelle de 10 000 ans, diagramme établi en 1969 par le géophysicien Marion King Hubbert. Hubbert n'est pas n'importe qui : dès 1956, il avait annoncé que le pic de pétrole conventionnel pour les USA (48 états) aurait lieu en 1970, ce que personne n'avait cru : il ne s'était pas trompé !



Gbep : milliard de baril d'équivalent pétrole.

Gtep : milliard de tonne d'équivalent pétrole.



La courbe en bleu est la courbe calculée par Hubbert en 1956,  
les points représentent la production réelle selon l'EIA.

## Quelques éléments de réflexion

- 1) Les énergies fossiles représentent actuellement plus de 80 % du bilan mondial d'énergie primaire.
- 2) Dans l'UE, la consommation moyenne d'énergie primaire par jour et par personne dépasse largement les 15 litres d'équivalent-pétrole (toutes les consommations prises en compte, y inclus celles liées aux importations nettes). Par comparaison cette consommation mondiale est proche des 6 litres ; en RDC, elle dépasse à peine le dixième de litre.
- 3) Il est clair que l'humanité ne pourra disposer à l'avenir de cette pléthore d'énergie et devra faire avec beaucoup moins.
- 4) **Climat** : à ce jour, il faut laisser  $\pm 85$  % de toutes les réserves d'énergies fossiles dans le sol pour limiter les émissions de gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>) et ne pas dépasser une hausse température moyenne de 1,5 °C.

### 1.1. Énergie mondiale en 2013

Source : Bernard Laponche, *Global Chance*, 23 juin 2015.

**Primaire** : près de 14 Gtep (13,7)

Fossile 82 %, biomasse 10 %, nucléaire 5 %, HESG 3 %

Fossile : Pétrole 31 %, charbon 29 %, gaz 22 %

REN : 13 %

*HESG : hydro, éolien, solaire, géothermie*

*REN : renouvelables*

**Finale** : 9,4 Gtep

Fossile 82 %, biomasse 12 %, nucléaire 2 %, HESG 4 %.

Fossile : pétrole 40 %, gaz 14 %, charbon 13

*Remarques :*

1. Peu de changement récemment dans la répartition fossiles/REN car la progression des REN modernes est compensée par le recul de la biomasse.
2. À remarquer 2 % seulement pour le nucléaire, du fait que les 2/3 de la chaleur émise par la réaction de fission nucléaire est perdue.

### Électricité

- $\pm 20$  % de l'énergie finale (23 000 TWh ou 2 Gtep)
- Charbon 41 %, REN 23 % (hydro 17 %, biomasse 2 %...), gaz 21 %, nucléaire 11 %, pétrole 4 %

### 1.2. Numérique mondial 2019 (greenIT.fr)

Source : greenIT.fr (sept. 2019).

*Les données d'énergie primaire et finale ci-dessous ne sont peut-être pas tout à fait cohérentes avec celles-ci dessus (Global Chance — qui date de 2013 et auxquelles il faut ajouter 6 ans de croissance de la consommation) ou alors c'est que celles de Global Chance incluent l'énergie consommée non commerciale — cette dernière doit tout de même faire plus de 5 % du total — quelque chose que je n'ai pas vérifié.*

*Les données ci-dessous concernant le numérique sont un peu sous-estimées vu que sont exclus de l'ACV (analyse du cycle de vie) un certain nombre d'éléments (les consommables, la fabrication des machines de production, les emballages, le recyclage et la mise en décharge...).*

- E primaire : 6 800 TWh (4,2 % — ce qui ferait un total de 162 000 TWh soit 13,9 Gtep)
- Électricité : 1 300 TWh (5,5 % — ce qui ferait un total 23 600 TWh)
- GES : 3,8 %
- Masse : 223 Mt

Les empreintes sont égales à 2 ou 3 fois celle de la France.

Consommation d'E primaire (fabrication + utilisation) :

1. Utilisateurs : 60 % (30 + 30)
2. Réseau : 23 % (3 + 20)
3. Centres inf. : 17 % (2 + 15)

2019

- 4,1 milliards d'utilisateurs
- 1,1 milliard de boîtiers internet

- 67 millions de serveurs  
Selon autre source : 1 million de serveurs pour Google.
- 10 millions d’antennes relais (2G,..., 5G) – ?

2020 :

- Utilisateurs : 4,7 milliards
- Équipements utilisateurs classiques (PC, GSM, smartphones...) : 19 milliards
- Objets connectés : 20 milliards
- Masse : 236 Mt

2025 :

- Utilisateurs : 5,5 milliards
- Équipements utilisateurs classiques (PC, GSM, smartphones...) : 20 milliards
- Objets connectés : 48 milliards (dont ± 1 milliard de TV).
- Masse : 317 Mt

### 1.2.1. Autres données (selon d’autres sources)

- 5 – 7 % des GES
- Croissance annuelle de la consommation d’énergie du numérique mondial : 10 %

## 2. 5G et énergie

### 2.1. Remarque préliminaire

Pour chaque bit d’information transmis, il y a non seulement une consommation d’énergie directement associée mais aussi celle de l’ensemble de processus industriels liés qui tous consomment de l’énergie (fossile pour l’essentiel) et produisent des GES :

- Extraction et broyage des minerais (métaux).
- Raffinage des métaux.
- Fabrication des équipements (individuels, réseaux, centres d’information).
- Transport.
- Recyclage éventuel et mise en décharge.

Le déploiement de la 5G et l’IdO va fortement accélérer la donne, comme jamais, du fait de :

- La multiplication massive des objets connectés.
- La multiplication des antennes.
- L’augmentation massive des transferts des données.

*Dans une situation climatique et sociale où l’urgence serait d’agir ensemble pour assurer l’avenir de l’humanité, une fuite en avant technologique avec des projets comme celui de la 5G est la pire des voies à prendre (extrait du communiqué de stop5G.be du 24 novembre 2019 – <http://stop5g.be/fr/>).*

### 2.2. EE (energy efficiency)

S’exprime en nombre de bits transmis par unité d’énergie (b/J) : valeurs et prédictions (5G) très variables selon les sources et ce qui est pris en compte.

1) Kris De Decker

*Why We Need a Speed Limit for the Internet*

<https://www.resilience.org/stories/2015-10-21/why-we-need-a-speed-limit-for-the-internet/>

Un article avec beaucoup de références dont «A Close Examination of Performance and Power Characteristics of 4G LTE Networks », Junxian Huang et al., University of Michigan et AT&T Labs – Research, 2012 :

- Filaire : le plus efficace.
- Wifi : moins efficace que le filaire (cuivre, fibre optique)
- 3G : consomme 15 x plus d’énergie que wifi.
- 4G LTE : 23 x plus que wifi.

2) Dan Jones

*Power Consumption: 5G Basestations Are Hungry, Hungry Hippos*

<https://www.lightreading.com/mobile/5g/power-consumption-5g-basestations-are-hungry-hungry-hippos/d/d-id/749979>

China Mobile, 5G par rapport à 4G LTE :

- 3 fois plus d’antennes pour la même couverture.
- 3 fois plus d’E par antenne.

3) Jeremy Horwitz

*5G uses less power than 4G at peak bitrates, but more for basic tasks*

<https://venturebeat.com/2019/09/11/5g-uses-less-power-than-4g-at-peak-bitrates-but-more-for-basic-tasks/>

La 5G serait plus efficace que la 4G pour le transfert de gros fichiers mais pas pour le reste (visites de site web, etc.).

#### 4) Robert Clark

*Operators Starting to Face Up to 5G Power Cost*

<https://www.lightreading.com/asia-pacific/operators-starting-to-face-up-to-5g-power-cost-/d/id/755255>

Consensus semble-t-il pour ce qui est de la consommation électrique des antennes d'un réseau 5G : 3,5 fois plus d'électricité que pour la 4G.

Il cite : ABI Research, Huawei, China Unicom Research Institute.

Le coût pour les opérateurs est tel que certains gouvernements régionaux chinois subsidient la consommation électrique des opérateurs 5G. Cela pourrait aussi accélérer l'arrêt de la 2G et 3G.

Selon Huawei, en 2026, il y aura en Chine 5 M de macro basestations et 10 M de small cells (onde millimétrique).

#### 5) Finlande

Un des pays où le sans-fil est la plus élevée.

L'efficacité des réseaux de t. mobile ne cesse d'augmenter (b/J) mais la consommation d'électricité des opérateurs augmente... (effet rebond, changement de comportement : l'utilisateur passe de en plus de temps sur son équipement mobile).

### 2.3. Autres informations

1. 5G en millimétrique (IdO – internet des objets) : forte atténuation (interférence) du signal (feuilles, mur, pluie et même oxygène...) → obligation de multiplier les antennes (small cells) et d'intensifier le signal → augmentation de la consommation d'énergie.
2. Plus d'antennes = plus de fibre optique pour les relier → Investissement → augmentation de la consommation d'énergie.
3. La consommation d'énergie des objets connectés (fabrication, utilisation) deviendra le poste prépondérant.
4. Par rapport au sans-fil, le câble et la fibre optique ont toutes les qualités : vitesse, fiabilité, résilience, efficacité énergétique, sécurité.
5. Les réseaux sans fil sont moins chers à installer du moins en 2G, 3G et 4G. Ce n'est sans doute pas le cas pour le réseau 5G en ondes millimétriques : selon un document de McKinsey, à cause de la 5G et des investissements qu'elle demande, les opérateurs de télécom vont faire face à des difficultés financières dans les années qui viennent.  
*The road to 5G: The inevitable growth of infrastructure*  
<https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/the-road-to-5g-the-inevitable-growth-of-infrastructure-cost>
6. Aux USA les opérateurs des réseaux électriques s'inquiètent de l'impact de la 5G par rapport à la tenue du réseau et de l'absence de prise en compte de leurs besoins par la FCC (Commission fédérale des communications, USA).  
*5G May Be Holy Grail for Telecom, But Energy Sector Feels Much Anxiety Over New Network*, 22 avril 2019), <https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/the-road-to-5g-the-inevitable-growth-of-infrastructure-cost>

### 2.4. Conclusion

Selon une estimation prudente, à elle seule, l'énergie nécessaire à l'émission des antennes et des objets connectés entraînera une augmentation de la consommation électrique des pays européens de plus de 2 %.

Elle ne représente que la partie émergée de l'iceberg principalement constitué par l'énergie nécessaire à l'ensemble des processus industriels liés au déploiement de la 5G, en particulier la multiplication massive des objets connectés.

Le bilan énergétique et climatique de la 5G s'annonce donc désastreux.