

Energie et Climat

Jacques Le Bourlot
Observatoire de Paris & Université Paris-Diderot

19 Avril 2012

Un Univers Moléculaire

[Introduction](#)

[Origine](#)

[Histoire](#)

[Ressources](#)

[Conséquences](#)

[Et maintenant?](#)

[Sources](#)

[Suppléments](#)



Introduction

Origine

Histoire

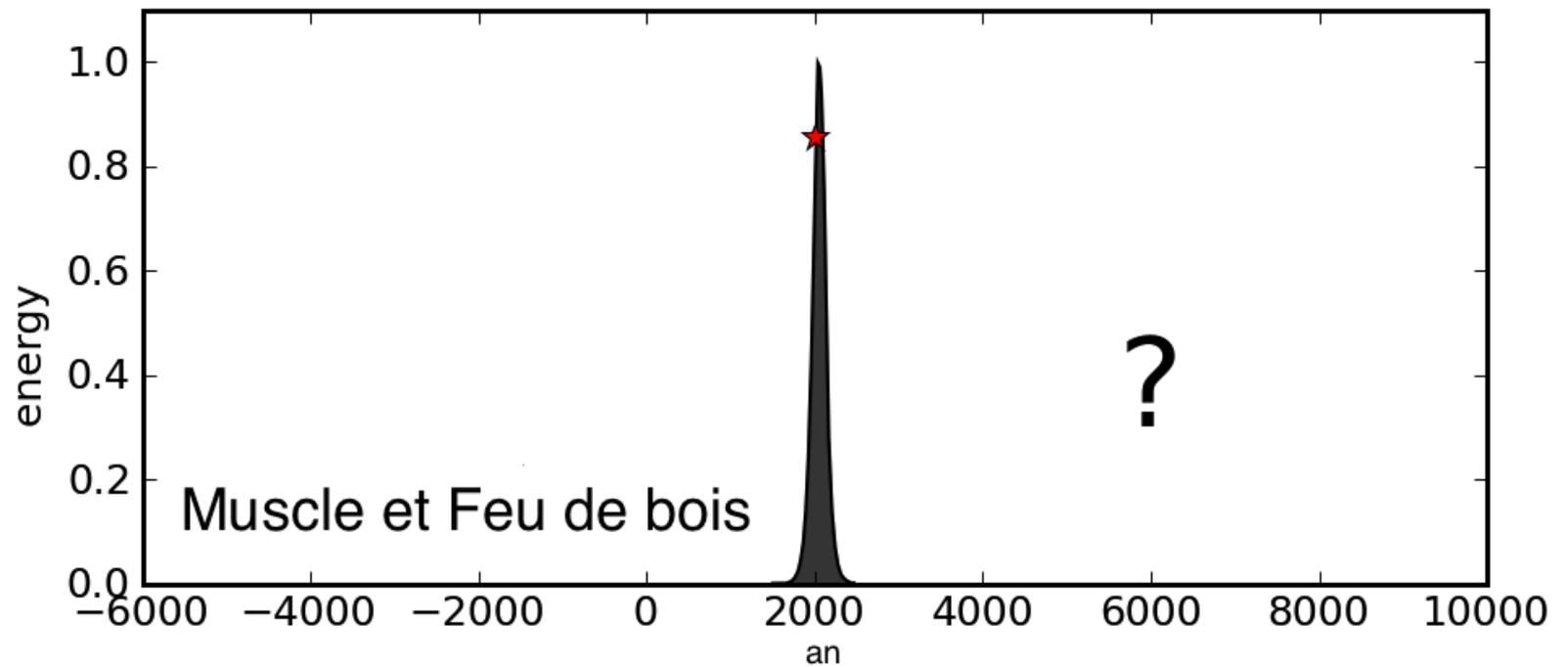
Ressources

Conséquences

Et maintenant?

Sources

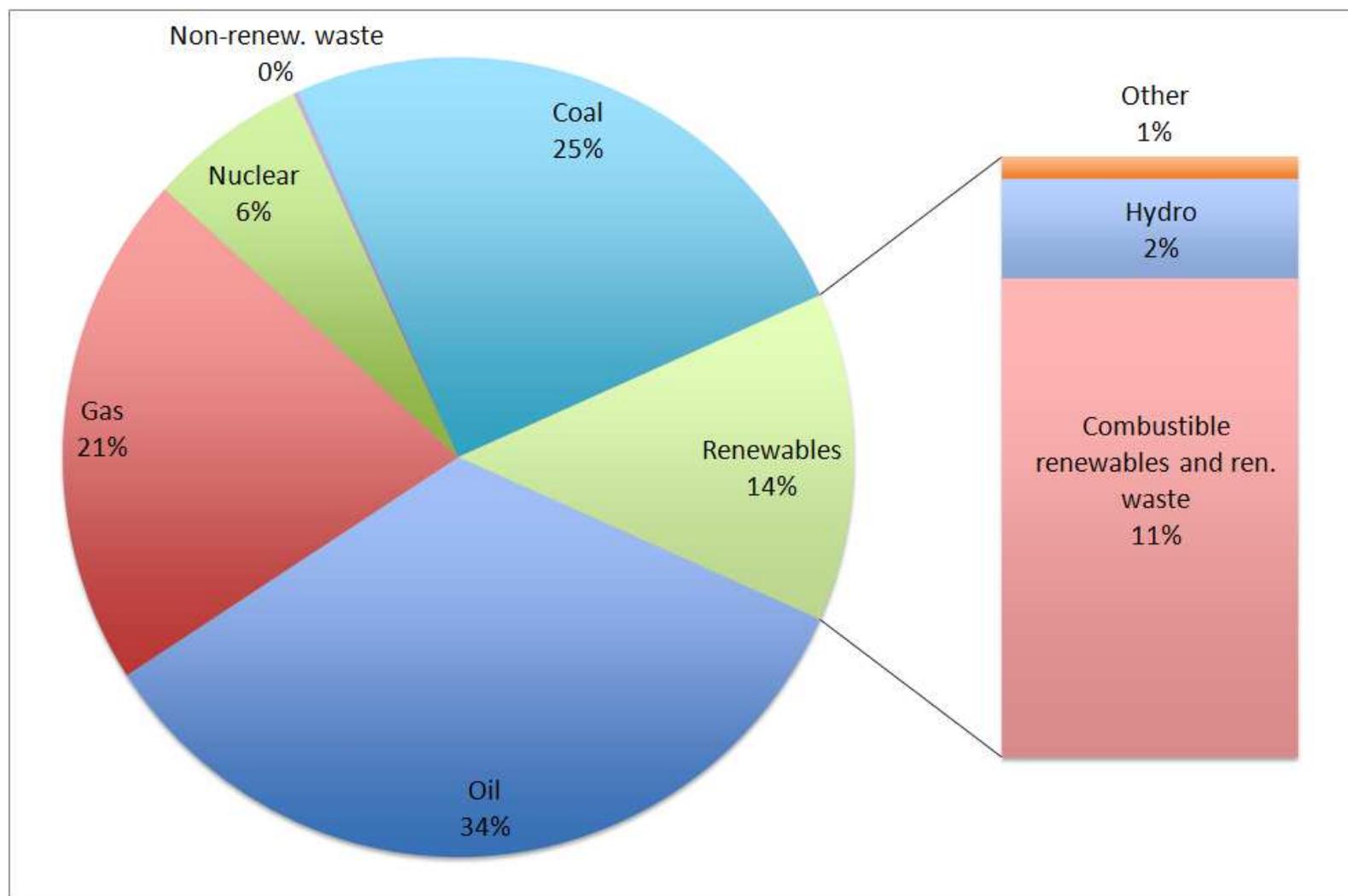
Suppléments



“Vous êtes ici !”

Source : “Do the math !”

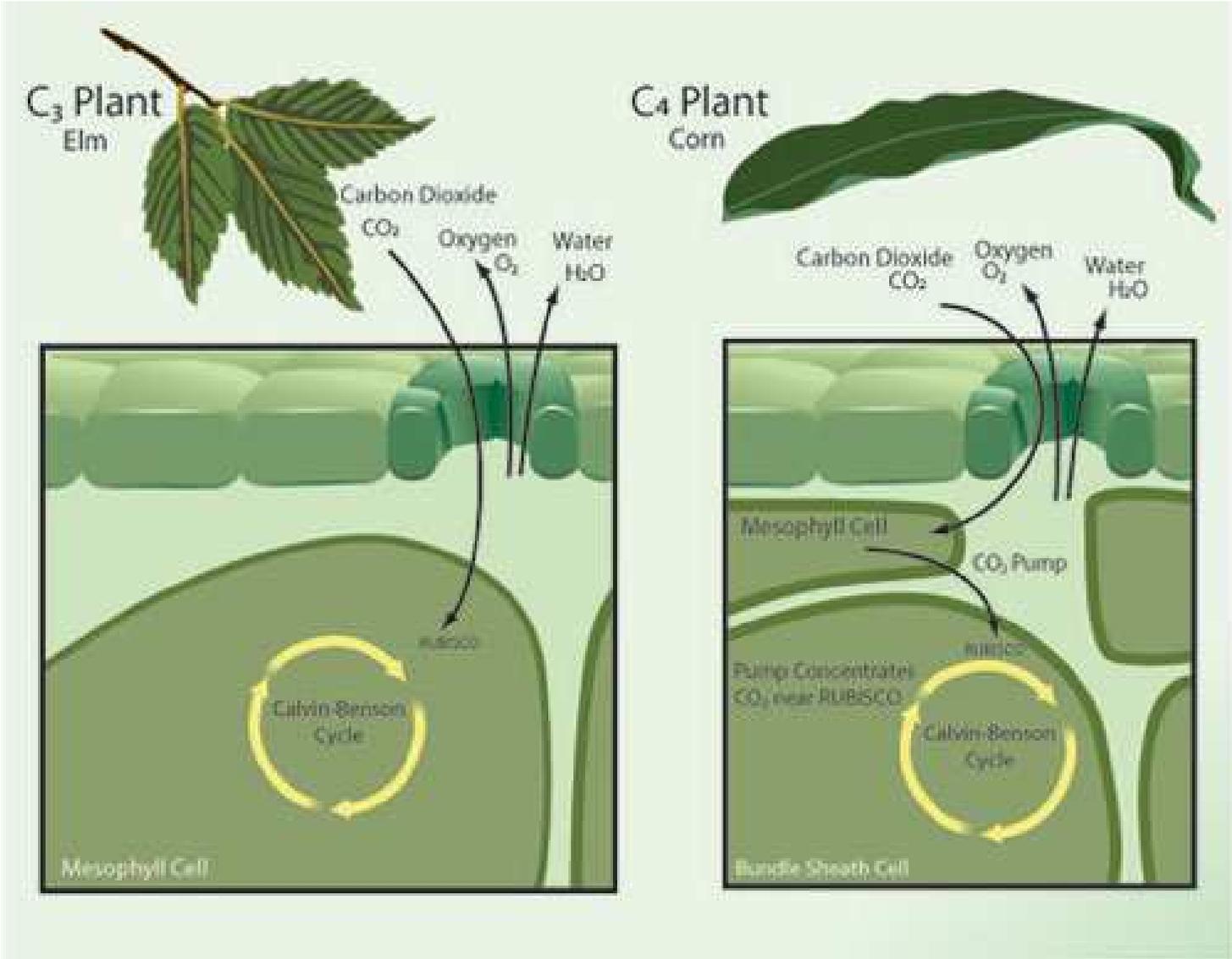
- Introduction
- Ressources
- Répartition
- Le pétrole
- Avenir
- Besoin?
- Conclusion
- Conséquences
- Et maintenant?
- Sources
- Suppléments



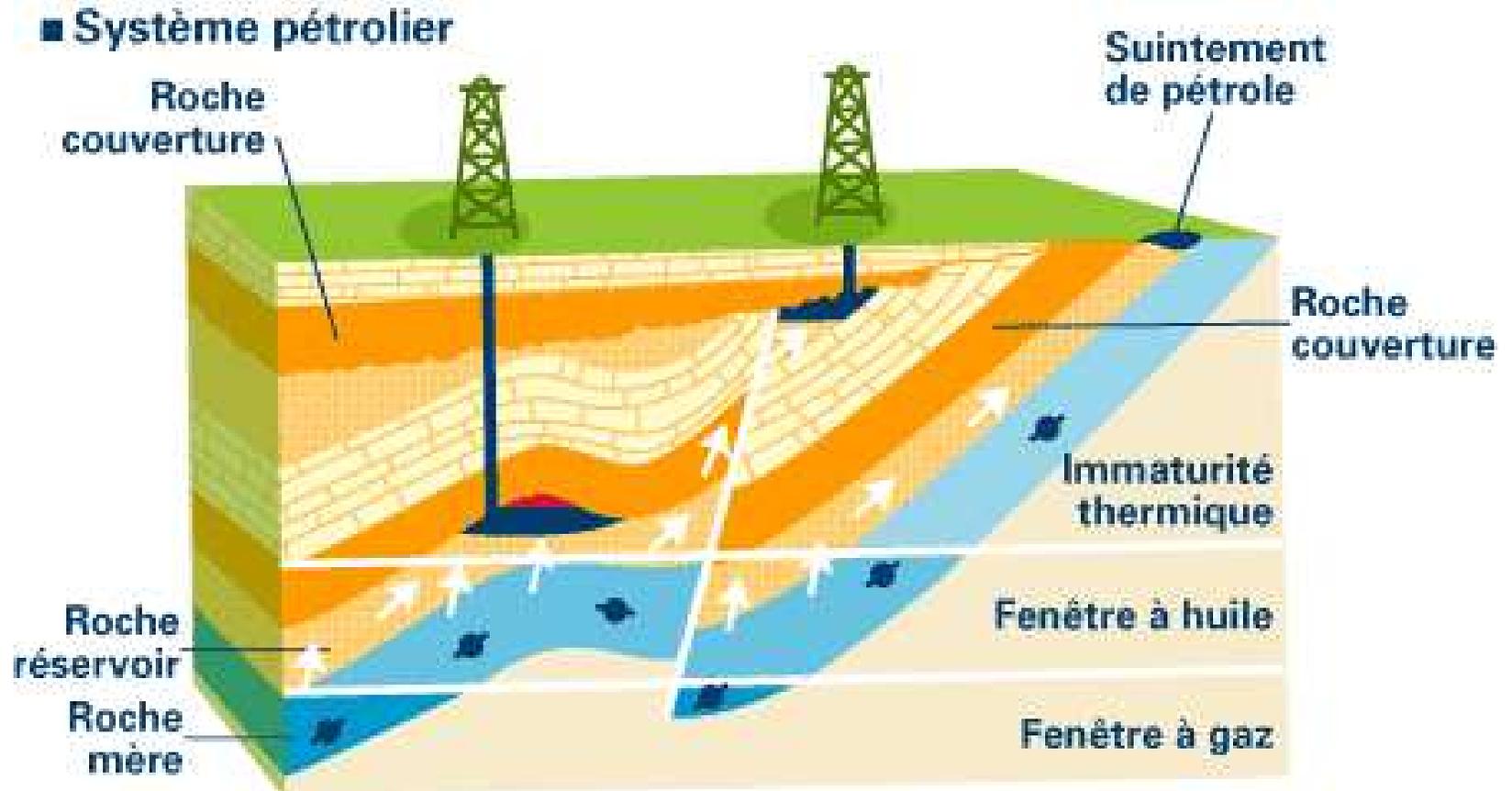
Source : IEA (2007)

D'où vient le pétrole

- Introduction
- Ressources
- Répartition
- Le pétrole
- Avenir
- Besoin?
- Conclusion
- Conséquences
- Et maintenant?
- Sources
- Suppléments



- Introduction
- Ressources
- Répartition
- Le pétrole
- Avenir
- Besoin?
- Conclusion
- Conséquences
- Et maintenant?
- Sources
- Suppléments



Passé le pic, rendement décroissant de 5 à 10% par an.

Introduction

Ressources

Répartition

Le pétrole

Avenir

Besoin?

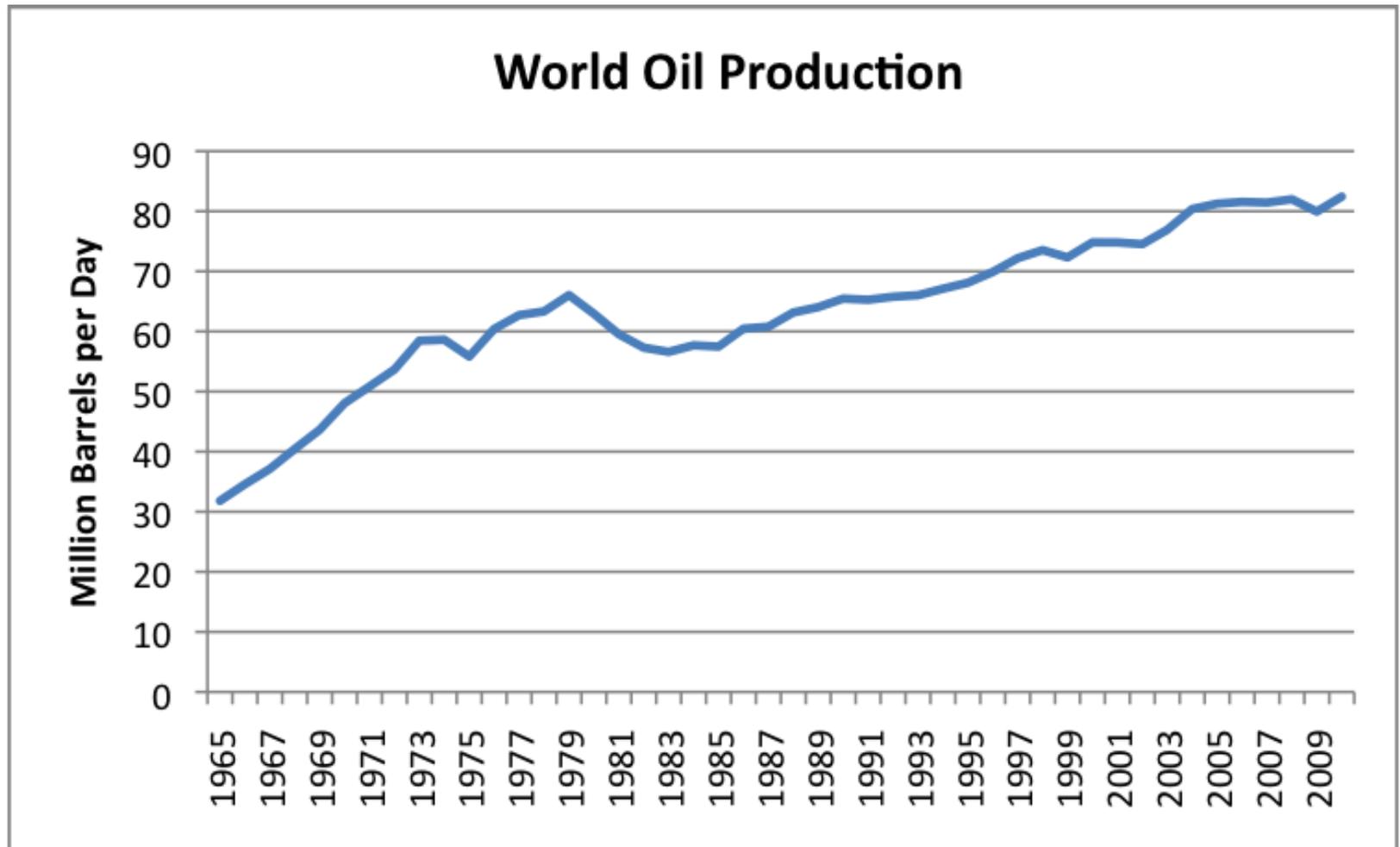
Conclusion

Conséquences

Et maintenant?

Sources

Suppléments



Soit 5 km³ par an !

Introduction

Ressources

Répartition

Le pétrole

Avenir

Besoin?

Conclusion

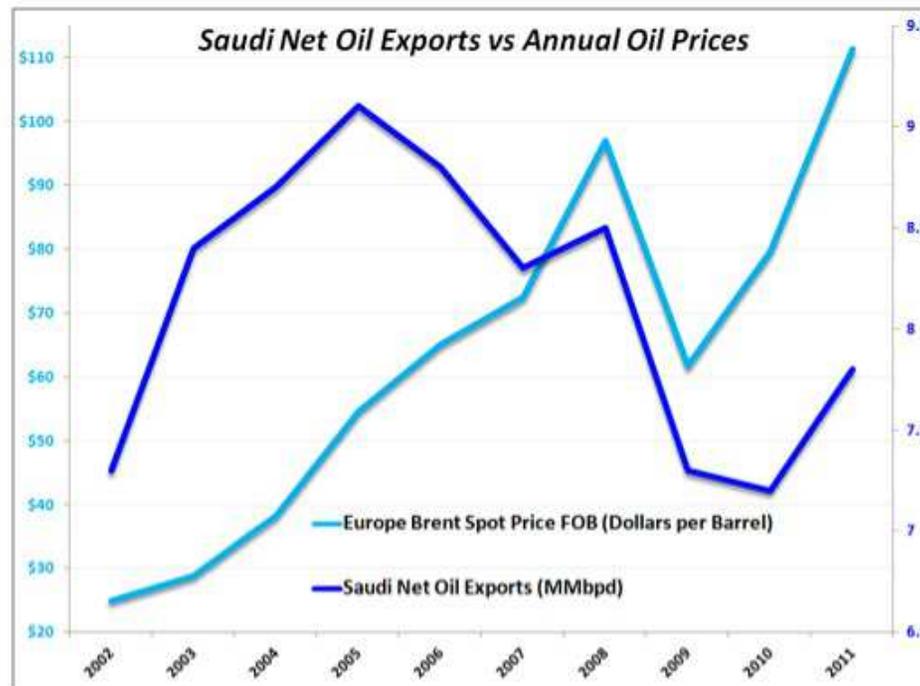
Conséquences

Et maintenant?

Sources

Suppléments

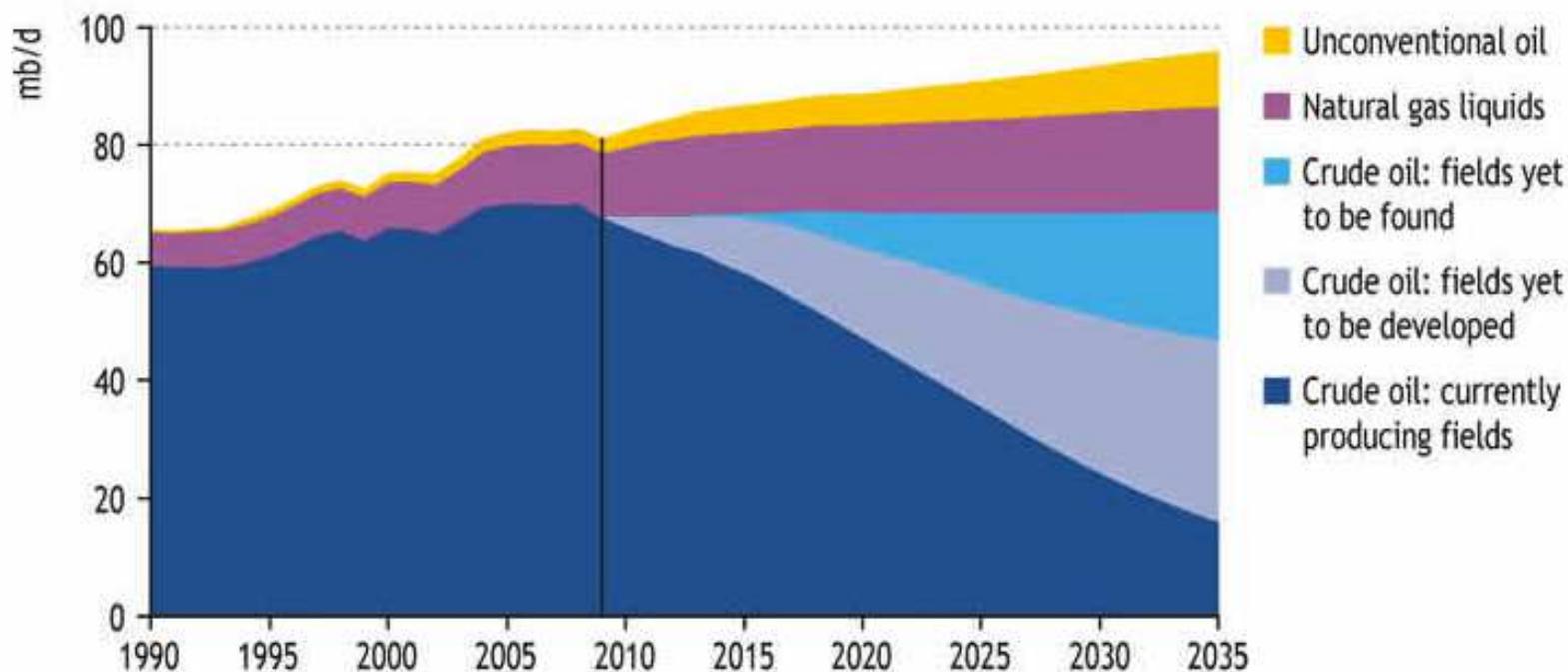
Saudi Net Exports (2002-2011) Versus Brent Annual Crude Oil Prices



Source : "The Oil Drum"

- Introduction
- Ressources
- Répartition
- Le pétrole
- Avenir
- Besoin?
- Conclusion
- Conséquences
- Et maintenant?
- Sources
- Suppléments

World oil production by type in the New Policies Scenario



Source : IEA, 2010 - Agence Internationale de l'Energie.

”Il faut 4 Arabie Saoudite d’ici 10 ans”

Introduction

Ressources

Répartition

Le pétrole

Avenir

Besoin?

Conclusion

Conséquences

Et maintenant?

Sources

Suppléments



Peter Voser, PDG de Shell

L'énergie disponible va diminuer !

- Rien ne peut remplacer le pétrole

Introduction

Ressources

Répartition

Le pétrole

Avenir

Besoin?

Conclusion

Conséquences

Et maintenant?

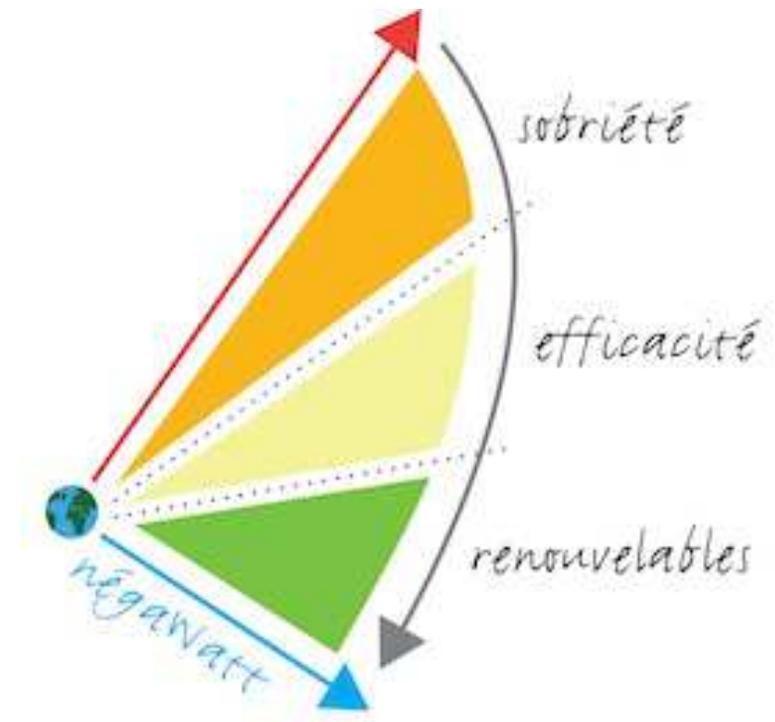
Sources

Suppléments

L'énergie disponible va diminuer !

- Rien ne peut remplacer le pétrole
- On peut s'en passer (en partie)

⇒ Voir le "Scénario Négawatt"



Introduction

Ressources

Répartition

Le pétrole

Avenir

Besoin?

Conclusion

Conséquences

Et maintenant?

Sources

Suppléments

Introduction

Ressources

Conséquences

Cycle du carbone

Effet de serre

Températures

Preuves
expérimentales

Banquise

Le GIEC

Prédictions

vague de froid?

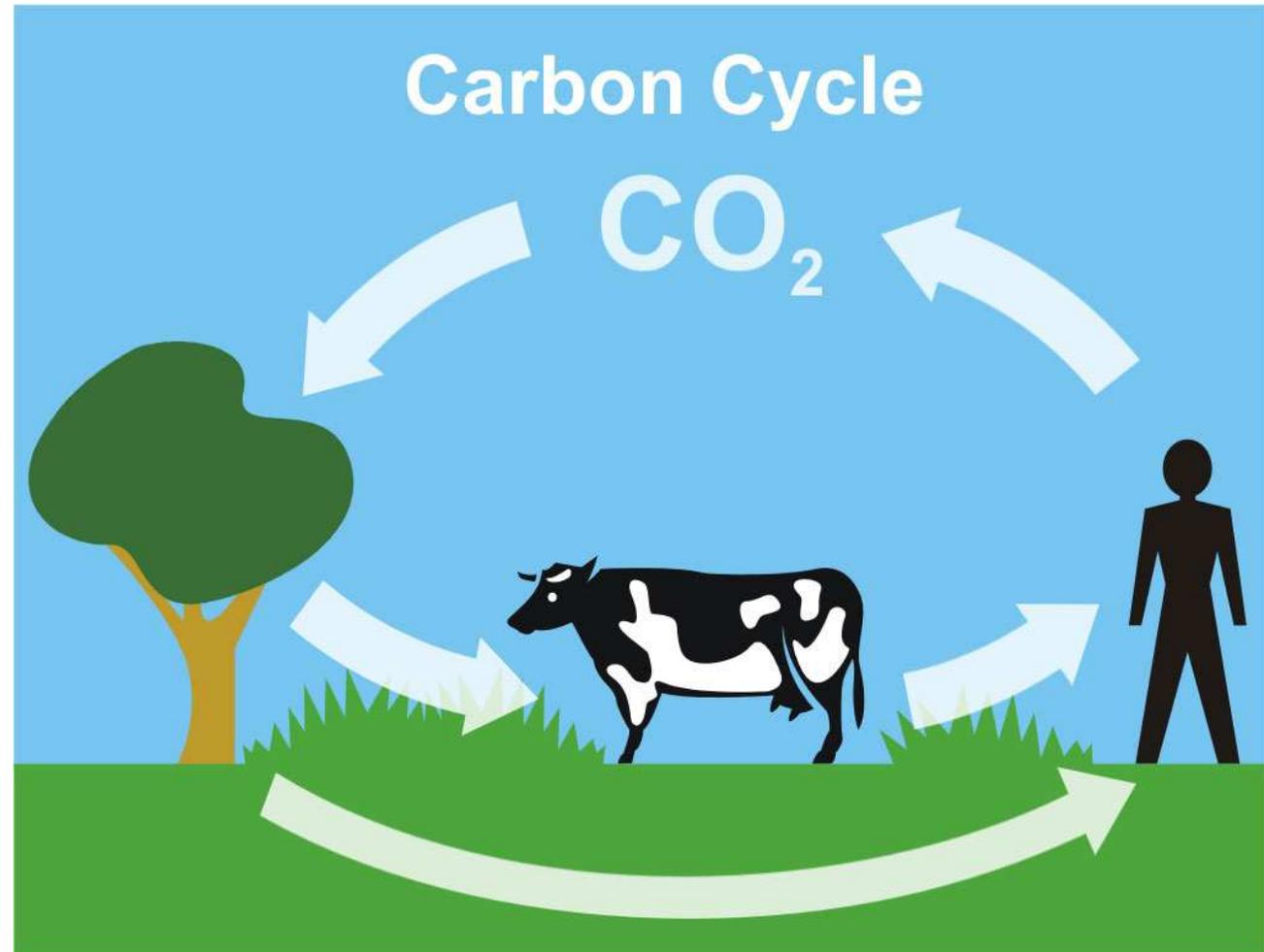
Méditerranée

Forêts

Et maintenant?

Sources

Suppléments



Source : "Skeptical Science"

Introduction

Ressources

Conséquences

Cycle du carbone

Effet de serre

Températures

Preuves
expérimentales

Banquise

Le GIEC

Prédictions

vague de froid?

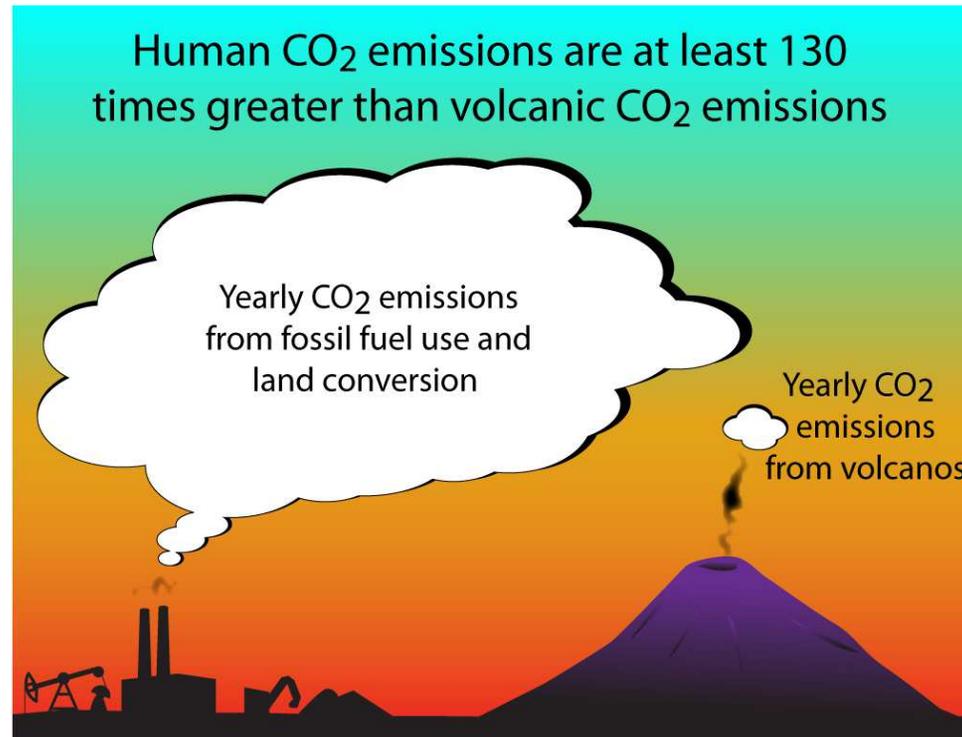
Méditerranée

Forêts

Et maintenant?

Sources

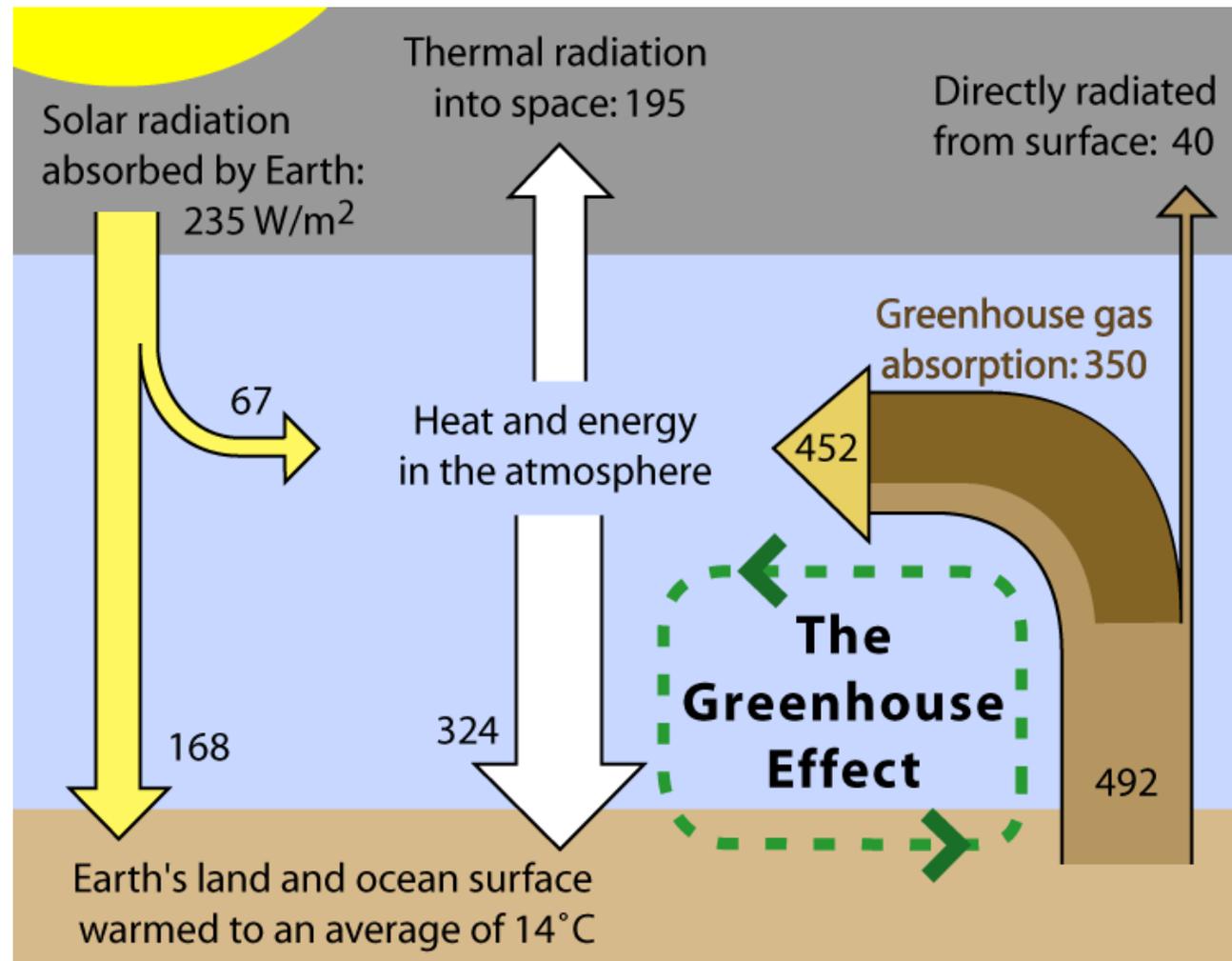
Suppléments



- Atmosphère : +35% en un siècle ! (280 à 380 ppm)
- Moitié ⇒ définitif / Moitié ⇒ Océans (acidification)

Source : "Skeptical Science"

- Introduction
- Ressources
- Conséquences
 - Cycle du carbone
 - Effet de serre
 - Températures
 - Preuves expérimentales
 - Banquise
 - Le GIEC
 - Prédictions
 - vague de froid?
 - Méditerranée
 - Forêts
- Et maintenant?
- Sources
- Suppléments



Source : Globalwarmingart

Introduction

Ressources

Conséquences

Cycle du carbone

Effet de serre

Températures

Preuves
expérimentales

Banquise

Le GIEC

Prédictions

vague de froid?

Méditerranée

Forêts

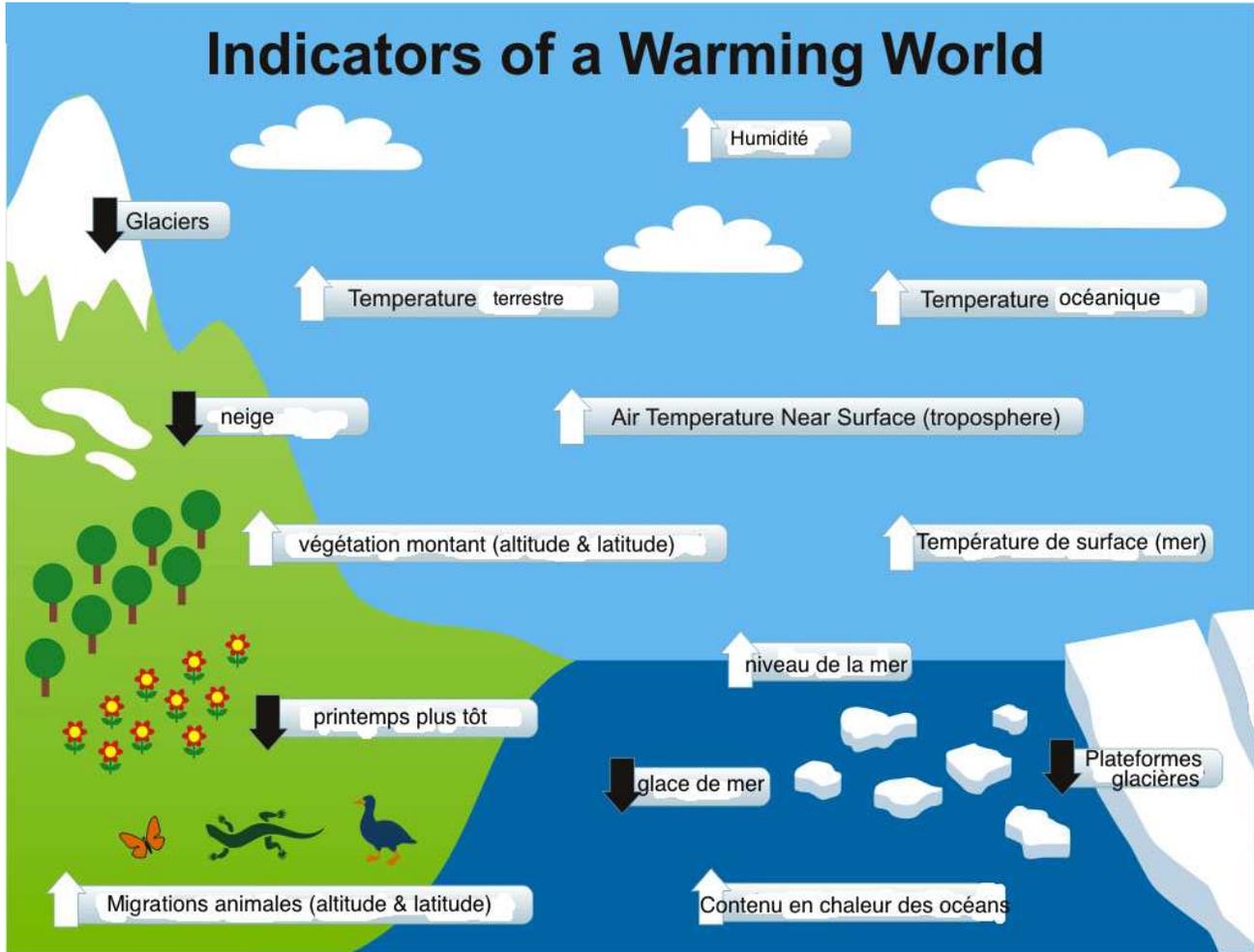
Et maintenant?

Sources

Suppléments

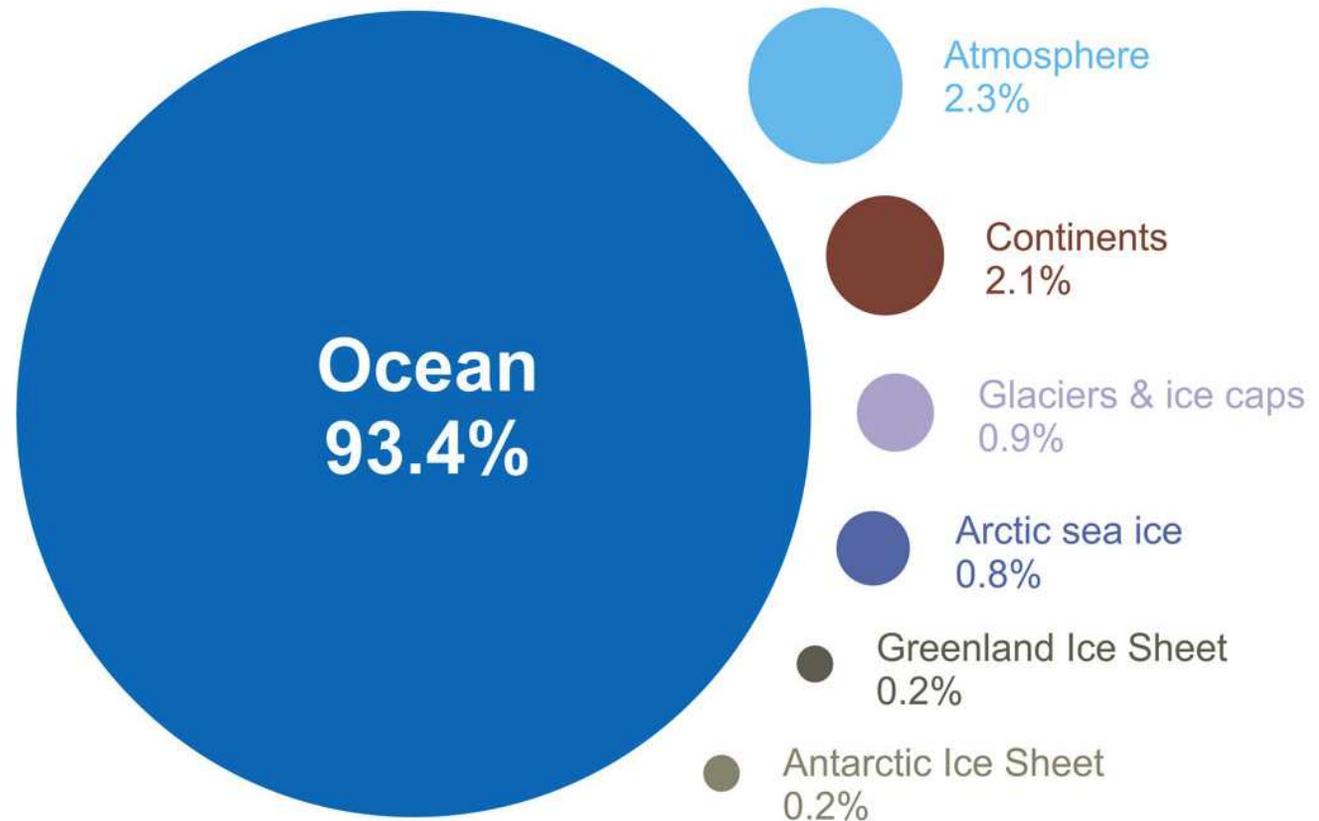
Source : Skeptical Science

- Introduction
- Ressources
- Conséquences
- Cycle du carbone
- Effet de serre
- Températures
- Preuves expérimentales
- Banquise
- Le GIEC
- Prédictions
- vague de froid?
- Méditerranée
- Forêts
- Et maintenant?
- Sources
- Suppléments



Source "Skeptical Science"

Où va le réchauffement ?



Source "Skeptical Science"

- Introduction
- Ressources
- Conséquences
 - Cycle du carbone
 - Effet de serre
 - Températures
- Preuves expérimentales
- Banquise
- Le GIEC
- Prédictions
- vague de froid?
- Méditerranée
- Forêts
- Et maintenant?
- Sources
- Suppléments

Introduction

Ressources

Conséquences

Cycle du carbone

Effet de serre

Températures

Preuves
expérimentales

Banquise

Le GIEC

Prédictions

vague de froid?

Méditerranée

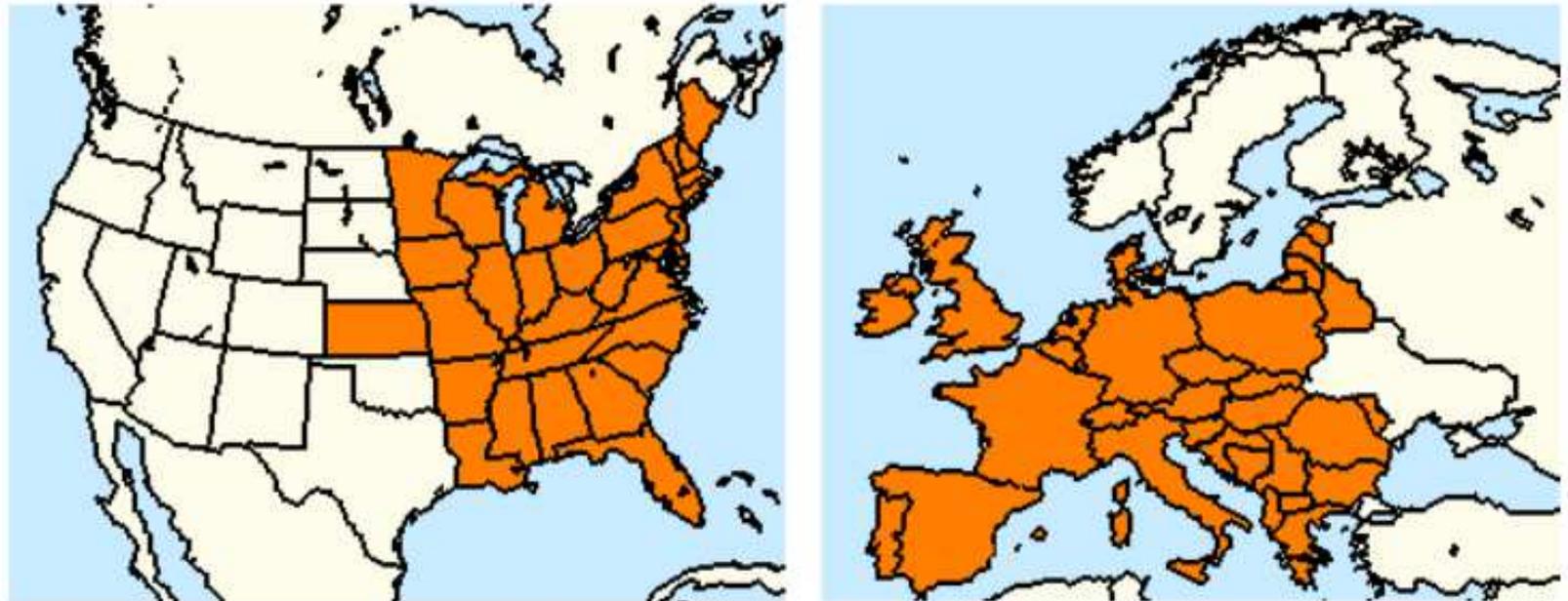
Forêts

Et maintenant?

Sources

Suppléments

Relative size of summer Arctic sea ice loss 1980 - 2007 to the U.S. and Europe



Surface de banquise arctique perdue en 30 ans

Surface de glace arctique

Introduction

Ressources

Conséquences

Cycle du carbone

Effet de serre

Températures

Preuves expérimentales

Banquise

Le GIEC

Prédictions

vague de froid?

Méditerranée

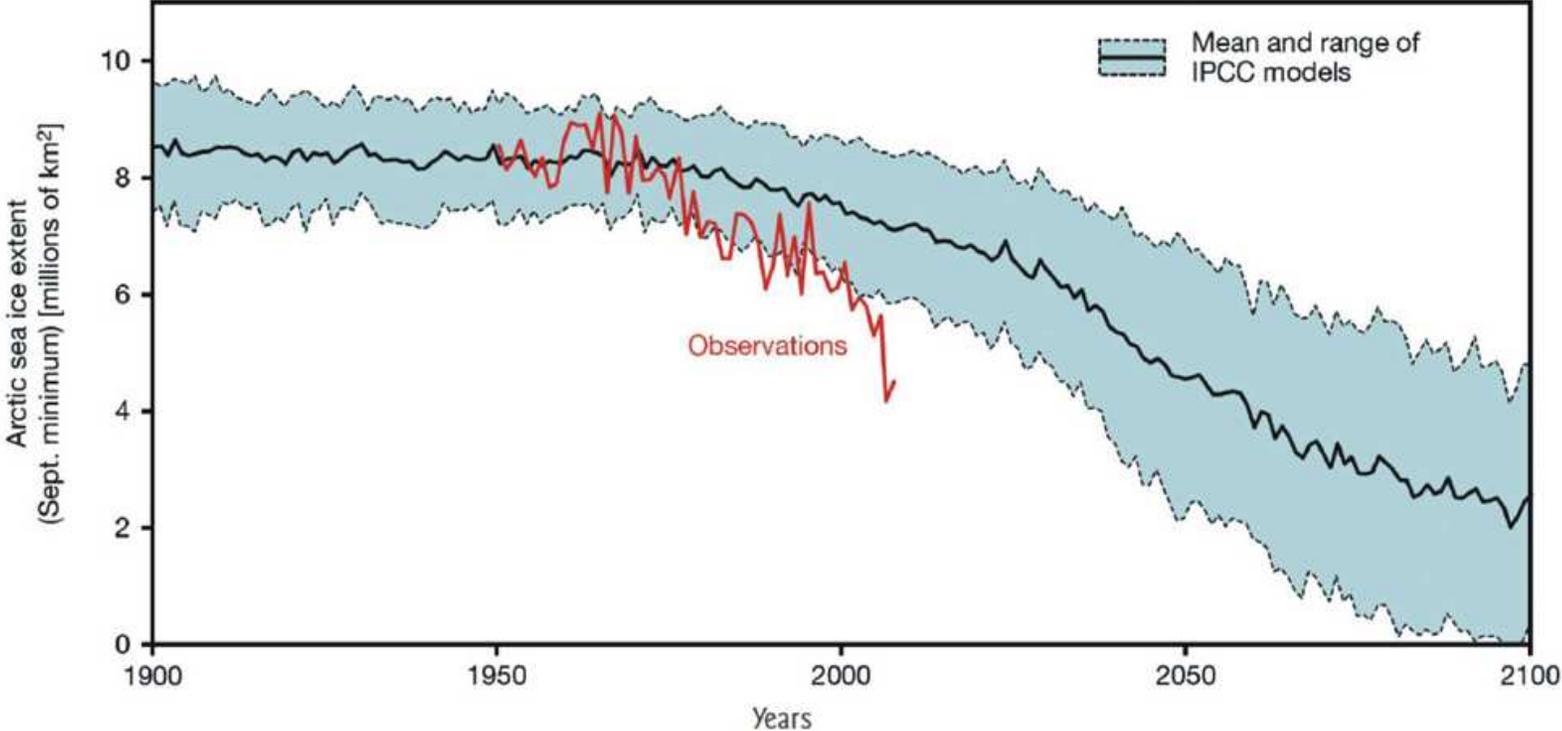
Forêts

Et maintenant?

Sources

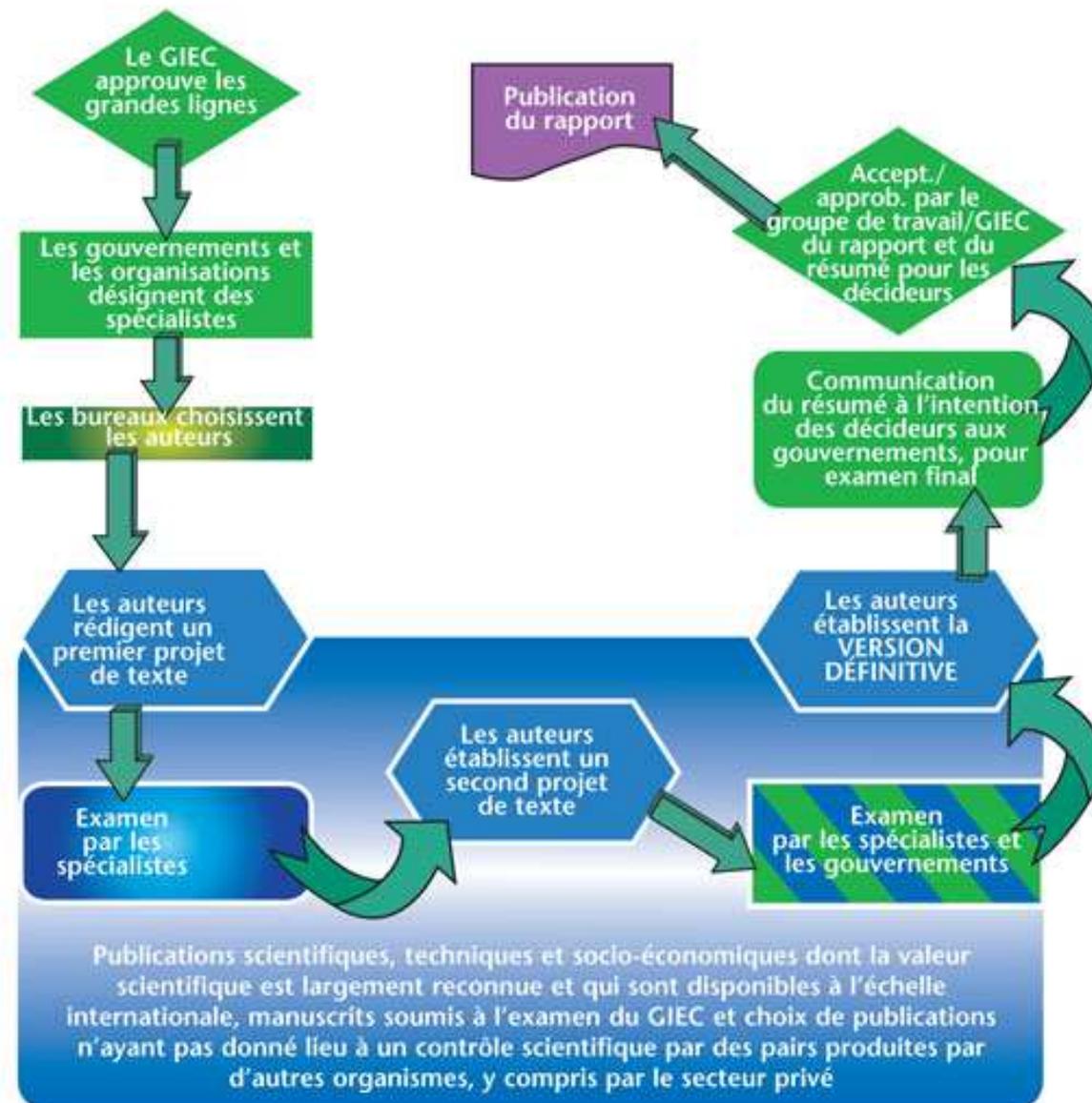
Suppléments

Observed Arctic sea ice extent vs IPCC projections



Source "Skeptical Science"

- Introduction
- Ressources
- Conséquences
 - Cycle du carbone
 - Effet de serre
 - Températures
 - Preuves expérimentales
 - Banquise
- Le GIEC**
 - Prédictions
 - vague de froid?
 - Méditerranée
 - Forêts
- Et maintenant?
- Sources
- Suppléments



- Introduction

- Ressources

- Conséquences

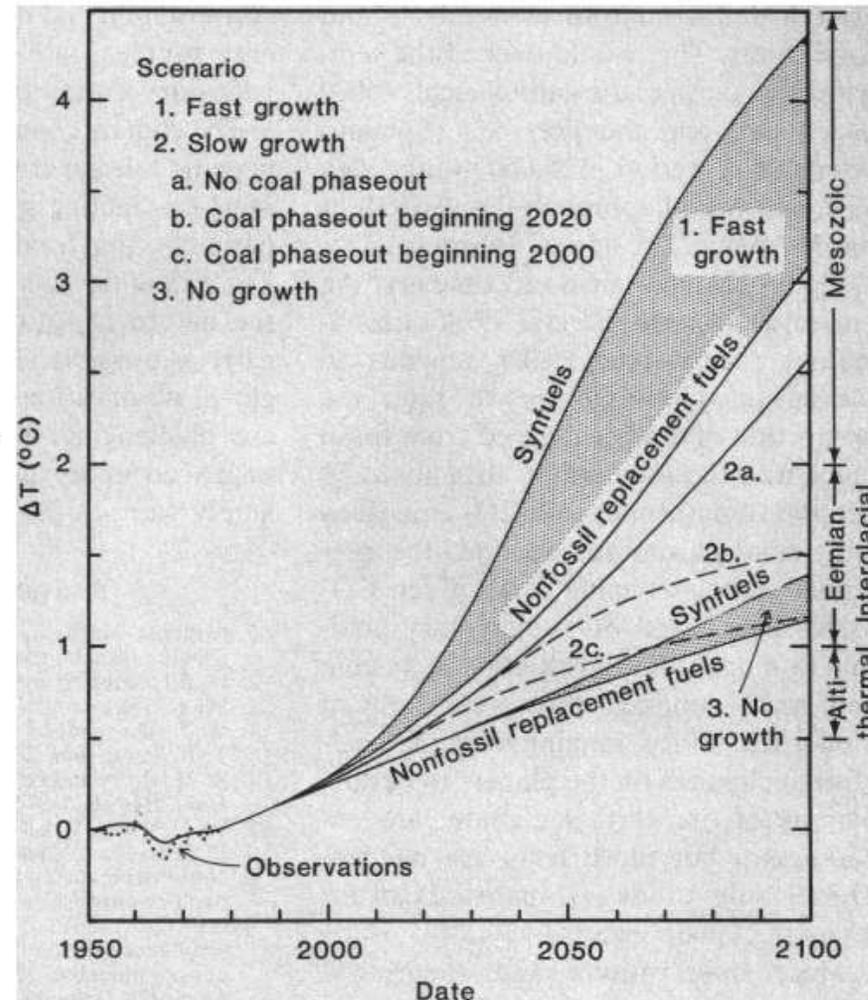
- Cycle du carbone
- Effet de serre
- Températures
- Preuves expérimentales
- Banquise
- Le GIEC
- Prédictions
- vague de froid?
- Méditerranée
- Forêts

- Et maintenant?

- Sources

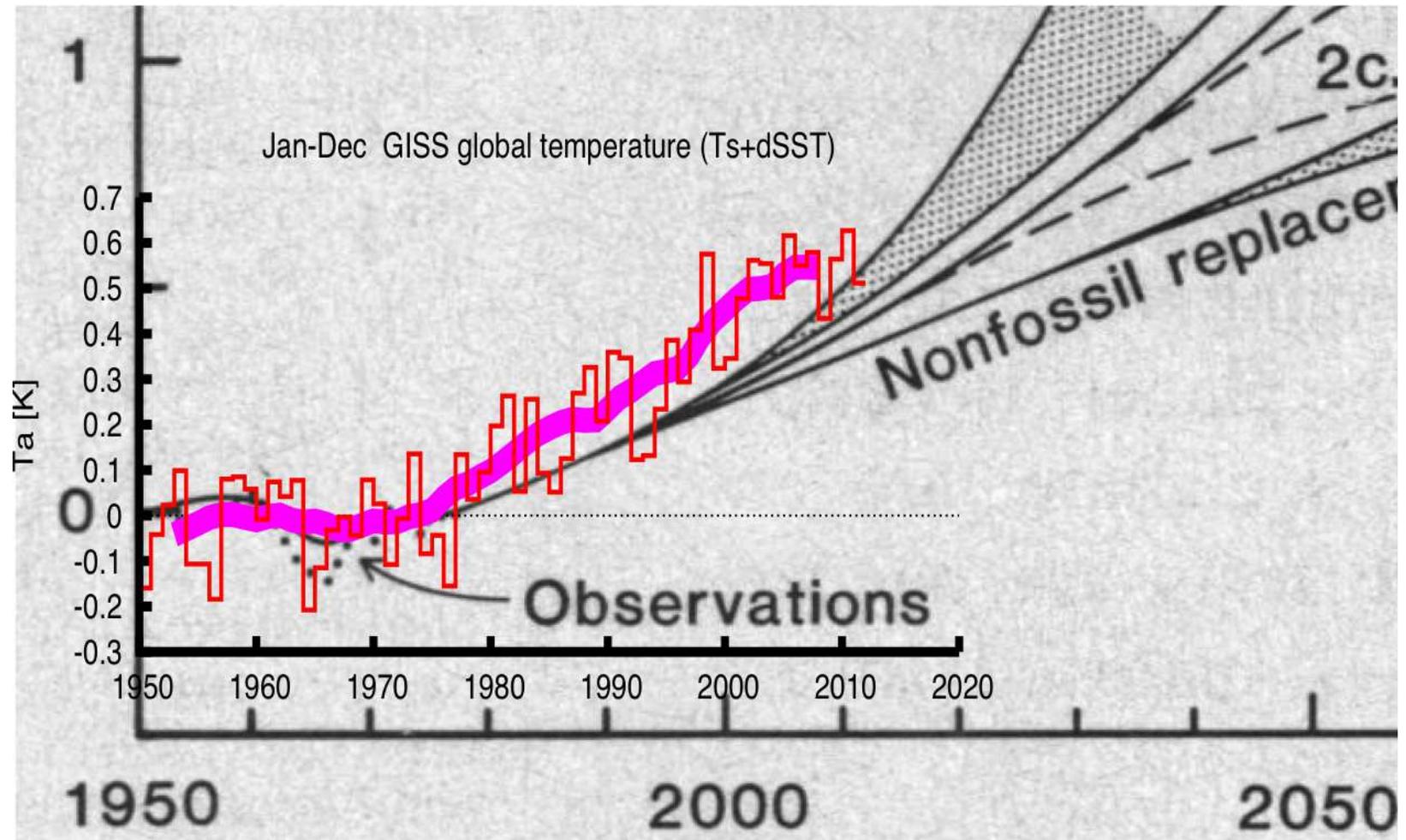
- Suppléments

Fig. 6. Projections of global temperature. The diffusion coefficient beneath the ocean mixed layer is $1.2 \text{ cm}^2 \text{ sec}^{-1}$, as required for best fit of the model and observations for the period 1880 to 1978. Estimated global mean warming in earlier warm periods is indicated on the right.



Source : James Hansen, 1980

- Introduction
- Ressources
- Conséquences
 - Cycle du carbone
 - Effet de serre
 - Températures
 - Preuves expérimentales
 - Banquise
 - Le GIEC
 - Prédictions
 - vague de froid?
 - Méditerranée
 - Forêts
- Et maintenant?
- Sources
- Suppléments



Une vague de froid ?

Introduction

Ressources

Conséquences

Cycle du carbone

Effet de serre

Températures

Preuves
expérimentales

Banquise

Le GIEC

Prédictions

vague de froid?

Méditerranée

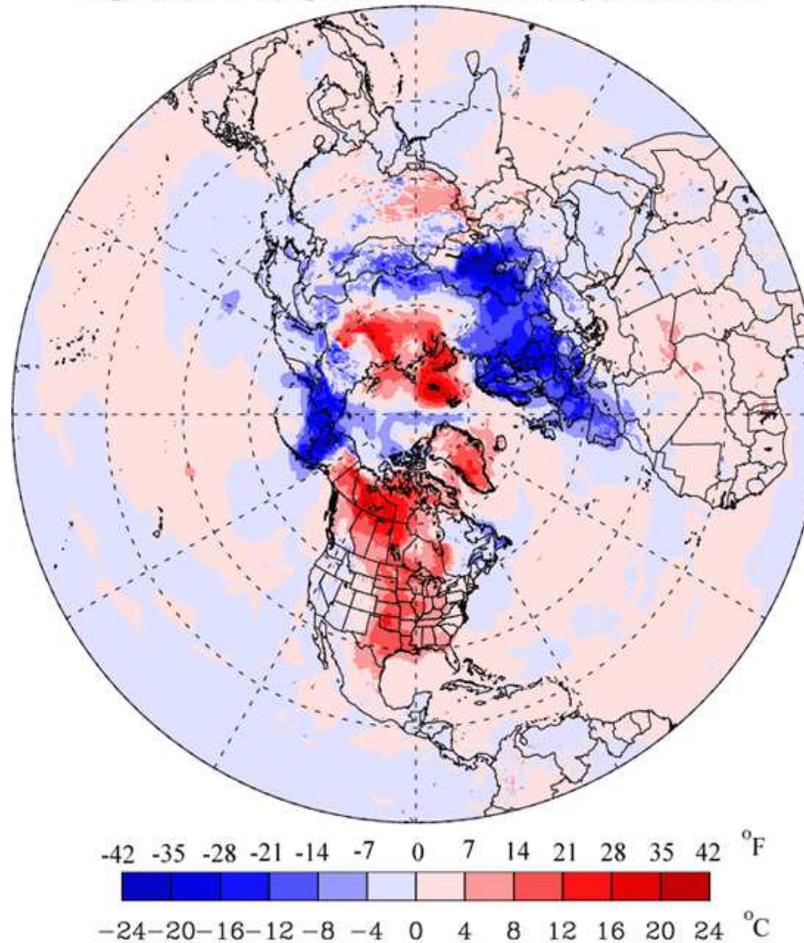
Forêts

Et maintenant?

Sources

Suppléments

Departure of Temperature From Average, Feb 2, 2012



Source "Wunderground" ?

Climat Méditerranéen en France - 1979

- Introduction
- Ressources
- Conséquences
 - Cycle du carbone
 - Effet de serre
 - Températures
 - Preuves expérimentales
 - Banquise
 - Le GIEC
 - Prédictions
 - vague de froid?
- Méditerranée
- Forêts
- Et maintenant?
- Sources
- Suppléments

Climat historique :

- ▲ temp. hum. Atlant.
- ▲ tempéré humide
- ▲ tempéré sub-Médit.
- Méditerranéen

Altitude :

- plaine (< 200 m)
- △ plateau (500-700 m)



Source : INRA, projet CLIMFOUREL

Climat Méditerranéen en France - 2009

Introduction

Ressources

Conséquences

Cycle du carbone

Effet de serre

Températures

Preuves

expérimentales

Banquise

Le GIEC

Prédictions

vague de froid?

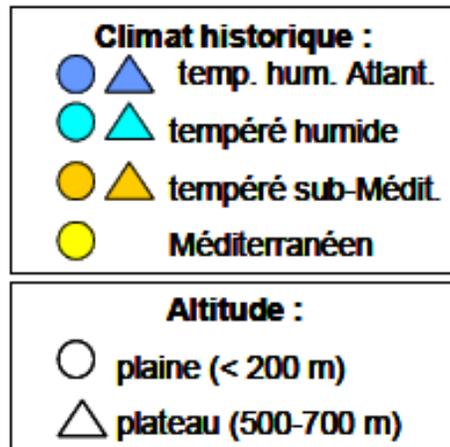
Méditerranée

Forêts

Et maintenant?

Sources

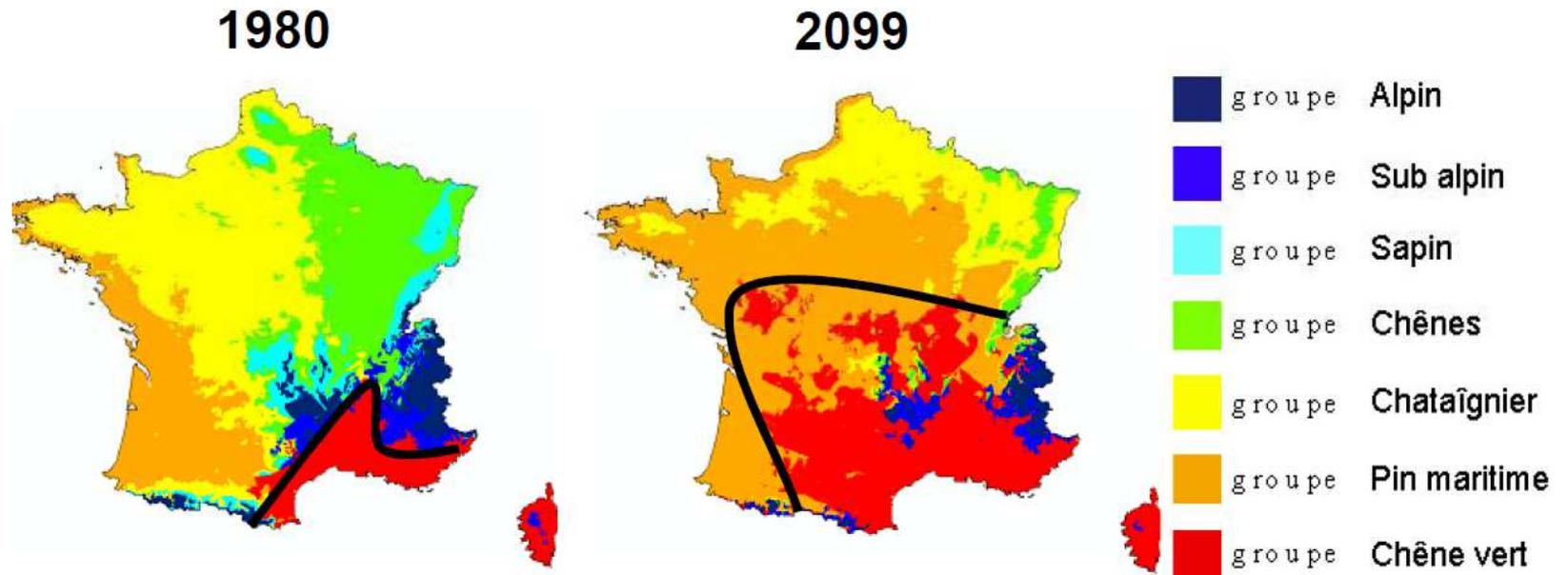
Suppléments



Source : INRA, projet CLIMFOUREL

Boisement dominant (BAU)

- Introduction
- Ressources
- Conséquences
 - Cycle du carbone
 - Effet de serre
 - Températures
 - Preuves expérimentales
 - Banquise
 - Le GIEC
 - Prédictions
 - vague de froid?
 - Méditerranée
 - Forêts
- Et maintenant?
- Sources
- Suppléments



Source INRA

■ “BAU” : “Business As Usual” => On ne change rien !

Introduction

Ressources

Conséquences

Et maintenant?

Quel avenir?

Kaya

Progrès?

Relocalisation

Conclusion?

Sources

Suppléments

■ Bilan :

1. Les énergies fossiles vont diminuer.

⇒ Ce n'est pas un choix.

⇒ Echelle de temps : "Une génération".

Introduction

Ressources

Conséquences

Et maintenant?

Quel avenir?

Kaya

Progrès?

Relocalisation

Conclusion?

Sources

Suppléments

■ Bilan :

1. Les énergies fossiles vont diminuer.

⇒ Ce n'est pas un choix.

⇒ Echelle de temps : "Une génération".

2. Les conséquences de l'augmentation du CO₂ dans l'atmosphère sont déjà visibles.

⇒ Elles seront importantes.

⇒ Seule la quantité totale de CO₂ émise compte !

Introduction

Ressources

Conséquences

Et maintenant?

Quel avenir?

Kaya

Progrès?

Relocalisation

Conclusion?

Sources

Suppléments

■ Bilan :

1. Les énergies fossiles vont diminuer.

⇒ Ce n'est pas un choix.

⇒ Echelle de temps : "Une génération".

2. Les conséquences de l'augmentation du CO₂ dans l'atmosphère sont déjà visibles.

⇒ Elles seront importantes.

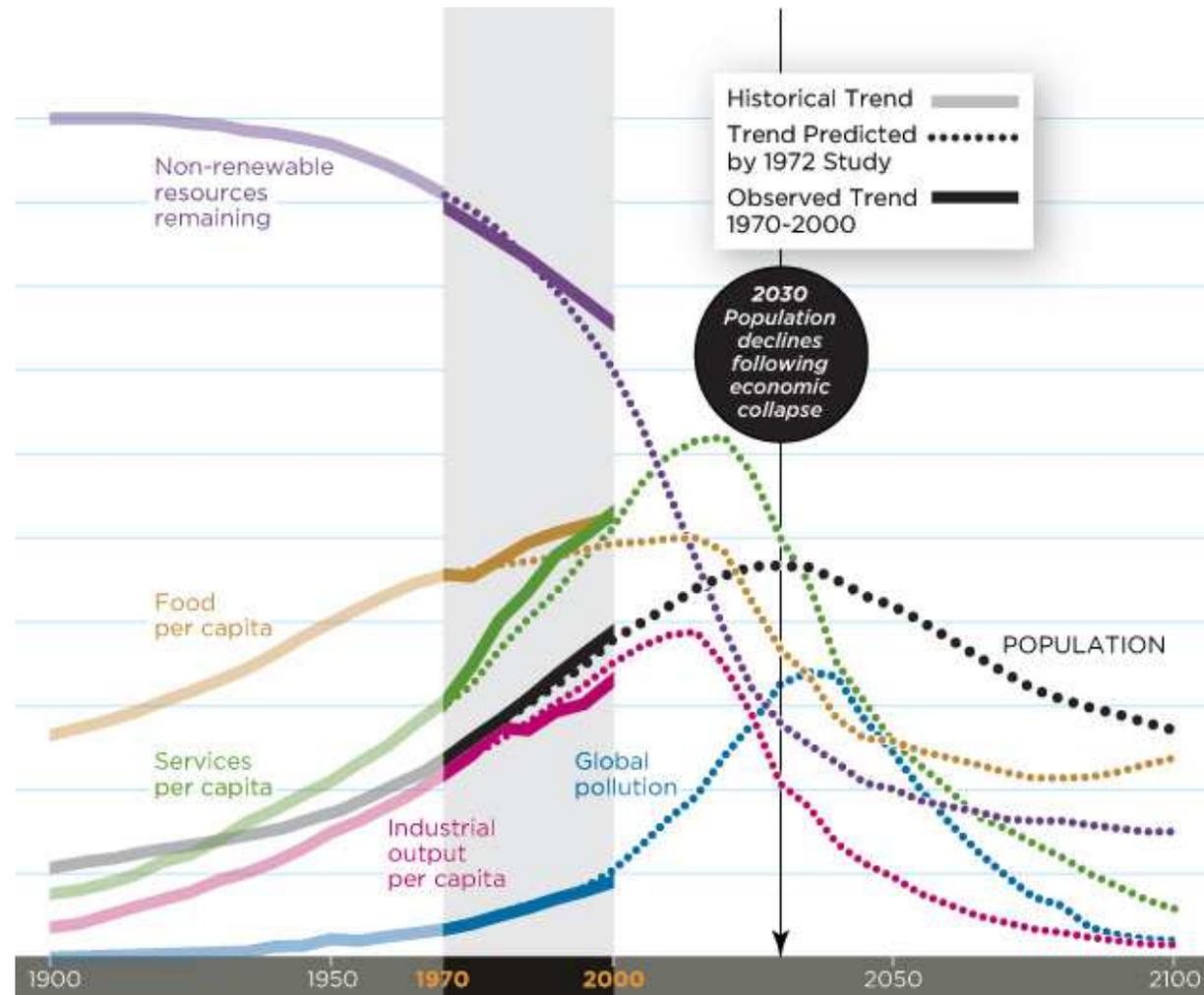
⇒ Seule la quantité totale de CO₂ émise compte !

■ Que va-t-il se passer ?

■ Quelle attitude choisir ?

Quel avenir (BAU) ?

- Introduction
- Ressources
- Conséquences
- Et maintenant?
- Quel avenir?
- Kaya
- Progrès?
- Relocalisation
- Conclusion?
- Sources
- Suppléments



Source : Graham Turner, Global Environmental Change, 2008, 18, 397

Introduction

Ressources

Conséquences

Et maintenant?

Quel avenir?

Kaya

Progrès?

Relocalisation

Conclusion?

Sources

Suppléments

$$GES = GES$$

- *GES* : Emissions de Gaz à Effet de Serre (par an).

Source : Jean-Marc Jancovici

Introduction

Ressources

Conséquences

Et maintenant?

Quel avenir?

Kaya

Progrès?

Relocalisation

Conclusion?

Sources

Suppléments

$$GES = \frac{GES}{TEP} \times TEP$$

- *GES* : Emissions de Gaz à Effet de Serre (par an).
- *TEP* : Quantité totale d'énergie consommée.
- *GES/TEP* : Contenu en gaz carbonique de l'énergie.

$$GES = \frac{GES}{TEP} \times \frac{TEP}{PIB} \times PIB$$

- *GES* : Emissions de Gaz à Effet de Serre (par an).
 - *TEP* : Quantité totale d'énergie consommée.
 - *PIB* : Produit Intérieur Brut.
-
- *GES/TEP* : Contenu en gaz carbonique de l'énergie.
 - *TEP/PIB* : Intensité énergétique de l'économie.

Introduction

Ressources

Conséquences

Et maintenant?

Quel avenir?

Kaya

Progrès?

Relocalisation

Conclusion?

Sources

Suppléments

$$GES = \frac{GES}{TEP} \times \frac{TEP}{PIB} \times \frac{PIB}{POP} \times POP$$

- *GES* : Emissions de Gaz à Effet de Serre (par an).
 - *TEP* : Quantité totale d'énergie consommée.
 - *PIB* : Produit Intérieur Brut.
 - *POP* : Population
-
- *GES/TEP* : Contenu en gaz carbonique de l'énergie.
 - *TEP/PIB* : Intensité énergétique de l'économie.
 - *PIB/POP* : Production par personne (richesse).

Introduction

Ressources

Conséquences

Et maintenant?

Quel avenir?

Kaya

Progrès?

Relocalisation

Conclusion?

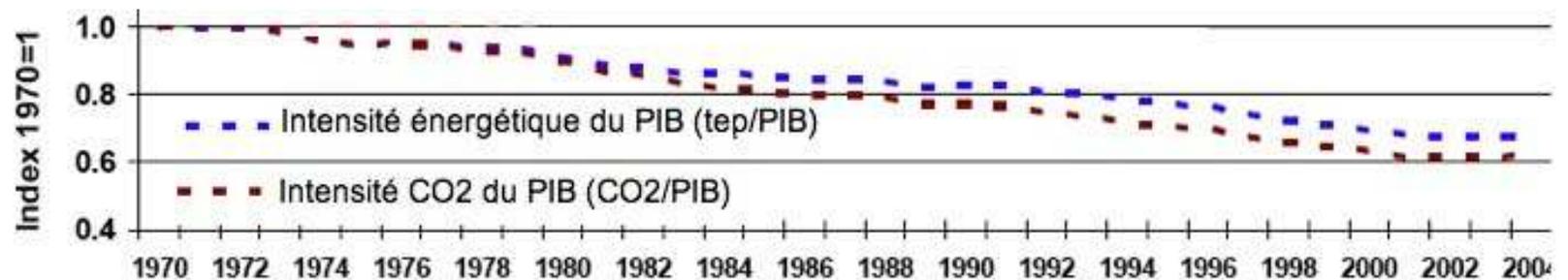
Sources

Suppléments

Que font les chercheurs ?

$$GES = \frac{GES}{TEP} \times \frac{TEP}{PIB} \times \frac{PIB}{POP} \times POP$$

- GES/TEP : Contenu en gaz carbonique de l'énergie.
- TEP/PIB : Intensité énergétique de l'économie.
- PIB/POP : Production par personne (richesse).



Source : Jean-Marc Jancovici (& GIEC)

Introduction

Ressources

Conséquences

Et maintenant?

Quel avenir?

Kaya

Progrès?

Relocalisation

Conclusion?

Sources

Suppléments

Vers une relocalisation massive

Introduction

Ressources

Conséquences

Et maintenant?

Quel avenir?

Kaya

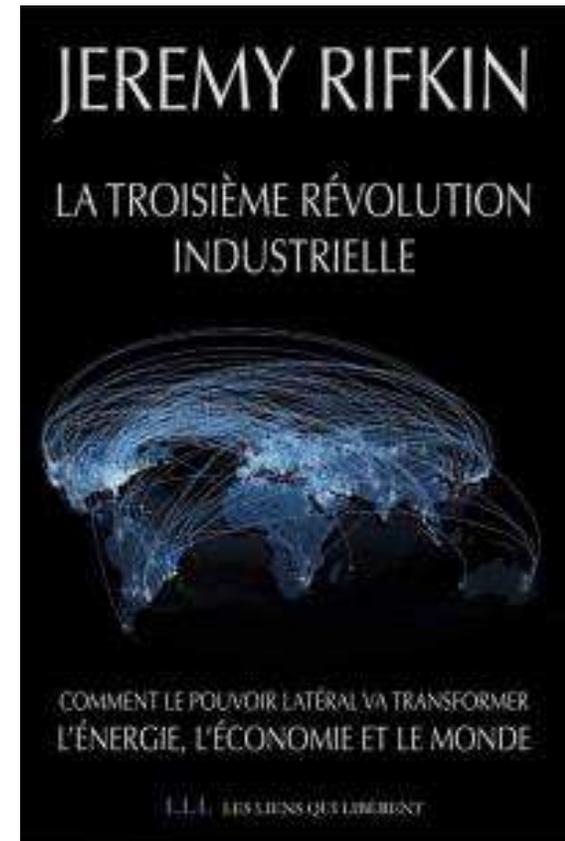
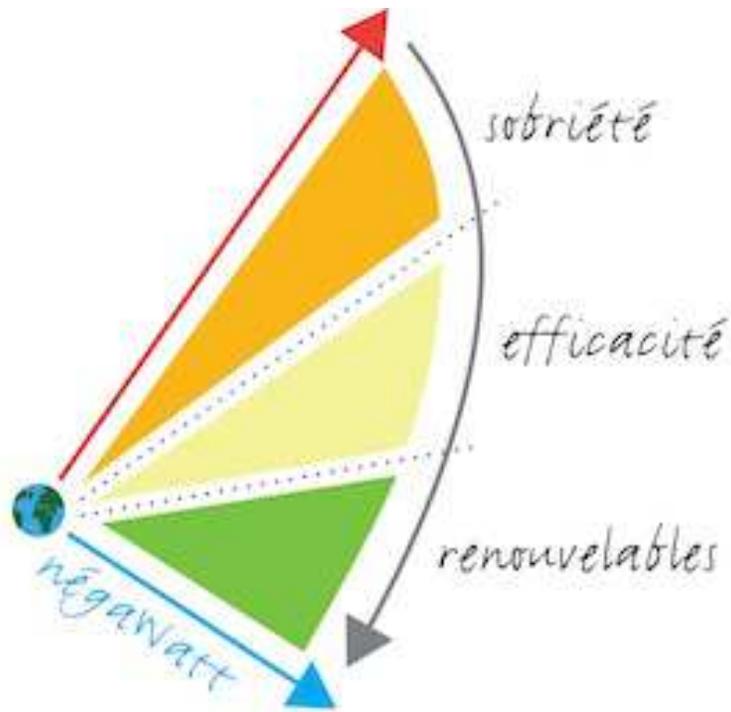
Progrès?

Relocalisation

Conclusion?

Sources

Suppléments



Il y a des solutions proposées.

Vers une relocalisation massive

Introduction

Ressources

Conséquences

Et maintenant?

Quel avenir?

Kaya

Progrès?

Relocalisation

Conclusion?

Sources

Suppléments



Vers une relocalisation massive

Introduction

Ressources

Conséquences

Et maintenant?

Quel avenir?

Kaya

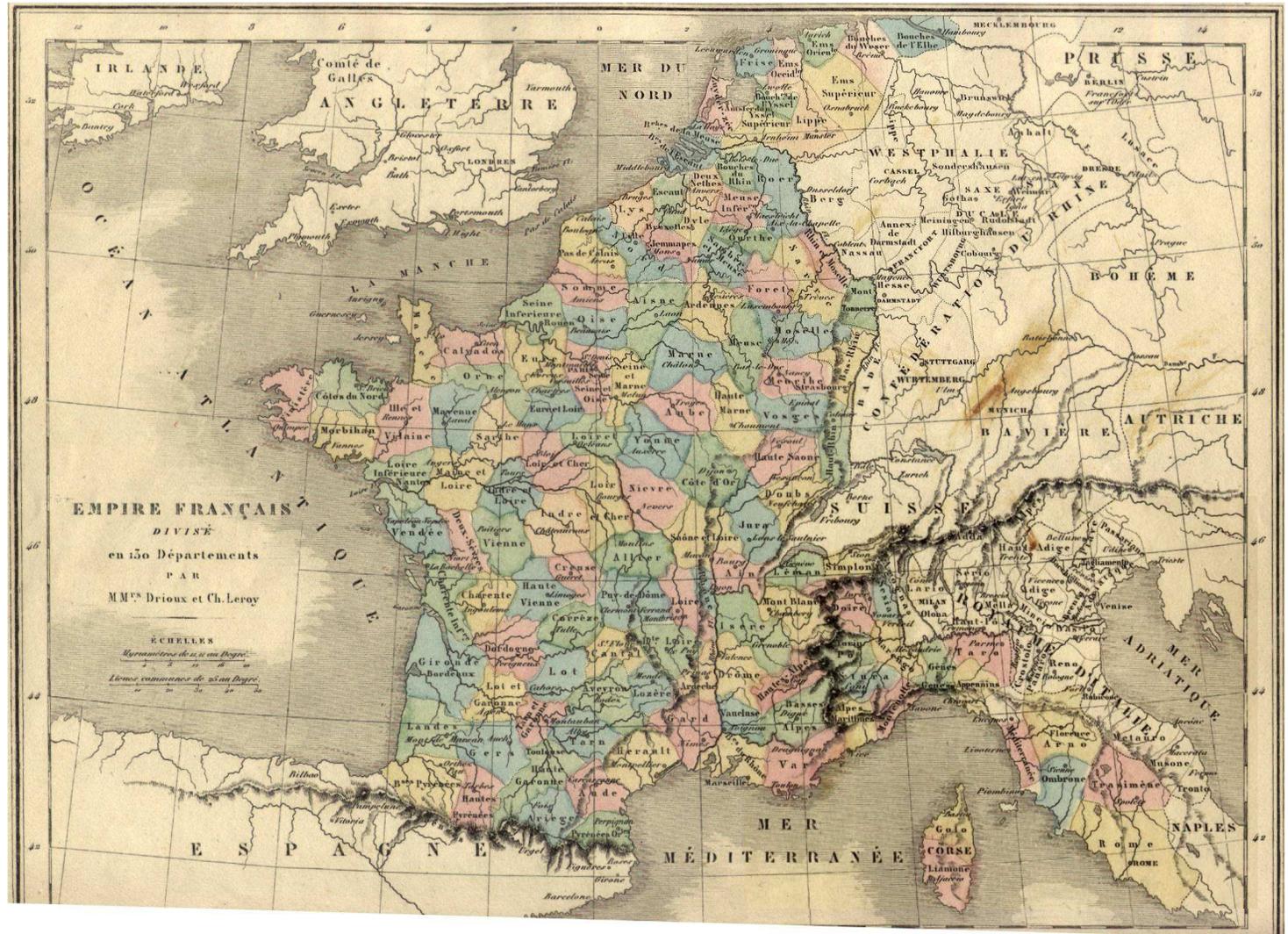
Progrès?

Relocalisation

Conclusion?

Sources

Suppléments



Introduction

Ressources

Conséquences

Et maintenant?

Quel avenir?

Kaya

Progrès?

Relocalisation

Conclusion?

Sources

Suppléments



“Bien que le scénario 'Fin-Du-Monde' soit marqué d'horreurs inimaginables, nous croyons que la période 'Pré-Fin' offrira des opportunités de profits sans précédents.”

[Introduction](#)

[Ressources](#)

[Conséquences](#)

[Et maintenant?](#)

[Sources](#)

[Suppléments](#)

Sources utilisées pour cet exposé :

■ En français :

`sciences.blogs.liberation.fr`
`petrole.blog.lemonde.fr`
`www.negawatt.org`
`www.global-chance.org`
`www.manicore.com`
`www.ipcc.ch`
`www.france.attac.org`
`www.fne.asso.fr`

■ En anglais :

`www.skepticalscience.com`
`www.realclimate.org`
`neven1.typepad.com/blog`
`tamino.wordpress.com`
`www.globalwarmingart.com`
`physics.ucsd.edu/do-the-math`
`www.theoildrum.com`
`www.tsp-data-portal.org`
`www.iea.org`

Introduction

Ressources

Conséquences

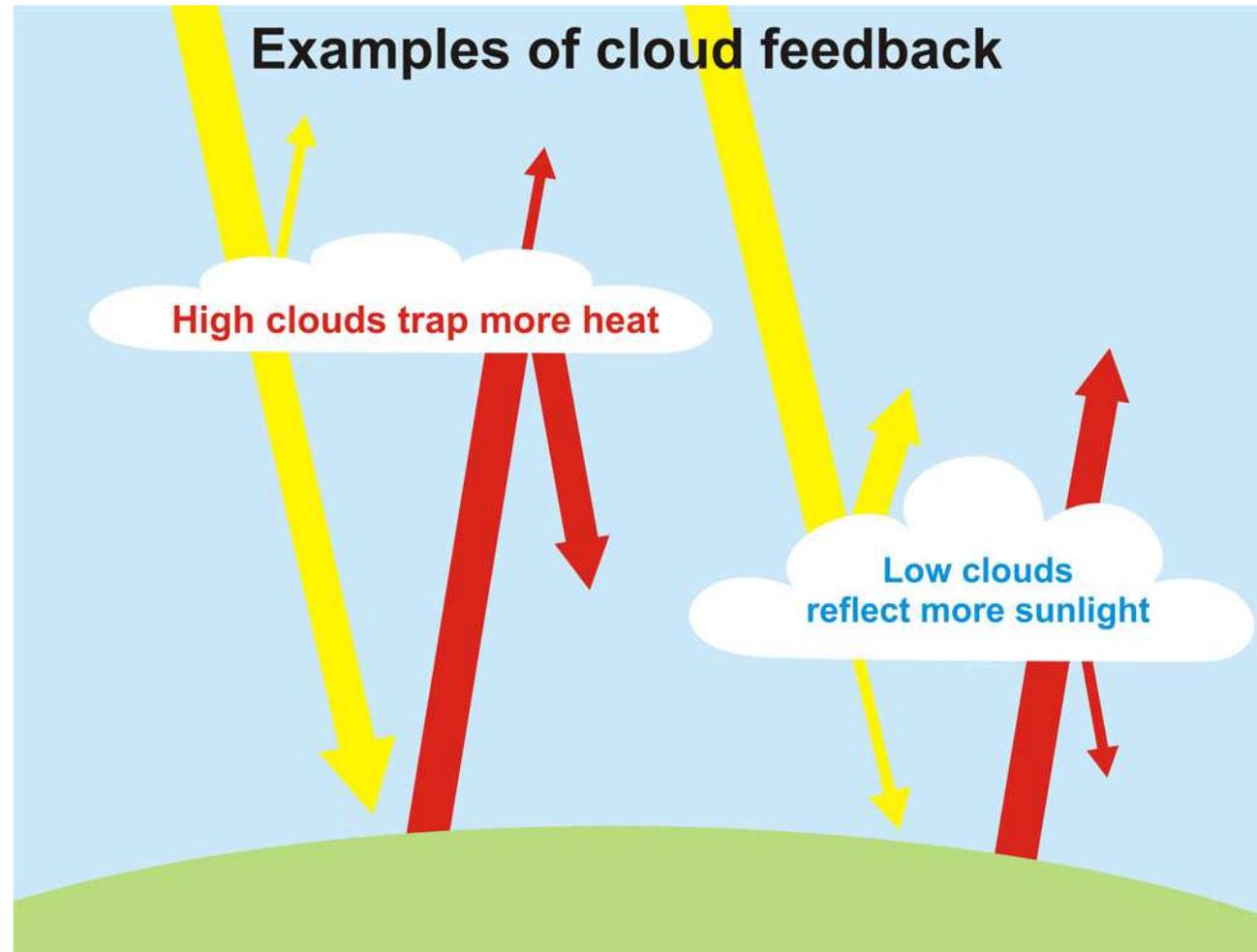
Et maintenant?

Sources

Suppléments

Températures globales

Extrêmes



Absorption atmosphérique

Introduction

Ressources

Conséquences

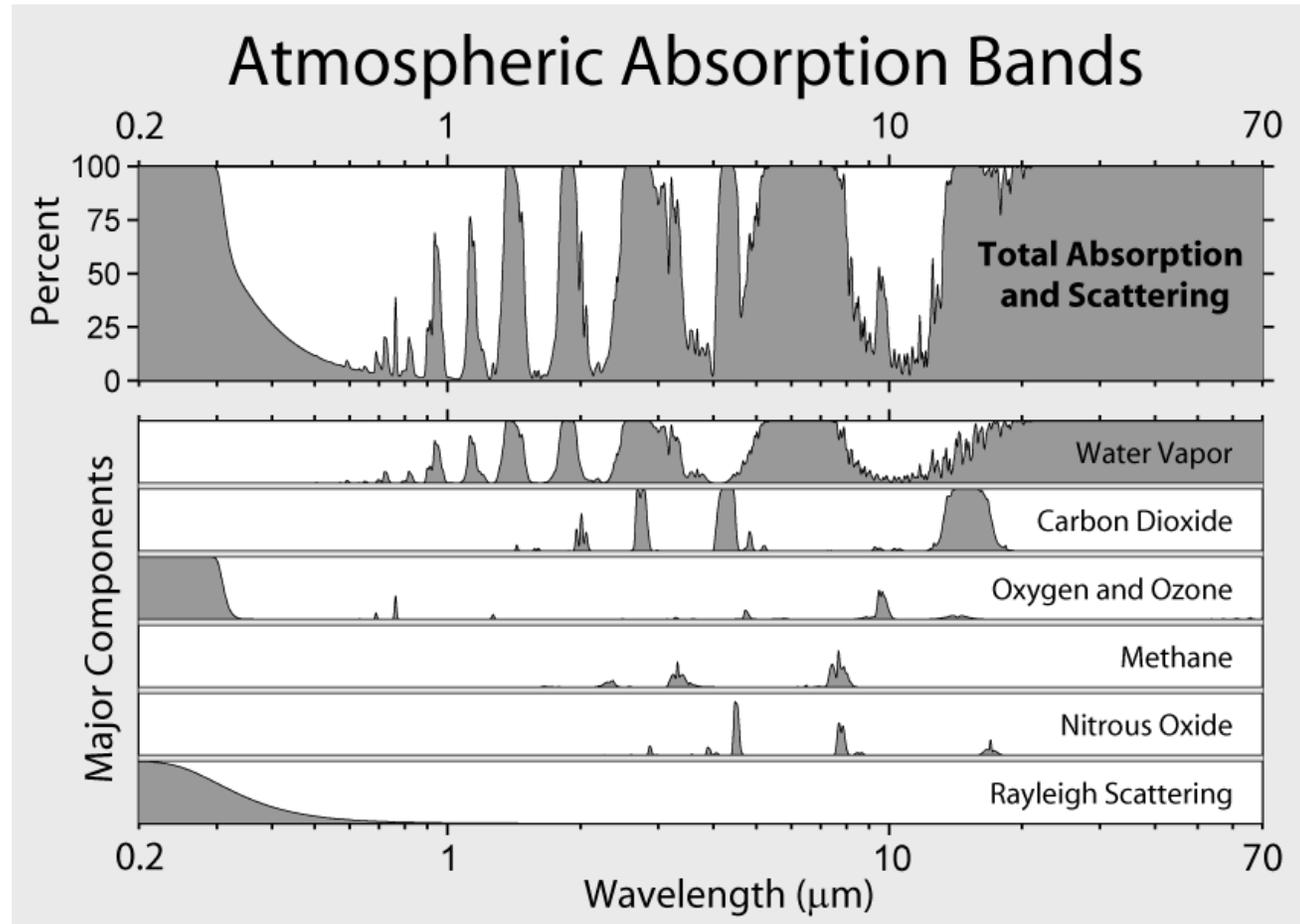
Et maintenant?

Sources

Suppléments

Températures globales

Extrêmes



Absorption atmosphérique

Introduction

Ressources

Conséquences

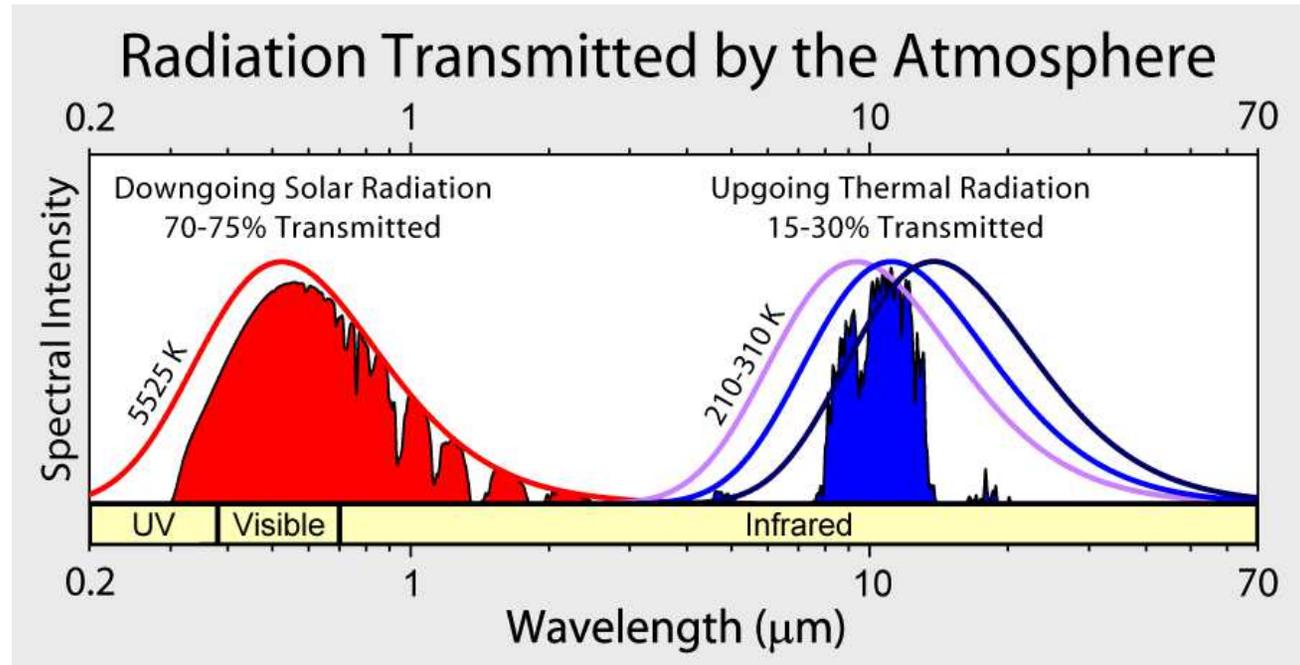
Et maintenant?

Sources

Suppléments

Températures globales

Extrêmes



Introduction

Ressources

Conséquences

Et maintenant?

Sources

Suppléments

Températures globales

Extrêmes



Températures globales

Introduction

Ressources

Conséquences

Et maintenant?

Sources

Suppléments

Températures globales

Extrêmes

Températures globales

Introduction

Ressources

Conséquences

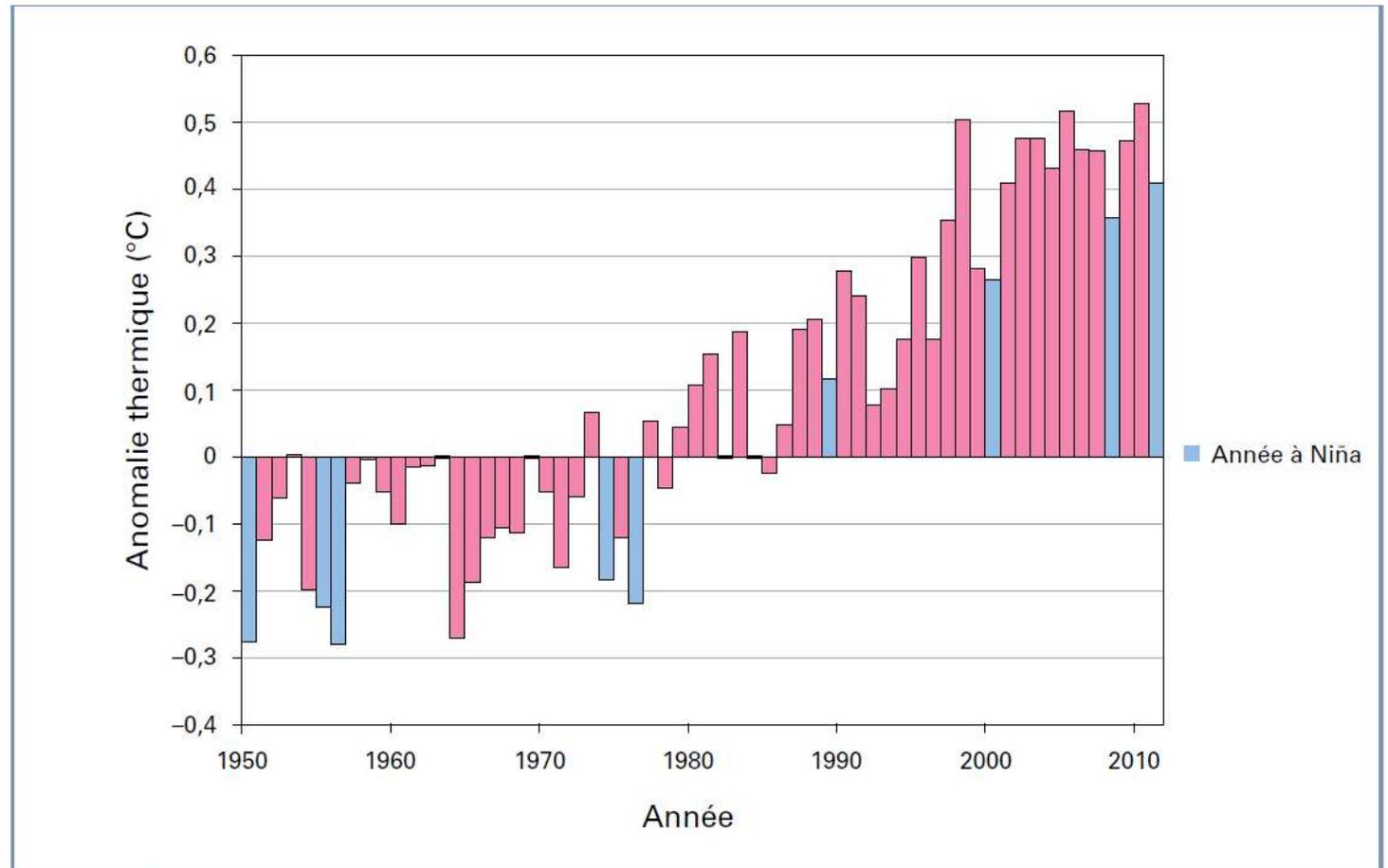
Et maintenant?

Sources

Suppléments

Températures globales

Extrêmes



Introduction

Ressources

Conséquences

Et maintenant?

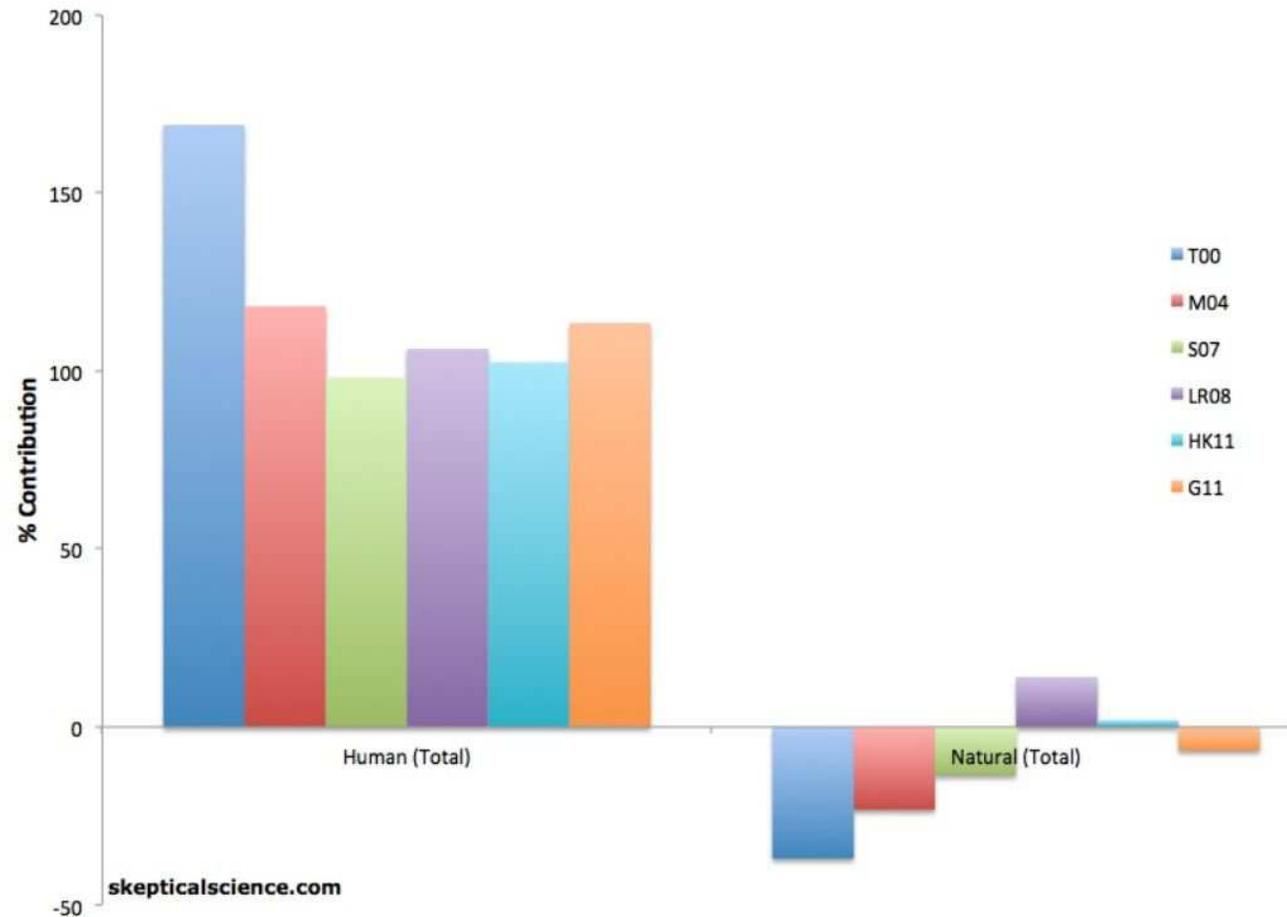
Sources

Suppléments

Températures globales

Extrêmes

Contributors to Global Warming over the Past 50-65 Years



Evolution des Evénements extrêmes

Introduction

Ressources

Conséquences

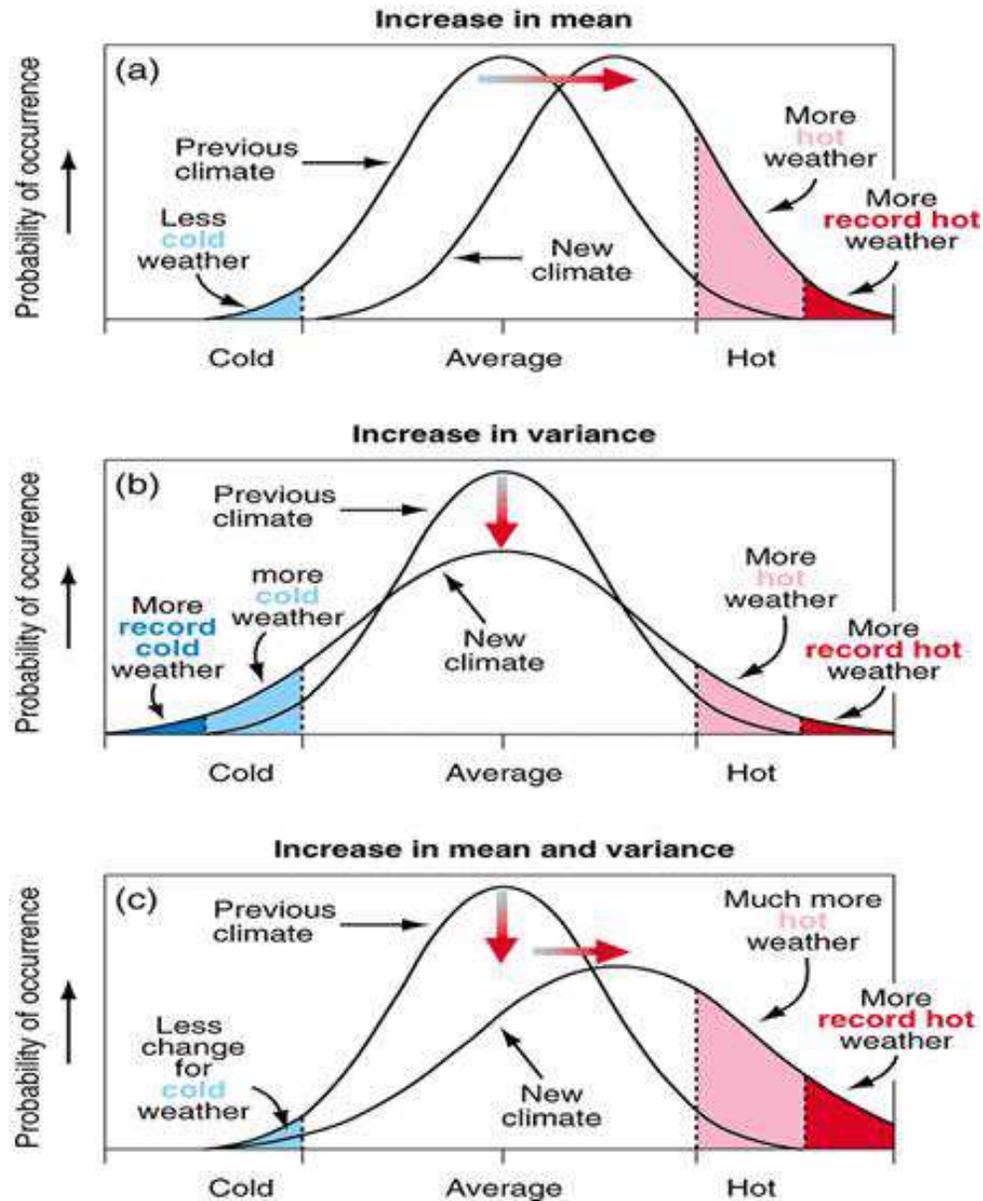
Et maintenant?

Sources

Suppléments

Températures globales

Extrêmes



Introduction

Ressources

Conséquences

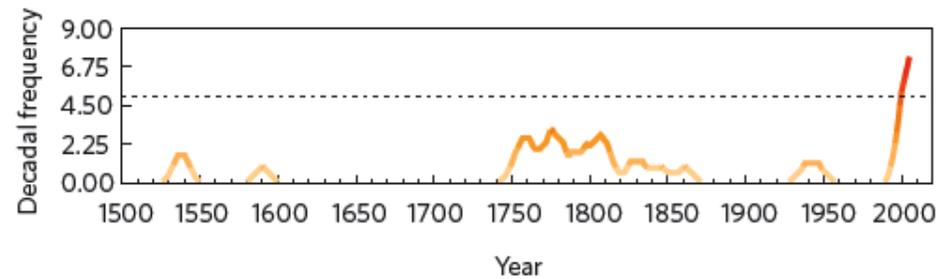
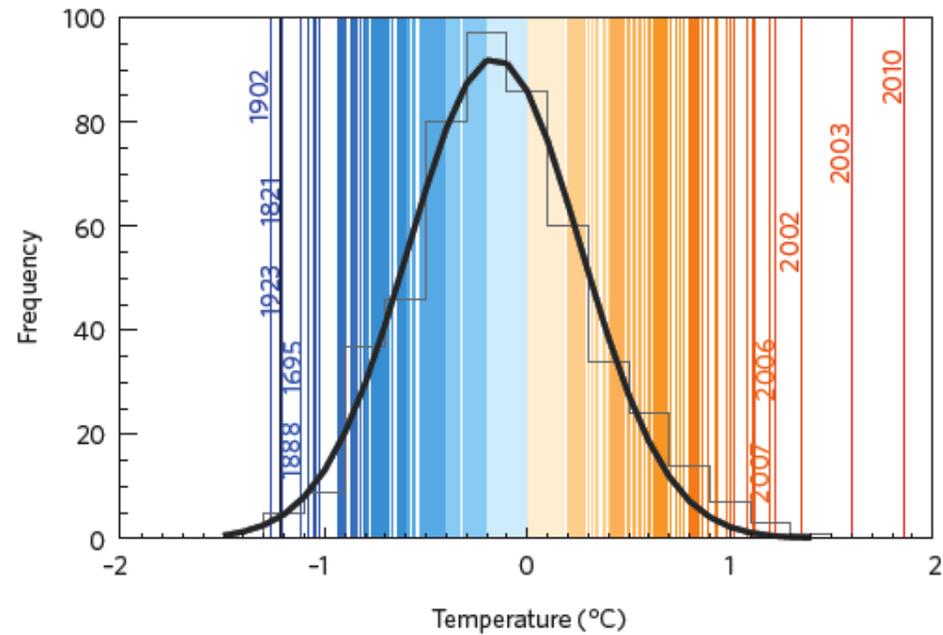
Et maintenant?

Sources

Suppléments

Températures globales

Extrêmes



Source “Coumou & Ramstorf dans Sciences.Blogs.Liberation”

Réchauffement des océans

Introduction

Ressources

Conséquences

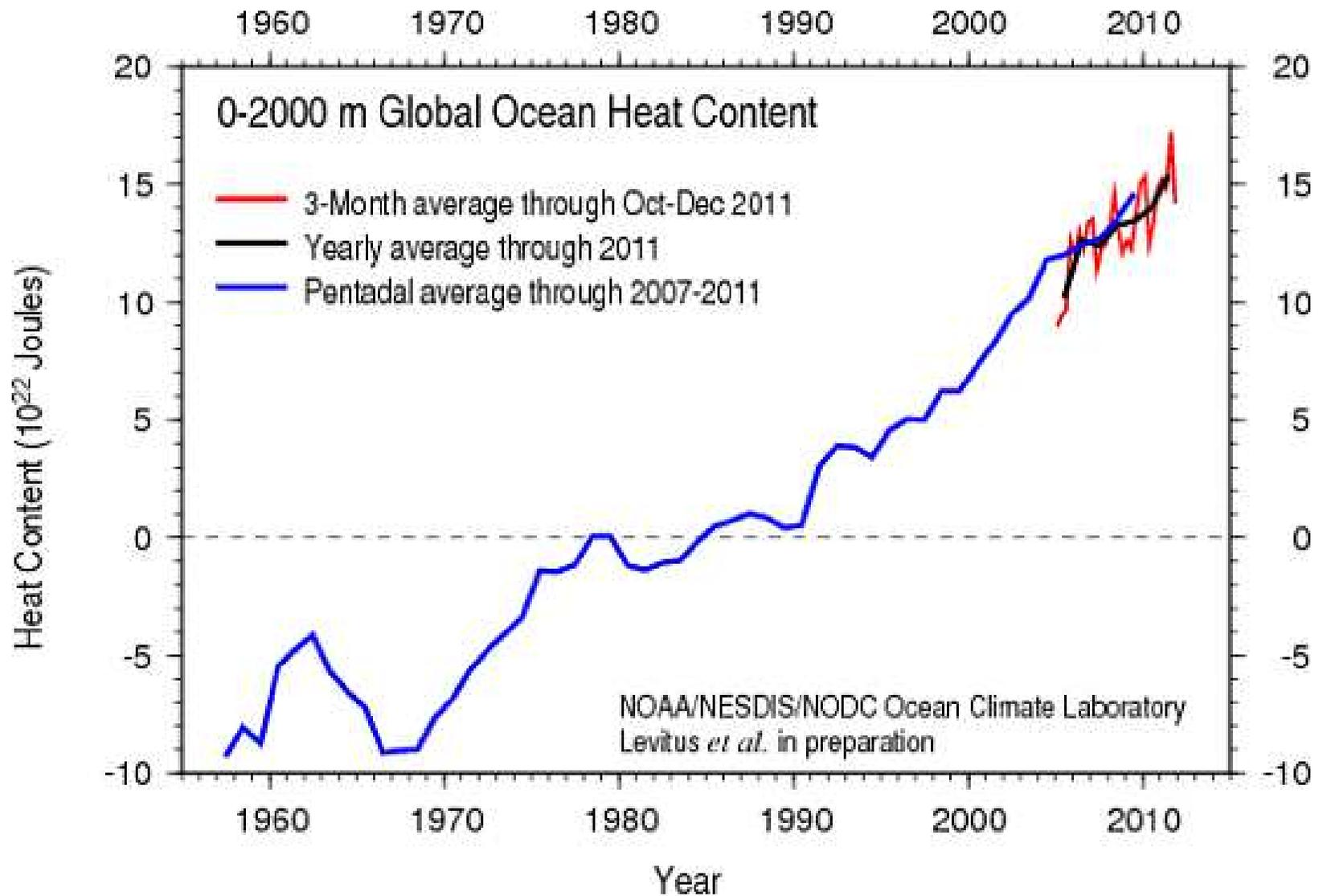
Et maintenant?

Sources

Suppléments

Températures globales

Extrêmes



Introduction

Ressources

Conséquences

Et maintenant?

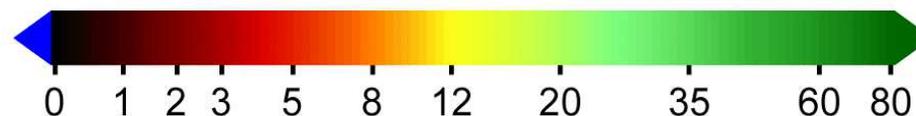
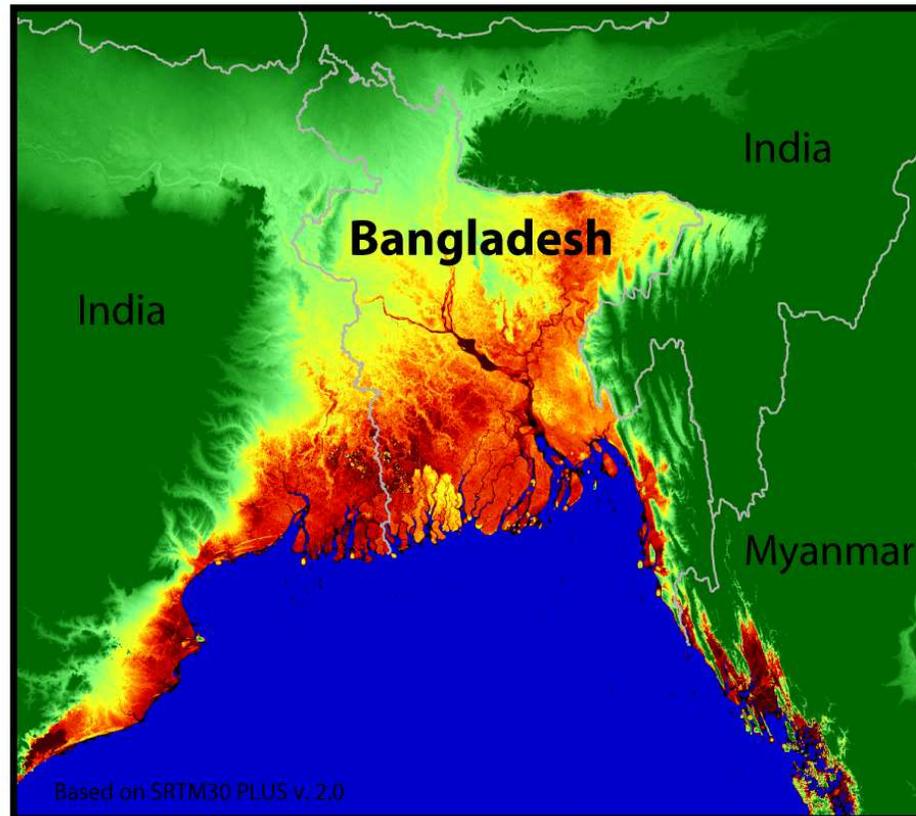
Sources

Suppléments

Températures globales

Extrêmes

Sea Level Risks - Bangladesh



Height Above Sea Level (m)

Volume de glace arctique

Introduction

Ressources

Conséquences

Et maintenant?

Sources

Suppléments

Températures globales

Extrêmes

