

# Chapitre 5

## Progrès technologique et croissance

### Progrès technologique et croissance

Le modèle simple de Solow ne peut pas expliquer la croissance à long terme de la production et du capital par tête.

Quel est le rôle du progrès technologique dans la croissance?

→ Le modèle de Solow avec progrès technologique

### Progrès technologique et croissance

#### Les dimensions du progrès technologique

- Production plus grande à partir de quantités données de capital et de travail
- Meilleurs produits
- De nouveaux biens remplacent de vieux biens
- Une plus grande variété de produits

### Progrès technologique et croissance

#### Fonction de production

$$Y = F(K, N, A)$$

+, +, +

Pour des valeurs de  $K$  et  $N$  données, une amélioration de la technologie ( $A$ ) mène à une augmentation de la production ( $Y$ ).

### Progrès technologique et croissance

#### En particulier:

$$Y = F(K, AN)$$

+, +

• Pour  $K$  donné: le progrès technologique réduit le nombre de travailleurs nécessaire pour atteindre un certain niveau de production ( $Y$ )

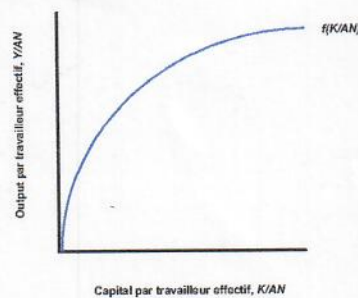
• Pour  $K$  donné: le progrès technologique augmente  $AN$ , le nombre d'unités de travail effectif

Supposons des rendements d'échelle constants par rapport à  $K$  et  $AN$ :  $xY = F(xK, xAN)$

et des productivités marginales décroissantes de  $K$  et  $AN$ .

### Progrès technologique et croissance

#### Graphiquement:



### Progrès technologique et croissance

#### En termes per capita:

Prenons  $x=1/(AN)$ :

$$\frac{Y}{AN} = F\left(\frac{K}{AN}, 1\right) \text{ et } f(K/AN) \equiv F(K/AN, 1)$$

$$\frac{Y}{AN} = f\left(\frac{K}{AN}\right)$$

Produit par Travailleur effectif

Capital par Travailleur effectif

### Progrès technologique et croissance

#### Rappel: dans le modèle de Solow simple

Capital/Travailleur et Produit/Travailleur augmentent quand:

$$\text{Investissement/Travailleur} > \text{Dépréciation/Travailleur}$$

Nous pouvons faire maintenant le même type d'analyse pour le Capital/Travailleur effectif et la Production/Travailleur effectif.



## Progrès technologique et croissance

Supposons toujours que:  $I = S = sY$

En divisant les deux membres par  $AN$ :  $\frac{I}{AN} = s \frac{Y}{AN}$

En remplaçant,  $\frac{Y}{AN} = f\left(\frac{K}{AN}\right)$

$$\frac{I}{AN} = sf\left(\frac{K}{AN}\right)$$

## Progrès technologique et croissance

### Détermination de $I/AN$ nécessaire pour que $K/AN$ reste constant

Supposons que: •  $N$  croît à un taux  $g_N$

•  $A$  croît à un taux  $g_A$

Alors: Taux de croissance du travail effectif ( $AN$ ) =  $g_A + g_N$

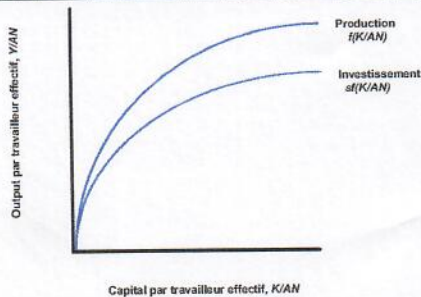
Etant donné la dépréciation du capital,  $\delta K$ ,

Pour maintenir  $K/AN$  constant (c-à-d pour avoir que  $K$  croît au même taux que  $AN$ ), l'investissement:

$$(\delta + g_A + g_N)K$$

## Progrès technologique et croissance

### Investissement, Capital, & Production par travailleur effectif



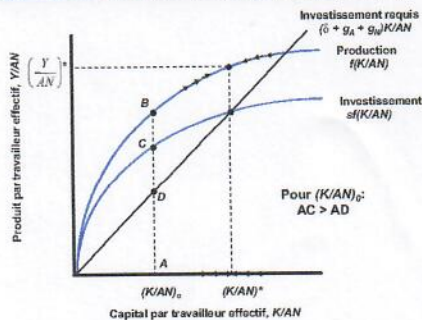
## Progrès technologique et croissance

### Dynamique du capital et de la production:

$$\frac{K_{t+1}}{A_{t+1}N_{t+1}} - \frac{K_t}{A_t N_t} = sf\left(\frac{K_t}{A_t N_t}\right) - (\delta + g_A + g_N) \frac{K_t}{A_t N_t}$$

## Progrès technologique et croissance

### Dynamique du capital et de la production:



## Progrès technologique et croissance

### Observations sur l'état stationnaire:

Taux de croissance de:

- |                                                   |             |
|---------------------------------------------------|-------------|
| 1. Capital par travailleur effectif ( $K/AN$ )    | 0           |
| 2. Production par travailleur effectif ( $Y/AN$ ) | 0           |
| 3. Capital par travailleur ( $K/N$ )              | $g_A$       |
| 4. Production par travailleur ( $Y/N$ )           | $g_A$       |
| 5. Travail ( $N$ )                                | $g_N$       |
| 6. Capital ( $K$ )                                | $g_A + g_N$ |
| 7. Production ( $Y$ )                             | $g_A + g_N$ |

Quand l'économie se trouve à cet équilibre stationnaire, on dit qu'elle se trouve sur un « sentier de croissance équilibrée »

## Progrès technologique et croissance

**Etat stationnaire:**  $\frac{K}{AN}$  et  $\frac{Y}{AN}$  sont constants et

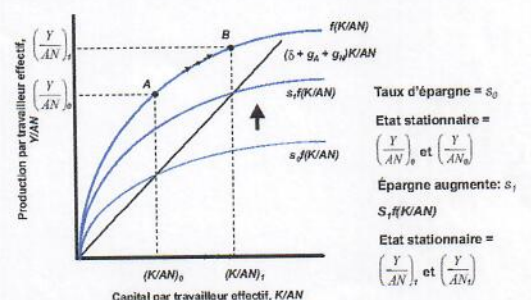
prennent comme valeur  $(K/AN)^*$  et  $(Y/AN)^*$  respectivement

$$\underbrace{sf\left(\frac{K}{AN}\right)}_{\text{Investissement}} = \underbrace{(\delta + g_A + g_N) \frac{K}{AN}}_{\text{Investissement requis}}$$

Investissement Investissement requis

## Progrès technologique et croissance

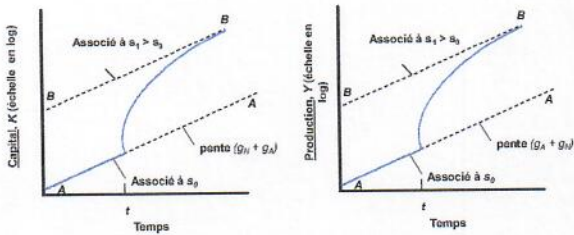
### Les effets d'une augmentation du taux d'épargne





## Progrès technologique et croissance

### Les effets d'une augmentation du taux d'épargne



## Progrès technologique et croissance

Le modèle de Solow (augmenté) explique-t-il les faits stylisés de la croissance économique de Kaldor?

- |                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Croissance séculaire de la production par tête                        | OUI |
| 2. Croissance séculaire du capital par tête                              | OUI |
| 3. Ratio capital/production constant ( <i>grosso modo</i> )              | OUI |
| 4. Retour réel sur investissement du capital <i>grosso modo</i> constant | OUI |
| 5. Croissance séculaire des salaires réels                               | OUI |
| 6. Absence de convergence globale                                        | NON |

## Progrès technologique et croissance

### Les sources de la croissance: Comptabilité de la croissance et résidu de Solow

Soit:

$$Y = F(K, AN) \\ = K^\alpha (AN)^{1-\alpha} = B K^\alpha N^{1-\alpha} \quad (\text{avec } B = A^{1-\alpha})$$

Alors:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \alpha \frac{\Delta K}{K} + (1-\alpha) \frac{\Delta N}{N} + \frac{\Delta B}{B} \quad \text{c-à-d :} \\ \frac{\Delta B}{B} = \frac{\Delta Y}{Y} - \left[ \alpha \frac{\Delta K}{K} + (1-\alpha) \frac{\Delta N}{N} \right]$$

## Progrès technologique et croissance

À partir de:

$$\frac{\Delta B}{B} = \frac{\Delta Y}{Y} - \left[ \alpha \frac{\Delta K}{K} + (1-\alpha) \frac{\Delta N}{N} \right]$$

Tous les termes du membre droit sont mesurables → on peut donc calculer le "reste" ou résidu  $\Delta B/B$

[appelé aussi le résidu de Solow ou Productivité totale des facteurs]

Au Royaume-Uni, plus ou moins la moitié de la croissance est attribuée au résidu de Solow, aux Etats-Unis la partie attribuée à chacun des trois termes est plus.

La compréhension du résidu de Solow est fondamentale pour la compréhension des sources de la croissance.

## Progrès technologique et croissance

### Les déterminants du progrès technologique

- Dépenses de recherche et développement (Etats-Unis, France, Allemagne, Japon, Royaume-Uni, R&D = 2,3% du PIB)
- Fécondité de la R&D (interaction entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée, existence d'une culture d'entreprise, délais de la mise en place de la R&D)
- Appropriabilité des résultats de la recherche (degré de protection des nouveaux produits, brevets)

## Progrès technologique et croissance

- L'origine de la croissance est-elle importante? Dans le premier cas, la croissance se maintiendra tant que  $g_A$  reste à une valeur plus élevée que sa valeur initiale.
- Dans le deuxième, étant donné le caractère décroissant de la productivité marginale, la croissance s'estompera progressivement et l'on arrivera au sentier de croissance équilibrée.

## Progrès technologique et croissance

### Accumulation de capital versus progrès technologique

Une croissance rapide peut avoir deux origines:

1. Un taux de progrès technologique plus élevé. Si  $g_A$  devient plus élevé, la croissance de la production à l'état stationnaire ( $g_Y = g_A + g_N$ ) deviendra elle aussi plus importante. Dans ce cas là, le taux de croissance de la production par tête sera égale au taux de progrès technologique.
2. Un ajustement du capital par travailleur effectif  $K/AN$ , à un niveau plus élevé (en dehors de l'état stationnaire). Dans ce cas-là, le taux de croissance de la production est supérieur au taux de progrès technologique

## Progrès technologique et croissance

	Taux de Croissance de la Production par habitant			Taux de Progrès technologique		
	1950-73	1973-87	Variation	1950-73	1973-87	Variation
France	4,0	1,8	-2,2	4,9	2,3	-2,6
Allemagne	4,9	2,1	-2,8	5,6	1,9	-3,7
Japon	8,0	3,1	-4,9	6,4	1,7	-4,7
Royaume-Uni	2,5	1,8	-0,7	2,3	1,7	-0,6
Etats-Unis	2,2	1,6	-0,6	2,6	0,6	-2,0
Moyenne	4,3	2,1	-2,2	4,4	1,6	-2,8



## Progrès technologique et croissance

- La période de forte croissance de la production par habitant entre 1950 et 1973 est due au fort progrès technique, et pas à des taux d'accumulation du capital particulièrement élevés.
- Le ralentissement de la croissance par habitant depuis 1973 est dû à une diminution du taux de progrès technique, et pas à une accumulation du capital particulièrement faible.
- La convergence du produit par travailleur entre pays vient d'un taux de progrès technique plus fort (chez les pays ayant un PIB initial plus faible) plutôt que d'une accumulation du capital plus rapide dans ces pays.

## Progrès technologique et croissance

- Les pays pauvres qui ont eu une croissance forte dans les 20 dernières années ont connu une accumulation rapide du capital physique et humain.
- Une partie de ces pays ont basé leur stratégie sur le commerce international, le développement de la concurrence, et une intervention limitée des gouvernements (Hong Kong, par exemple) alors que d'autre se sont appuyés sur l'intervention du gouvernement et le choix d'une **politique industrielle** — i.e. une politique ayant pour but d'aider des secteurs spécifiques de l'économie (Corée, Singapour).

## Progrès technologique et croissance

- De façon plus générale: les différences de production par travailleur entre les pays riches et les pays pauvres sont dues principalement à des différences de niveau technologique entre pays. Pour différentes raisons, les pays pauvres ne sont pas capables de réduire cet **écart technologique**.
- D'autres raisons: instabilité politique, droits de propriété non respectés, manque d'entrepreneur, développement insuffisant des marchés financiers.