

Ressources ou poubelles ?

Bilan et perspectives de l'usage du capital naturel aujourd'hui

Pierre-Noël Giraud

Mines ParisTech et Dauphine PSL Research University

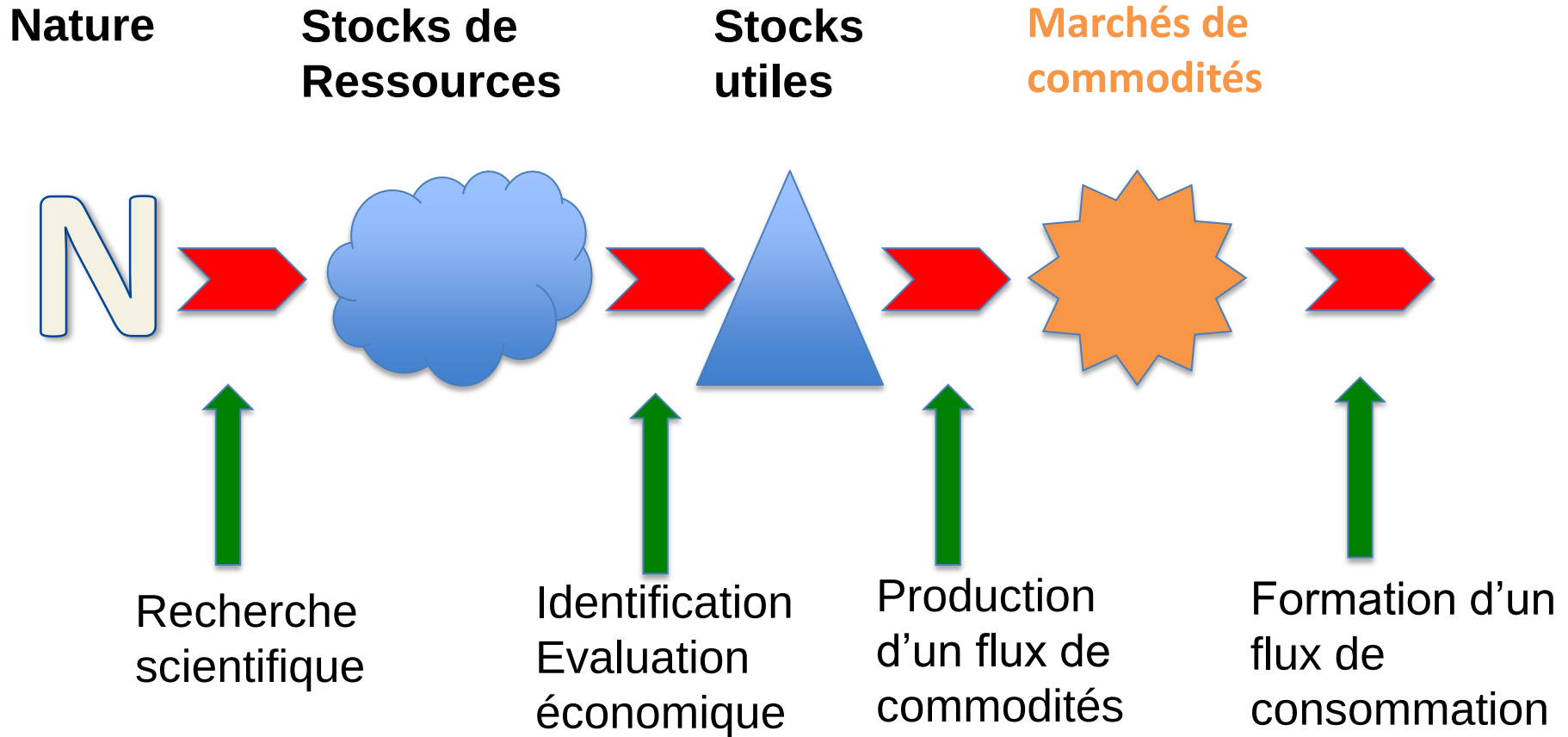
9 mai 2016 - ENS Lyon

Bilan et perspective de l'usage du capital naturel aujourd'hui

Plan

- **Le capital naturel**
- Démographie
- Eau
- Nourrir 10 milliards d'hommes
- Les ressources minérales hors énergie
- Les énergies fossiles
- Le climat, océans, biodiversité
- Les atteintes locales aux ressources renouvelables

Le « Capital Naturel » : des stocks aux flux



Ressources naturelles épuisables et renouvelables

- **Épuisables :**

- Stocks de substances utiles
- Substituables
- Souvent recyclables

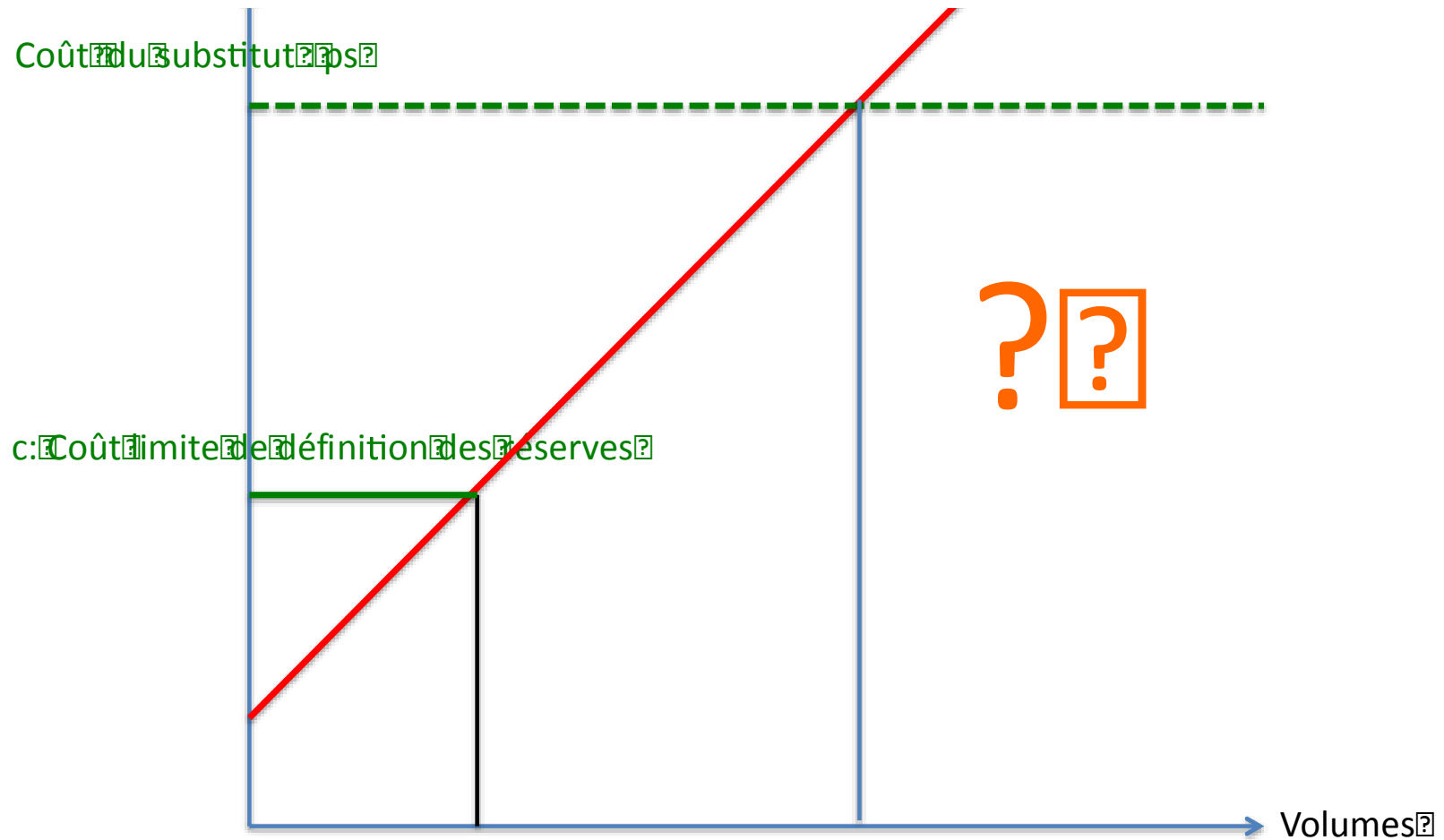
- **Renouvelables:**

- Flux utiles provenant des écosystèmes
- Souvent liés
- Prélèvement maximum admissible

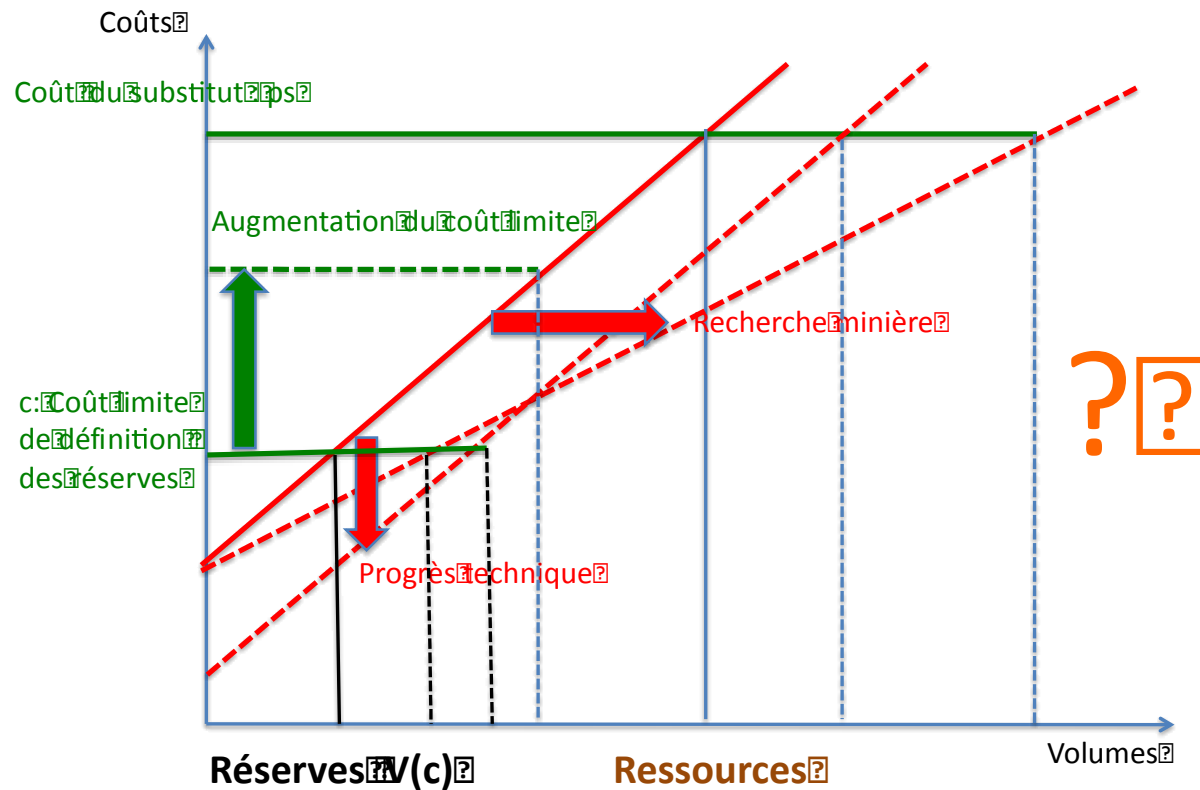
Ressources épuisables

- Il faut découvrir les gisements avant de les exploiter
- Personne n'a intérêt à connaître prématurément les réserves ultimes
- Les réserves découvertes sont hétérogènes
 - Pic de Hubbert
 - Rentes ricardiennes
- Il peut exister un pouvoir de marché (pétrole)

Réserves et ressources



Evolution des réserves



Les ressources renouvelables

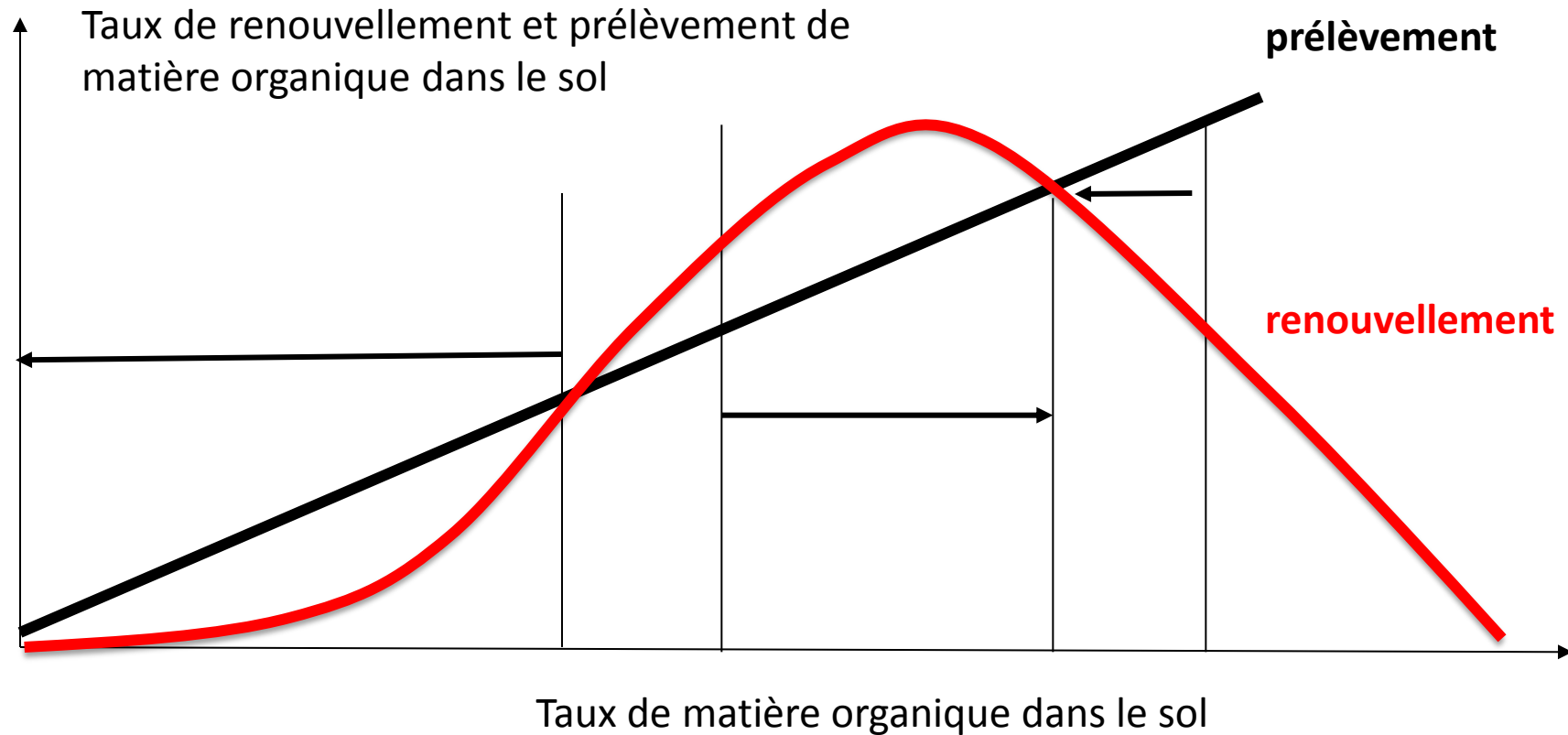
Stocks: écosystèmes

Flux: multiples et souvent biens publics (non rivaux, non appropriables)

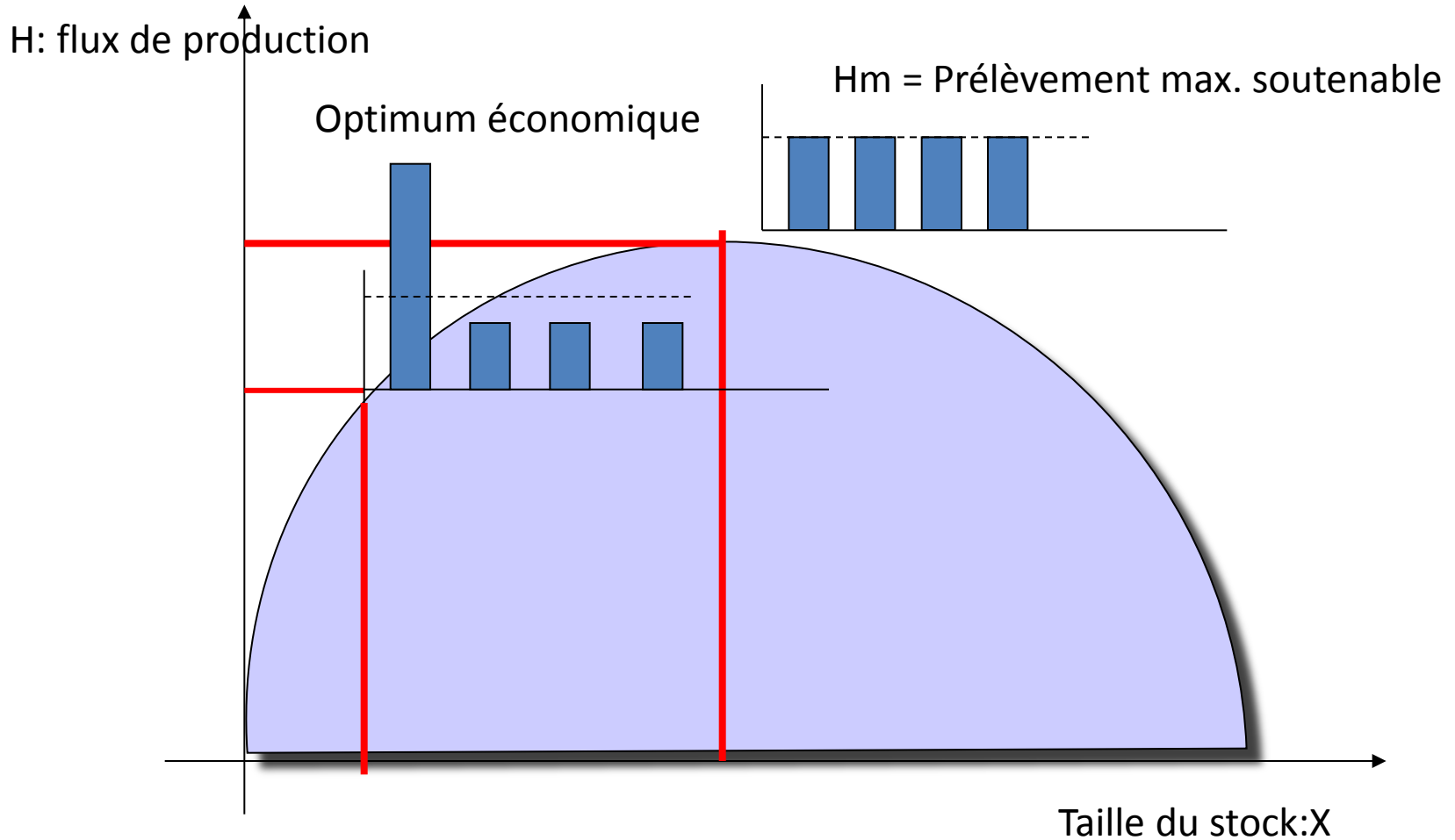
Les atteintes aux ressources renouvelables :

- Pollution et dégradation des flux
- Épuisement, temporaire ou définitif, de stocks
- Dynamiques non linéaires

Non linéarité de la dynamique d'une ressource renouvelable (Exemple d'un sol)



La gestion des stocks de biomasse: Le prélèvement maximum soutenable



La tragédie de « l'accès libre » (« *The tragedy of commons* »)

La tragédie des biens en accès libre....

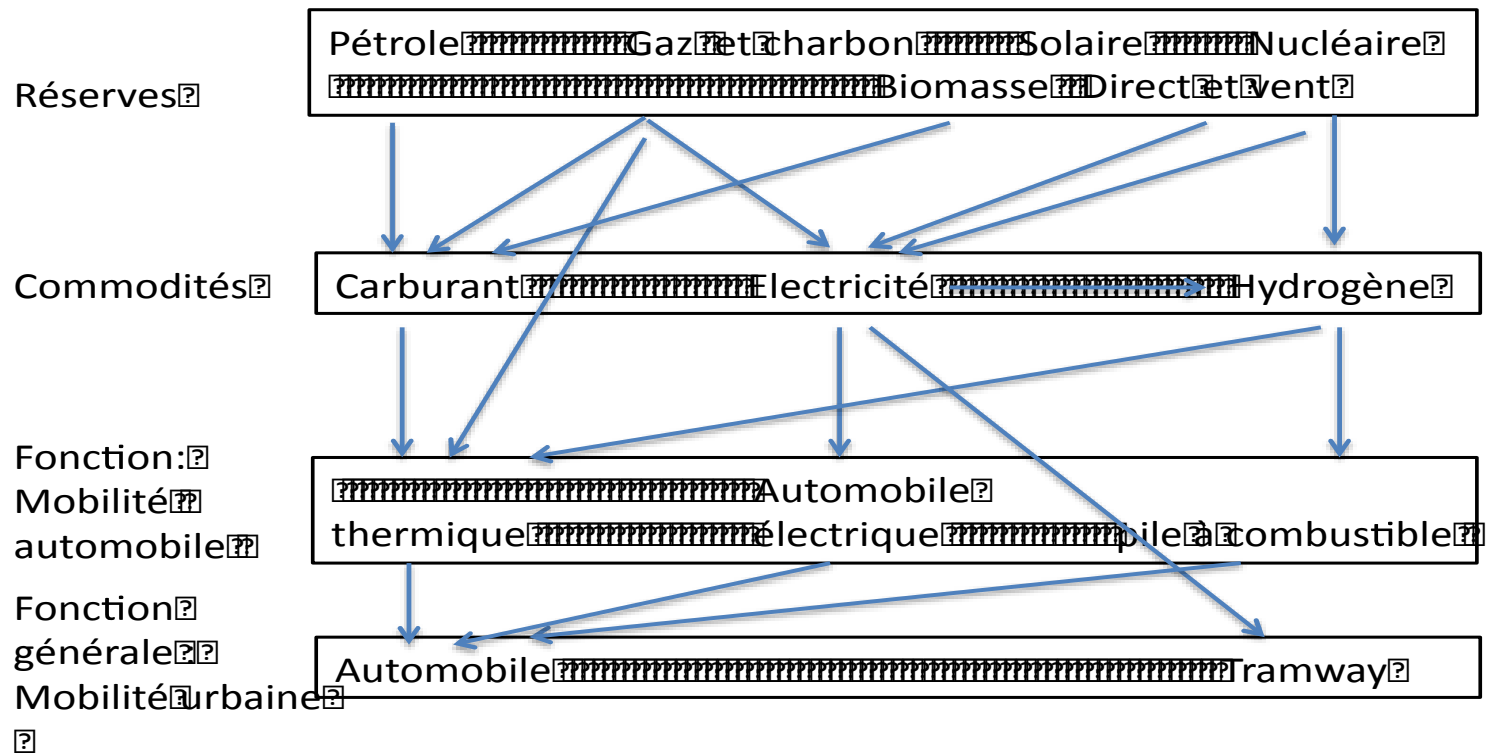
- Surexploitation et possible effondrement du stock de la ressource naturelle
- Et comment l'éviter
 - Créer des droits de propriété sur la ressource, individuels ou collectifs

Capital naturel et substitutions

- Les substitutions
 - écarts avec le prix du plus proche substitut
- Qu'est ce qu'une ressource « insubstituable » ?
 - L'exemple de la biodiversité
- Substituabilité faible ou forte ?

Substitutions

Exemple de substitutions techniques disponibles



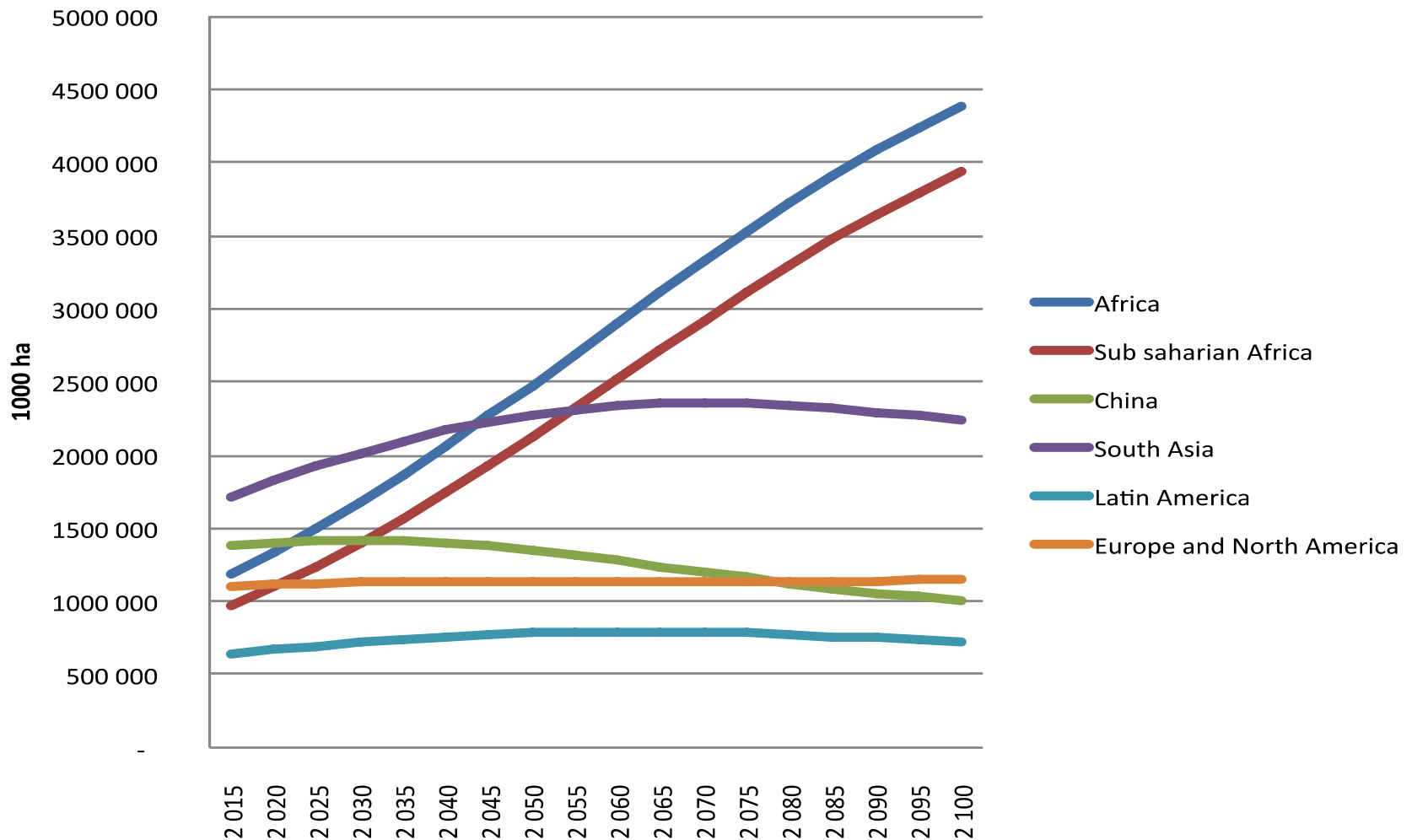
Bilan et perspective de l'usage du capital naturel aujourd'hui

Plan

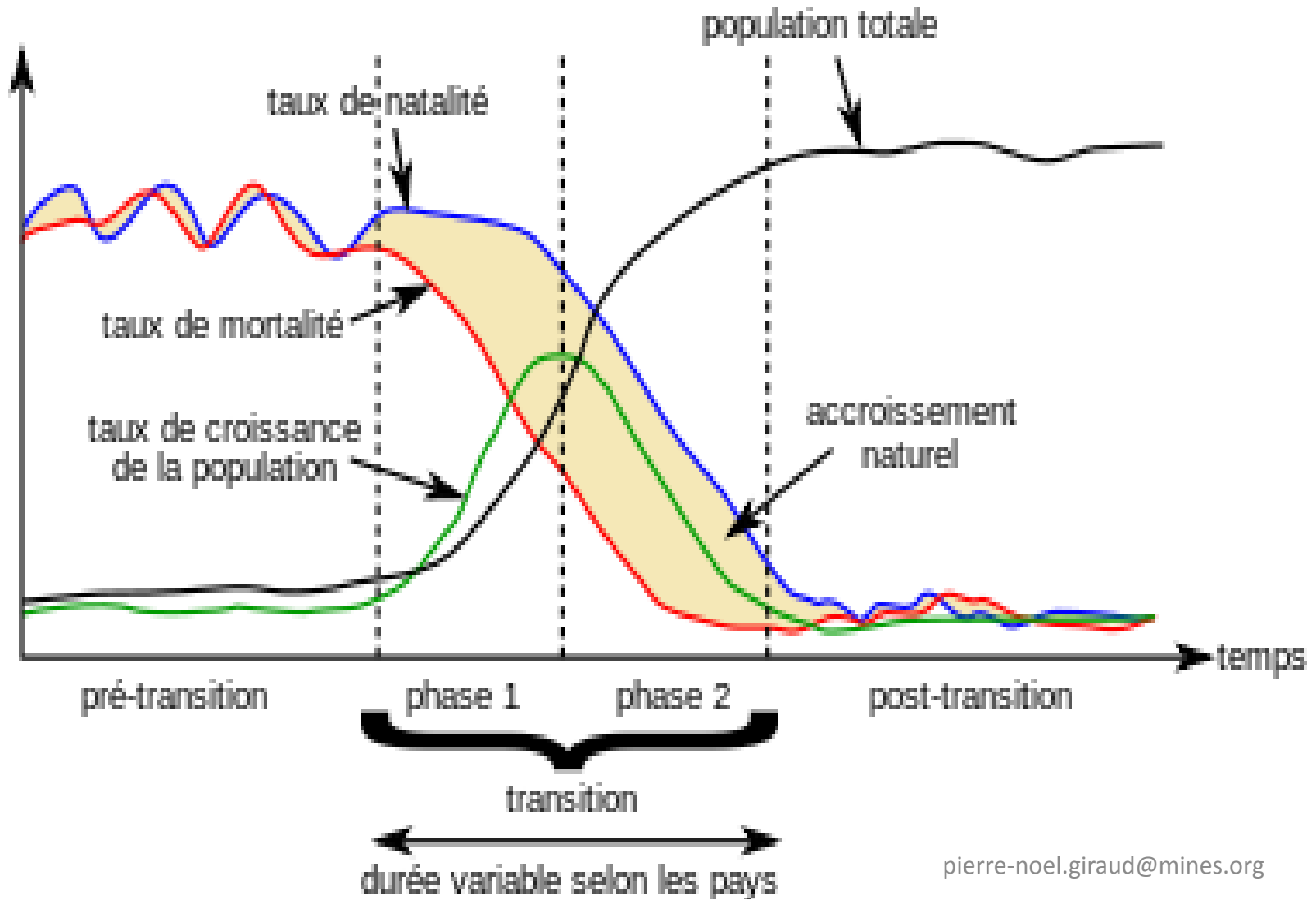
- Le capital naturel
- **Démographie**
- Eau
- Nourrir 10 milliards d'hommes
- Les ressources minérales hors énergie
- Les énergies fossiles
- Le climat, océans, biodiversité
- Les atteintes locales aux ressources renouvelables

Démographie

UN Population Division median 2015 forecast



La transition démographique



Démographie

- Stabilisation autour de 10 milliards d'hommes à la fin du siècle
- Décroissant ensuite si taux de fertilité < 2
- Urbanisation généralisée

Démographie et ressources au XXème siècle

Population	$\times 4$
PIB	$\times 20$
Consommation ressources	$\times 6 \text{ à } \times 20$
Prix des ressources	$/ 2$

Evolution séculaire du prix des ressources

Source: MGI

Exhibit E1

Commodity prices have increased sharply since 2000, erasing all the declines of the 20th century

MGI Commodity Price Index (years 1999–2001 = 100)¹



¹ See the methodology appendix for details of the MGI Commodity Price Index.

² 2011 prices are based on average of the first eight months of 2011.

SOURCE: Grilli and Yang; Stephan Pfaffenweller; World Bank; International Monetary Fund (IMF); Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD); UN Food and Agriculture Organization (FAO); UN Comtrade; McKinsey analysis

Au XXIème : peut-on continuer?

- Demande
 - Population: **10** G avant la fin du siècle, puis stabilisation
 - 3 G rejoignent les « classes moyennes » d'ici 2030 ?
- Offre
 - x 2 en dix ans du cout d'exploration-production du pétrole conventionnel...
 - Mais gaz de schiste à 4-5 \$ Mbtu (/2) aux Etats Unis...
- Une équation: demande-ressources-progrès technique

Bilan et perspective de l'usage du capital naturel aujourd'hui

Plan

- Le capital naturel
- Démographie
- **Eau**
- Nourrir 10 milliards d'hommes
- Les ressources minérales hors énergie
- Les énergies fossiles
- Le climat, océans, biodiversité
- Les atteintes locales aux ressources renouvelables

L'eau

- 80 % de l'eau est utilisée dans l'agriculture.
- L'eau est toujours un problème local.
- L'eau est recyclable.
- Plutôt un problème de « services » que de « ressource »

Bilan et perspective de l'usage du capital naturel aujourd'hui

Plan

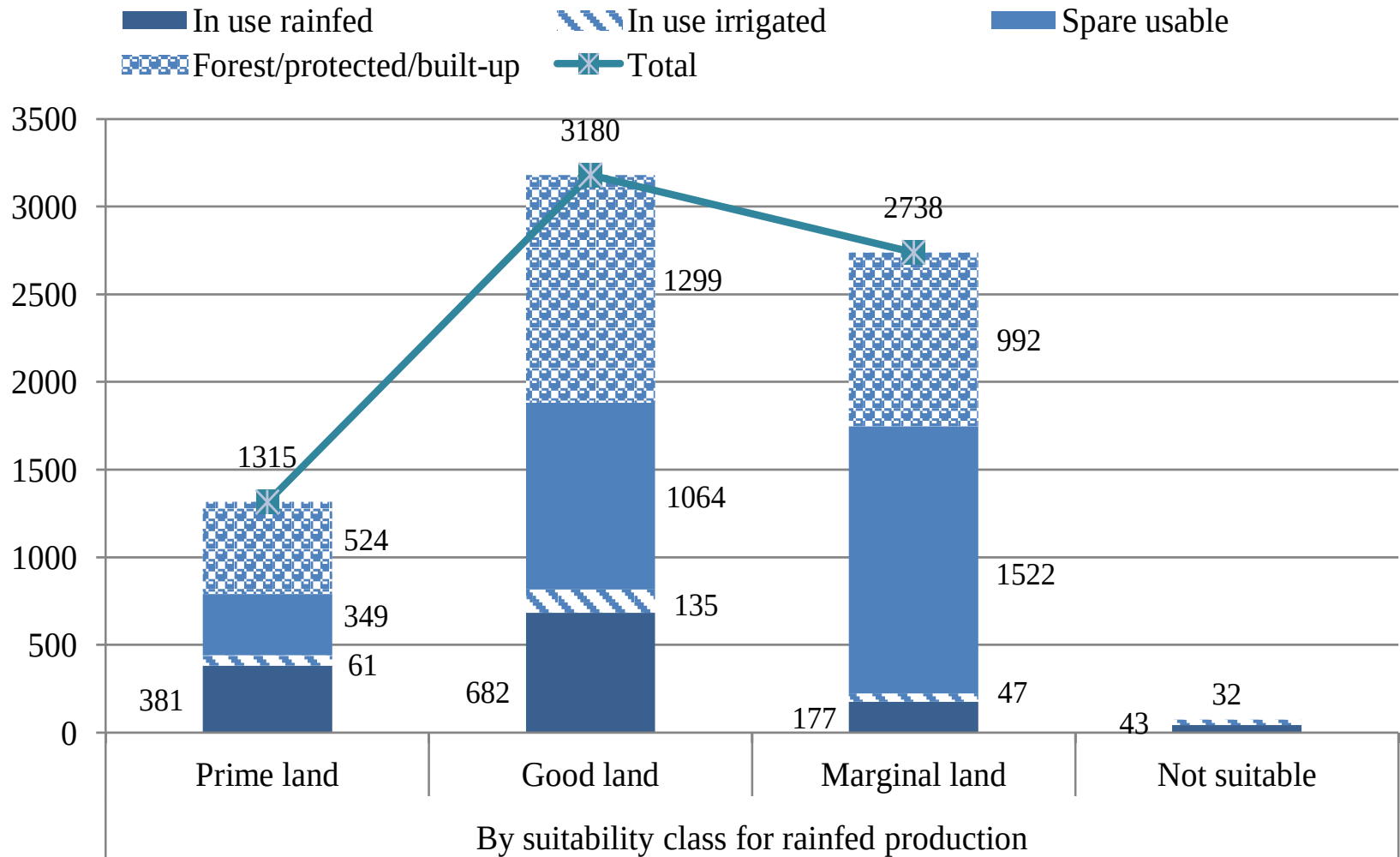
- Le capital naturel
- Démographie
- Eau
- **Nourrir 10 milliards d'hommes**
- Les ressources minérales hors énergie
- Les énergies fossiles
- Le climat, océans, biodiversité
- Les atteintes locales aux ressources renouvelables

Nourrir 10 milliards d'hommes ?

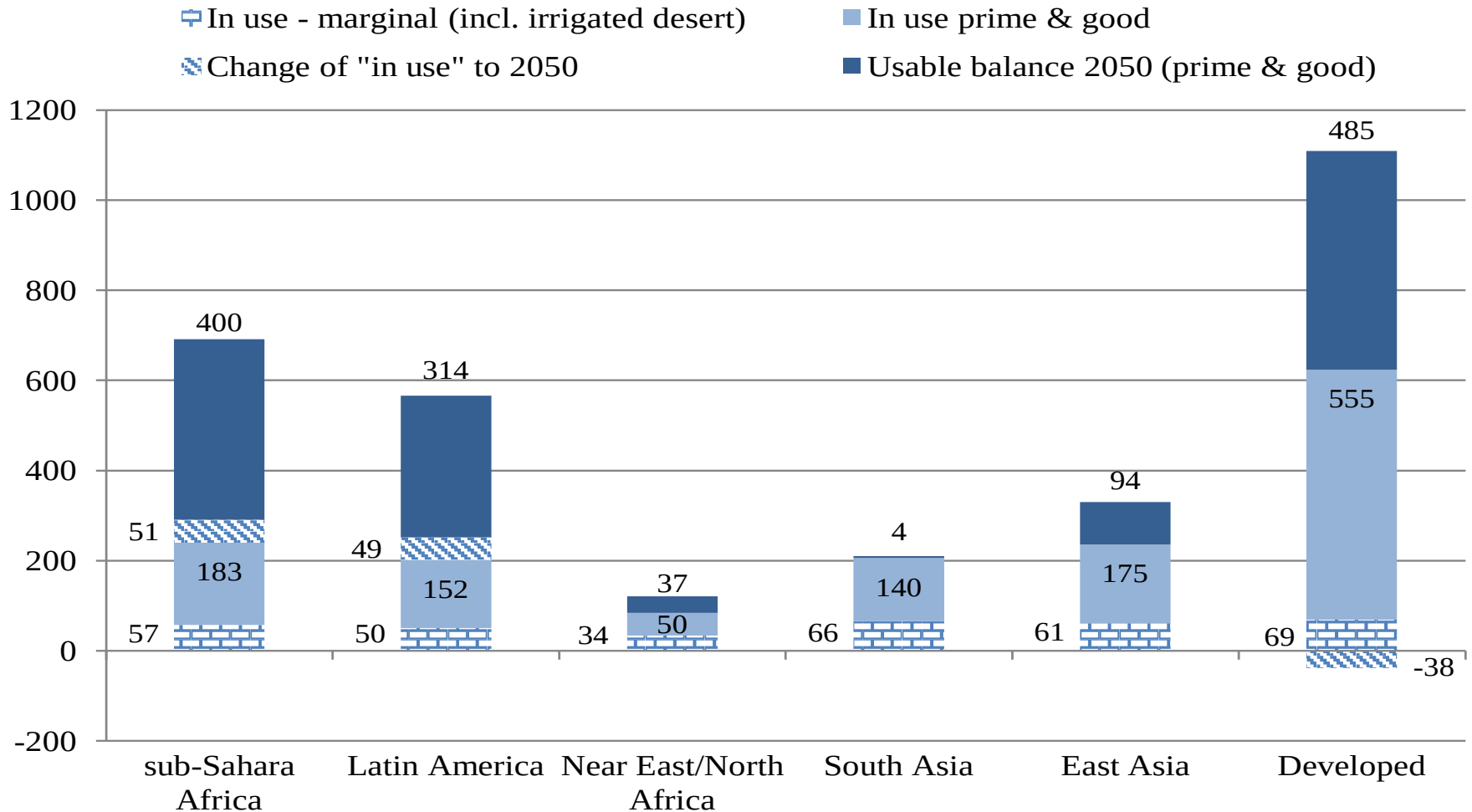
(Cf. Chalmin, Griffon...)

- Possible, à condition de doubler la production mondiale
- Terres encore disponibles
- Irrigation
- Augmentation des rendements moyens sous condition d'une « révolution doublement verte »
 - Nécessité de « l'agriculture de conservation ».
 - Attention aux pollutions : engrais, herbicides, pesticides, OGM
- Effets des changements climatiques ?

Terres disponibles pour la culture pluviale



Répartition des terres disponibles



Bilan et perspective de l'usage du capital naturel aujourd'hui

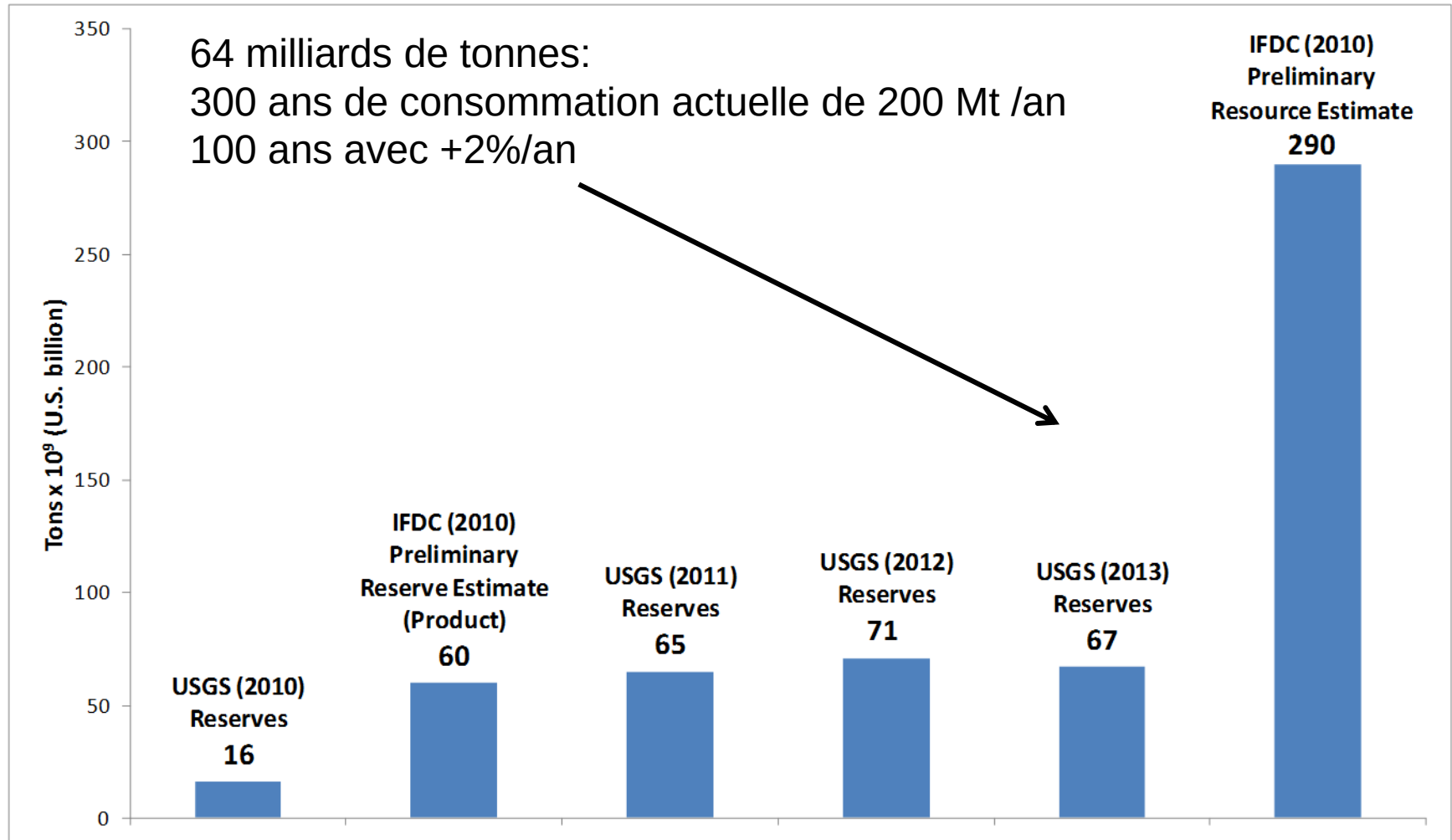
Plan

- Le capital naturel
- Démographie
- Eau
- Nourrir 10 milliards d'hommes
- **Les ressources minérales hors énergie**
- Les énergies fossiles
- Le climat, océans, biodiversité
- Les atteintes locales aux ressources renouvelables

Les ressources minérales hors énergie

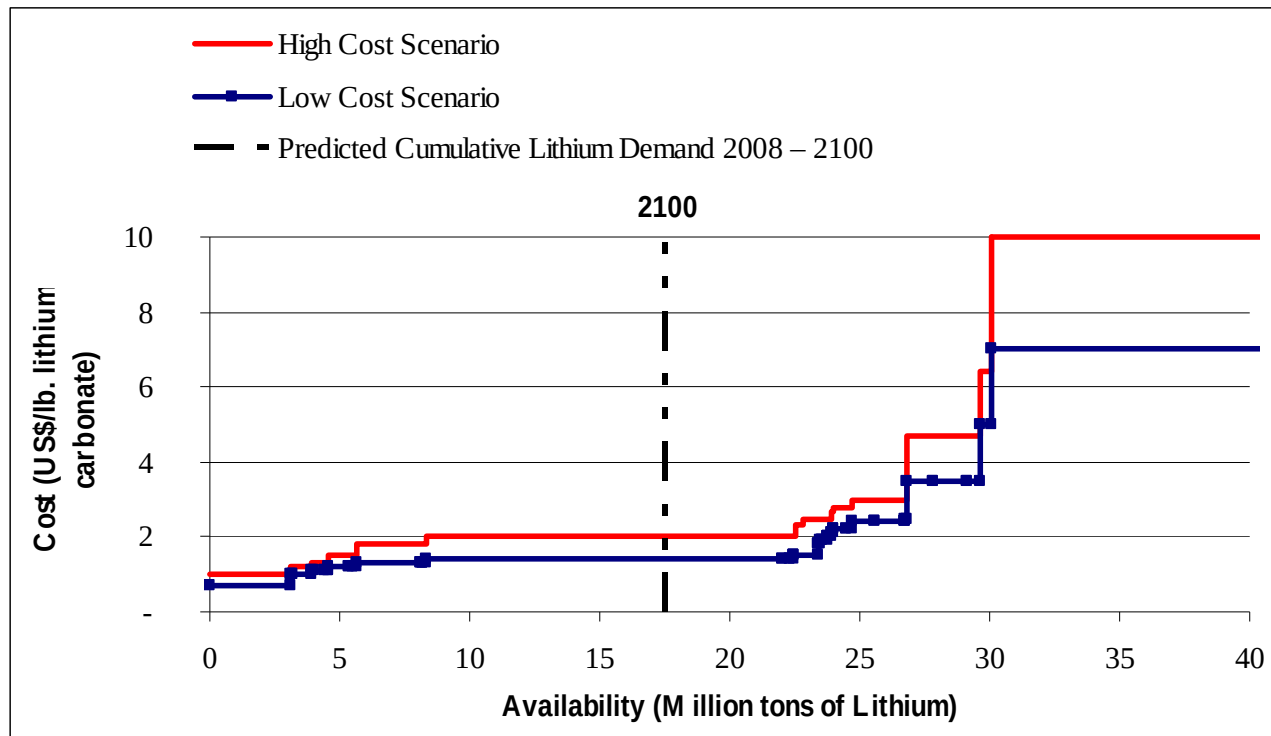
- Les réserves ultimes sont inconnues...
- En raison de la logique économique de la recherche minière (30 ans)
- Inquiétudes sur:
 - Le phosphate (mais réserves énormes)
 - Certains métaux pour les nouvelles technologies
 - Lithium
 - Terres rares
 - Mais ce sont plutôt des goulots au niveau de la production

Phosphates : réserves selon IFDC et USGS



Courbe d'offre à long terme du lithium

Cumulative Availability Curves for Lithium Under High and Low Cost Scenarios
With Predicted Cumulative Demand from 2008 to 2100^a

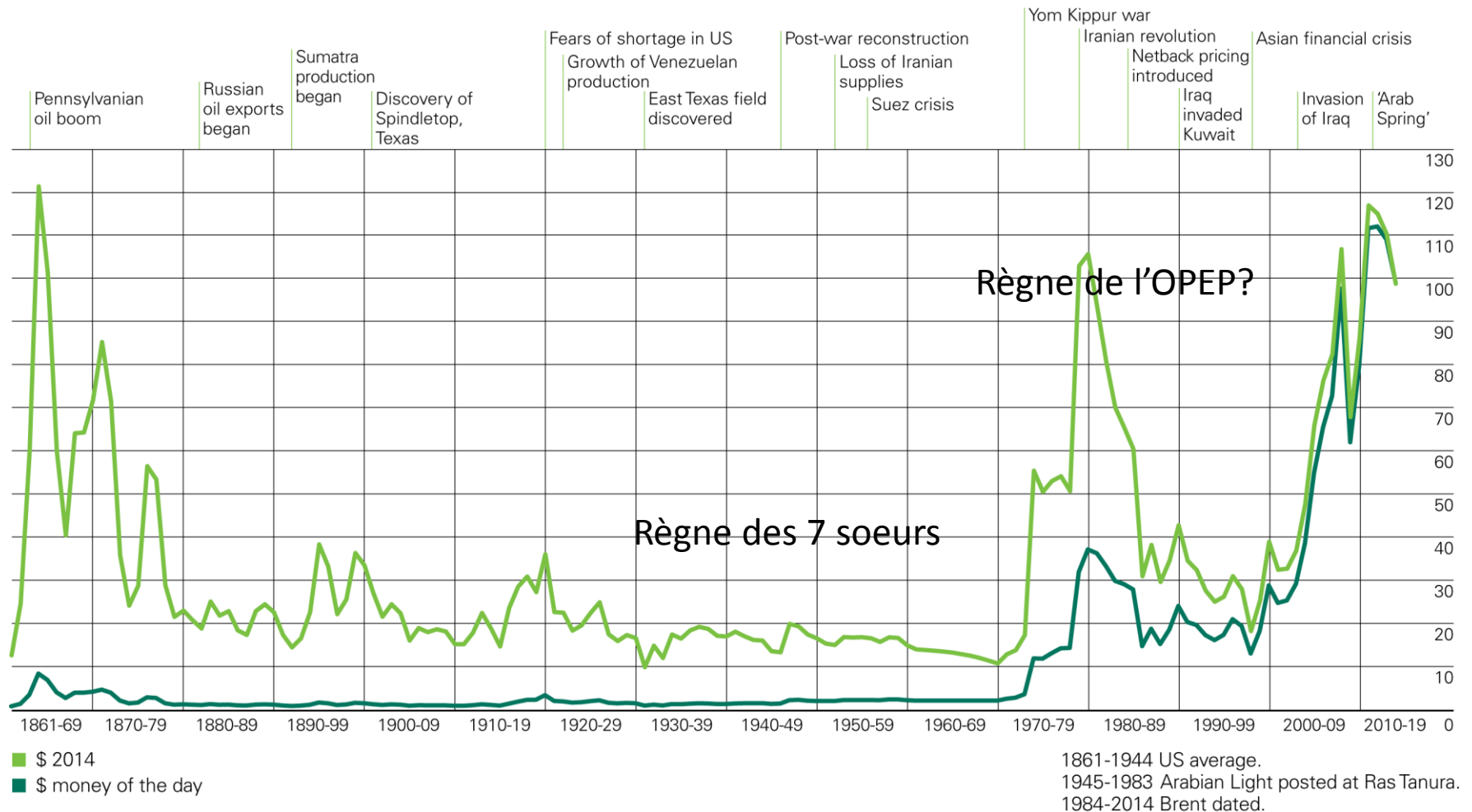


Bilan et perspective de l'usage du capital naturel aujourd'hui

Plan

- Le capital naturel
- Démographie
- Eau
- Nourrir 10 milliards d'hommes
- Les ressources minérales hors énergie
- **Les énergies fossiles**
- Le climat, océans, biodiversité
- Les atteintes locales aux ressources renouvelables

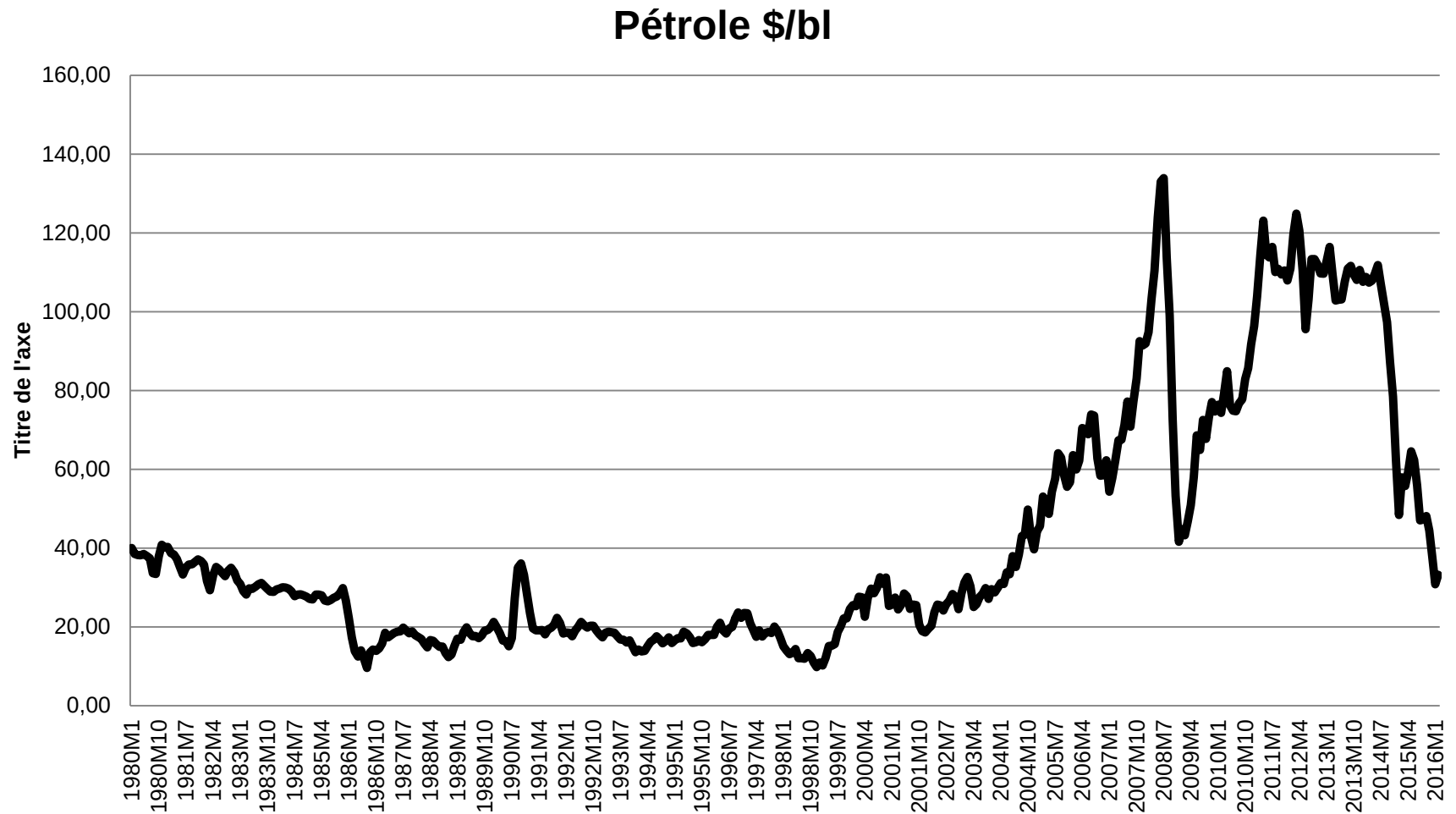
Évolution des prix du pétrole sur longue période



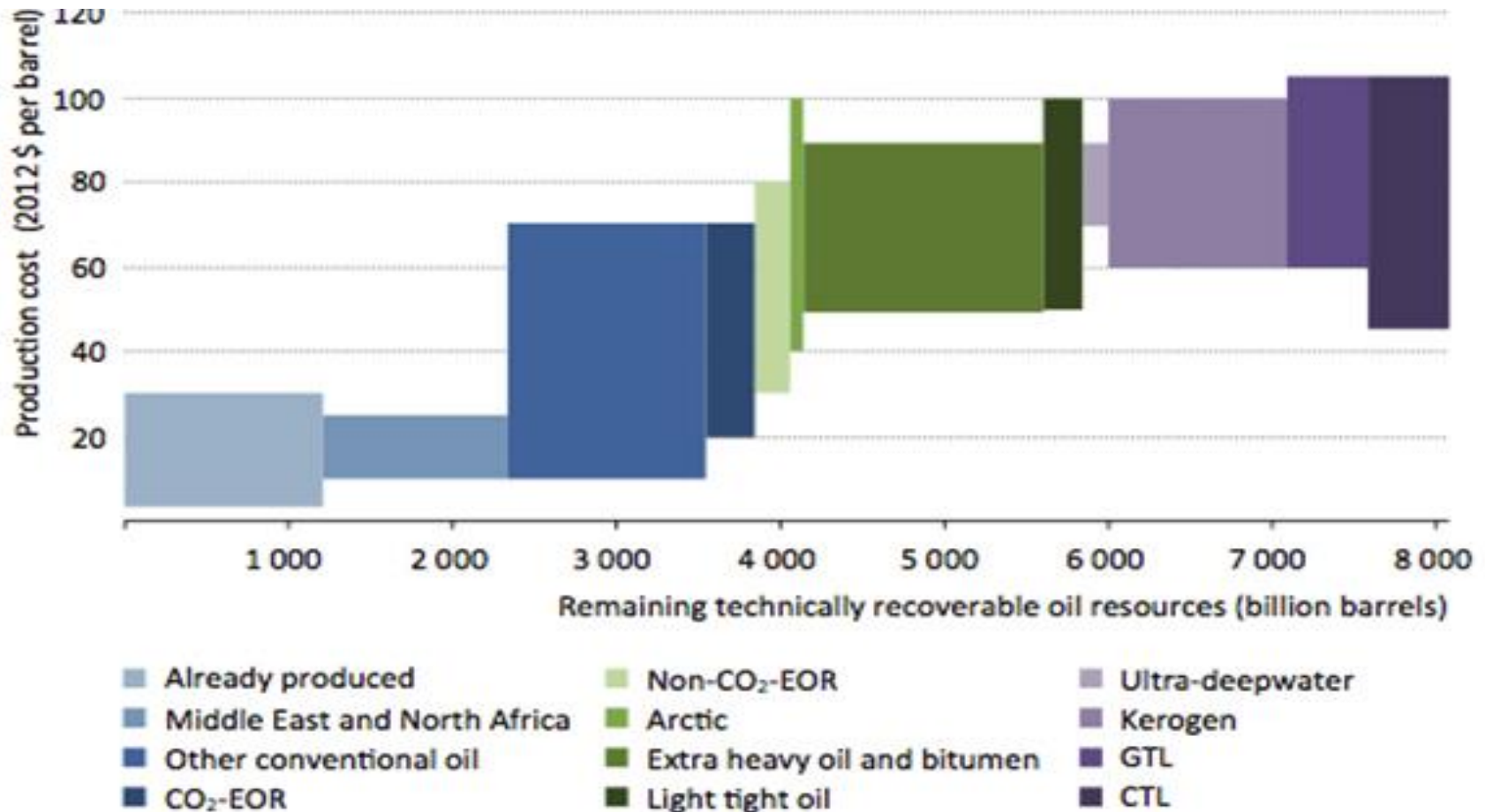
Les trois grandes époques de l'histoire de l'industrie du pétrole

- Les pionniers
 - Naissance de l'industrie pétrolière aux Etats-Unis
 - Les « sept sœurs »
 - Le partage du monde du pétrole après WW1
- Le règne des sept sœurs: 1928-1971
 - Accords de cartel
 - Début des tensions avec les Etats producteurs
 - La concurrence de la frange de l'oligopole
 - Le tournant de 1970
- L'oligopole fragile de l'Opep
 - Premier et second choc pétrolier
 - L'apparition des marchés du brut
 - Un oligopole avec frange compétitive

Prix courants du pétrole depuis 1980

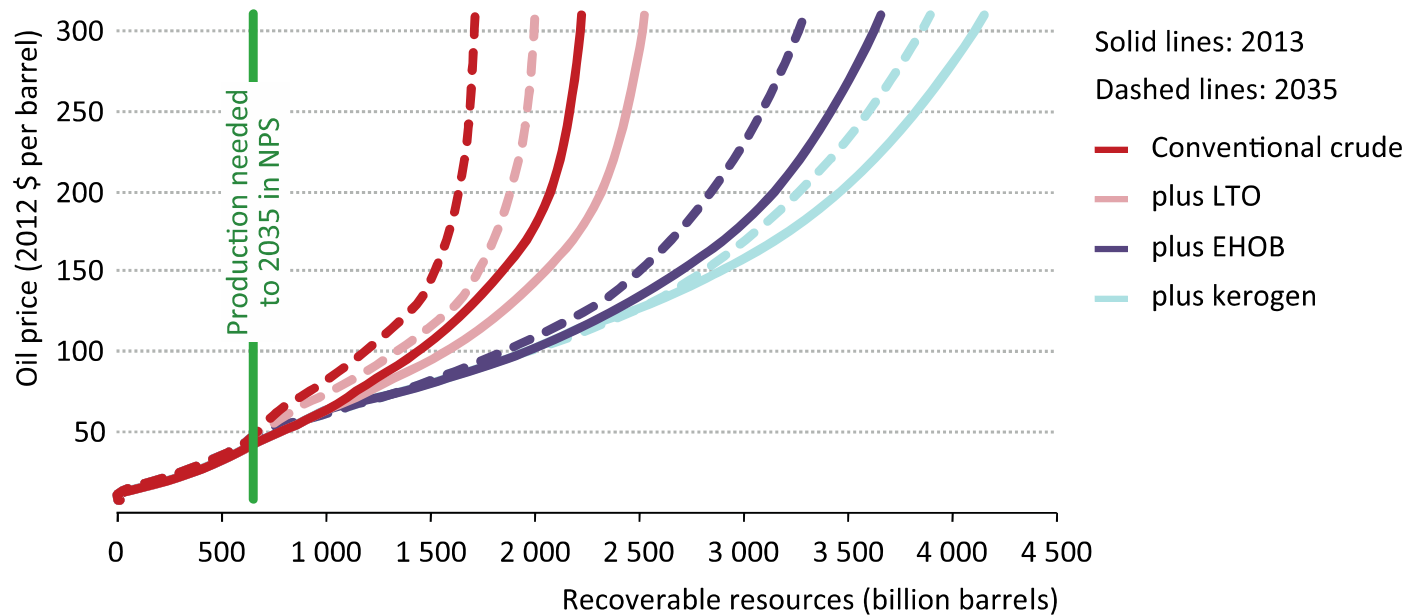


Les réserves « ultimes » de pétrole : la courbe d'offre à long terme des pétroles



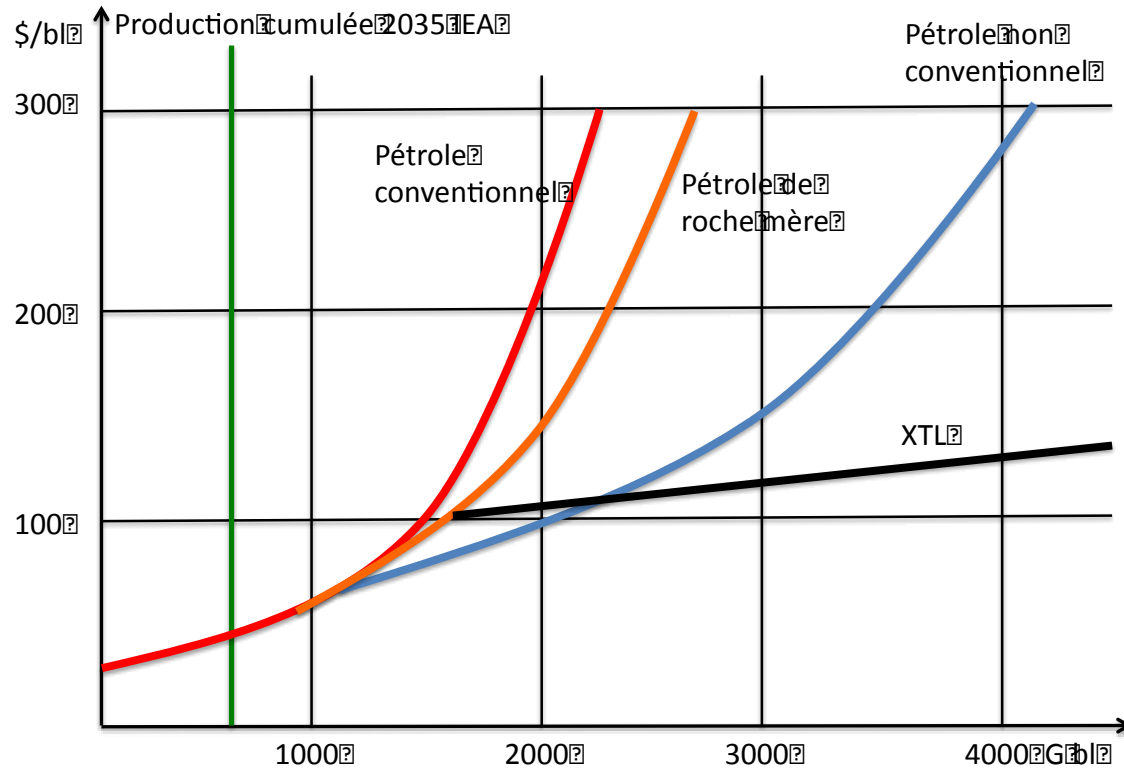
Courbe d'offre à long terme des pétroles 1

Figure 13.18 ▽ World supply cost curves for 2013 and 2035 in the New Policies Scenario



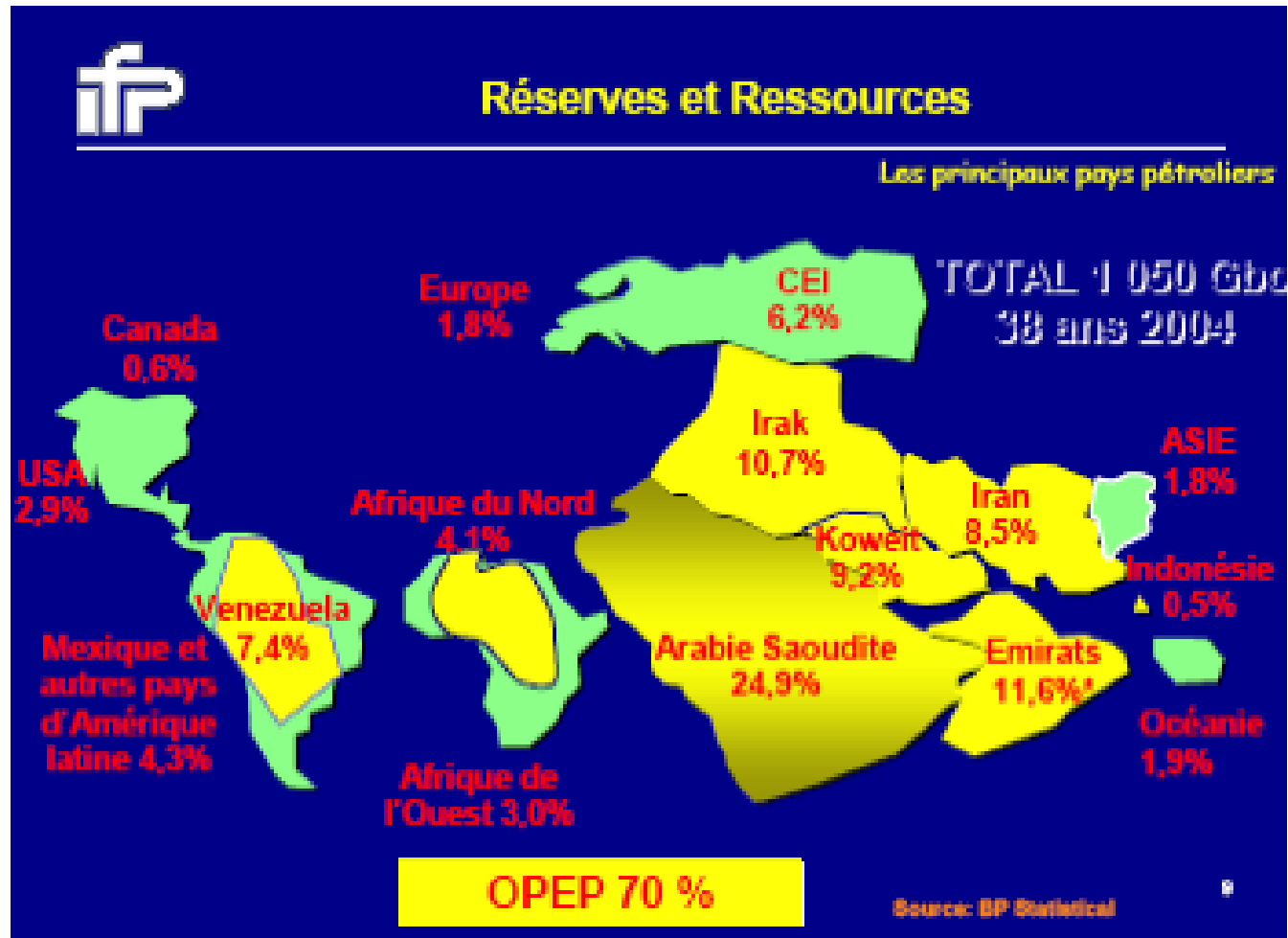
Notes: The supply curves are cumulative, *i.e.* the “plus LTO” line includes conventional crude and LTO; the “plus EHOB” includes conventional crude, LTO and EHOB, and so on. The vertical green line indicates the amount of production required between 2013 and 2035 in the New Policies Scenario (NPS).

Courbe d'offre à long terme des pétroles 2



Source: IEA World Energy Outlook 2013

Mais la géopolitique compte...



Mais la géopolitique compte...

- L'existence d'un oligopole, les pays du golfe arabo persique, au pouvoir de marché croissant sur le pétrole conventionnel :
 - Rend possible des crises d'approvisionnement d'origine politique, avec flambées temporaires des prix bien au-delà du niveau des XTL
 - L'oligopole a aussi intérêt à l'instabilité du prix...

Incertitudes à court terme

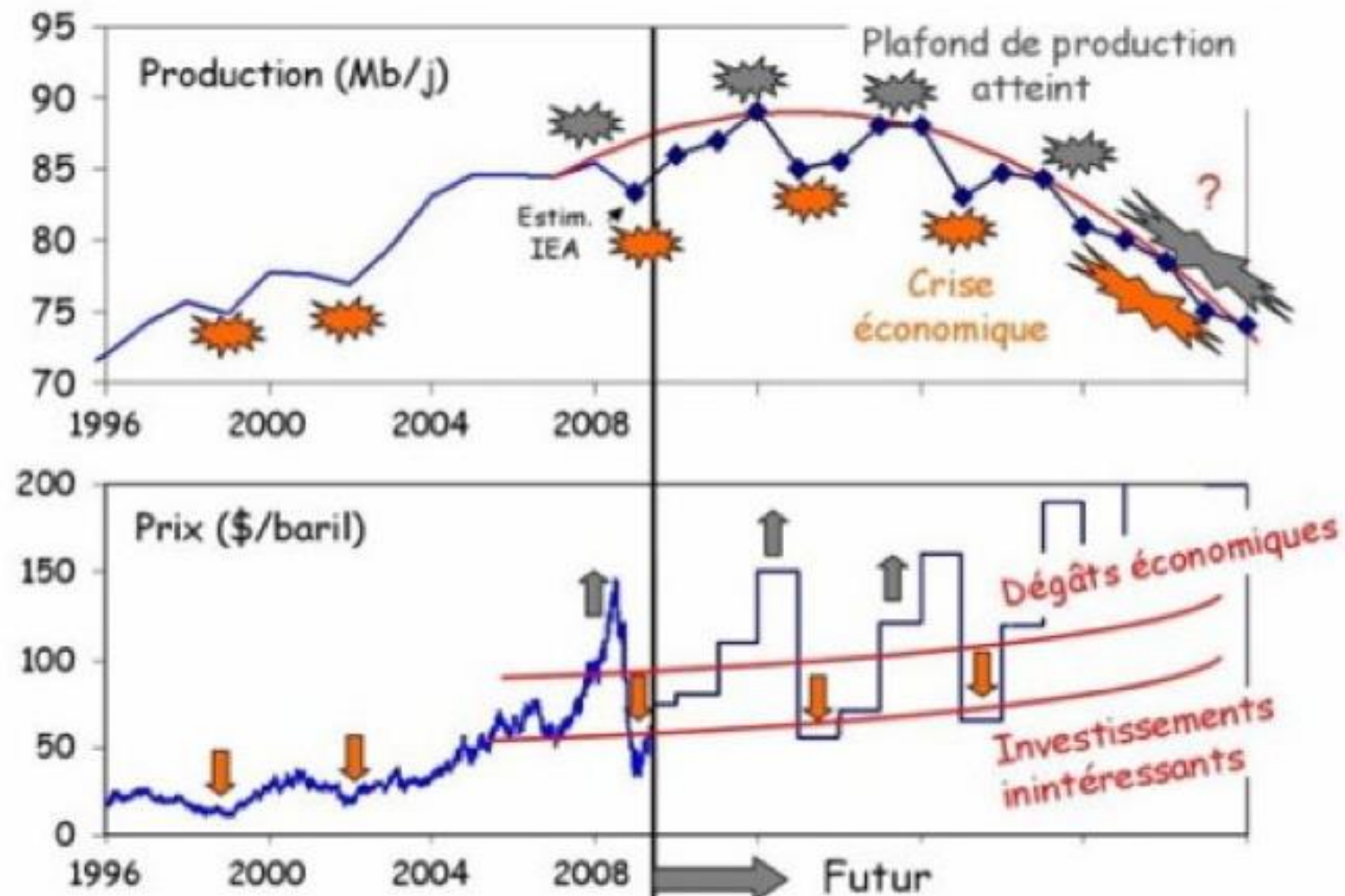
La chute des prix du brut depuis juin 2014

- Les pétroles de roche mère aux EU
 - Spécificité de l'exploitation du gaz et pétrole de roche mère
- Le rôle de l'Arabie saoudite
- Différences et similitudes avec 1986
- Les raisons politiques
- « La » question
 - Pétrole de schiste comme nouveau pétrole marginal ?

Le prix futur du pétrole

- « Peak (conventional) oil » estimé entre 2010 et 2035 selon les experts
- Quel est le premier substitut : pétrole de schiste, non conventionnel ou XTL, cout (hors CO₂) et réserves ?
 - XTL : 80-100 \$ /bl très capitalistique
 - Pétrole de roche mère : 30- 70 \$/bl moins capitalistique
 - Si le CO₂ est taxé de 30-40\$, la fabrication des carburants de synthèse émettant du CO₂, le cout serait augmenté de 15 à 20 \$

Les « pessimistes », par ex. Manicore (Jancovici) « Peak oil » et crises économiques

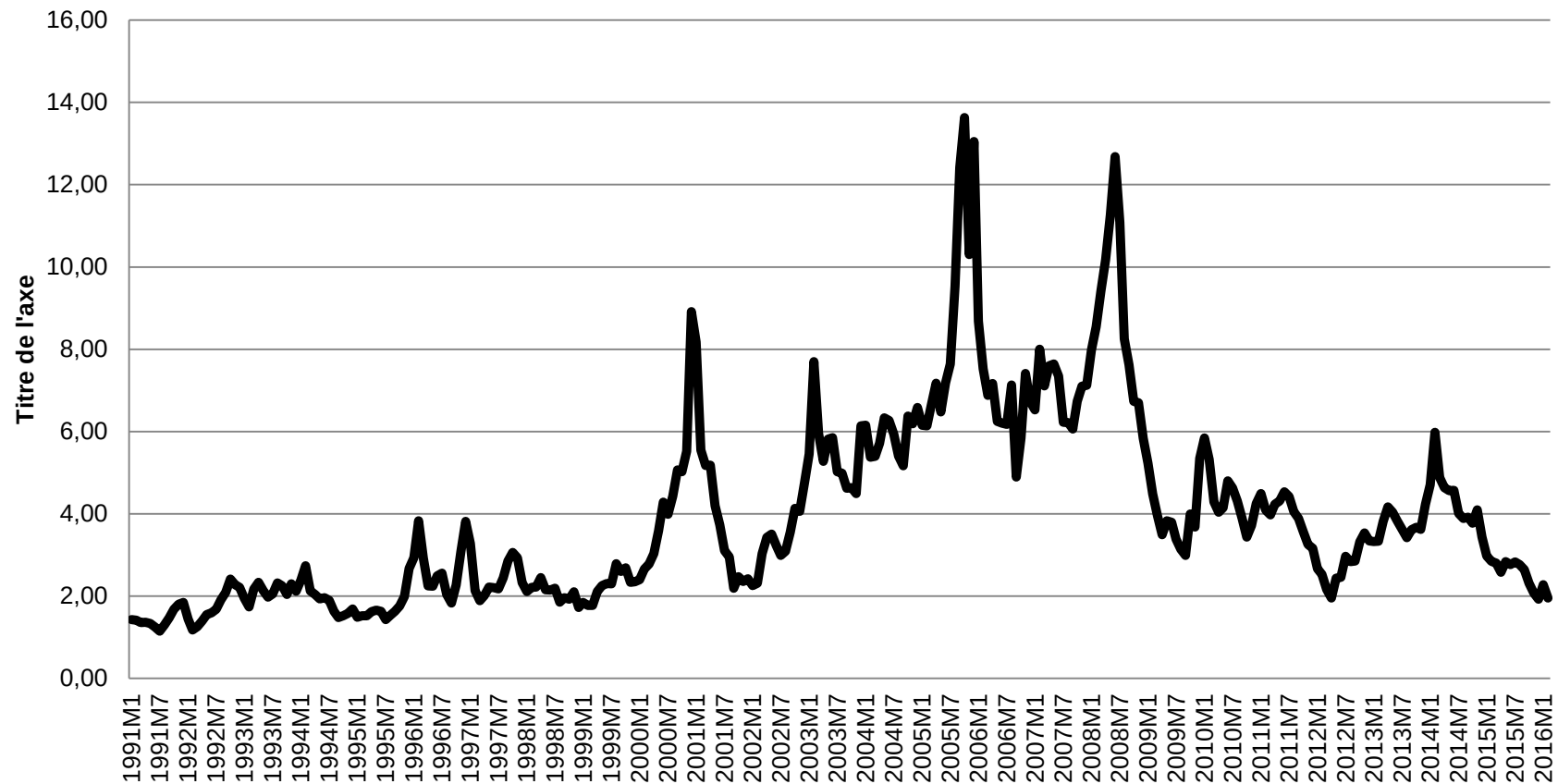


Instabilité

- Quels obstacles aux investissements (massifs), en particulier dans les carburants de substitution ?
- L'instabilité peut être la stratégie optimale du cœur de l'oligopole, le Moyen Orient
- Sécuriser les investissements en substitutions (y.c. économies de carbone) par une taxe variable en fonction du prix ?

Le gaz naturel

Gaz Henry Hub USA \$/MBtu



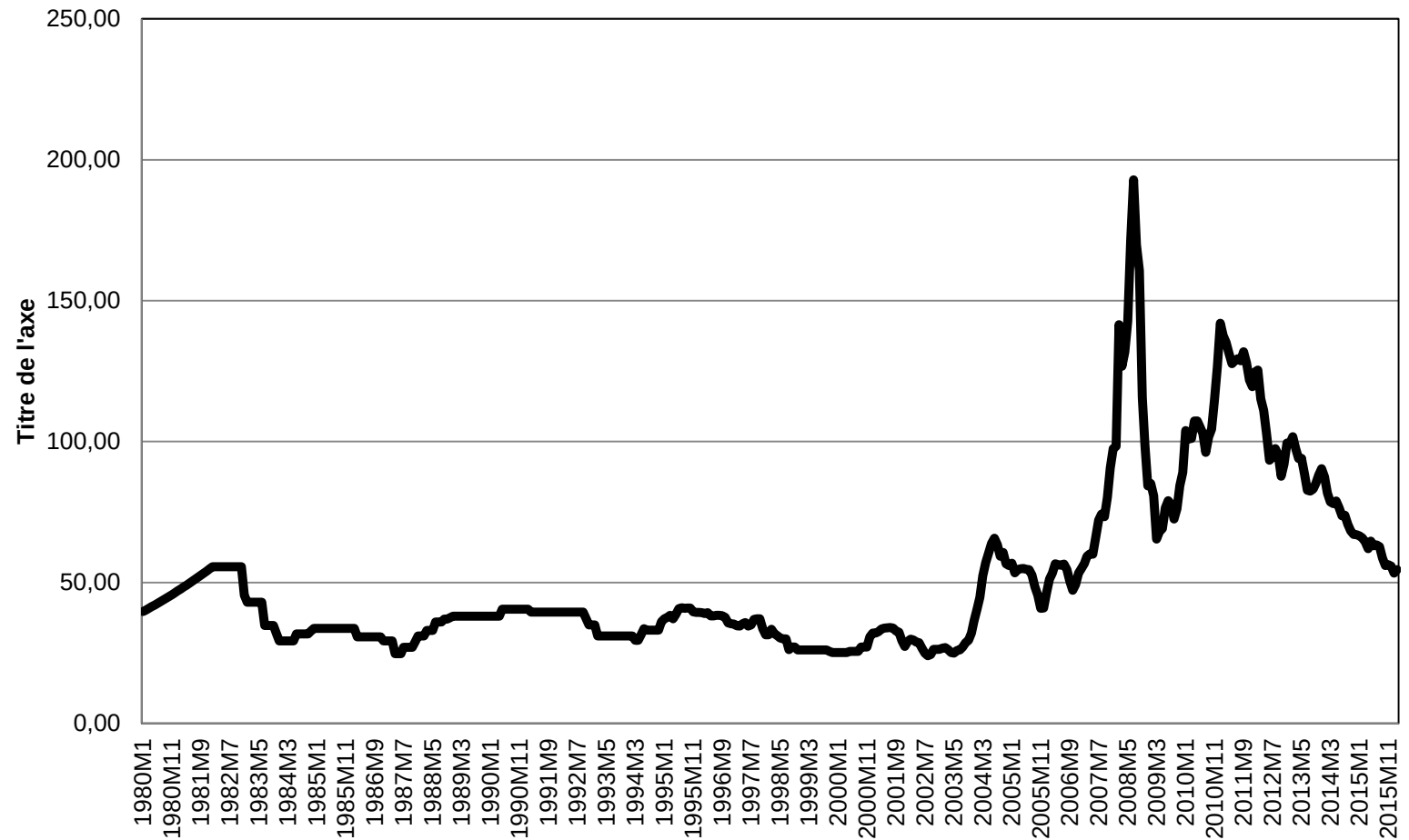
Les tendances lourdes des prix du gaz...

- Le fait nouveau : les gaz non conventionnels
 - Globalisation, via le GNL, du marché du gaz
- +
- Concurrence avec le charbon dans l'électricité, le charbon ayant un prix gouverné par son cout de production + CO₂
- +
- Pétrole qui se concentre dans le transport (auquel le gaz peut avoir accès, mais via le GTL)
- =
- La logique de l'indexation gaz - pétrole va s'affaiblir et finir par disparaître
 - Les marchés spot vont se développer partout, connectés par GNL
- =

Un marché compétitif gouverné par les couts de production

Le charbon

Charbon Fob Australie \$/tonne



Les tendances lourdes des prix du charbon...

- Réserves de 900 Gt, pour une consommation annuelle de 7-8 G tonnes
- Ressources sans doute très importantes
- Courbe de cout de développement des réserves plate
- Industrie de travaux public et de transport de masse compétitive

=

Marché compétitif gouverné par les couts de production

Énergie fossile : conclusion sur les prix

Gaz et charbon

- Marchés compétitifs gouvernés par les prix de production
- Courbe d'offre à long terme plate

Pétrole

- Plus instable mais plafonné par XTL
- Quelle place pour le pétrole de schiste ?
- Géopolitique

Energies fossiles et effet de serre

- En revanche:
 - L'exercice de prospective des prix des énergies fossiles ne permet pas de penser que l'augmentation « spontanée » des prix de marché des énergies fossiles permettrait d'obtenir des émissions des CO₂ compatibles avec un effet de serre « tolérable »
 - La lutte contre un effet de serre « excessif » doit donc être prise en main par des Etats corrigeant une « imperfection de marché » en donnant un prix à l'émission de CO₂

Trop de carbone fossile !

- Maximum émissions de CO₂ selon GIEC : **1000** Gt (25 ans d'émissions de l'an 2000)
- Réserves de carbone fossile (WEC)
 - Pétrole : 225 Gt
 - Charbon : 890 Gt
 - Gaz : 210 000 milliards de m³
- Si tout était brûlé : **4000** Gt de CO₂ émis

Conclusion sur la « rareté » du capital naturel

- Nous n'avons pas de problème de ressource en amont du système productif
- Nous avons un problème de poubelle en aval : effet de serre, océan, biodiversité
- Nous avons des problèmes de dégradation locale de ressources renouvelables

Bilan et perspective de l'usage du capital naturel aujourd'hui

Plan

- Le capital naturel
- Démographie
- Eau
- Nourrir 10 milliards d'hommes
- Les ressources minérales hors énergie
- Les énergies fossiles
- **Le climat, océans, biodiversité**
- Les atteintes locales aux ressources renouvelables

Climat : le consensus actuel

Consensus (d'extension et de solidité décroissante) sur :

- Un constat : effet de serre anthropique
- Une norme d'équité inter-générationnelle minimale
- Un objectif : 2° C
- Les moyens généraux de l'atteindre

Recherche de consensus sur :

- *La répartition des efforts par pays pour l'atteindre*
- *Un instrument de gouvernance mondiale pour la mise en œuvre des mesures*
- *La répartition de l'effort au sein des pays*

Equité et partage de l'effort entre Nord et Sud

- De 1900 à 2005, les pays riches ont été responsables des trois quarts de l'augmentation de 280 à 430 ppm de la concentration de GES, l'Europe et les Etats-Unis de plus de la moitié...
- 50 % de réduction des émissions actuelles de 40-45 GtCO₂e/an signifie, avec 9 milliards d'individus:

Un niveau de 2-3 t/ha

- Aujourd'hui : EU: 20+, UE: 10+, Chine: 5+, Inde:1
- Même pour stabiliser à 550 ppm, il ne reste que 120 ppm d'augmentation, les pays émergents peuvent légitimement demander d'en prendre l'essentiel...
- Dans les pays riches : le facteur 4

Le cadre général d'un accord international

- Pas d'accord contraignant mais engagements volontaires de tous, vérifiables
- Transferts de couts du Nord aux émergents et au Sud sous forme de:
 - transferts de technologie
 - financement de programmes d'atténuation et d'adaptation
- Marchés internationaux du carbone, pour plus d'efficacité

Les problèmes d'équité internes

- La croissance verte, c'est consommer moins de biens matériels polluants et plus d'un bien public
- Qui doit supporter l'effort ?
 - Réforme fiscale
 - Pas de prix unique du carbone

Les moyens de l'action

- Ce n'est pas un problème essentiellement technique
- Mais il faudra cependant, pour minimiser le cout, des percées techniques dans de nombreux domaines d'ici 2050 : Capture et Séquestration du Carbone (CSC), photovoltaïque, biocarburant cellulosique, filière hydrogène
- Les instruments économiques
 - Quotas et marchés de permis au niveau international
 - Localement et sectoriellement : taxes, permis et réglementations

Bilan et perspective de l'usage du capital naturel aujourd'hui

Plan

- Le capital naturel
- Démographie
- Eau
- Nourrir 10 milliards d'hommes
- Les ressources minérales hors énergie
- Les énergies fossiles
- Le climat, océans, biodiversité
- **Les atteintes locales aux ressources renouvelables**

Capital naturel et lutte contre la pauvreté

- Les pays pauvres dépendent beaucoup plus que les pays riches du capital naturel, en particulier renouvelable.

Cf. Hamilton: « Where is the Wealth of Nations ? » Banque Mondiale

Figure 2. Shares of Wealth by Income Group, 2000

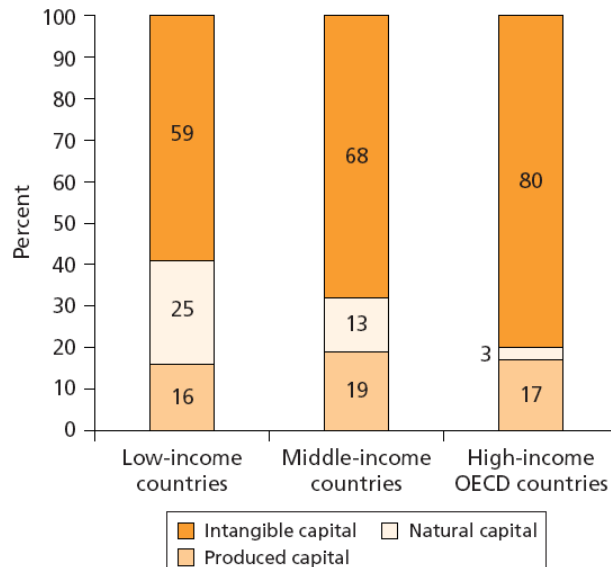
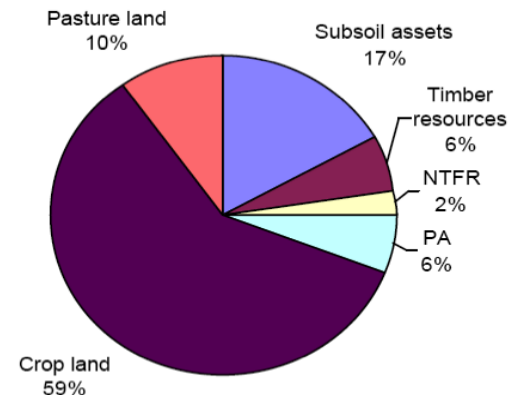


Figure 2. Shares of natural wealth in low-income countries, 2000



NTFR: Non-timber forest resources. PA: Protected areas.

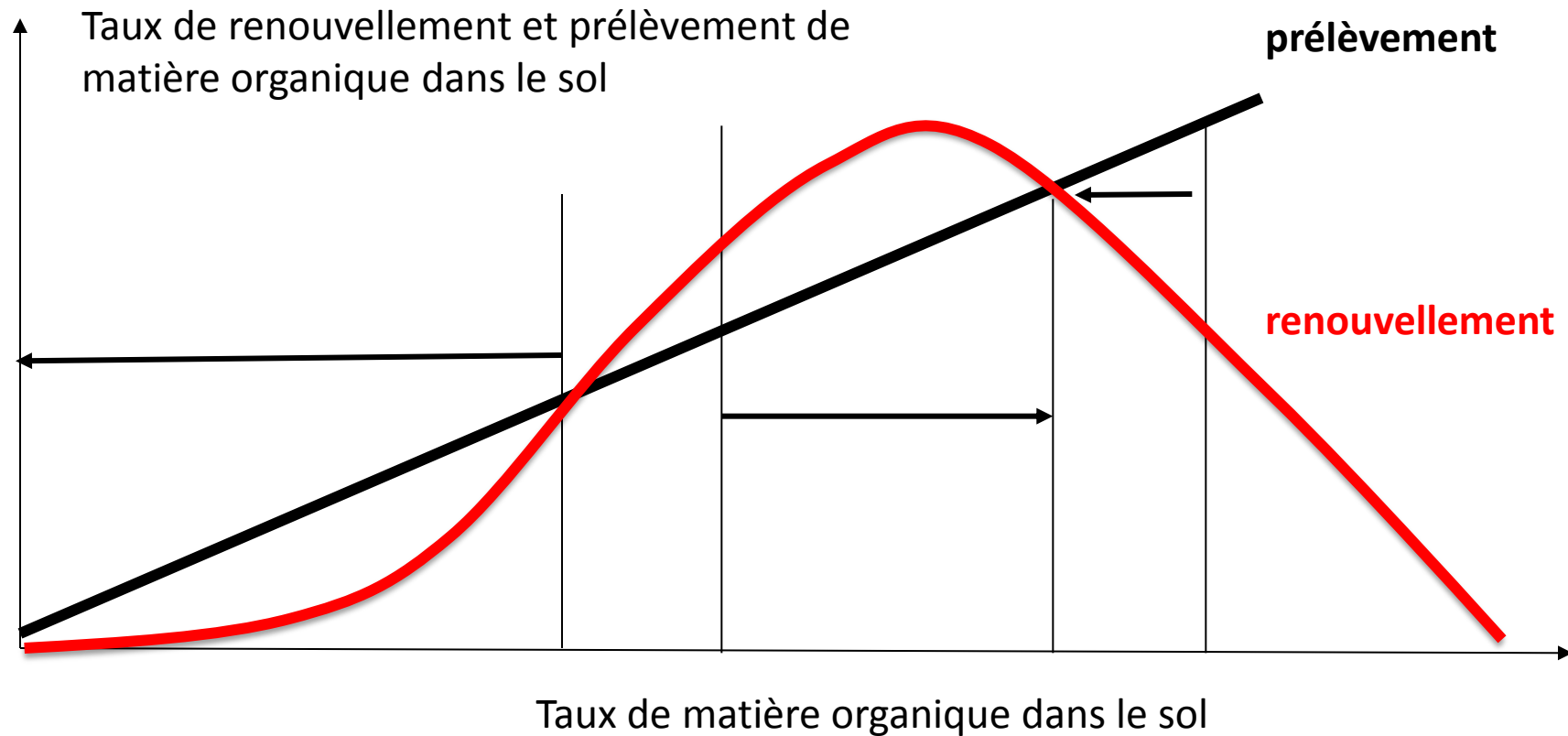
Note: oil states excluded.

Source: World Bank 2005

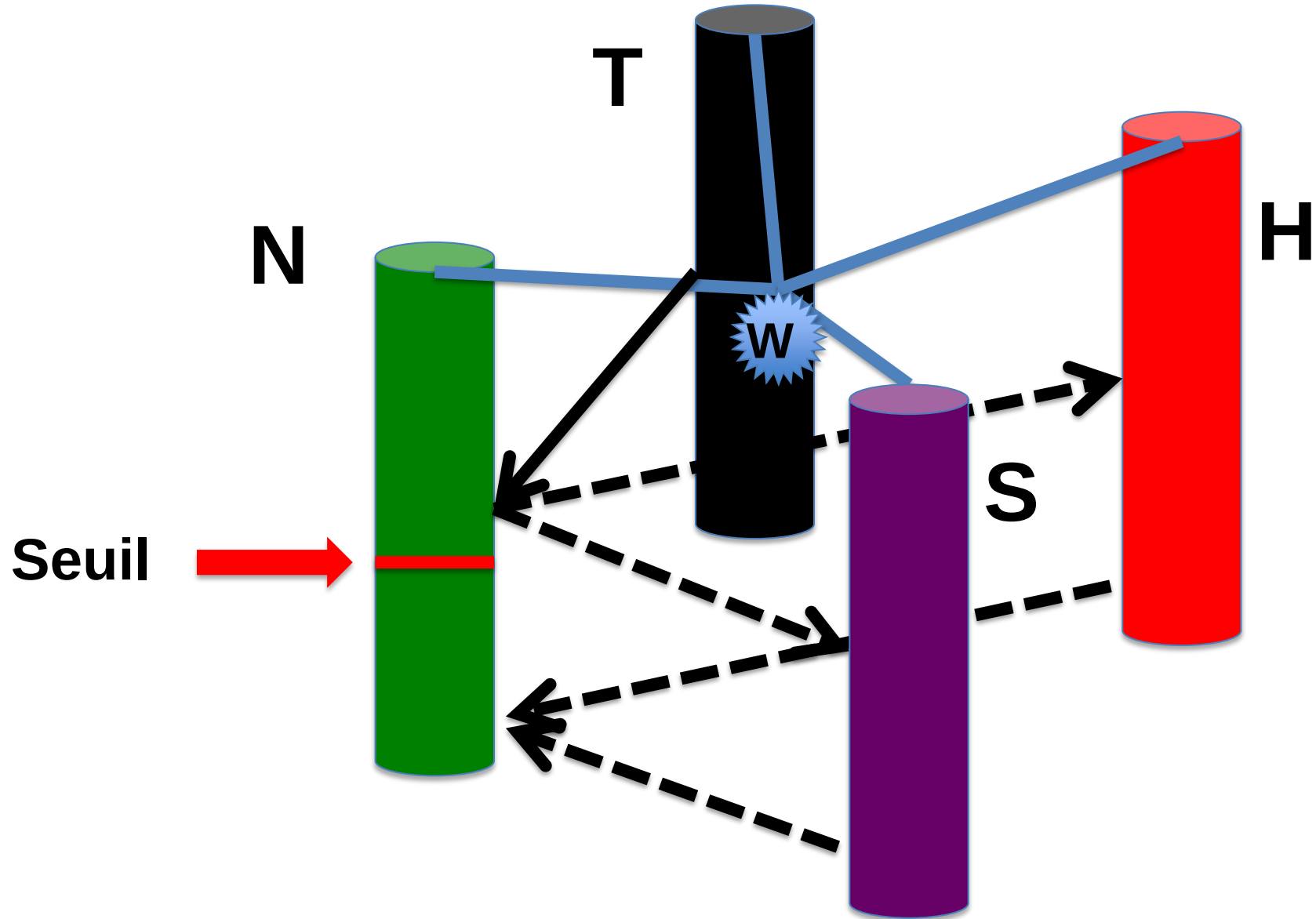
Capital naturel et lutte contre la pauvreté

- Les pauvres dans les pays pauvres en dépendent encore plus.
- Ils sont fréquemment pris dans les « trappes à pauvreté » de la surexploitation d'une ressource renouvelable.

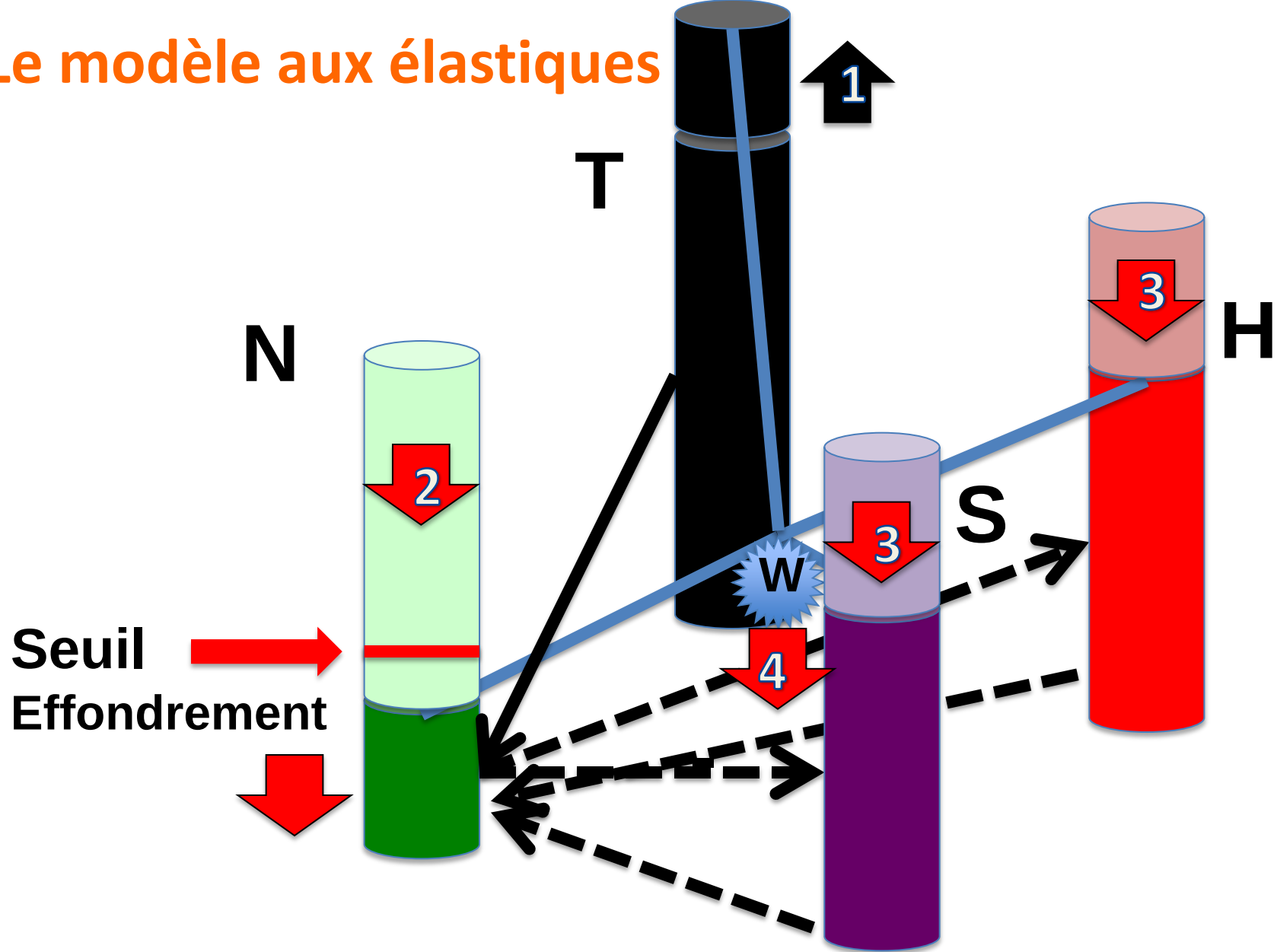
Rappel : Non linéarité de la dynamique d'une ressource renouvelable (Exemple d'un sol)



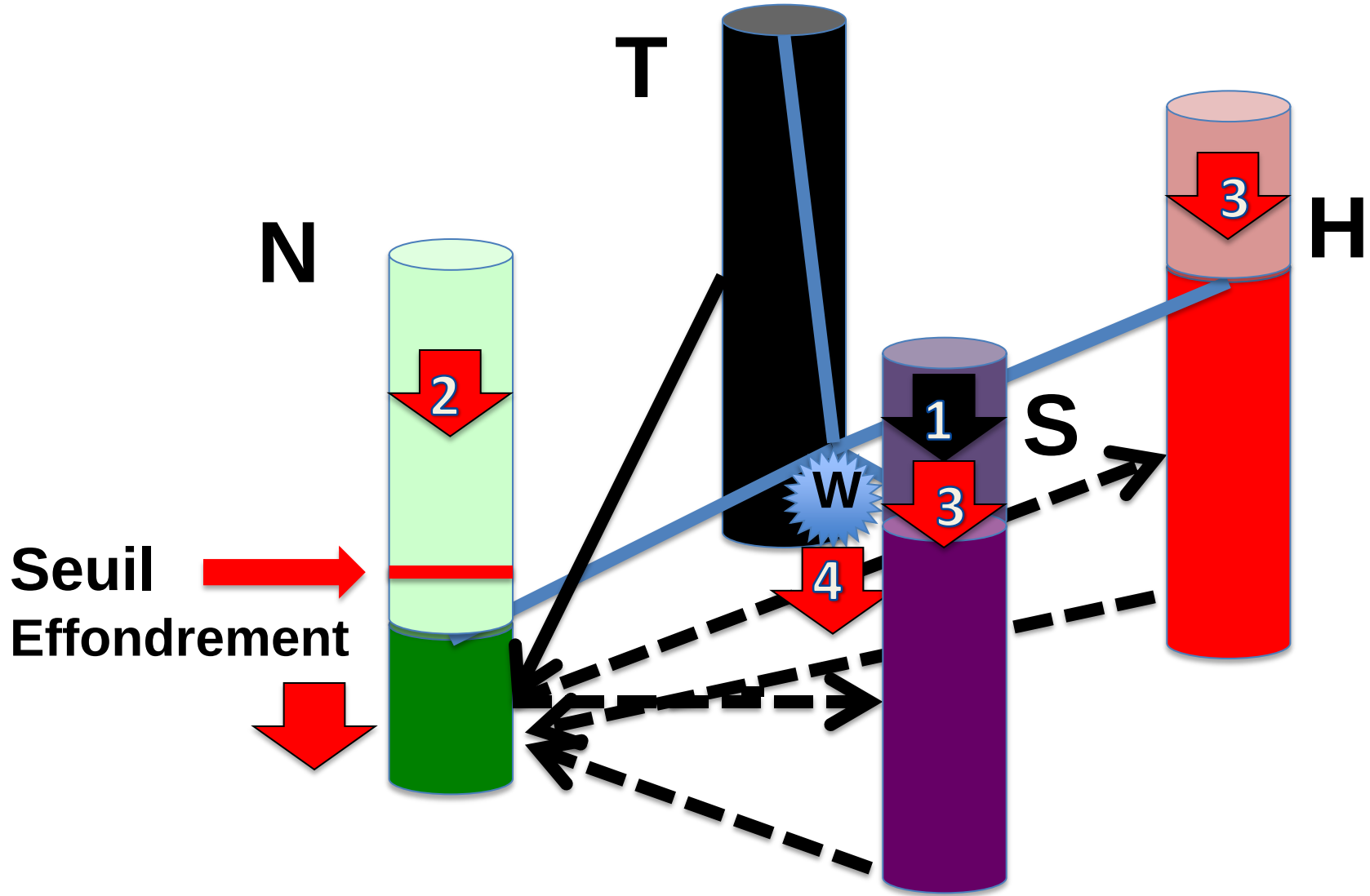
Le modèle aux élastiques (Giraud-Loyer)



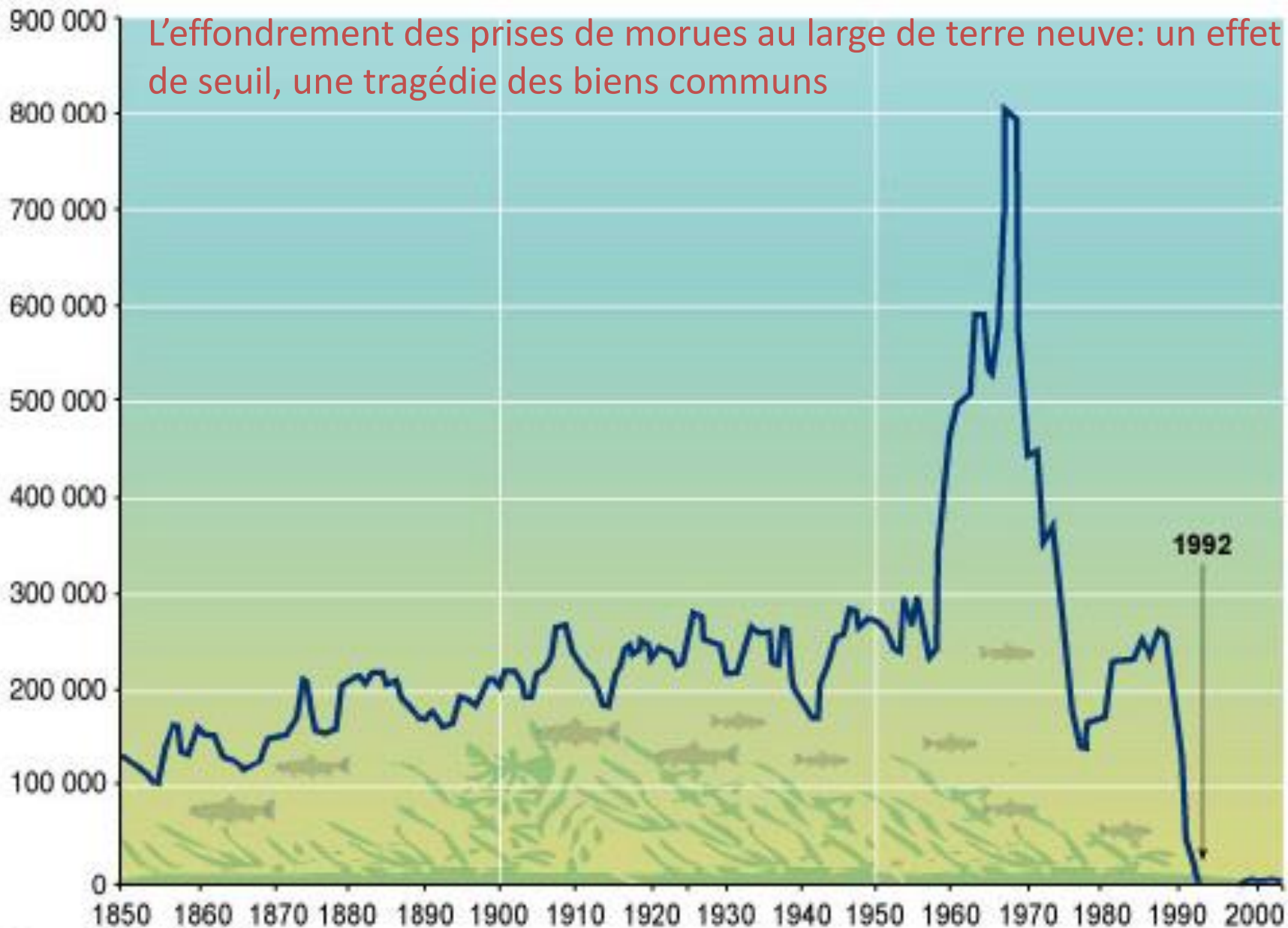
Le modèle aux élastiques



Le modèle aux élastiques



Fish landings in tons



Source: Millennium Ecosystem Assessment

Ressources naturelles et lutte contre la pauvreté



Ressources naturelles et lutte contre la pauvreté

- Préserver les ressources naturelles peut s'avérer un moyen très efficace de lutte contre la pauvreté absolue
- Aussi bien en milieu rural : sols, forêts, ressources halieutiques, services de l'eau, qu'en milieu urbain : eaux souterraines, air.
- Il est pourtant négligé dans les politiques de développement