

***Évaluation socio-  
économique des projets***

**Chapitre 5  
Actualisation et durabilité**

# *Plan de la session*

1. Logique de financement
2. Préférence pour le présent
3. Durabilité forte et durabilité faible
4. Gestion des ressources naturelles

# ***Plan de la session***

- 1. Logique de financement**
2. Préférence pour le présent
3. Durabilité forte et durabilité faible
4. Gestion des ressources naturelles

# *Les évaluations de Dupuis 1844*

## **Le problème intertemporel**

Construction d'un pont, coût et bénéfices intertemporels

Coûts : grosse partie initiale, puis entretien

Bénéfices : plus régulier et à long terme

Modifications possibles (activité transrivièrè, autres ponts...)

## **Manière simple de régler le problème**

Suppose un bénéfice constant du pont

Doit donc transformer le coût initial en coût annuel

Idée que l'État peut rouler sa dette

Emprunte le montant initial et ne rembourse que les intérêts

Coût annuel du pont, les intérêts

# *Les limites de l'intérêt*

## **Variations futures des taux d'intérêts**

Financement public n'est pas un prêt perpétuel

Mais une succession de prêts à refinancer

Le coût annuel de l'emprunt varie avec les taux d'intérêt

Ajoute une notion de risque dans le financement

## **Impact du stock de dette**

Sur les taux d'intérêts eux-mêmes

Et sur les capacités d'action et la stabilité budgétaire

Actuellement, taux négatifs pour les États

→ débats sur le coût réel des investissements publics

# ***Les limites de l'intérêt***

## **Approche de financement et coûts non-financiers**

Fonctionne pour un coût initial à financer

À comparer avec des bénéfices annuels réguliers

Adapté à certains investissements d'infrastructure

## **Coûts/bénéfices irréguliers et non-financiers ?**

Exemple des questions environnementales

*Coûts futurs non-financiers et croissants dans le temps*

Effets des politiques sociales ou éducatives

*Bénéfices non-financiers décalés dans le temps*

→ ***Comment pondérer ces coûts/bénéfices intertemporels ?***

# ***Le coût d'opportunité du capital***

## **Coût d'opportunité d'une action pour le climat**

L'action coûte 100 € aujourd'hui

Sinon faite, la somme investie en capital productif

Rapporte  $100 \cdot (1+r)$  la 1<sup>ère</sup> année, puis  $100 \cdot (1+r) \cdot (1+r)$  la 2<sup>nde</sup> ...

Et finalement  $100 \cdot (1+r)^n$  après  $n$  année

## **Il faut que le bénéfice attendu soit au moins égal**

Bénéfice de l'action climatique à long terme

Augmente le bien-être seulement après  $n$  année

Il faut que cette augmentation soit supérieure à  $100 \cdot (1+r)^n$

# ***Le coût d'opportunité du capital***

*Pour déterminer le taux d'actualisation valable pour le changement climatique, il serait utile de savoir quel serait le taux de rendement moyen à quatre-vingt ans ou plus. Le problème, c'est qu'il existe très peu d'obligations sans risque avec des maturités aussi élevées. Avec Jacques Delpla, économiste à TSE et chroniqueur, je milite depuis quelque temps pour que le Trésor français émette des obligations souveraines (OAT) avec des maturités d'un siècle ou deux, potentiellement indexées sur les prix à la consommation. Cela permettrait d'obtenir un signal-prix sur la manière dont les épargnants et le marché évaluent des bénéfices sans risques pour les générations futures.*

Christian Gollier (2022) *Le climat après la fin du mois, le coût de la transition écologique*. Alpha Essais,



# *Plan de la session*

1. Logique de financement
- 2. Préférence pour le présent**
3. Durabilité forte et durabilité faible
4. Gestion des ressources naturelles

# Consommation intertemporelle

## Idée que les individus valorisent plus le présent

Vient de l'observation de choix « impatients »

Les individus demandent plus d'une unité de conso demain

Pour accepter de se passer d'une unité aujourd'hui

## Modèle simple de consommation rationnelle

On reprend le petit modèle de conso entre deux biens

Appliqué à : conso aujourd'hui  $X$  versus conso demain  $Y$

Prix de la consommation aujourd'hui  $P_t$

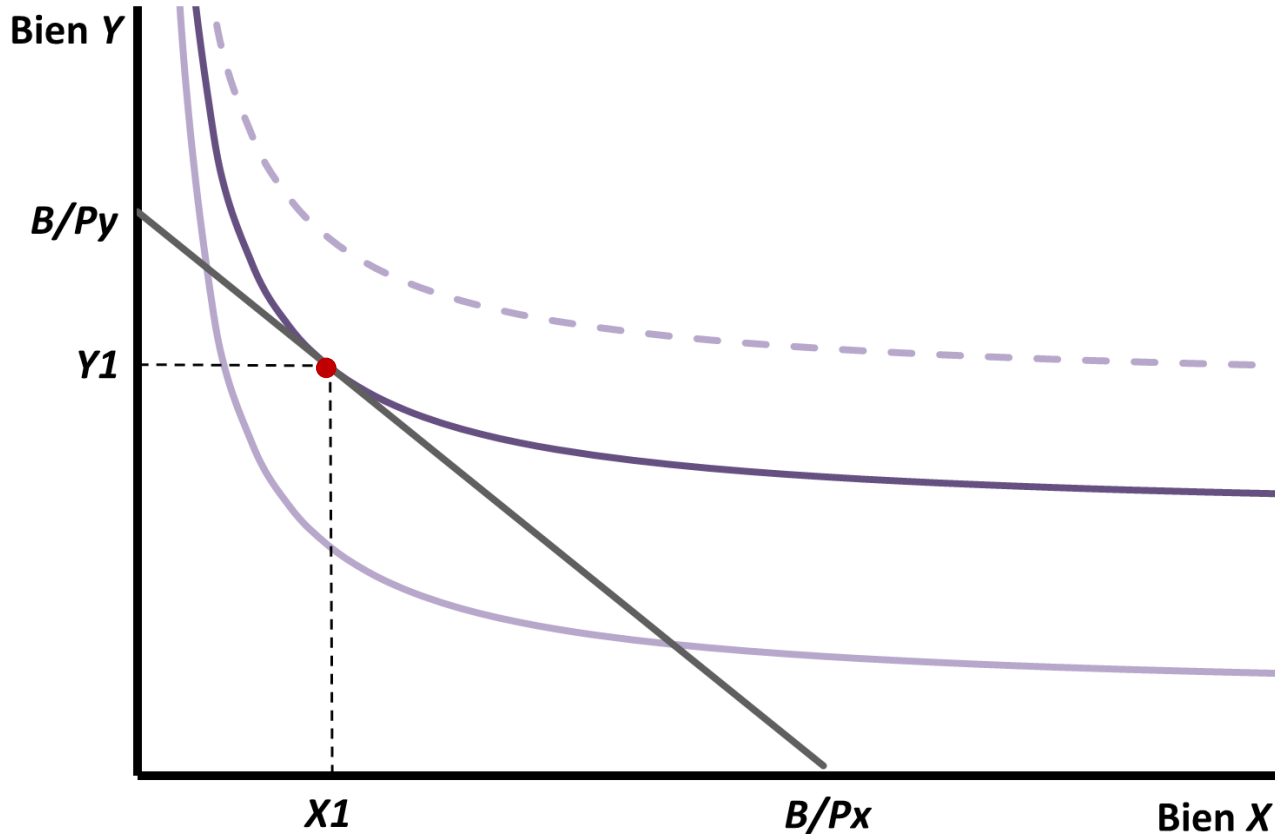
Prix de la consommation demain  $P_{t+1} = (1+i)P_t$  avec inflation  $i$

Prix relatif dépend du taux d'intérêt  $r$

Épargne  $\rightarrow$  - 1 unité de  $X \rightarrow$  économie  $P_t$  placée à  $r$

Conso de  $Y = (1+r)P_t/P_{t+1} = (1+r)/(1+i) =$  taux d'intérêt réel

# Consommation intertemporelle



# Consommation intertemporelle

## L'argument de la préférence pour le présent

Il ressort de ce modèle simple que  $TMS = U'_x(X)/U'_y(Y) = P_x/P_y$

Cela correspond ici à  $U_{m,auj} / U_{m,dem} = 1+r^{réel} > 0$

Donc Utilité marginale intrinsèque plus forte aujourd'hui

## Difficultés pour la mesurer

Mesures expérimentales très instables

Dans la réalité on observe le taux d'équilibre

Dépend de X et Y (utilité décroissante de la consommation)

Perspective de carrière ascendante  $\rightarrow X < Y$

Perspective d'inactivité au vieil âge  $\rightarrow X > X$

Dépend de l'équilibre entre offreurs et demandeurs

Accumulation faible et croissance  $\rightarrow$  voyage vers passé  $>$  vers futur

Accumulation forte et crise  $\rightarrow$  voyage vers futur  $>$  vers le passé

# *Critiques et limites*

## **Les choix ne sont en fait pas rationnels**

Déficit d'imagination → plaisir aujourd'hui plus réel

→ sous estime les plaisirs futurs, surestime les présents

Mais ne correspond pas à maximiser le bien-être

Mécanisme d'auto-contrainte (épargne automatique, retraite...)

Déficit de volonté

→ comportements additifs et autodestructeurs

(modélisation de la myopie rationnelle si préf présent forte)

Mécanisme d'auto-contrainte (Ulysse et les sirènes)

## **Choix rationnels sans préférence pour le présent**

Décroissance de l'utilité marginale et carrière attendue

Habitude aux plaisirs,  $U_m$  décroît avec âge, non le temps

Futur incertain : efforts présents → 0 futur si mort, crise...

# **Équité intergénérationnelle**

*Investir pour l'avenir ou lutter contre le réchauffement climatique, c'est demander à nous, les relativement pauvres, de sacrifier une part de notre pouvoir d'achat pour améliorer le pouvoir d'achat de générations futures qui seront bien plus riches que nous.*

*Demander aux générations d'aujourd'hui de faire des sacrifices pour les générations futures, c'est un peu comme demander aux plus déshérités d'entre nous de se cotiser pour faire un cadeau à Bill Gates !*

Christian Gollier (2022) *Le climat après la fin du mois, le coût de la transition écologique*. Alpha Essais,

# *Exemple d'effet*

## **La polémique Stern-Nordhaus**

Stern (2007) préconise un prix du carbone autour de 80 €/t.  
Supérieur au consensus dans la communauté économique  
Nordhaus préconise plutôt 20 €/t.

La différence vient essentiellement du choix d'actualisation  
→ grand débat académique sur le bon niveau

## **Variante dans le modèle de Gollier**

Défend le prix du carbone à 50 €/t. ( $\delta = 4\%$ )

Mais ne serait que 5 €/t. avec  $\delta = 7\%$  (taux officiel aux USA)

Monterait à 500 €/t. avec  $\delta = 1\%$

# Utilisation de l'actualisation

## Perspective temporelle profonde

Bénéfice  $B$  aujourd'hui équivalent à  $(1+\delta)B$  demain

Donc  $B_{t+1} \approx B_t/(1+\delta)$ , de même  $B_{t+2} \approx B_{t+1}/(1+\delta)$

Donc  $B_{t+2} \approx [B_t/(1+\delta)]/(1+\delta) = B_t/(1+\delta)^2$

Plus généralement  $B_{t+n} \approx B_t/(1+\delta)^n$

## Actualisation d'un flux de bénéfices

On mesure un équivalent monétaire  $B_t(t)$  à chaque période  $t$   
L'équivalent monétaire actualisé à la période de décision

$$B_{act} = \sum_{t=0}^{+\infty} \frac{B_t(t)}{(1+\delta)^t}$$



# Utilisation de l'actualisation

**Cas particulier de bénéfice constant à partir t=1**

$$B_{act} = \sum_{t=1}^{+\infty} \frac{B}{(1+\delta)^t} = B \sum_{t=1}^{+\infty} \left(\frac{1}{1+\delta}\right)^t$$

Suite géométrique  $\sum_{t=d}^f a^t = \frac{a^d - a^{f+1}}{1-a}$

Si  $a^1 = a$  et si  $a < 1$ ,  $a^\infty = 0$  donc  $\sum_{t=1}^{+\infty} a^t = \frac{a}{1-a}$

Donc  $\sum_{t=1}^{+\infty} \left(\frac{1}{1+\delta}\right)^t = \frac{1/1+\delta}{1-1/1+\delta} = \frac{1}{1+\delta-1} = \frac{1}{\delta}$

Et  $B_{act} = \sum_{t=1}^{+\infty} \frac{B}{(1+\delta)^t} = \frac{B}{\delta}$

Si  $\delta = 1\%$ , flux de  $B \rightarrow \times 100$

Si  $\delta = 5\%$ , flux de  $B \rightarrow \times 20$

si  $\delta = 2\%$ , flux de  $B \rightarrow \times 50$

si  $\delta = 10\%$ , flux de  $B \rightarrow \times 10$

# *Plan de la session*

1. Logique de financement
2. Préférence pour le présent
- 3. Durabilité forte et durabilité faible**
4. Gestion des ressources naturelles

# *Approche basée sur le Capital*

## **Pour développement *économique* durable**

Objectif : maximiser la consommation inter-temporelle  
La consommation nécessite du capital

## **Un modèle simple pour nous aider à réfléchir**

$$C = F(K_H, K_N)$$

$C$  : Consommation per habitant

Biens & services (y compris santé, éducation)

$K_H$  : Stock de capital humain par habitant

Physique (routes, usines), Immatériel (savoir, productivité)

$K_N$  : Stock de capital naturel par habitant

Ressources renouvelables ou non, forêts, terres, biodiversité

# *Deux définitions de la durabilité*

## **Durabilité faible**

La somme des stocks de capital ( $K_H + K_N$ ) doit  $\rightarrow$  ou  $\uparrow$

Implique indifférence entre les types

Hypothèse implicite de substituabilité parfaite

Exemples de substituabilité ?

## **Durabilité forte**

Chacun des deux stocks de capital doivent  $\rightarrow$  ou  $\uparrow$

Hypothèse implicite d'absence totale de substituabilité

Pourquoi serait-ce le cas ?

# Deux définitions de la durabilité

« Il n'y a pas de réponse à la question générale : à quel point le **capital humain (KH)** est-il substituable au **capital naturel (KN)** ? La réponse est une question de goût et/ou d'éthique »

Perman, Ma, McGilvray, Common (2003) *Natural Resource and Environmental Economics*, Pearson Education

## Une substituabilité incomplète

$K_H$  substitut à certains matériaux naturels

Mais pas à tous les services de soutien de la vie

## Une substituabilité hétérogène

Dépend des besoins / préférences de consommation

## Une substituabilité variable

# *Notions de substituabilité*

**En reprenant le modèle basé sur le capital**

$$C = F(K_H, K_N)$$

$$\partial C = \partial K_H \cdot F_H(K_H, K_N) + \partial K_N \cdot F_N(K_H, K_N)$$

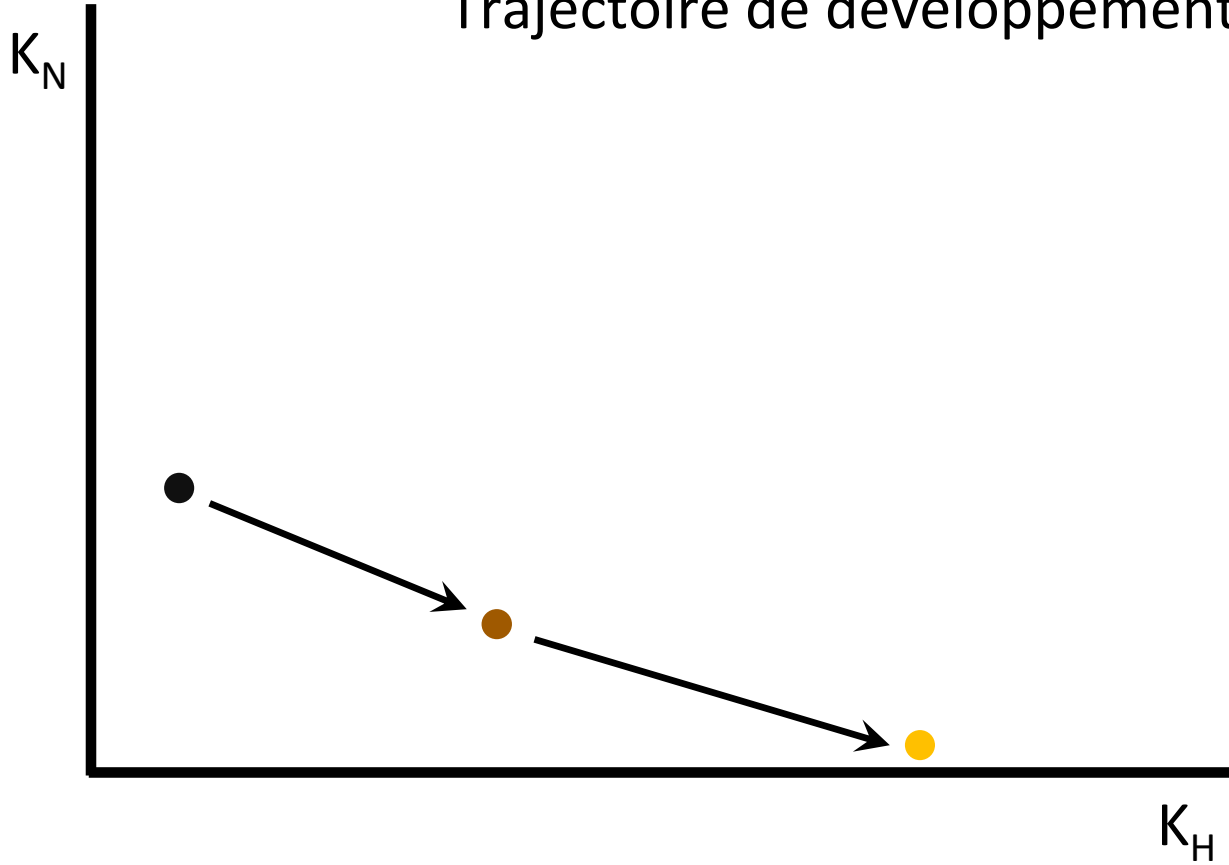
**La durabilité faible est obtenue si  $\partial C \geq 0$**

$$\partial K_H \cdot F_H(K_H, K_N) + \partial K_N \cdot F_N(K_H, K_N) \geq 0$$

$$\frac{\partial K_H}{-\partial K_N} \geq \frac{F_N(K_H, K_N)}{F_H(K_H, K_N)} = TMST_{H,N}$$

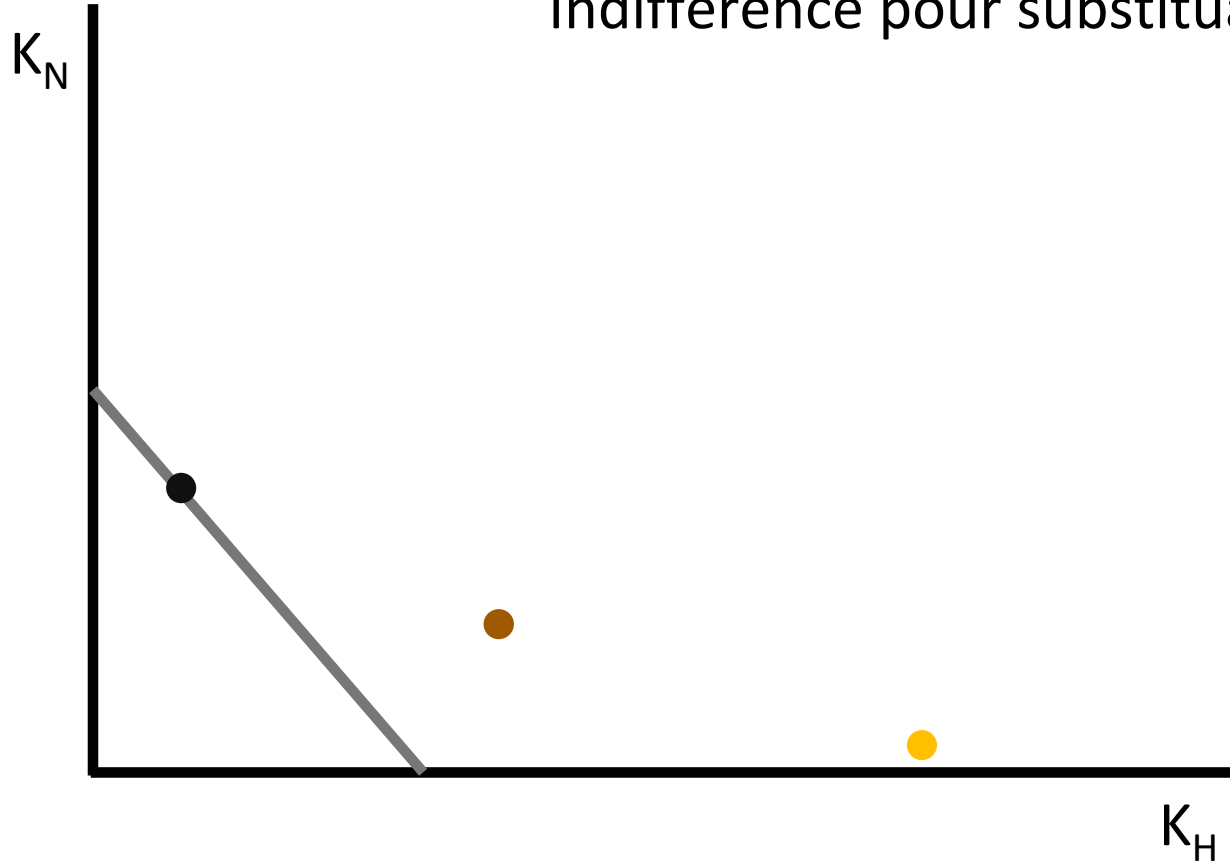
# *Notions de substituabilité*

Trajectoire de développement hypothétique



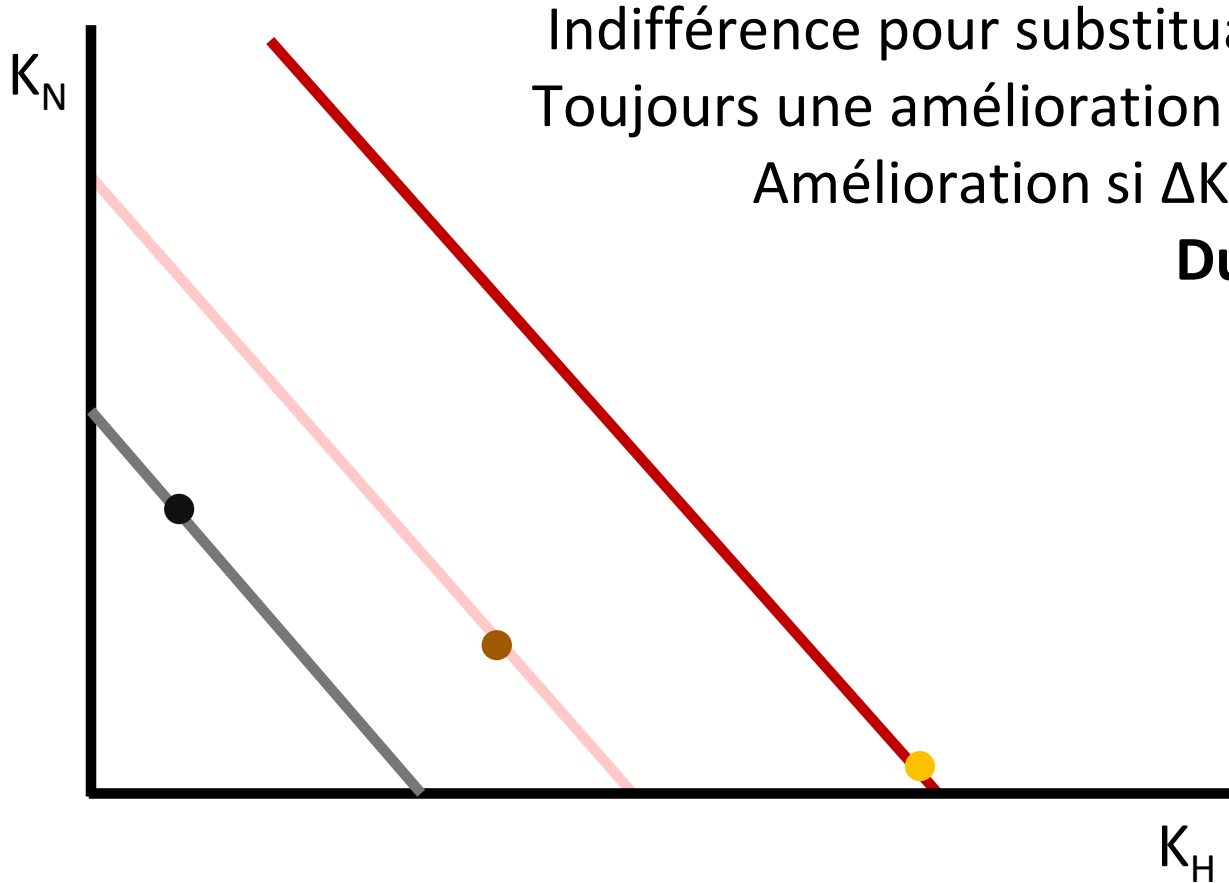
# *Notions de substituabilité*

Indifférence pour substituabilité parfaite





# Notions de substituabilité

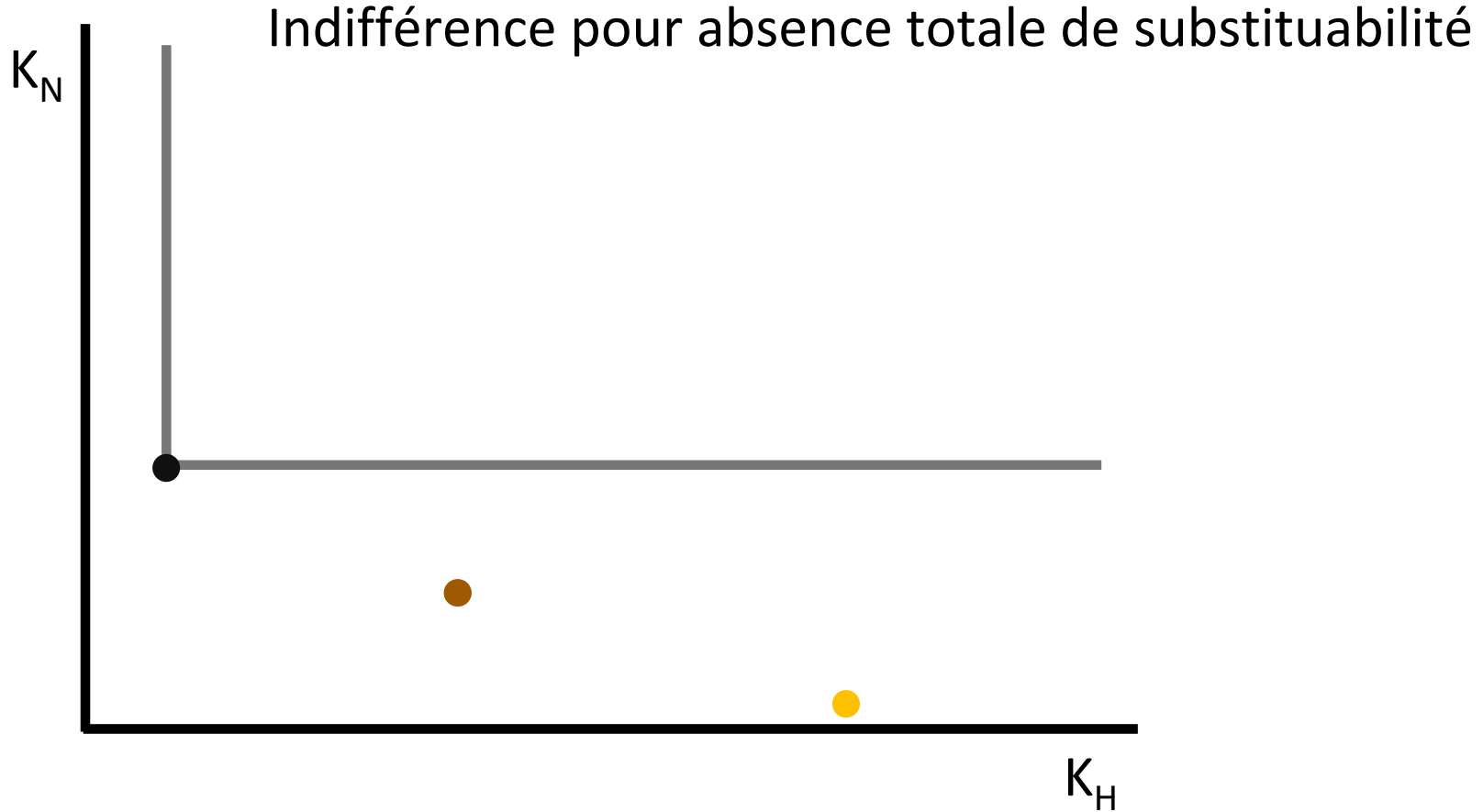


Indifférence pour substituabilité parfaite  
Toujours une amélioration de la situation

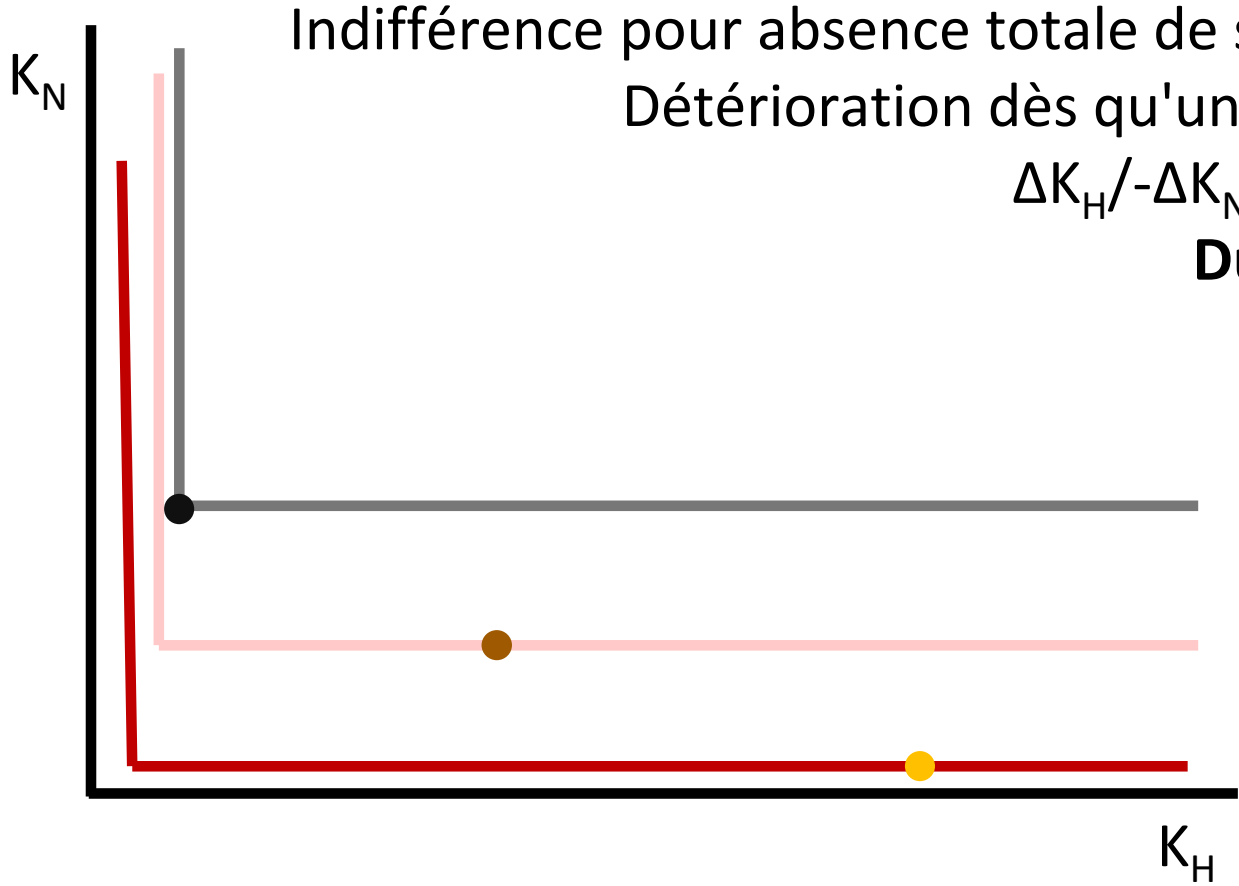
Amélioration si  $\Delta K_H / -\Delta K_N > TMST$

**Durabilité faible**

# *Notions de substituabilité*



# Notions de substituabilité



Indifférence pour absence totale de substituabilité

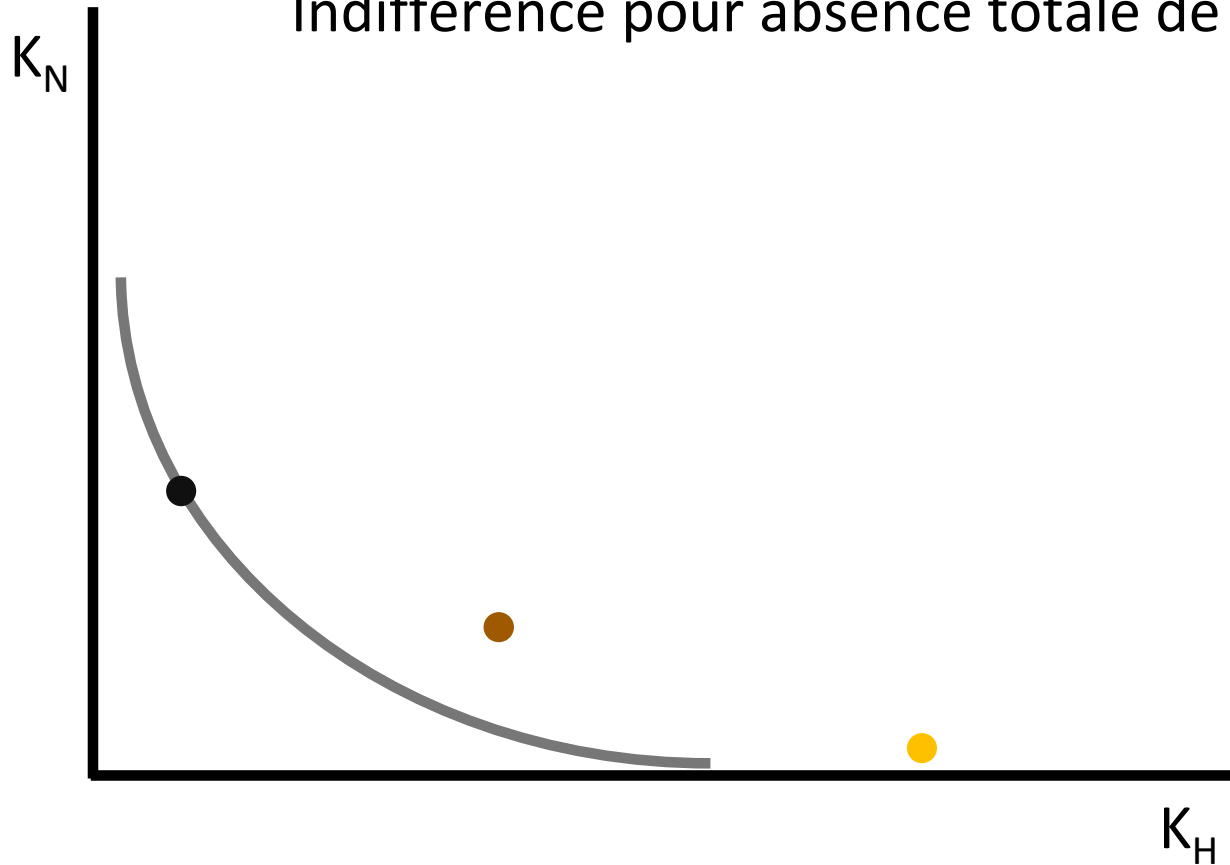
Détérioration dès qu'un capital baisse

$$\Delta K_H / -\Delta K_N < TMST = +\infty$$

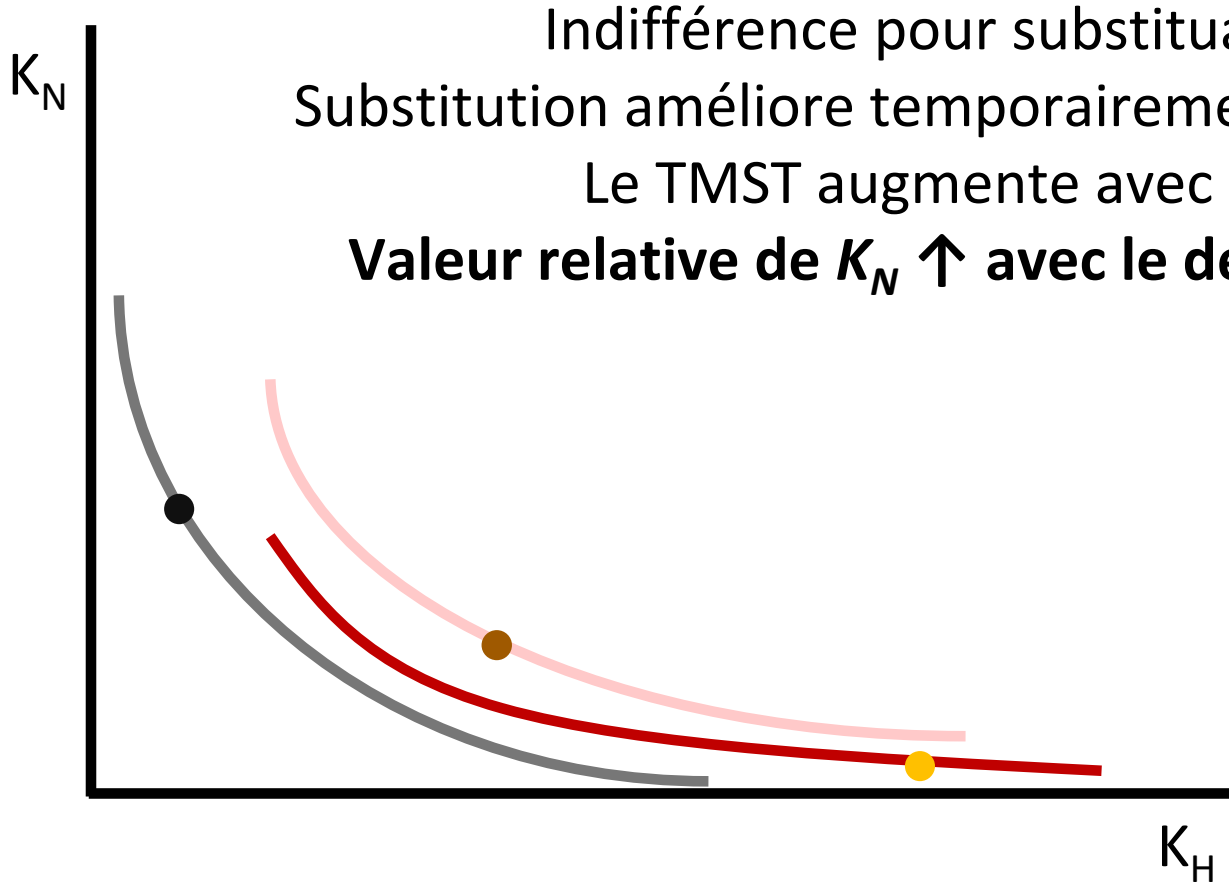
**Durabilité forte**

# *Notions de substituabilité*

Indifférence pour absence totale de substituabilité



# Notions de substituabilité



# *Exemples de substituabilité*

## **Exploitation des champs pétrolifères en Alaska**

Génère des revenus substantiels

Non renouvelable :  $K_N \downarrow$



## **Création d'un fonds pour les générations à venir**

Au moins 25 % des revenus pétroliers sont reversés

Investis dans des actifs productifs (du  $K_H$ )

## **Problématique générale des ressources naturelles**

Gestion similaire en Norvège, dans le Golfe

Prédation des ressources sans compensation en Afrique

# *Le principe d'actualisation*

## **Comment comparer des bien-être dans le temps**

L'actualisation : principe de préférence pour le présent

On se prive de consommation aujourd'hui

À condition d'une consommation augmentée demain

(sauf si trop de richesses aujourd'hui, cas de taux d'intérêt < 0)

$$V_{date=0}(C_t) = (1-\delta)^t \cdot U(C_t)$$

## **Durabilité faible : bien-être inter-temporel ↑**

Considère la somme des bien-être actualisés

Nécessite d'estimer le taux d'actualisation

Et la décroissance de l'utilité marginale avec la croissance

# ***Le principe d'actualisation***

Supposons une pollution aujourd'hui, augmentant de  $dC$  la consommation immédiate, avec pour effet de réduire la consommation dans  $t$  années de  $EMP.dC$  :

**Quelle est l'utilité inter-temporelle sans la pollution ?**

**Quelle est l'utilité inter-temporelle avec la pollution ?**

**À quelle condition la pollution augmente le bien-être ?**



# ***Le principe d'actualisation***

Supposons une pollution aujourd'hui, augmentant de  $dC$  la consommation immédiate, avec pour effet de réduire la consommation dans  $t$  années de  $EMP.dC$  :

**Quelle est l'utilité inter-temporelle sans la pollution ?**

$$V(SP) = U(C_0) + (1-\delta)^t \cdot U(C_t)$$

**Quelle est l'utilité inter-temporelle avec la pollution ?**

**À quelle condition la pollution augmente le bien-être ?**

# ***Le principe d'actualisation***

Supposons une pollution aujourd'hui, augmentant de  $dC$  la consommation immédiate, avec pour effet de réduire la consommation dans  $t$  années de  $EMP \cdot dC$  :

**Quelle est l'utilité inter-temporelle sans la pollution ?**

$$V(SP) = U(C_0) + (1-\delta)^t \cdot U(C_t)$$

**Quelle est l'utilité inter-temporelle avec la pollution ?**

$$V(AP) = U(C_0 + dC) + (1-\delta)^t \cdot U(C_t - EMP \cdot dC)$$

**À quelle condition la pollution augmente le bien-être ?**

# ***Le principe d'actualisation***

Supposons une pollution aujourd'hui, augmentant de  $dC$  la consommation immédiate, avec pour effet de réduire la consommation dans  $t$  années de  $EMP.dC$  :

**Quelle est l'utilité inter-temporelle sans la pollution ?**

$$V(SP) = U(C_0) + (1-\delta)^t \cdot U(C_t)$$

**Quelle est l'utilité inter-temporelle avec la pollution ?**

$$V(AP) = U(C_0 + dC) + (1-\delta)^t \cdot U(C_t - EMP.dC)$$

**À quelle condition la pollution augmente le bien-être ?**

$$V(AP) > V(SP) \Rightarrow U(C_0 + dC) - U(C_0) > (1-\delta)^t \cdot [U(C_t) - U(C_t - EMP.dC)]$$

# ***Le principe d'actualisation***

Supposons une pollution aujourd'hui, augmentant de  $dC$  la consommation immédiate, avec pour effet de réduire la consommation dans  $t$  années de  $EMP.dC$  :

**Quelle est l'utilité inter-temporelle sans la pollution ?**

$$V(SP) = U(C_0) + (1-\delta)^t \cdot U(C_t)$$

**Quelle est l'utilité inter-temporelle avec la pollution ?**

$$V(AP) = U(C_0 + dC) + (1-\delta)^t \cdot U(C_t - EMP \cdot dC)$$

**À quelle condition la pollution augmente le bien-être ?**

$$\begin{aligned} V(AP) > V(SP) &\Rightarrow U(C_0 + dC) - U(C_0) > (1-\delta)^t \cdot [U(C_t) - U(C_t - EMP \cdot dC)] \\ &\Rightarrow U'(C_0) \cdot dC > (1-\delta)^t \cdot U'(C_t) \cdot EMP \cdot dC \end{aligned}$$

# ***Le principe d'actualisation***

Supposons une pollution aujourd'hui, augmentant de  $dC$  la consommation immédiate, avec pour effet de réduire la consommation dans  $t$  années de  $EMP \cdot dC$  :

**Quelle est l'utilité inter-temporelle sans la pollution ?**

$$V(SP) = U(C_0) + (1-\delta)^t \cdot U(C_t)$$

**Quelle est l'utilité inter-temporelle avec la pollution ?**

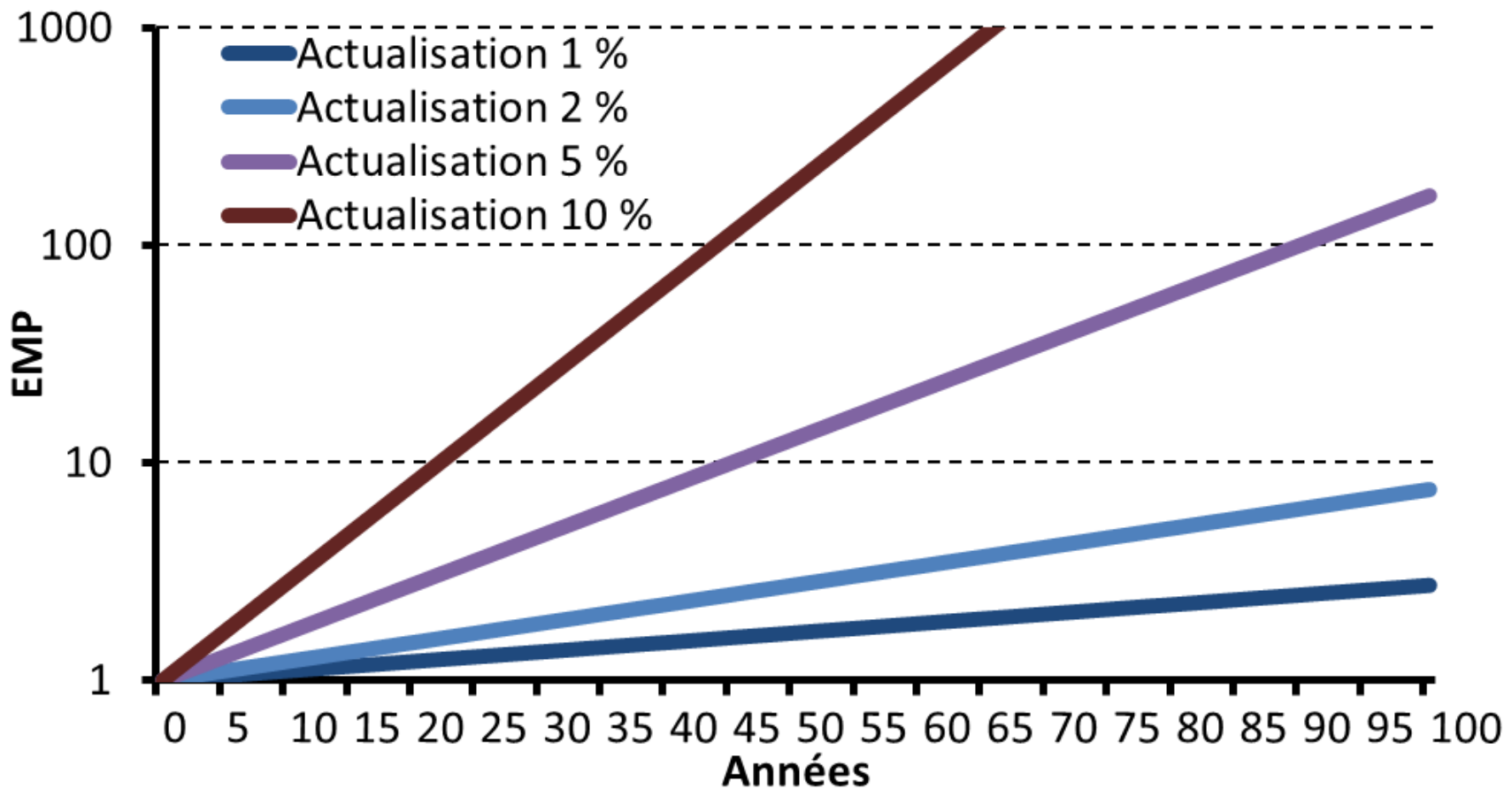
$$V(AP) = U(C_0 + dC) + (1-\delta)^t \cdot U(C_t - EMP \cdot dC)$$

**À quelle condition la pollution augmente le bien-être ?**

$$\begin{aligned} V(AP) > V(SP) &\Rightarrow U(C_0 + dC) - U(C_0) > (1-\delta)^t \cdot [U(C_t) - U(C_t - EMP \cdot dC)] \\ &\Rightarrow U'(C_0) \cdot dC > (1-\delta)^t \cdot U'(C_t) \cdot EMP \cdot dC \end{aligned}$$

$$\Rightarrow EMP < \frac{1}{(1-\delta)^t} \cdot \frac{U'(C_0)}{U'(C_t)}$$

# Coût futur accepté sans croissance



# *Le principe d'actualisation*

On a vu que  $EMP^{max} = \frac{1}{(1-\delta)^t} \cdot \frac{U'(C_0)}{U'(C_t)}$

Suppose rapide décroissance de l'utilité marginale

*Avec fonction d'utilité logarithmique :  $U(C) = \ln(C)$   
 $U'(C) = 1/C$*

Quelle est la valeur de  $EMP^{max}$  selon le taux de croissance  $g$  ?

# *Le principe d'actualisation*

On a vu que  $EMP^{max} = \frac{1}{(1-\delta)^t} \cdot \frac{U'(C_0)}{U'(C_t)}$

Suppose rapide décroissance de l'utilité marginale

*Avec fonction d'utilité logarithmique :  $U(C) = \ln(C)$*   
 $U'(C) = 1/C$

Quelle est la valeur de  $EMP^{max}$  selon le taux de croissance  $g$  ?

$$U'(C) = 1/C$$



# *Le principe d'actualisation*

On a vu que  $EMP^{max} = \frac{1}{(1-\delta)^t} \cdot \frac{U'(C_0)}{U'(C_t)}$

Suppose rapide décroissance de l'utilité marginale

*Avec fonction d'utilité logarithmique :  $U(C) = \ln(C)$   
 $U'(C) = 1/C$*

Quelle est la valeur de  $EMP^{max}$  selon le taux de croissance  $g$  ?

$U'(C) = 1/C$                       donc  $U'(C_0)/U'(C_t) = C_t/C_0$

# *Le principe d'actualisation*

On a vu que  $EMP^{max} = \frac{1}{(1-\delta)^t} \cdot \frac{U'(C_0)}{U'(C_t)}$

Suppose rapide décroissance de l'utilité marginale

*Avec fonction d'utilité logarithmique :  $U(C) = \ln(C)$   
 $U'(C) = 1/C$*

Quelle est la valeur de  $EMP^{max}$  selon le taux de croissance  $g$  ?

$U'(C) = 1/C$                       donc  $U'(C_0)/U'(C_t) = C_t/C_0$

Or  $C_t = (1+g)^t \cdot C_0$

# *Le principe d'actualisation*

On a vu que  $EMP^{max} = \frac{1}{(1-\delta)^t} \cdot \frac{U'(C_0)}{U'(C_t)}$

Suppose rapide décroissance de l'utilité marginale

*Avec fonction d'utilité logarithmique :  $U(C) = \ln(C)$   
 $U'(C) = 1/C$*

Quelle est la valeur de  $EMP^{max}$  selon le taux de croissance  $g$  ?

$U'(C) = 1/C$                       donc  $U'(C_0)/U'(C_t) = C_t/C_0$

Or  $C_t = (1+g)^t \cdot C_0$               donc  $U'(C_0)/U'(C_t) = (1+g)^t$

# Le principe d'actualisation

On a vu que  $EMP^{max} = \frac{1}{(1-\delta)^t} \cdot \frac{U'(C_0)}{U'(C_t)}$

Suppose rapide décroissance de l'utilité marginale

Avec fonction d'utilité logarithmique :  $U(C) = \ln(C)$   
 $U'(C) = 1/C$

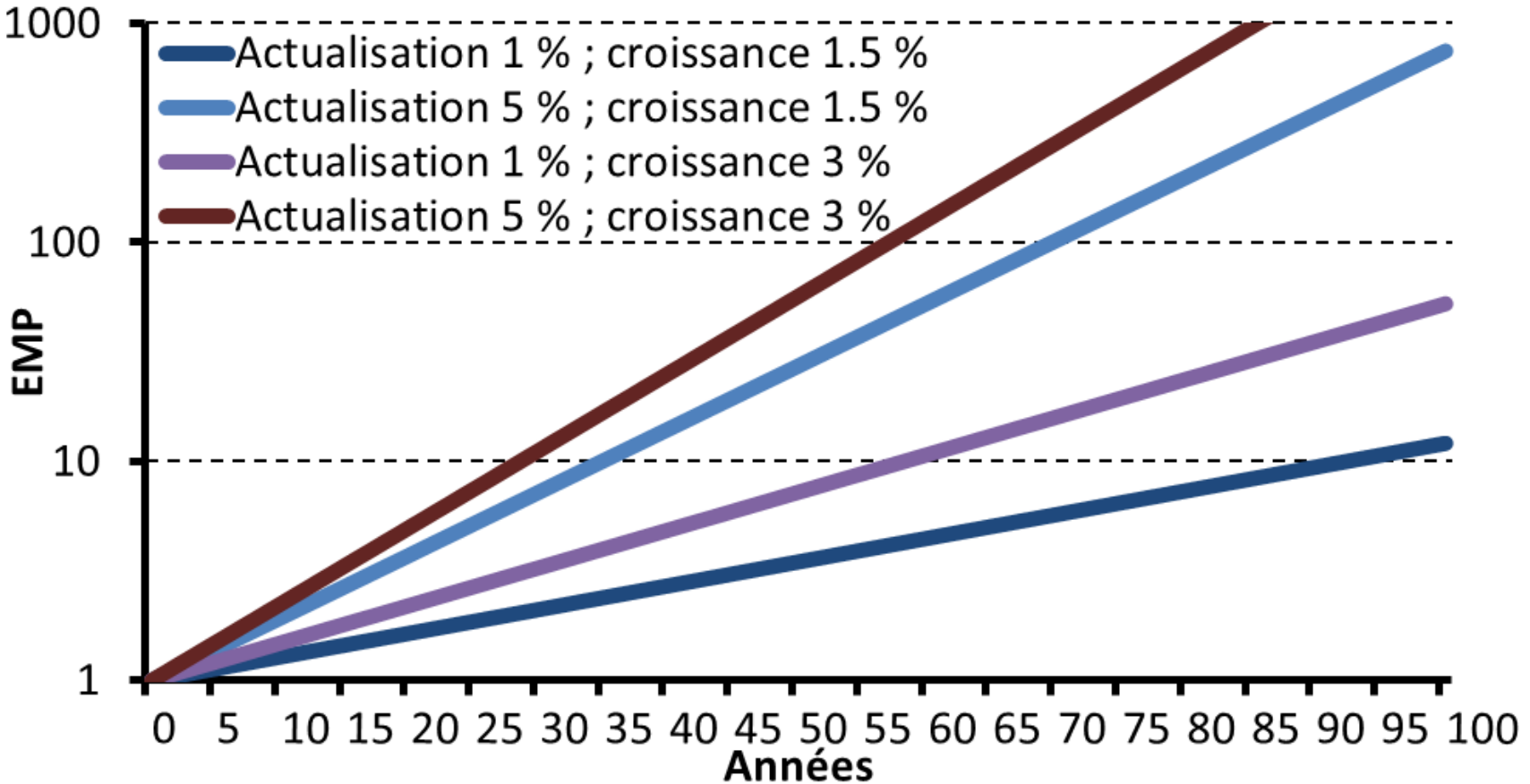
Quelle est la valeur de  $EMP^{max}$  selon le taux de croissance  $g$  ?

$U'(C) = 1/C$                       donc  $U'(C_0)/U'(C_t) = C_t/C_0$

Or  $C_t = (1+g)^t \cdot C_0$               donc  $U'(C_0)/U'(C_t) = (1+g)^t$

donc  $EMP^{max} = \left( \frac{1+g}{1-\delta} \right)^t$

# Coût futur accepté avec croissance



# ***Les limites du raisonnement***

## **Incertitude sur la croissance**

Ralentissement en occident après les trente glorieuses  
Reprise ou rechutes

## **Actualiser le bien-être des futures générations ?**

Préférence réelle pour le présent ou myopie ?  
Considérer les générations comme nos vieux âges ?

## **Hypothèse implicite de substituabilité totale**

Consommation marchande et consommation naturelle  
Reprend la question de durabilité faible ou forte

# *Mesurer la durabilité faible*

## **Mesure indirecte potentielle de $K_H + K_N$**

Épargne nette ajustée (ÉNA)

Mesure du taux d'épargne net total (incluant  $\Delta K_N$ )

Investissements dans le capital humain

Épuisement des ressources naturelles

Domages causés par la pollution

## **Concepts de comptes nationaux étendus**

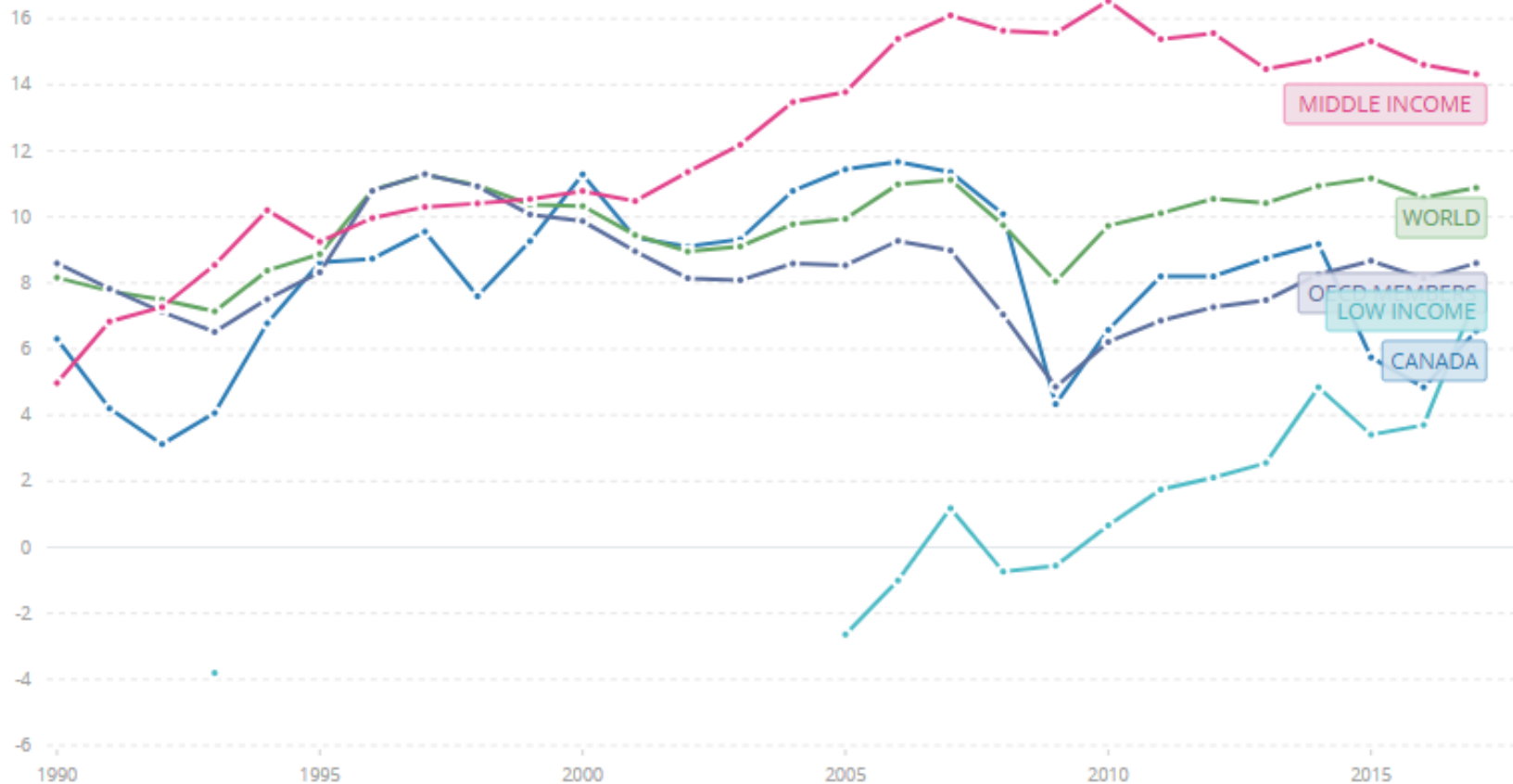
L'épargne positive  $\rightarrow$  richesse  $\uparrow$  au fil du temps

Génération futures auront autant d'opportunités

Offrir aux décideurs politiques un indicateur

Calculé par la Banque Mondiale

# *L'épargne nette ajustée*





# *Mesurer la durabilité forte*

## **Quelle est le niveau «critique» de capital naturel**

Incertitude sur durées de vie ressources naturelles ( $K_N$ )

Principe de précaution ?

Quelle irréversibilité

## **Liste non exhaustive de changements irréversibles**

Perte de biodiversité (perte d'espèces)

Extraction d'énergie non-renouvelable

Autres extraction de ressources naturelles

## **Points de basculement du changement climatique**

# *Pléthore d'indicateurs agrégés*

<https://sdg-tracker.org>

## **Au niveau des pays**

Objectifs de développement durable de l'ONU

Indice de développement humain (IDH)

Empreinte écologique

Indicateurs EUROSTAT, Indicateurs DD du Québec

## **Pour les entreprises**

Pacte mondial des Nations Unies

*Global Reporting Initiative (GRI)*

## **Pour la finance**

Environmental Social Governance - ESG rating agencies

# *Plan de la session*

1. Logique de financement
2. Préférence pour le présent
3. Durabilité forte et durabilité faible
- 4. Gestion des ressources naturelles**

# *Les deux types de ressources*

## **Ressources épuisables**

Pas de régénération (dans un temps raisonnable)  
Maximisation des rendements inter-temporels de l'actif  
Dépend des réserves et des coûts d'extraction  
Et de l'évolution des substituts (demande)

## **Ressources renouvelables**

Capacité propre de reproduction (population)  
Même déterminants de l'exploitation  
Plus le taux de renouvellement  
Définit la production soutenable maximale

# *Ressources épuisables*

## **Méthode de mesure des réserves**

Comptées en années d'utilisation à rythme constant

## **Réserves prouvées**

Découvertes, récupérables, économiquement exploitables

## **Réserves probables**

Découvertes non exploitées

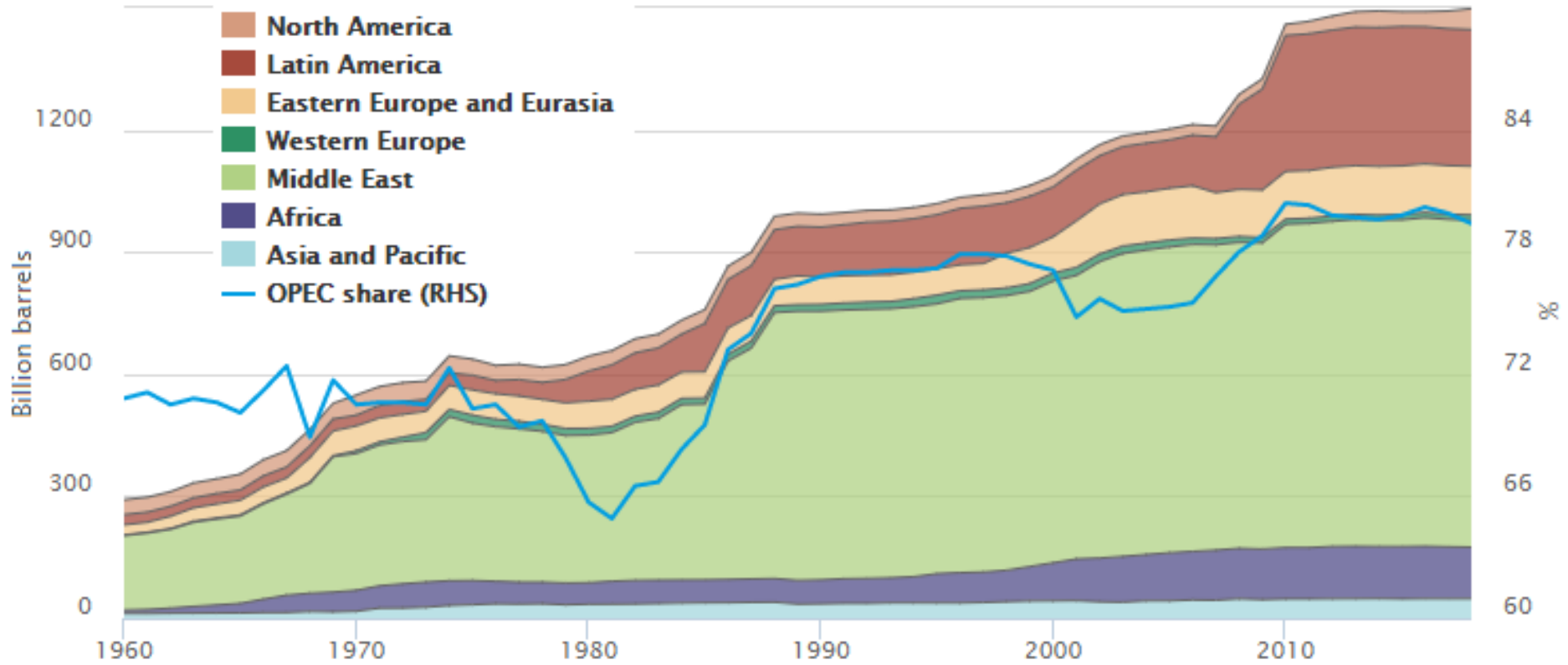
## **Réserves présumées**

Non découvertes, sur des sites connus (extrapolation)

## **Réserves spéculatives**

Dans des bassins sédimentaires non explorés

# Réserves prouvées de pétrole



# La règle d'Hotelling

## Règle de maximisation intertemporelle des profits

Quel est le bon flux d'extraction de la ressource

Du point de vue de la rentabilité de la firme propriétaire

Raisonnement en coût d'opportunité

## Extraction marginale à date $t$ ou à date $t+1$

$$\begin{cases} v_m(t) = p(t) - c_m(t) \\ 0 \end{cases} \quad \text{versus} \quad \begin{cases} 0 \\ v_m(t+1) = p(t+1) - c_m(t+1) \end{cases}$$

Si revenus à  $t$  placés et consommés à  $t+1$ , conso à  $t+1$  :

Revenu à  $t+1$  si extraction à  $t$  :  $(1+r) \cdot v_m(t)$

Revenu à  $t+1$  si extraction à  $t+1$  :  $v_m(t+1)$

# La règle d'Hotelling

## Hypothèse de rendements décroissants

Supposons  $(1+r).v_m(t) > v_m(t+1)$

Plus d'extraction à  $t$  et moins à  $t+1$

$c_m(t) \uparrow$  (donc  $v_m(t) \downarrow$ ) et  $c_m(t+1) \downarrow$  (donc  $v_m(t+1) \uparrow$ )

Jusqu'à ce que  $(1+r).v_m(t) = v_m(t+1)$

## La règle d'Hotelling : flux d'extraction tel que

$$v_m(t)/(1+r)^t = \text{constante}$$

Anticipation variations de prix et de coûts d'extraction

Technologie :  $c_m \downarrow$

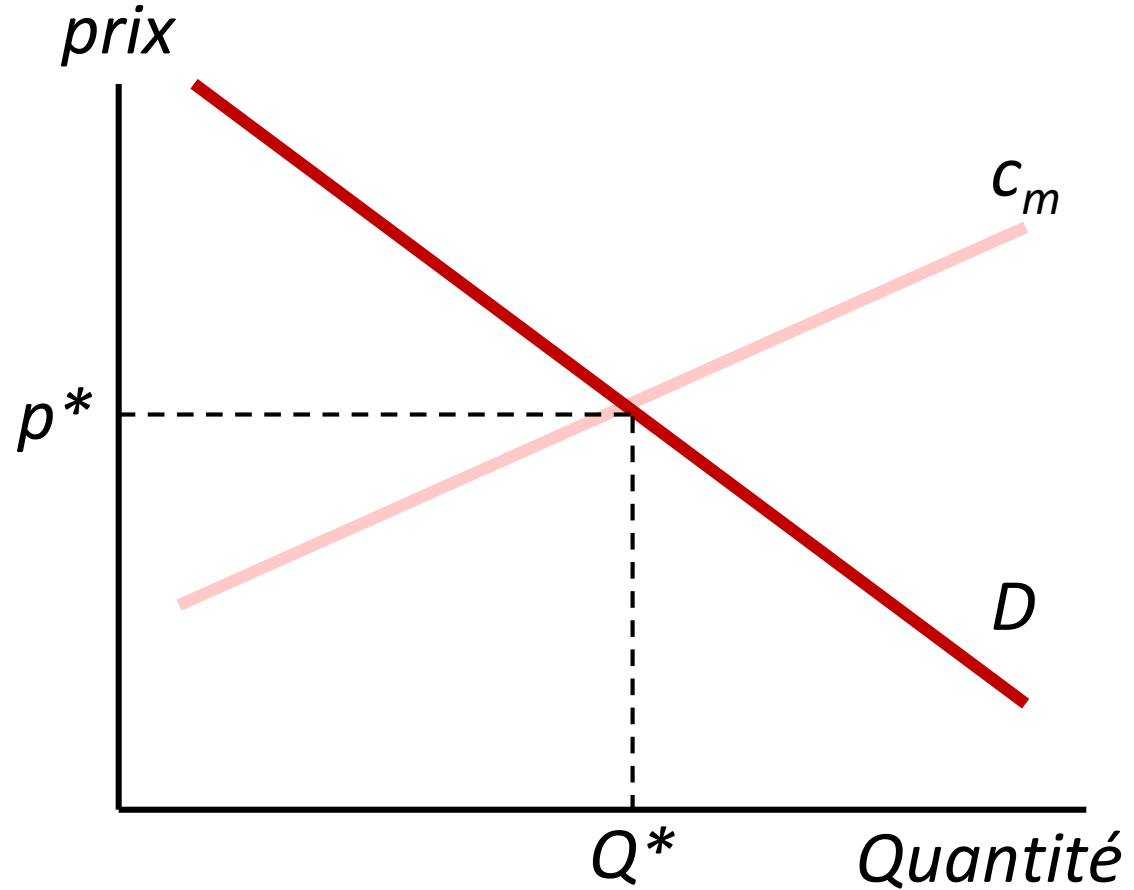
Épuisement :  $c_m \uparrow$

Substitution :  $p \downarrow$

Épuisement :  $p \uparrow$

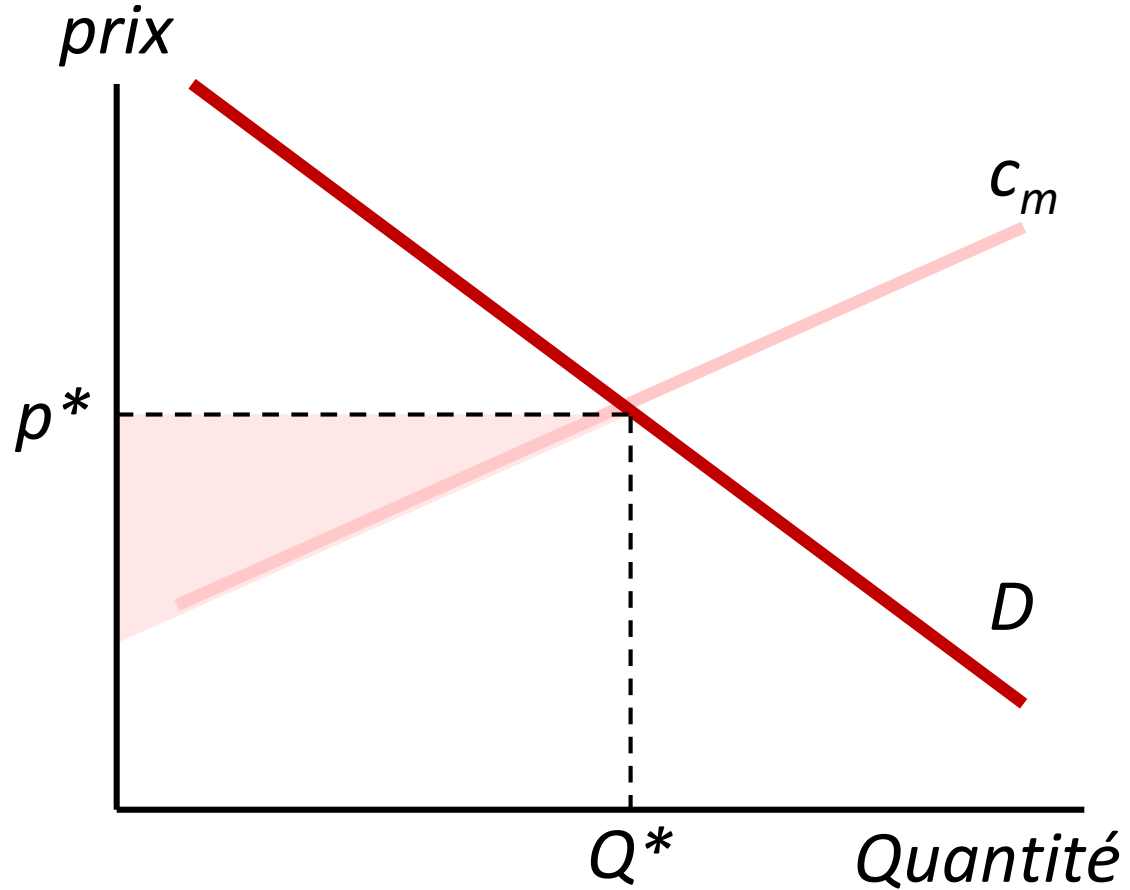


# ***Pouvoir de marché – le monopole***



# ***Pouvoir de marché – le monopole***

$Q^*$ , pas le plus rentable

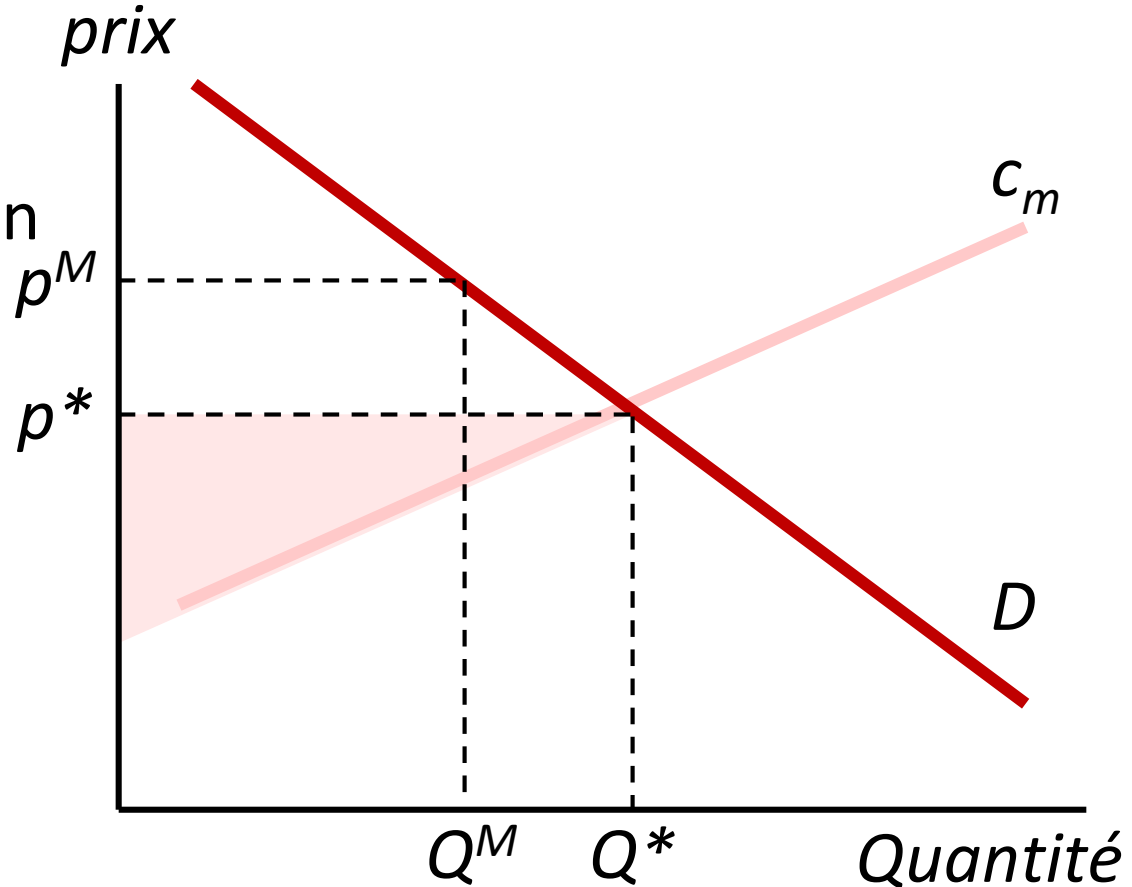


# ***Pouvoir de marché – le monopole***

$Q^*$ , pas le plus rentable

En baissant la production

Le prix augmente

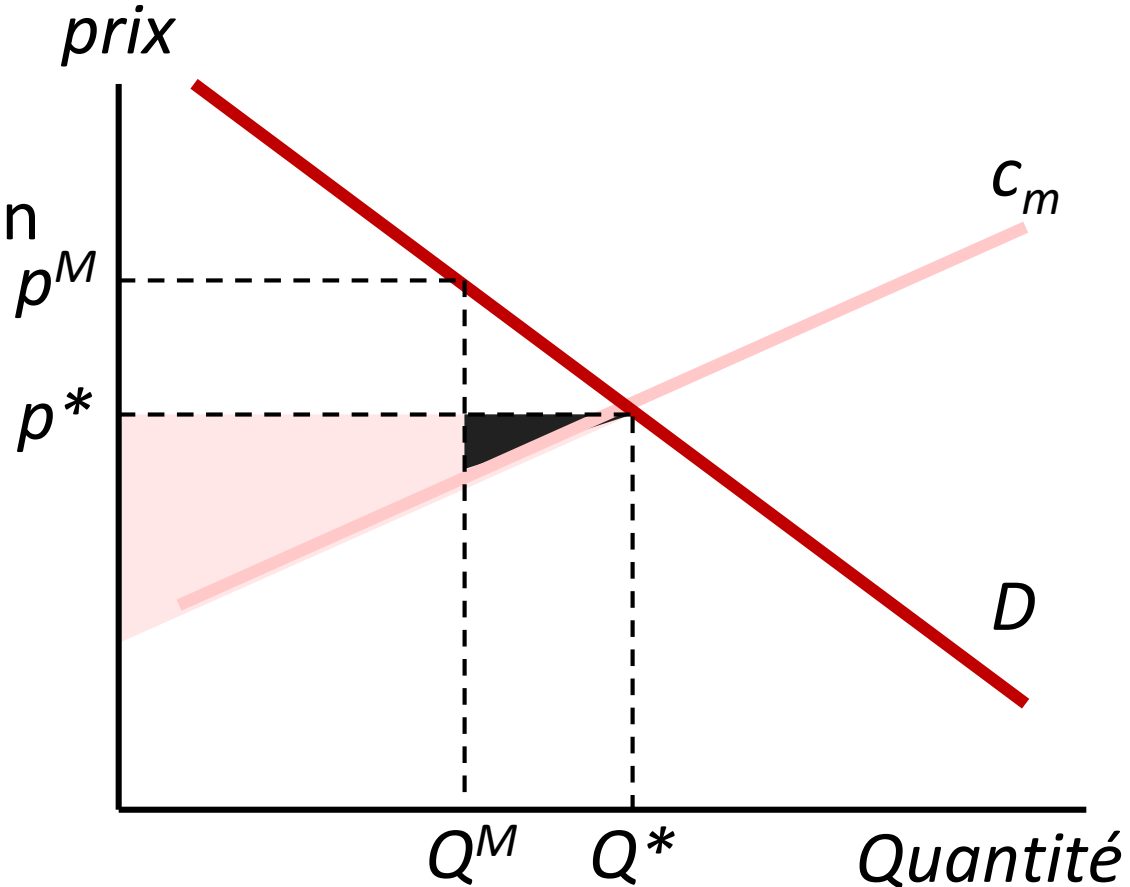


# ***Pouvoir de marché – le monopole***

$Q^*$ , pas le plus rentable

En baissant la production  
Le prix augmente

Perte en volume :  
 $\Delta Q \cdot \Delta c_m / 2$



# ***Pouvoir de marché – le monopole***

$Q^*$ , pas le plus rentable

En baissant la production

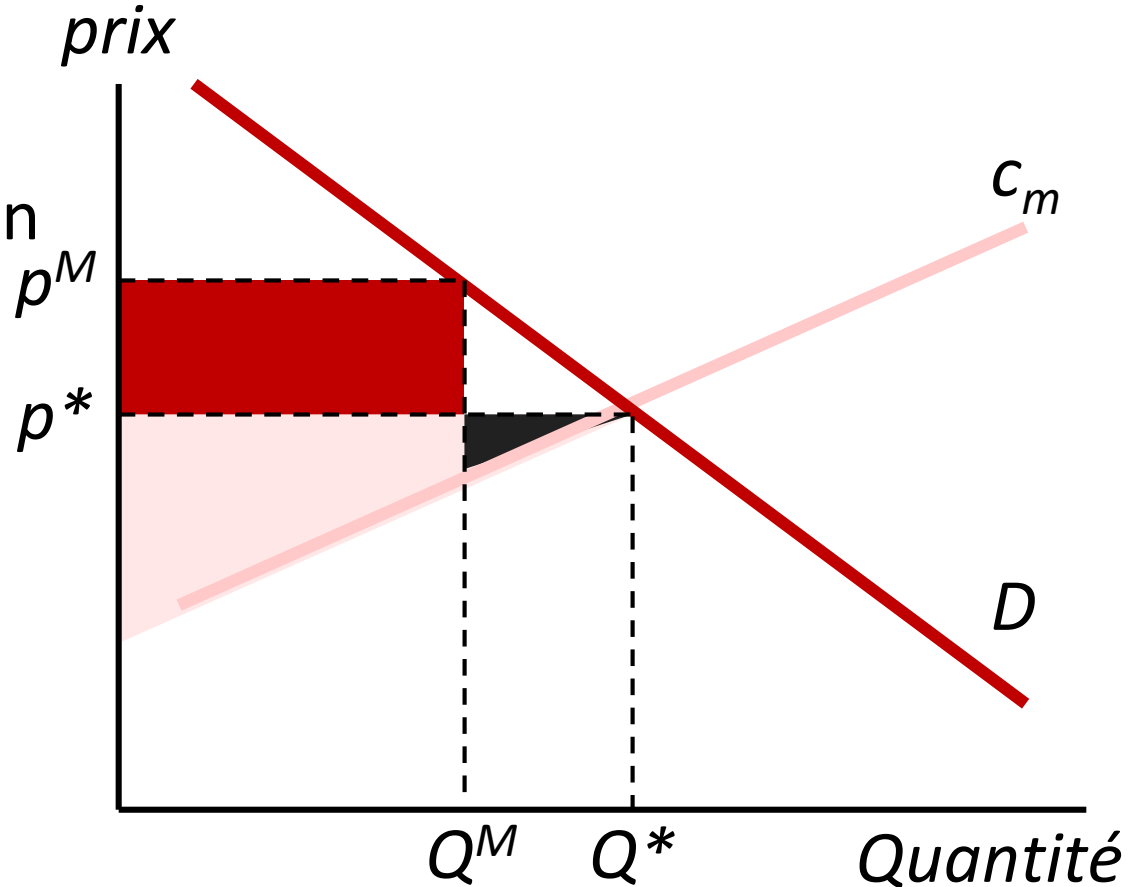
Le prix augmente

Perte en volume :

$$\Delta Q \cdot \Delta c_m / 2$$

Gain en marge :

$$\Delta p \cdot Q$$



# ***Pouvoir de marché – le monopole***

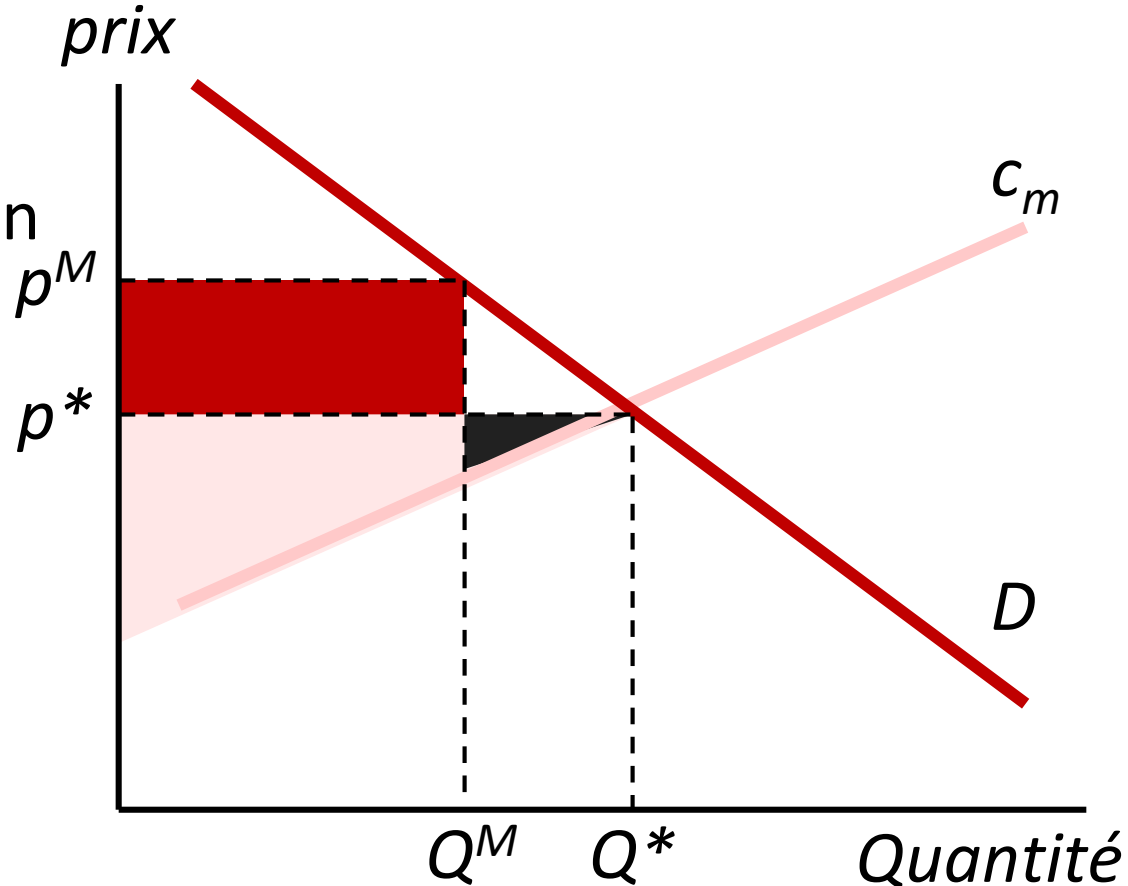
$Q^*$ , pas le plus rentable

En baissant la production  
Le prix augmente

Perte en volume :  
 $\Delta Q \cdot \Delta c_m / 2$

Gain en marge :  
 $\Delta p \cdot Q$

***Le monopole rationne***



# *Le cas de l'oligopole*

## **Le profit dépend des productions**

Le profit de l'un croît avec le rationnement global

	<b>Forte</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Faible</b>
<b>Forte</b>			
<b>Moyenne</b>			
<b>Faible</b>			

# *Le cas de l'oligopole*

## **Le profit dépend des productions**

Le profit de l'un croît avec le rationnement global

	<b>Forte</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Faible</b>
<b>Forte</b>	(1;1)		
<b>Moyenne</b>		(5;5)	
<b>Faible</b>			(7;7)



# *Le cas de l'oligopole*

## **Le profit dépend des productions**

Le profit de l'un croît avec le rationnement global  
Mais décroît avec son propre rationnement

	<b>Forte</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Faible</b>
<b>Forte</b>	(1;1)		
<b>Moyenne</b>		(5;5)	
<b>Faible</b>			(7;7)

# *Le cas de l'oligopole*

## Le profit dépend des productions

Le profit de l'un croît avec le rationnement global  
Mais décroît avec son propre rationnement

	Forte	Moyenne	Faible
Forte	(1;1)	(4;3)	
Moyenne	(3;4)	(5;5)	
Faible			(7;7)

# *Le cas de l'oligopole*

## **Le profit dépend des productions**

Le profit de l'un croît avec le rationnement global  
Mais décroît avec son propre rationnement

	<b>Forte</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Faible</b>
<b>Forte</b>	(1;1)	(4;3)	(6;2)
<b>Moyenne</b>	(3;4)	(5;5)	
<b>Faible</b>	(2;6)		(7;7)

# *Le cas de l'oligopole*

## Le profit dépend des productions

Le profit de l'un croît avec le rationnement global  
Mais décroît avec son propre rationnement

	Forte	Moyenne	Faible
Forte	(1;1)	(4;3)	(6;2)
Moyenne	(3;4)	(5;5)	(8;4)
Faible	(2;6)	(4;8)	(7;7)

# *Le cas de l'oligopole*

## Le profit dépend des productions

Le profit de l'un croît avec le rationnement global  
Mais décroît avec son propre rationnement

	Forte	Moyenne	Faible
Forte	(1;1)	(4;3)	(6;2)
Moyenne	<u>(3;4)</u>	(5;5)	(8;4)
Faible	(2;6)	(4;8)	(7;7)

# *Le cas de l'oligopole*

## Le profit dépend des productions

Le profit de l'un croît avec le rationnement global  
Mais décroît avec son propre rationnement

	Forte	Moyenne	Faible
Forte	(1;1)	(4;3)	(6;2)
Moyenne	<u>(3;4)</u>	<u>(5;5)</u>	(8;4)
Faible	(2;6)	(4;8)	(7;7)

# *Le cas de l'oligopole*

## Le profit dépend des productions

Le profit de l'un croît avec le rationnement global  
Mais décroît avec son propre rationnement

	Forte	Moyenne	Faible
Forte	(1;1)	(4;3)	(6;2)
Moyenne	<u>(3;4)</u>	<u>(5;5)</u>	<u>(8;4)</u>
Faible	(2;6)	(4;8)	(7;7)

# *Le cas de l'oligopole*

## Le profit dépend des productions

Le profit de l'un croît avec le rationnement global  
Mais décroît avec son propre rationnement

	Forte	Moyenne	Faible
Forte	(1;1)	(4;3)	(6;2)
Moyenne	<u>(3;4)</u>	<u>(5;5) </u>	<u>(8;4)</u>
Faible	(2;6)	(4;8)	(7;7)



# Le cas de l'oligopole

## Le profit dépend des productions

Le profit de l'un croît avec le rationnement global  
Mais décroît avec son propre rationnement

	Forte	Moyenne	Faible
Forte	(1;1)	(4;3)	(6;2)
Moyenne	<u>(3;4)</u>	<u>(5;5) </u>	<u>(8;4)</u>
Faible	(2;6)	(4;8)	(7;7)

# Le cas de l'oligopole

## Le profit dépend des productions

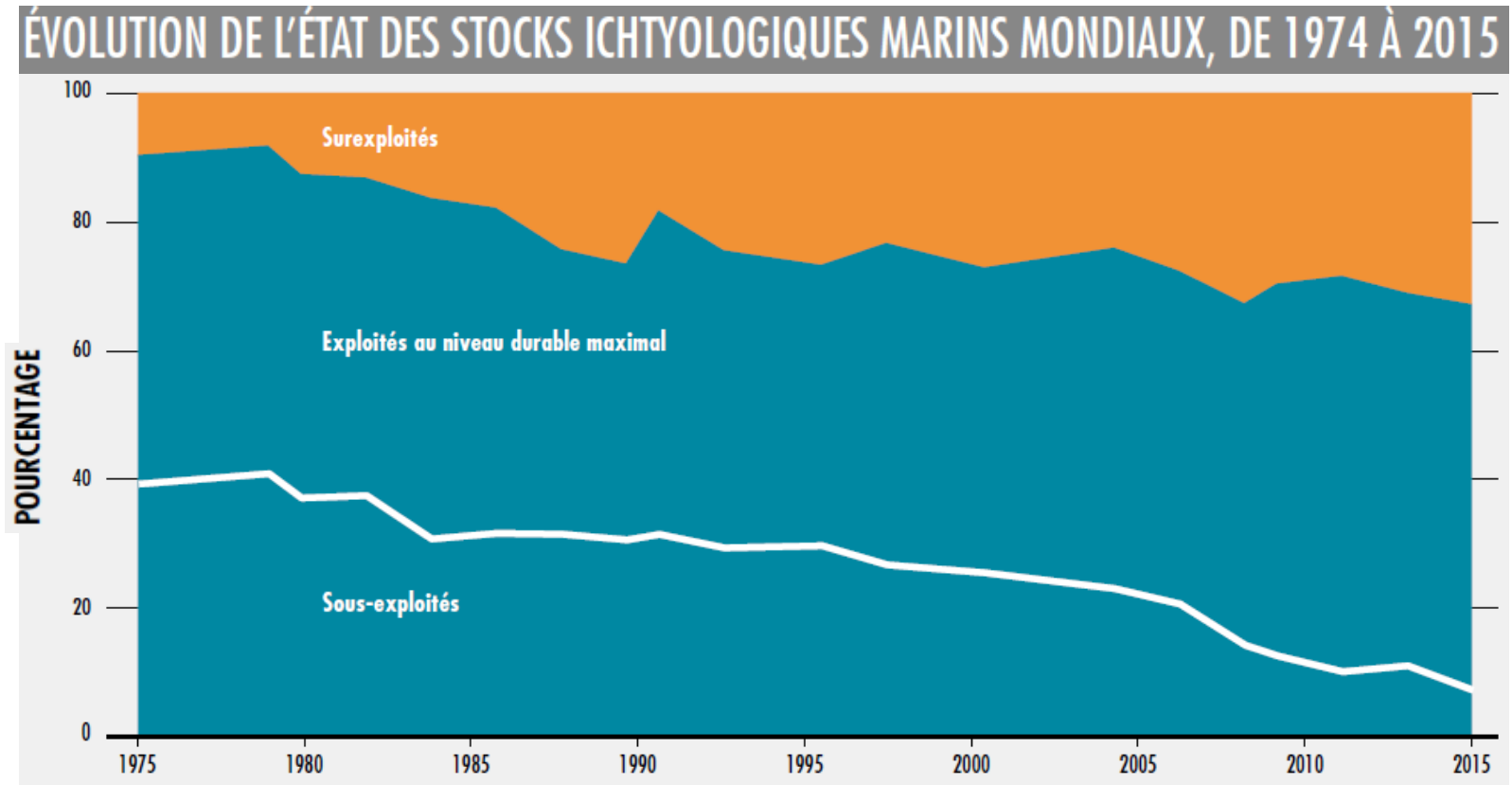
Le profit de l'un croît avec le rationnement global

Mais décroît avec son propre rationnement

Intérêt de se coordonner : OPEP

	Forte	Moyenne	Faible
Forte	(1;1)	(4;3)	(6;2)
Moyenne	<u>(3;4)</u>	<u>(5;5) </u>	<u>(8;4)</u>
Faible	(2;6)	(4;8)	(7;7)

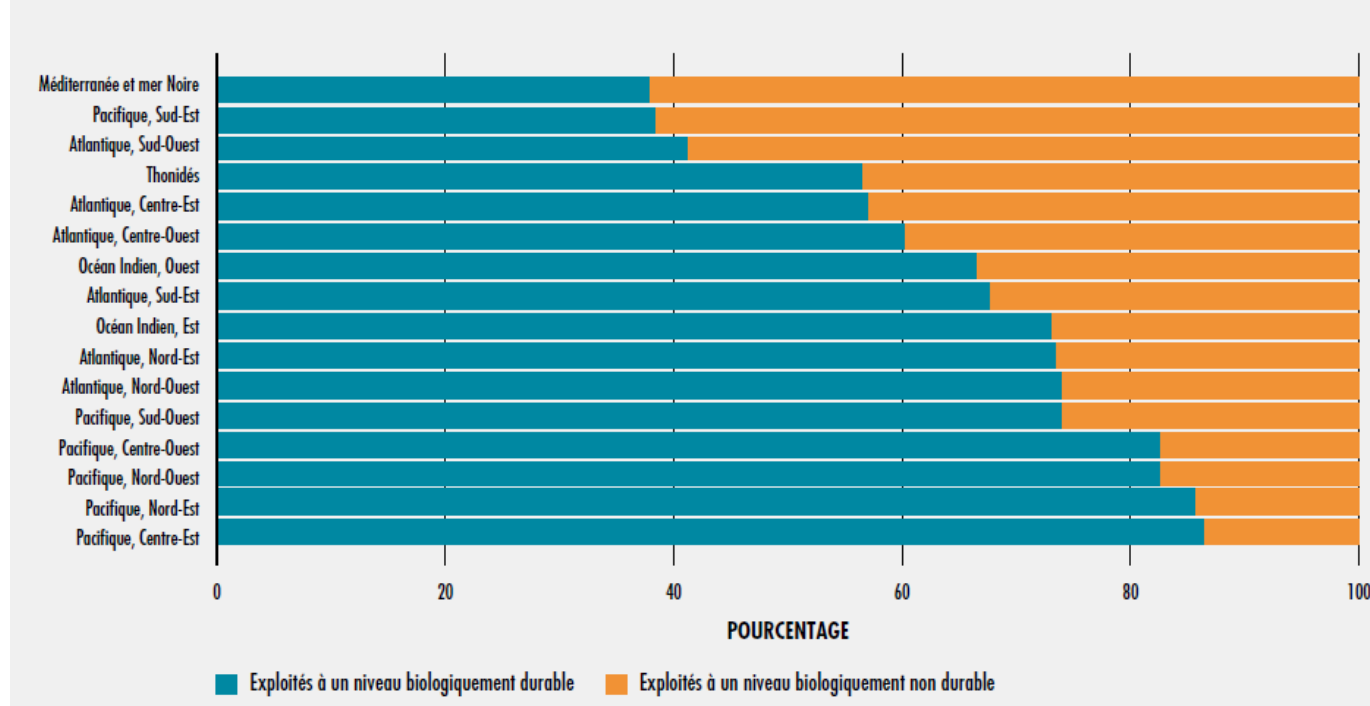
# Les ressources renouvelables



FAO (2018) "La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2018. Atteindre les objectifs de développement durable", Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'agriculture, Rome

# Les ressources renouvelables

PROPORTION DES STOCKS EXPLOITÉS À DES NIVEAUX BIOLOGIQUEMENT DURABLES ET NON DURABLES, PAR ZONE STATISTIQUE DE LA FAO, EN 2015



FAO (2018) "La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2018. Atteindre les objectifs de développement durable", Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'agriculture, Rome

# Les ressources renouvelables

Population  $X$  croît selon démographie :  $X \rightarrow X + G(X)$

Prises selon la population  $X$  et de l'effort  $E$  :  $F(X,E)$

Pour niveau d'effort  $E \rightarrow$  population d'équilibre  $X^e(E)$

**Raisonnement éco :**

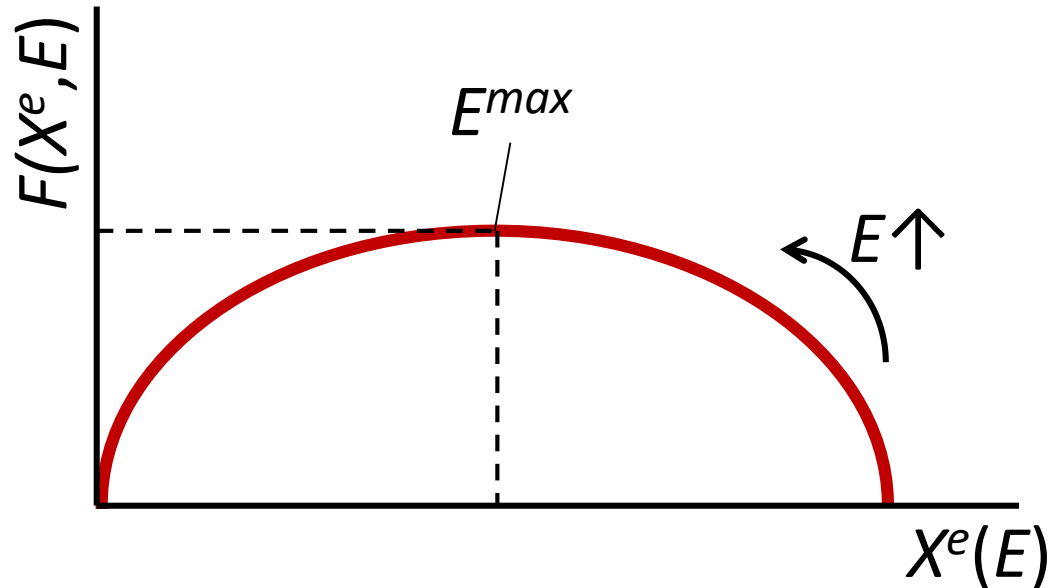
Trouver  $E^*$  ( $E^* < E^{max}$ )

À  $E$  donné,  $+\Delta E \rightarrow$

$\left[ \begin{array}{l} \Delta C \text{ (coût)} \\ \Delta F \text{ (production)} \end{array} \right.$

Gain net :  $p \cdot \Delta F - \Delta C$

$E^* \text{ tq } \Delta C / \Delta F = p$



***Évaluation socio-  
économique des projets***

**Chapitre 5  
Actualisation et durabilité**