

L'évaluation des réserves ultimes de combustibles fossiles, clef de la modélisation du climat futur

B.Durand* & J.Laherrère**

** Géochimiste des combustibles fossiles, ancien directeur de l'ENS de Géologie*

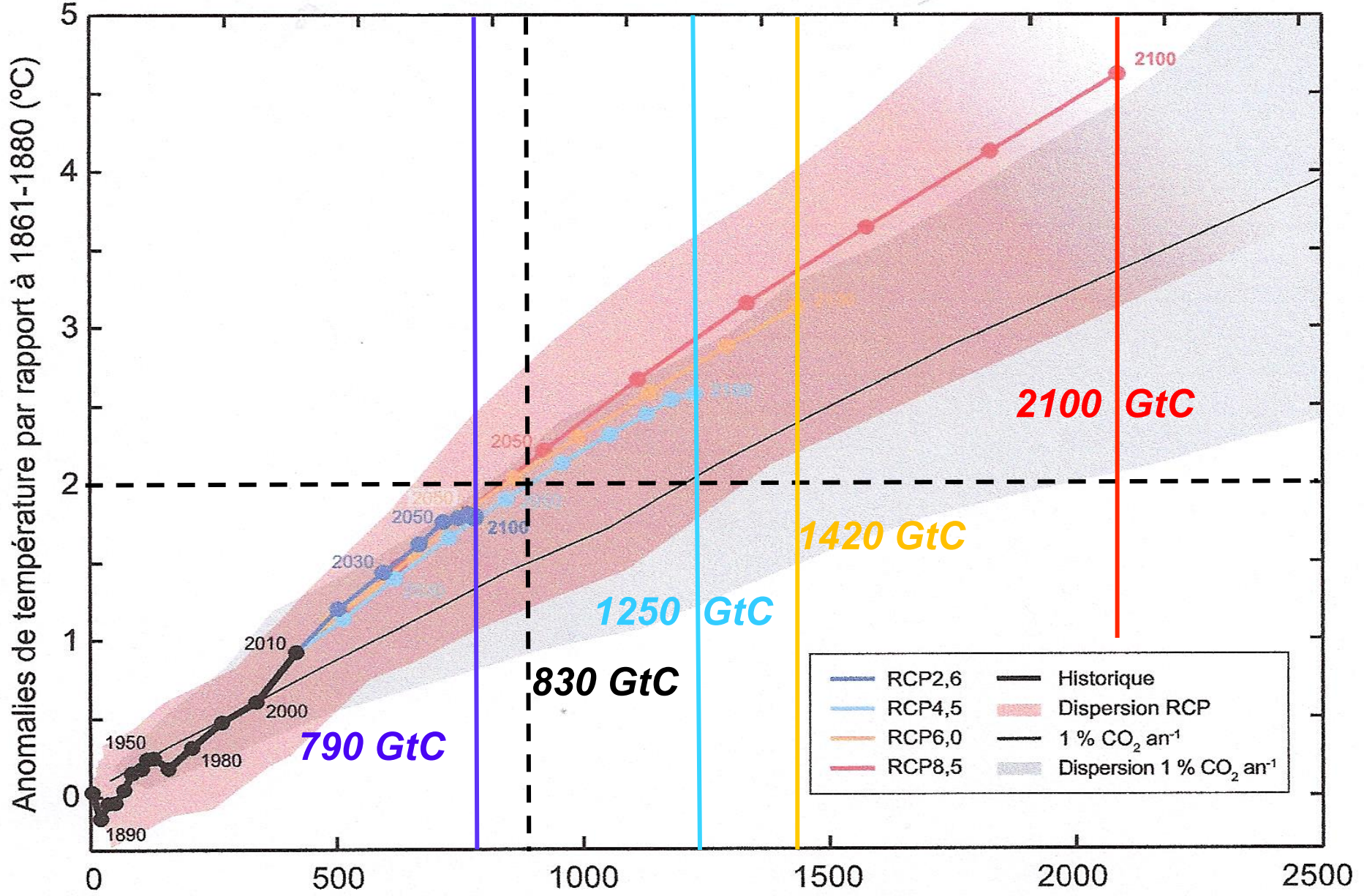
*** Géophysicien, ancien directeur des Techniques de l'Exploration, Total*

Message

La conférence de Paris sur le climat n'aura servi à rien, si la décision de sévèrement limiter la consommation de charbon n'y a pas été prise. C'est la responsabilité des très gros consommateurs de charbon: Chine, Etats-Unis, Inde, Japon, Russie, et en Europe Allemagne et Pologne .

- Selon le GIEC 2013*, l'accroissement de température de la surface terrestre dépend presque linéairement des quantités de CO₂ anthropogénique cumulées depuis 1870. * *Changements climatiques 2013, les éléments scientifiques, Résumé à l'attention des décideurs, figure SPM.10*
- Les scénarios Representative Concentration Pathways (RCP) du GIEC, en GtC contenu dans les émissions anthropogéniques totales de CO₂ de 1870 à 2100, produisent :
 - 790 GtC pour le RCP 2,6 1250 GtC pour le RCP 4,5
 - 1420 GtC pour le RCP 6 2100 GtC pour le RCP 8,5
- Pour que le réchauffement de 1870 à 2100 ne dépasse pas 2°C, ces émissions devraient rester inférieures à 830 GtC, c'est-à-dire un peu plus que celles du RCP 2,6.

Total des émissions de CO₂ anthropiques cumulées depuis 1870 (GtCO₂)



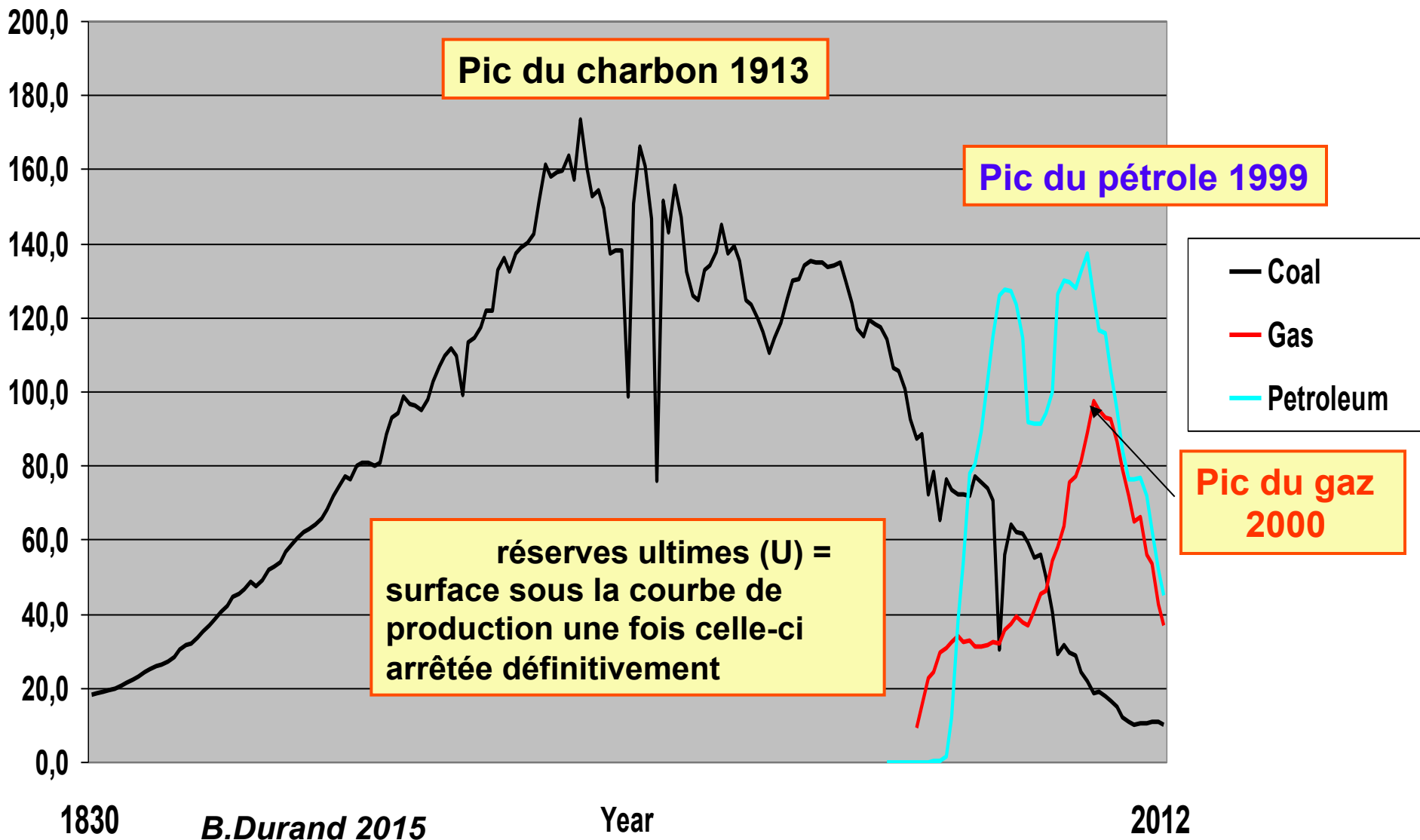
Anomalies de température par rapport à 1861-1880 (°C)

Total des émissions de CO₂ anthropiques cumulées depuis 1870 (GtC)

- RCP2,6
- RCP4,5
- RCP6,0
- RCP8,5
- Historique
- Dispersion RCP
- 1 % CO₂ an⁻¹
- Dispersion 1 % CO₂ an⁻¹

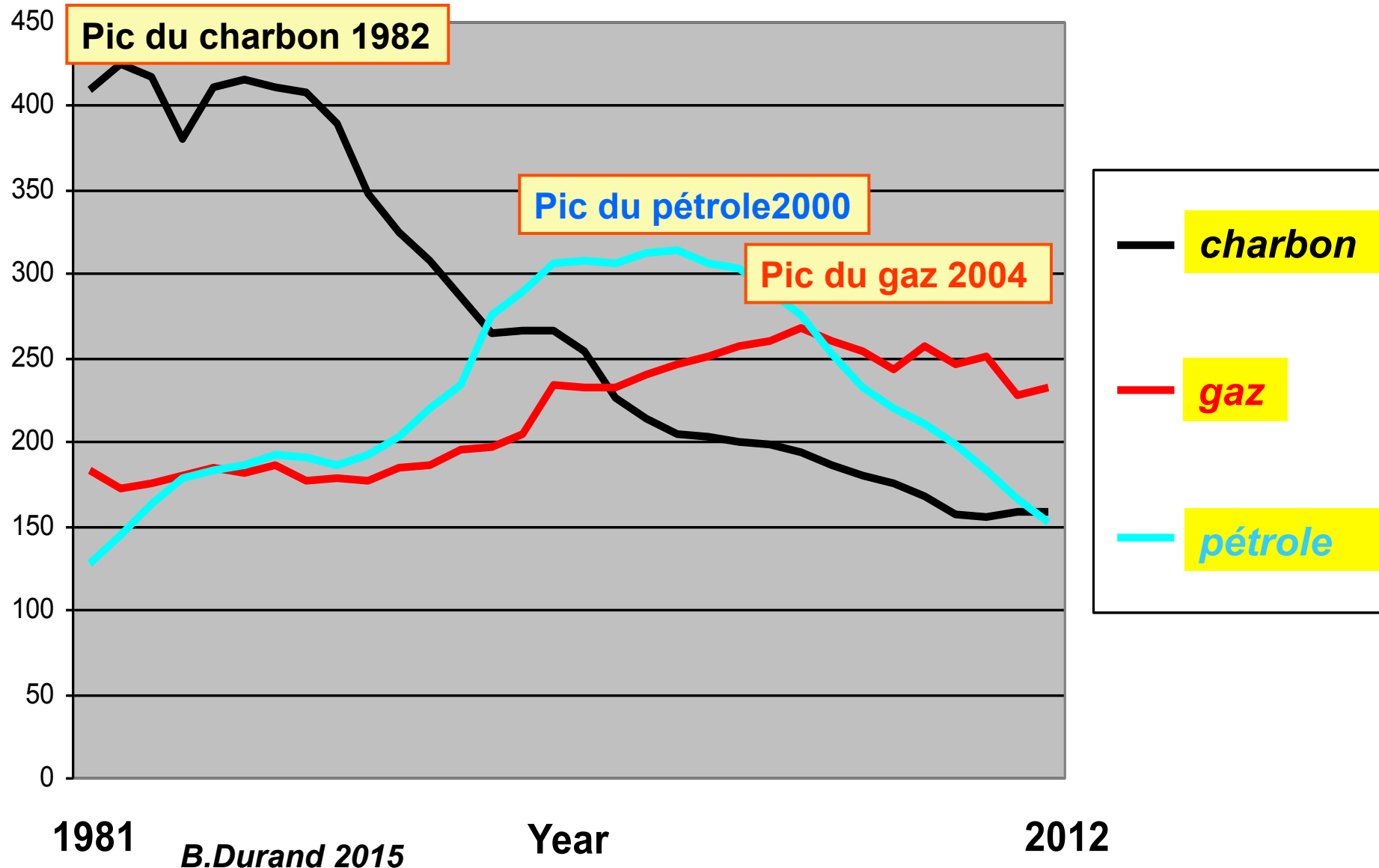
Royaume-Uni : Productions de combustibles fossiles 1830-2012, en Mtep

(D.Rutledge, E.Mearns, BP)



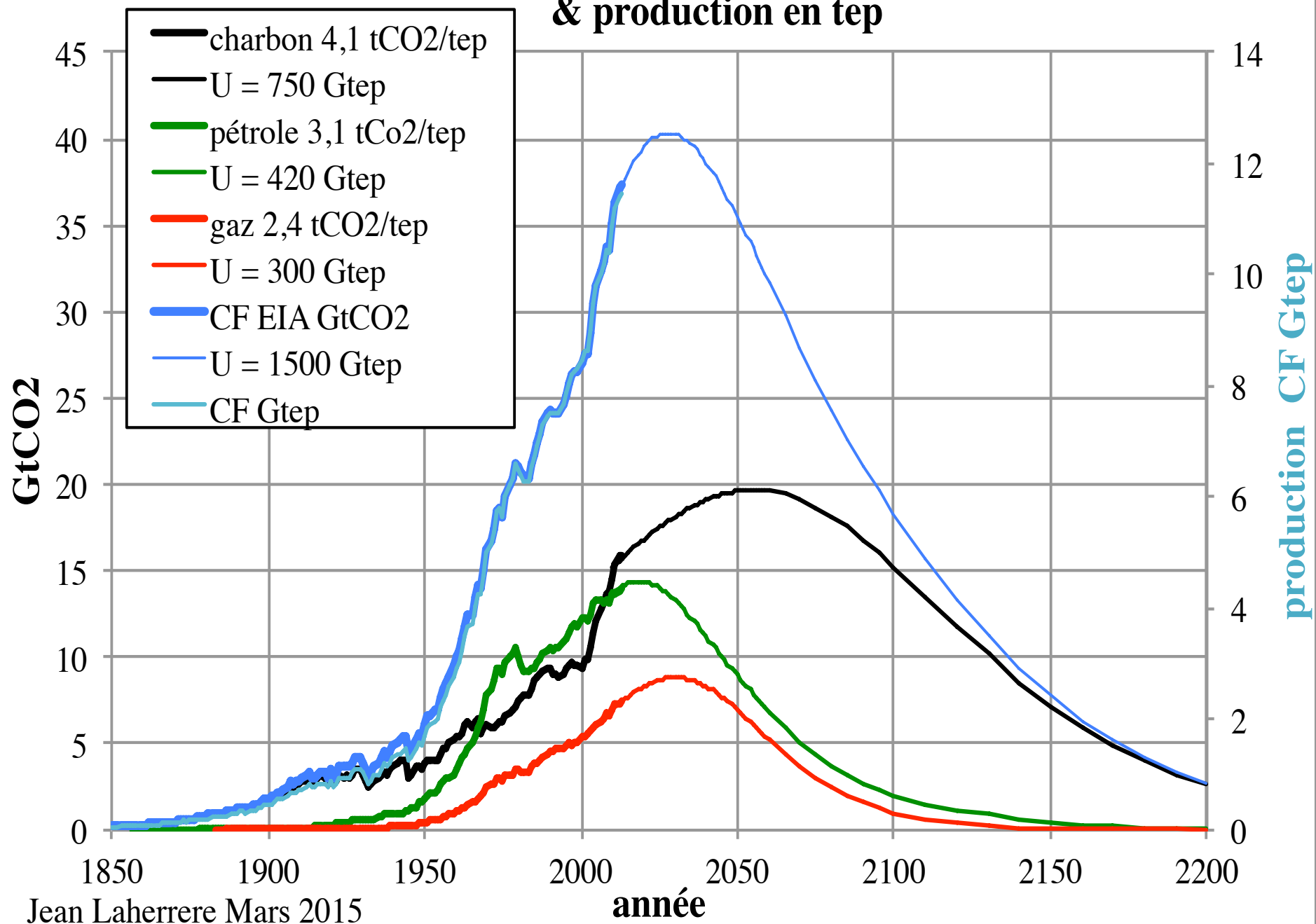
- Les émissions dues à l'utilisation des combustibles fossiles (CF) représentent 85% des sources anthropogéniques de CO₂: Ces émissions sont donc, selon le GIEC, de loin les principales responsables du réchauffement de la surface terrestre. **Cependant la disponibilité des CF est limitée par la géologie et leur production doit passer un jour par un pic .**
- **Le Royaume-Uni et l'ensemble EU 28+Norvège ont par exemple déjà largement dépassé leurs pics de productions indigènes de CF:**
 - **Royaume-Uni**
 - 1913 pour le charbon,
 - 1999 pour le pétrole,
 - 2000 pour le gaz !
 - **EU 28 + Norvège**
 - 1982 pour le charbon,
 - 2000 pour le pétrole,
 - 2004 pour le gaz !
- **Ni les efforts d'exploration, ni les progrès technologiques, ni les prix élevés du marché, n'ont réussi à inverser la tendance !**

EU 28 + Norvège : production de combustibles fossiles 1981-2012 en Mtep (source : BP)



combustibles fossiles dans le monde: émissions CO2

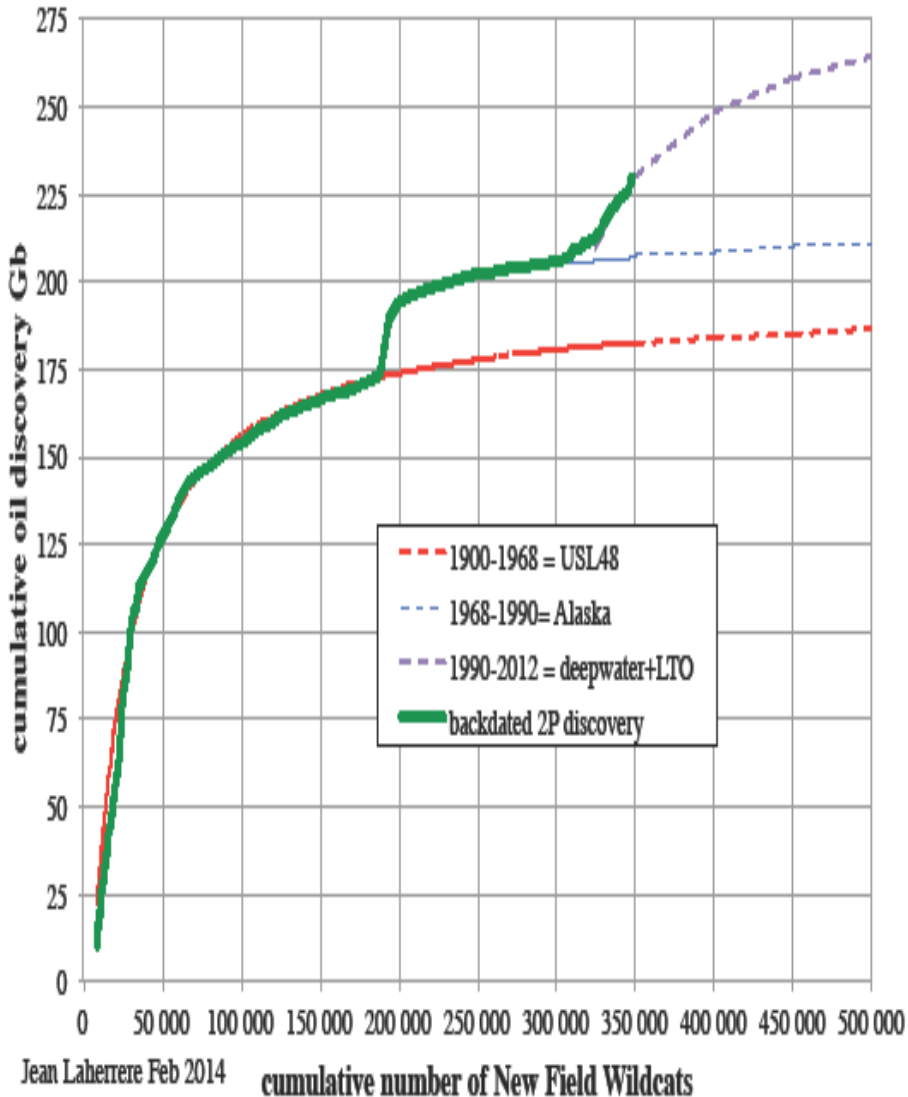
& production en tep



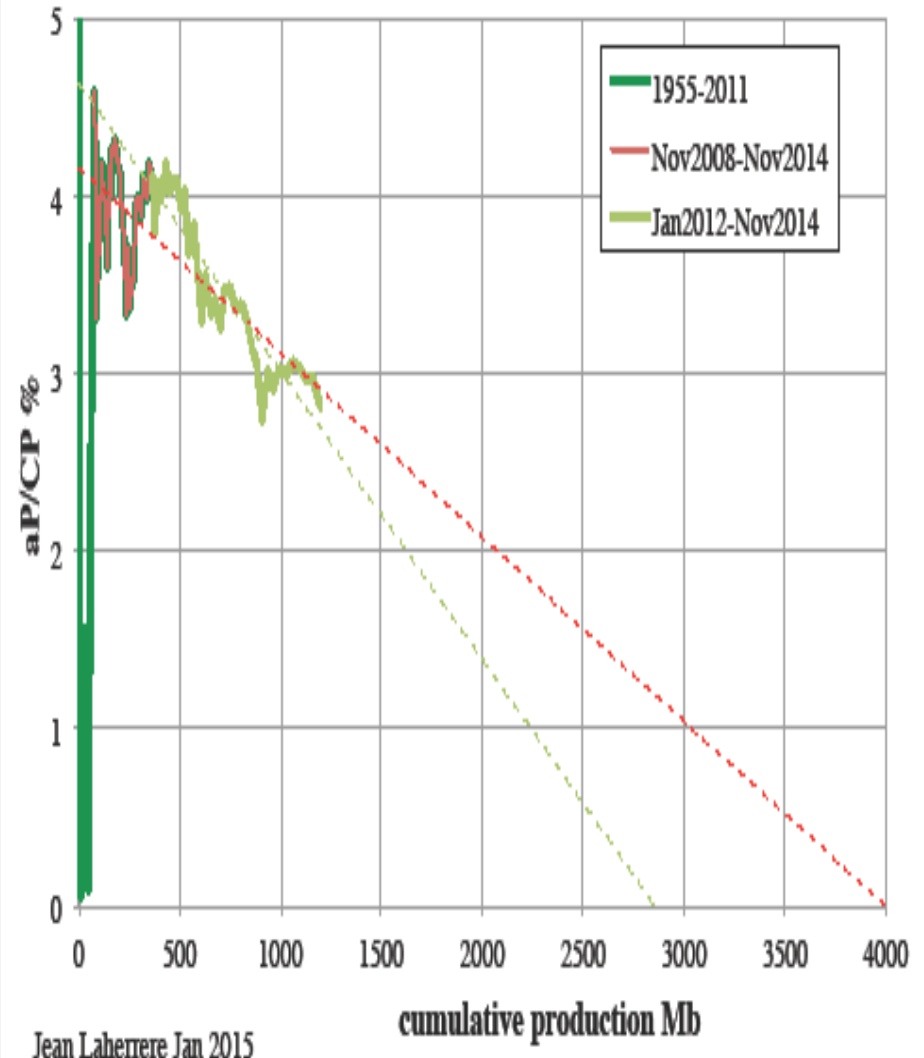
- **La production mondiale totale de CF, estimée en tonne-équivalent-pétrole (tep) (voir méthodes) devrait passer par un pic bien avant le milieu du siècle, probablement vers 2025 :**
 - **2020 pour le pétrole (tous liquides),**
 - **2030 pour le gaz ,**
 - **2050 pour le charbon.**
- **Méthodes: estimation des réserves ultimes (U) par la construction de courbes d'écrémage des réserves 2 P backdated et/ou linéarisation de Hubbert d'historiques de production , puis l'utilisation de fonctions logistiques pour prédire les productions à venir (hors contraintes autres que géologiques) .**
- **Ces estimations des réserves ultimes de CF peuvent être facilement transposées en émissions ultimes de CO₂ dues à la combustion des CF.**

Méthodes: exemples de courbes d'écrémage et de linéarisation de Hubbert d'historique de production

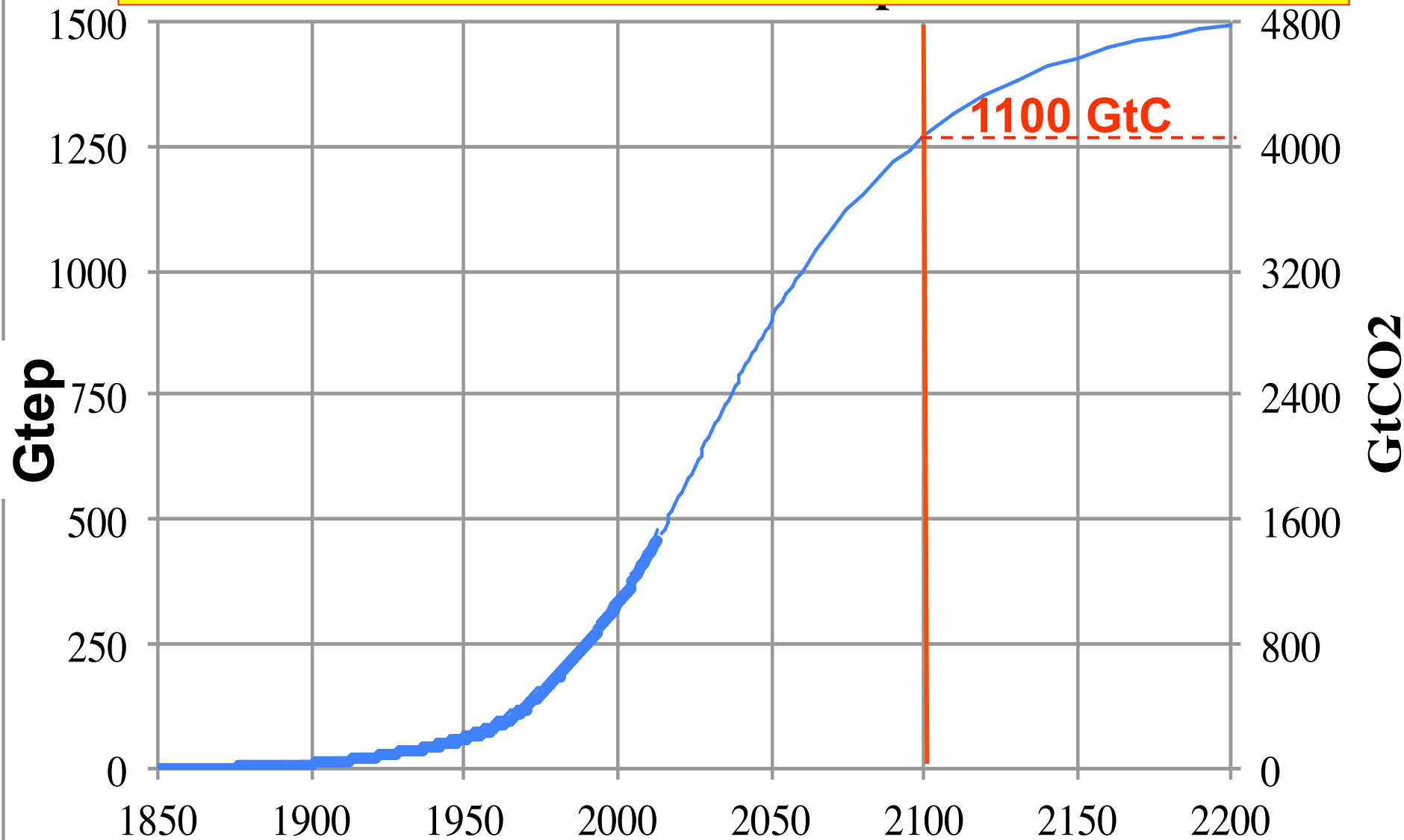
US oil creaming curve 1900-2012 trending to 275 Gb



Bakken North Dakota oil production Hubbert linearization



Productions mondiales cumulées de CF et d'émissions de CO2 dues à ces productions, et prévisions jusqu'en 2200.

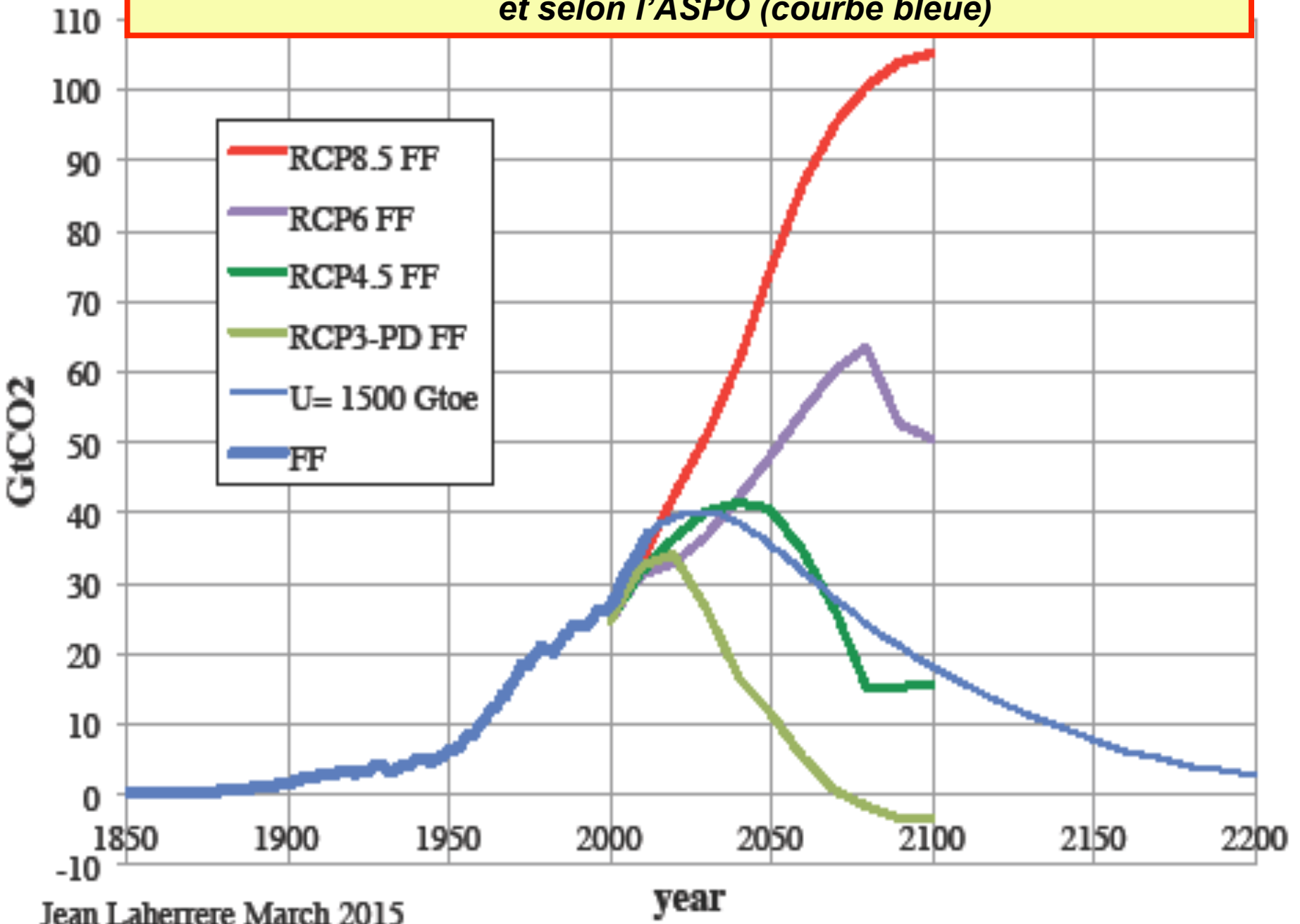


Notre meilleure estimation des réserves de CF qui auront été consommées jusqu'en 2200 est **1500 Gtep , correspondant à l'émission de **1300 GtC (4800 GtCO₂)**: environ **1100 GtC (4000 GtCO₂)** en seraient émis de 1870 à 2100.**

C'est moins que les émissions de CO₂ du RCP 4,5 jusqu'en 2100 (1250 GtC**), et seulement **270 GtC** au-dessus des **830 GtC** correspondant à la limite des **2 °C**.**

L'ultime des émissions des CF serait d'environ **5100 GtCO₂ (**1390 GtC**)**

Prévisions d'émissions de CO₂ des CF (FF), selon les RCP du GIEC et selon l'ASPO (courbe bleue)



Notre estimation la plus probable des émissions de CO₂ 1870-2100 dues aux CF est inférieure à celles du RCP 4,5 et d'environ 270 GtC seulement au-dessus de la limite correspondant aux 2°C.

L'incertitude sur ce résultat est certes importante. Néanmoins le RCP 8,5 est irréaliste et le RCP 6 très improbable.

Mohr et al. 2015, Fuel, 141, 120-135 arrivent à la même conclusion.

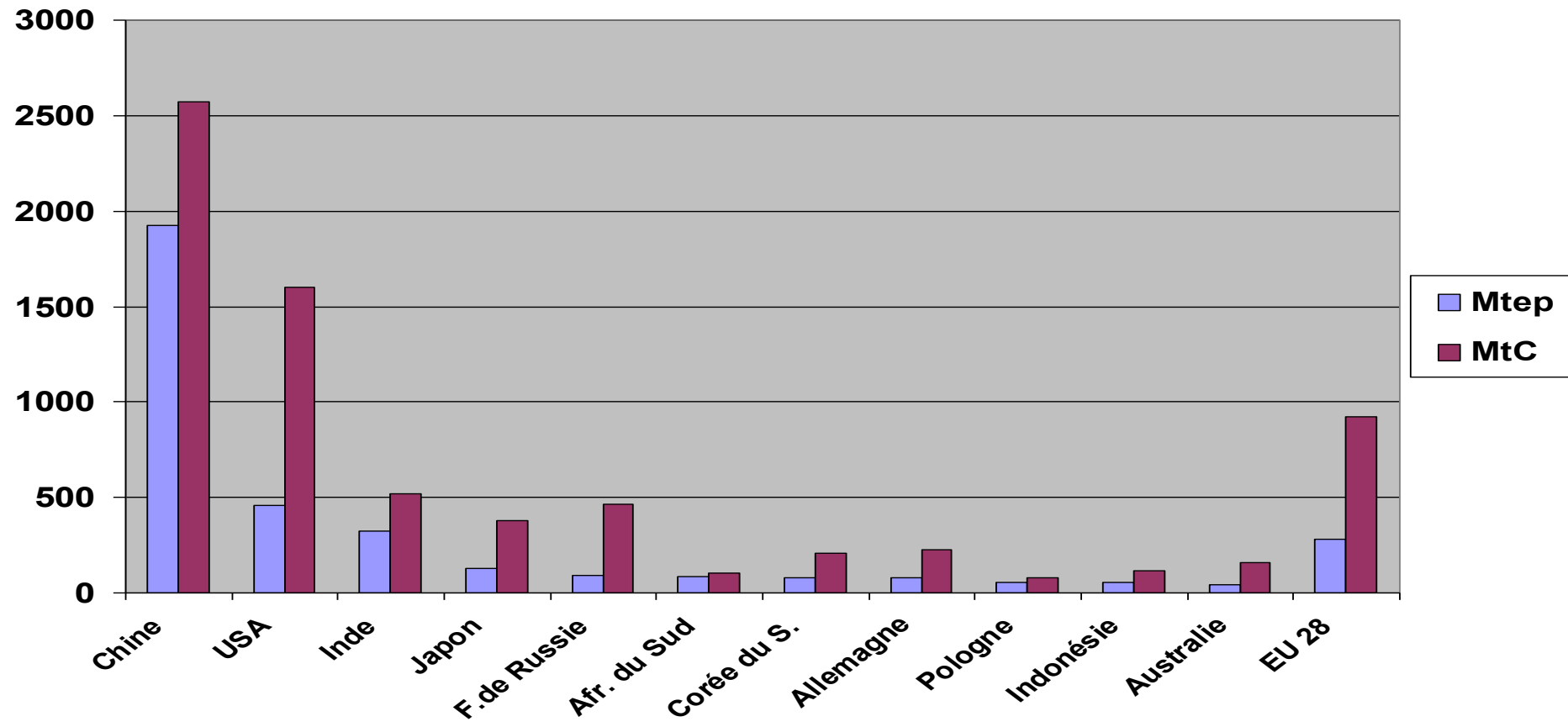
Le charbon est en passe de devenir le principal émetteur de CO₂ anthropogénique.

A lui seul, si rien n'est fait pour limiter les émissions des combustibles fossiles, il devrait produire les 2/3 de leurs émissions encore à venir, soit environ 2340 GtCO₂ (640 GtC).

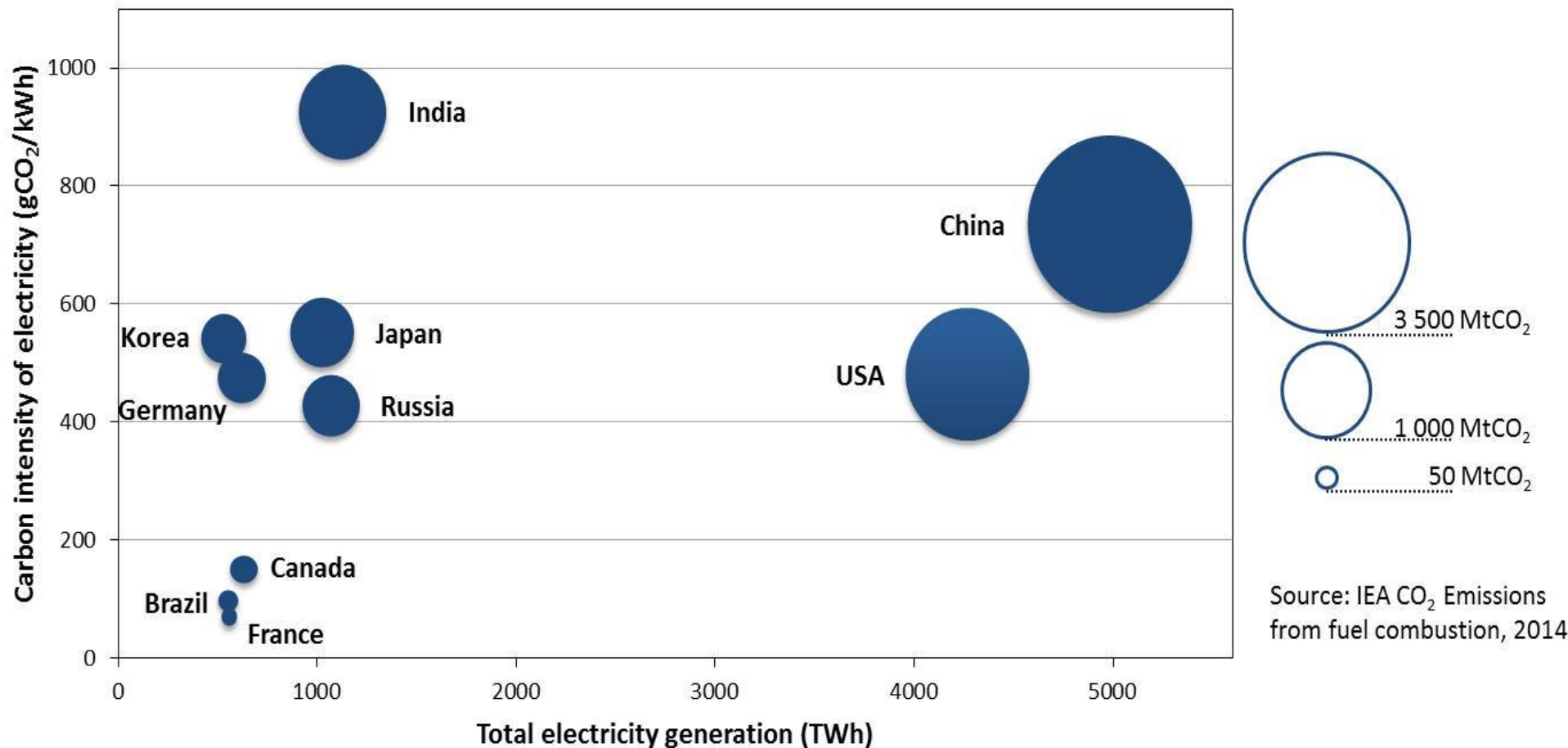
C'est pourquoi le futur du climat est essentiellement entre les mains des pays les plus consommateurs de charbon, qui devraient prendre ici et maintenant leurs responsabilités

Voici les 11 plus grands responsables (90 % de la consommation mondiale en 2013). L'Allemagne et la Pologne sont au 8^{ème} et 9^{ème} rang. L'ensemble EU 28 est au troisième.

**Les 11 premiers consommateurs de charbon (en Mtep) en 2013
(90% de la consommation mondiale) + EU 28
et leurs émissions de CO2 (in MtC). (IEA, BP)**



L'usage principal du charbon (70%) est la production d'électricité. Voici les productions de CO₂, totales et par kWh, des dix principaux producteurs mondiaux d'électricité: *La France est le pays qui en produit le moins par kWh, 8 fois moins que l'Allemagne ou les USA, 12 fois moins que la Chine, 18 fois moins que l'Inde.* Source: IEA statistics



Conclusion

Un moratoire sur la construction de nouvelles centrales électriques à charbon, et plus généralement à combustibles fossiles, dans les grands pays consommateurs, et leur remplacement par des centrales non émettrices, utilisant l'énergie nucléaire et les énergies renouvelables, serait sans doute suffisant pour rester sous les 2 °C d'augmentation de température de 1870 à 2100 préconisé par le GIEC.

Les exemples de la France et de la Suède, qui ont déjà fait ce chemin, sont à généraliser.