SIDA et croissance économique : le risque d'une « trappe épidémiologique »[1]

Nicolas Couderc[$], Nicolas Drouhin[#] et Bruno Ventelou[§]

Résumé : *L'article invite à un réexamen du calcul économique du choc du SIDA sur les pays en développement. Une évaluation nouvelle de l'impact macroéconomique du choc est permise par la prise en considération dans un modèle de croissance endogène des effets du SIDA sur les variables « de stock » que sont le capital physique et le capital humain, en plus des effets déjà bien documentés sur le flux de main-d'œuvre participant au marché du travail. Nous faisons ainsi apparaître une non-linéarité et le risque d'un effet persistant du choc du SIDA sur le développement, chose que ne pouvait faire apparaître un modèle de croissance exogène, basé uniquement sur une idée de « retard » par rapport à un niveau cible de régime permanent.*

Abstract: *The aim of this paper is to re-examine the consequences of AIDS on economic growth in developing countries. The model is based on two crucial hypothesis: i) AIDS has a short-term impact on a flow variable (the flow of labour available and capable of working at a moment t in the economy); ii) AIDS has a long-term impact on stock variables (human capital, i.e. the stock of health or the stock of education and competence incorporated in the workers; and physical capital). Integrating these two impacts in a model of growth with multiple factors of accumulation reverses the standard impact-evaluations based on classical tools (Solow-type model of growth, with "catching-up effect" as mechanism of development). An involution trap appears for a reasonable range of epidemiological shocks, corresponding to a modification of the long-term growth regime of the economy.*

Keywords: Economic growth, health, HIV/AIDS, endogenous growth model.
JEL classification: I10, E13, O11.

[1] Les auteurs remercient l'Agence Nationale de Lutte contre le SIDA pour son soutien financier, Tony Barnett, Jean-Paul Moatti et Yann Videau, ainsi qu'un rapporteur anonyme pour leurs commentaires et relectures.
[$] TEAM-CNRS, Université Paris 1-Panthéon-Sorbonne.
[#]Ecole normale supérieure de Cachan et Groupe de recherche sur le Risque, l'Information et la Décision (UMR8534 CNRS-ENSAM), 61, avenue du Président Wilson. Maison de la recherche de l'ESTP, 30, avenue du Président Wilson, 94 230 CACHAN. Email : drouhin@grid.ensam.estp.fr
[§] INSERM-Marseille, Unité 379.

SIDA et croissance économique : le risque d'une « trappe épidémiologique »

Introduction

Les économistes ont assez rapidement, dès le début des années 1990, tenté de donner des évaluations de l'impact économique de l'épidémie de SIDA : les estimations s'accordent sur une réduction du taux de croissance du PIB des économies africaines d'environ 1 point[2]. Compte tenu des difficultés que connaissent aujourd'hui certains pays, en particulier africains, la faiblesse du coût économique estimé du SIDA peut apparaître étonnante. Des travaux récents (Bell *et al*., 2003 et 2004, et Haacker, 2002) considèrent que de nouvelles estimations du coût économique du SIDA sont nécessaires. Tout d'abord, le manque d'études microéconomiques et la relative précocité des études macroéconomiques ont pu leur faire négliger certaines modifications des comportements induites par la pandémie. Ensuite, ces études se sont concentrées sur les conséquences du SIDA sur le facteur travail (plus précisément sur l'offre de travail, vue comme une « quantité »), alors que l'on sait aujourd'hui que la formation de capital, ou même le capital humain productif (la « qualité » de l'offre de travail), sont affectées par l'existence de la maladie. Les modèles d'évaluation qui ont été utilisés peuvent être donc améliorés, grâce à une prise en compte des *phénomènes de complémentarité productive* existant dans les *facteurs d'accumulation* l'économie nationale, phénomènes qu'a notamment mis en évidence la théorie de la croissance endogène (Lucas, 1988 ; Azariadis and Drazen, 1990 ; ou bien Lloyd-Ellis and Roberts, 2002, pour un modèle avec utilisation explicite de « moteurs de croissance multiples »).

Nous proposons dans cet article une modélisation macroéconomique des conséquences économiques du SIDA basée sur un modèle de croissance endogène. La fonction de production intègre différents facteurs de production, dont le capital humain et/ou le capital santé, et permet de juger des effets de long terme de l'épidémie de SIDA, négligés par construction dans les modèles de croissance « à la Solow ». Ce simple enrichissement du modèle de croissance permet d'estimer les coûts – à court et long terme – du SIDA, et ces coûts sont bien supérieurs aux estimations précédemment citées. En particulier, on peut assez aisément mettre en évidence la possibilité d'apparition d'une « trappe épidémiologique » dans laquelle le choc du SIDA *renverse* le chemin de croissance de l'économie. Une politique

d'envergure pour lutter contre le SIDA, ou tout du moins pour en limiter les conséquences économiques, n'en est donc que plus nécessaire.

Section 1. Etudes disponibles

Différentes études ont été menées pour tenter de mesurer, en terme de points de PIB perdus, les conséquences économiques du VIH/SIDA. Les principales études fournissent pour les économies africaines des ordres de grandeur comparables. En moyenne, les auteurs pronostiquent une réduction de 1 point du taux de croissance de la richesse nationale[3]. Ces études sont basées sur une modélisation *ad hoc* de l'économie, qui permet de dégager une évolution comparée, avec ou sans pandémie. Ces études privilégient une approche en terme des coûts directs et indirects, deux « canaux » par lesquels cette pandémie peut avoir une influence sur le niveau de richesse d'un pays.

Les coûts directs regroupent les dépenses médicales liées au HIV/SIDA : soins médicaux (médicaments, rémunération et formation des personnels médicaux, infrastructures hospitalières, coûts de prévention). En Afrique, ces coûts sont essentiellement supportés par les agents individuels, ce qui provoque une ponction supplémentaire sur l'épargne, déjà excessivement faible, et finalement ralentit le processus d'accumulation du capital. Pour beaucoup d'études, cet impact reste limité, car cet enchaînement causal n'est vérifié que si le SIDA donne effectivement lieu à des soins (coûteux[4]) ; il est vrai qu'en Afrique les traitements les plus coûteux (ARV en particulier) ne sont pas disponibles, donc ne créent pas de fortes dépenses de soins. De plus, au niveau macroéconomique, les coûts directs sont compensés par les effets malthusiens traditionnels, facilement mis en évidence dans le modèle de Solow : une moindre croissance démographique diminue la ponction sur l'épargne *per capita* et augmente le capital par tête[5].

Les coûts indirects sont associés à la réduction de l'offre de travail et de la productivité du travail des travailleurs atteints du SIDA. Cet effet est d'autant plus fort en Afrique que la prévalence de la maladie est plus forte chez les travailleurs qualifiés (pour des raisons

---

[2] Ne sont concernées par cette évaluation que les pays affectés par un choc épidémiologique de grande ampleur (taux de prévalence supérieur à 10 %).

[3] L'impact sur le PIB par tête peut paraître plus faible pour la simple raison que le SIDA réduit avant tout la taille de la population, ce qui signifie un choc positif en terme de capital par tête au sens malthusien.

[4] …mais dans le cas contraire (maladie non soignée, ou soignée traditionnellement, ce qui est fréquent en Afrique), les effets économiques du SIDA ne sont pas pour autant strictement nuls : les coûts de funérailles représentent ainsi à eux seuls plusieurs mois de revenus de la famille (entre 3 et 4 selon les études : Naidu (2003) et Steinberg et al. (2002)).

[5] Voir notamment Ainsworth et Over [1994] ainsi que Cuddington et Hancock [1995].

culturelles, liées aussi au mode de vie urbain[6]) ; le secteur public, qui emploie plus de travailleurs qualifiés, est donc particulièrement touché, notamment en ce qui concerne les secteurs de l'éducation et de la santé[7]. Ces coûts, quoique peu pris en compte dans les évaluations macroéconomiques, sont loin d'être négligeables : Morris et Cheevers (2000) montrent ainsi que 10 % du temps de travail des deux dernières années d'activité d'un malade du SIDA sont perdus (Afrique du Sud). Steinberg *et al.* (2002), montrent, pour les membres d'une famille touchée s'occupant de leur malade, que 22 % réduisent leur offre de travail, 20 % arrêtent leurs études, et 60 % réduisent le temps qu'ils consacraient à des activités domestiques, en particulier le jardinage (ces chiffres concernent l'Afrique du Sud).

Insérer ici Tableaux 1 et 2

Dans l'ensemble, ces études apportent le diagnostic d'un choc qui pourrait rester *d'ampleur économique* assez limitée[8]. Cependant, une première faiblesse de ces études est qu'elles *ne proposent pas une analyse valable sur la longue durée* : c'est seulement sur 5-10 ans que les analyses peuvent revendiquer une réelle validité. Cela pouvait se justifier au début des années 1990, car, sur la durée, il était difficile de prévoir avec exactitude « l'input » du modèle, à savoir le choc épidémiologique. Par ailleurs, seconde faiblesse, les études sont en général défaillantes sur l'un des deux canaux précédemment évoqués. Privilégiant l'une –ou l'autre- des deux approches d'impact, elles négligent les interactions possibles entre *les deux canaux* (complémentaires). Au total, on peut retenir que la littérature a délaissé *l'analyse des effets de long terme du choc*, qui passent essentiellement *par les deux variables d'accumulation que sont le capital physique et le capital humain.* Or sur ces deux variables, l'impact existe et risque d'être assez élevé.

- Capital physique : les sommes consacrées aux soins sont détournées de leurs allocations productives (épargne et investissement privé ; investissement public). Comme nous l'avons vu, l'effet est quelques fois considéré dans les études, mais souvent minimisé du fait de l'horizon temporel (court) et des hypothèses faites sur l'Afrique : épargne déjà faible

[6] Dans le cadre des économies africaines, deux dualismes (liés) sont importants : le dualisme urbain / rural (agricole), le dualisme travail qualifié / travail non qualifié ; un troisième dualisme secteur formel / secteur informel serait aussi à prendre en compte. Voir Kambou, Devarajan et Over [1993] et Sanderson et *alii* [2001].

[7] Cogneau & Grimm (2003) montre clairement que le risque d'infection et le risque de mortalité croissent avec le niveau d'éducation.

[8] Une exception notable est celle de Barnett et Blaikie (1992), qui parlent du SIDA comme un désastre « *long wave* », du même ordre que le réchauffement climatique, dans la mesure où les « effets majeurs sont déjà à l'œuvre bien avant que l'ampleur de la crise ne soit connue » et « aucune réponse déjà existante ne peut être apportée ».

(contrainte d'endettement) et faible investissement productif (pas de transformation de l'épargne en investissement).

- Capital humain : cet effet est peu évoqué et, en pratique, pas quantifié dans la *dynamique* macroéconomique[9] : *d'une part*, le SIDA réduit la productivité de la population, notamment celle de la population bénéficiant d'une qualification, lorsqu'il y a un « dualisme » marqué sur ce type de travail ; mais, *d'autre part, il réduit la transmission* de cette qualification (transmission par la famille si le chef de famille décède ; transmission par l'école si les enseignants décèdent ; et les enfants, de leur côté, travaillent plus précocement en raison du décès du chef de famille). Par ailleurs la réduction de l'espérance de vie, diminue l'incitation à se former, puisque les bénéfices liés à l'accumulation du capital humain seront perçus sur une période plus courte en moyenne.

2. Un modèle synthétique de croissance endogène

2.1 Discussion sur le choix du modèle

Devant la multiplicité des effets, des débats et des modèles, le présent travail cherche à synthétiser les différentes approches. Pour résumer sa structure, le mieux est sans doute de lister les effets du SIDA (tableau 3).

Insérer ici tableau 3

Compte tenu des interactions existant entre ces différentes variables (de stock ou de flux) et des horizons temporels différents, il semble qu'un modèle de croissance endogène à plusieurs facteurs de production s'impose, puisque les modèles à croissance exogènes ne sont pas aptes à prendre en compte les interactions existant entre facteurs de production. De plus, les articulations entre arbitrages microéconomiques des agents et leurs conséquences macroéconomiques sont plus aisément modélisées dans ce cadre théorique. Pour étudier la réaction d'une économie à un choc épidémiologique, on pose que tous les facteurs de production sont potentiellement affectés par une variation de l'état sanitaire de la population (capital santé). En effet, à capital, capital humain, infrastructures et nombre de travailleurs donnés, une économie est d'autant plus productive que le capital santé de ses travailleurs est élevé. Ceci est particulièrement vrai dans le cas de l'épidémie de SIDA, caractérisée par une

[9] Certaines études intègrent un différentiel « travailleurs qualifiés / travailleurs non qualifiés » (Sanderson et *alii*, 2001), mais pas d'effets sur *l'accumulation* de travail qualifié. Seule Theresa M. Ndongko (1996) insiste sur la

baisse marquée de la productivité des travailleurs (Haacker, 2004). Ce modèle permet de juger des effets de long terme de l'épidémie de SIDA, négligés par construction dans les modèles de croissance « à la Solow ».

2.2 Fonction de production et comportement des entreprises

On pose la fonction de production macroéconomique suivante :

$$Y(\varepsilon) = (K(Y,\varepsilon))^{\alpha}(L(Y,\varepsilon).H(Y,\varepsilon))^{\beta}(D(Y,\varepsilon))^{1-\alpha-\beta}$$

Pour présenter un phénomène de croissance endogène, la fonction de production doit être caractérisée par la contrainte : $\alpha+\beta+\chi=1$[10]. La fonction de production décrit une technologie à rendements d'échelle constants, et elle comprend quatre arguments : le stock de capital physique K, le nombre de travailleurs L, la dépense publique productive D et le stock de capital humain H - une partie de ce capital humain est constituée de la formation, des connaissances, *etc*… des travailleurs, une autre partie du capital santé de l'économie. C'est fondamentalement cette équation qui va servir pour analyser l'effet du choc sur le revenu macroéconomique d'un pays.

Les variations de *H*, de *K* et de *D* sont « endogénéisées » par les choix microéconomiques des ménages et des entreprises, et donc éventuellement liées entre elles (pour simplifier on note que chaque variable dépend du revenu *Y*). Enfin nous notons ε l'état épidémiologique de la population (l'état épidémiologique peut être approché par le taux de prévalence du SIDA dans l'économie). Toute augmentation de ε traduit une détérioration de l'état sanitaire de la population[11], et par conséquent, réduit l'efficacité productive des facteurs disponibles dans l'économie. Notons qu'en comparaison avec le modèle de Solow, une analyse séparée des différents impacts (par variable isolée) n'est pas directement possible puisque les effets cumulatifs passant par *Y* et la boucle endogène ne seraient pas pris en compte. Il faut impérativement résoudre le modèle d'abord.

On suppose que les firmes maximisent leur profit. Au point d'équilibre, les facteurs de production privés sont rémunérés à leurs productivités marginales. On a alors :

$$(1-\mu)\frac{\partial Y}{\partial K} = r \Rightarrow (1-\mu)\alpha\frac{Y}{K} = r$$

---

diminution du niveau futur espéré des qualifications, du fait de la baisse du nombre d'enfants scolarisés, sans toutefois la mesurer.

[10] Il est toujours possible d'observer et de comparer ce type de modèle avec les résultats d'un modèle de croissance exogène, en se situant dans l'hypothèse alternative : $\alpha+\beta+\chi<1$.

[11] Le même raisonnement peut être appliqué à toute pandémie qui affecte à la fois la capacité à travailler et à terme le pronostic vital, comme la tuberculose, le paludisme, la fièvre jaune, *etc*.

$$(1-\mu)\frac{\partial Y}{\partial L} = w \Rightarrow (1-\mu)\beta\frac{Y}{L} = w$$

Les comportements concernant l'accumulation de *H* et *D* sont déterminés par les ménages et le gouvernement. *L* est donné par une dynamique démographique altérée par le SIDA. Pour une population totale de *N* individus, cette dynamique est décrite par : $\frac{L}{N} = 1-\varepsilon(1-g(x^{-}))$, avec ε taux de prévalence du SIDA, et $g(x)$ une « fonction de réparation » de la capacité à travailler des malades par des dépenses de santé *x* effectuées à la période précédente. On note d'un exposant « - » les variables retardées (*t – 1*) et d'un exposant « + » les variables anticipées (*t + 1*). On pose les contraintes : $g_x^{'} > 0$ et $0 < g(x) < 1$ sur cette fonction de réparation (l'efficacité marginale du recours aux soins est décroissante et aucun traitement ne permet à un individu atteint par le SIDA de « guérir » complètement).

2.3 Programme et comportement des différents types de ménages

On considère deux types de ménages : les travailleurs-salariés et les capitalistes-rentiers.

Comportements des travailleurs - salariés

On modélise les décisions d'un ménage, dont une proportion L/N travaille (les différents ménages sont touchées identiquement par la maladie). Il y a F ménages et donc N/F individus par ménage. On suppose que les ménages de salariés n'épargnent pas. L'arbitrage de consommation du ménage repose donc sur un choix entre consommation de bien courant et consommation de bien santé. On note *w* le taux de salaire, *T* les transferts, *p* le prix des biens santé, *x* la quantité de bien santé consommée, *e* l'état de santé.

La demande de biens et services de santé est influencée par la morbidité de la famille. La fonction $l(\varepsilon)$ altère l'état de santé *e* de la famille : on a $e = x.l(\varepsilon)$ avec les contraintes : $l_{\varepsilon}^{'} < 0,$ et $l(1) = 0$. Le programme de maximisation d'un ménage s'écrit :

$$Max\left[U(c,e)\right] = Max\left[\left(\nu.c^{\phi} + \rho.e^{\phi}\right)^{\frac{\gamma}{\phi}}\right]$$
$$sc : (N/F)c + p(N/F)x = w(L/F) + T/F$$

Le stock de capital humain évolue selon la règle : $H^{+} = e + \delta H$. *e* est un flux de consommation de bien santé, qui s'ajoute au stock de capital humain *H*. Ce stock *H* est lui-même utilisé comme un indicateur individuel de qualité de la main d'œuvre. Cet effet peut « capturer » à la fois : un effet capital-santé (et effet réparation de ce capital-santé par des dépenses de santé) et l'effet capital humain classique.

On obtient :

$$\frac{\nu c^{\phi-1}}{\rho e^{\phi-1}.l(\varepsilon)} = \frac{1}{p}$$
$$c + px = w(L/N) + T/N$$

et la fonction de demande de bien de santé s'écrit :

$$e = \frac{w\left(L/N\right) + T/N}{\frac{p}{l(\varepsilon)} + \left(\frac{\nu}{\rho}\right)^{\frac{1}{1-\phi}} \cdot \left(\frac{p}{l(\varepsilon)}\right)^{\frac{1}{1-\phi}}}$$

Comportement des capitalistes - rentiers (épargne endogène)

Les capitalistes ont un arbitrage consommation/épargne. Ils cherchent à maximiser leur bien-être intertemporel. Le programme s'écrit :

$$W = Max\left[U(c) + \frac{1-\varepsilon}{1+R}W^{+}\right]$$
$$sc : c = rk - \left(k^{+} - k\right) + rb - \left(b^{+} - b\right) + \pi$$

avec *R* le taux de préférence pour le présent, r le taux de rémunération sur le marché mondial du capital (hypothèse de petite économie ouverte), *k* l'accumulation d'actif national et *b* la détention d'actif étranger. Le programme donne (en log) le profil de consommation intertemporel suivant :

$$\frac{c^{+}}{c} = \frac{1-\varepsilon}{1+R}(1+r)$$

2.4 ''Comportement'' du gouvernement

Les fonctions du gouvernement se réduisent à financer à l'aide d'un taux de prélèvement sur la valeur ajoutée (μ) des dépenses publiques (D^{+}), qui sont seulement productives la période suivante, ainsi qu'à subventionner des dépenses de santé de façon forfaitaire (T), mais cette dépense peut aussi s'assimiler à un financement d'une infrastructure sanitaire collective :

$$\mu Y = D^{+} + T$$

2.5 Grandes lignes de résolution du modèle

En partant de la fonction de production, $Y = (K)^{\alpha}(L.H)^{\beta}(D)^{1-\alpha-\beta}$, on peut substituer le stock de capital par $K = \frac{\alpha(1-\mu)}{r}Y$, le nombre de travailleurs par $L = \left(1-\varepsilon\left(1-g(x^{-})\right)\right)N$, le stock

de capital humain par $H^+ = e + \delta H$ (le capital humain) ainsi que la dépense publique productive par $D^+ = \mu Y - T$.

On trouve alors :

$$Y = \left(\frac{\alpha(1-\mu)}{r}\right)^{\alpha/1-\alpha} \left[N.\left(1-\varepsilon\left(1-g\left(\frac{e^-}{l(\varepsilon^-)}\right)\right)\right).\left(e^- + \delta H^-\right)\right]^{\beta/1-\alpha} \left(\mu Y^- - T^-\right)^{(1-\alpha-\beta)/1-\alpha}$$

On remarque que *Y* est fonction de variables retardées (Y^- et ε^-). On peut alors très simplement calculer le PIB de la période (et le taux de croissance du PIB) à l'aide de calibrations et simulations numériques.

3. La possibilité d'une trappe épidémiologique (effet de seuil)

En laissant de côté les applications numériques et calculables du modèle (on en s'en tient ici seulement à une résolution analytique)[12], on peut tout d'abord simplifier le modèle général, afin d'expliciter le plus clairement possible ce que nous appellerons le risque d'une « trappe épidémiologique ». Nous pouvons, sans perte de généralité et pour le cas qui nous occupe (la mise en évidence d'une trappe épidémiologique consécutive à un « choc » de SIDA), ramener le modèle à deux facteurs de production :

$$Y = K^{\alpha}\left(h\left(\varepsilon, x^-\right)L\right)^{1-\alpha},$$

avec *h* le niveau de capital santé individuel des travailleurs. On a $h_{\varepsilon}' < 0$, le SIDA réduit le capital santé des travailleurs et $h_{x^-}' > 0$, ce capital santé peut être reconstitué (partiellement) grâce à une dépense de soins de santé *x*. On suppose également que $L = \left[1-\varepsilon\left(1-g\left(x^-\right)\right)\right]N$: le nombre d'agents capables de travailler dans une économie à *N* agents est affecté par le SIDA. Le taux de prévalence ε joue négativement sur le rapport *L*/*N* (actifs/population totale). On peut restaurer une capacité à travailler en utilisant des soins de santé *x*, et l'efficacité des soins est marginalement décroissante (la fonction de réparation *g* est de forme logarithmique, avec $g' > 0$, $g'' < 0$, $g(0) = 0$ et $g(+\infty) = g^* < 1$).

Les deux « effets santé » sont présents : un effet quantitatif (le SIDA joue à court terme sur le rapport actif/population totale, $\varepsilon(1-g)$) et un effet qualitatif (le SIDA affecte la productivité du travailleurs via le capital humain *h*, effet de long terme).

[12] Pour une présentation d'applications numériques tirées de ce modèle, calibré sur 5 pays africains, le lecteur pourra se reporter à Couderc et Ventelou (2005).

On pose une détermination des dépenses de santé $x = \lambda \cdot y$ et une fonction de formation de capital santé[13] $h = x^{-} \cdot \mathrm{l}\left(\varepsilon^{-}\right)$, avec $l\left(\varepsilon\right)$ une mesure de l'impact du SIDA sur l'état de santé individuel : $l' < 0$.

Ces deux fonctions peuvent être justifiées par des choix microéconomiques plus complexes (comme en section 2), l'important est le sens de variation des fonctions. Sous les hypothèses habituelles de maximisation du profit des firmes, le stock de capital productif peut s'écrire comme une proportion du revenu national :

$$K = \frac{\alpha\left(1-\mu\right)}{r} Y,$$

avec μ, le taux d'impositions des firmes. On peut alors faire apparaître très simplement le taux de croissance du produit par tête.

$$1 + G = \frac{y}{y^{-}} = \lambda\, \mathrm{l}\left(\varepsilon^{-}\right)\left(1-\varepsilon\left(1-g\left(\lambda y^{-}\right)\right)\right)\left(\frac{\alpha\left(1-\mu\right)}{r}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$$

Le taux de croissance de l'économie G est alors une fonction croissante du produit par tête, variant entre une valeur maximale $\overline{G}$ et une valeur minimale $\underline{G}$.

Nous voulons ici mettre l'accent sur cas particulièrement intéressant susceptible de modifier la manière dont on envisage l'impact du SIDA sur la croissance de l'économie. Lorsque $\underline{G}$ et $\overline{G}$ sont situés de part et d'autre de l'unité, on voit apparaître un effet de seuil (figure 1)[14].

Insérer ici figure 1

Pour un taux de prévalence ε et pour un niveau de dépenses de santé λ donnés, il existe un seuil y_C, en dessous duquel le taux de croissance du produit par tête est négatif. En revanche au-delà de ce seuil, l'économie dégage suffisamment de ressources pour s'engager sur un processus cumulatif de croissance. Dans ce modèle apparaît donc un phénomène de « trappe à sous-développement », et -de ce fait- deux équilibres de long terme pour l'économie.

Quels sont les effets de l'épidémie de SIDA dans ce cadre d'analyse ? L'augmentation du taux de prévalence ε fait baisser le taux de croissance, ce qui augmente mécaniquement le

[13] La variable *h* « agrège » les effets sur *e* et *H* de la section 2 consacrée le modèle complet (par ex. pour le cas particulier d'un taux de dépréciation du capital égal à 1).

[14] Soulignons ici que ce cas correspond à des valeurs réalistes des paramètres. Un calibrage numérique du modèle montre qu'il n'est pas possible d'exclure la possibilité qu'une trappe épidémiologique apparaisse à moyen terme (5-10 ans) au Cameroun (*cf.* Couderc et Ventelou, 2005).

seuil critique de produit par tête en dessous duquel le processus de croissance s'inverse. Pour les pays initialement en croissance deux scénarios sont possibles.

Dans le premier scénario que nous qualifions de « dépressif » (figure 2), le seuil y_C (bien qu'augmenté) reste inférieur au niveau courant du produit par tête au moment du choc. Ici, le taux de croissance de l'économie sera plus faible pour toutes les périodes futures. En particulier, pour $g^*<1$, il convergera vers un taux de régime permanent inférieur à ce qu'il aurait été permis en l'absence de l'épidémie.

Insérer ici figure 2

Ce scénario, qui concerne les pays avancés dans leur processus de développement et/ou dans lesquels l'impact épidémiologique reste limité, conduit à une vision de l'impact de l'épidémie de SIDA, qui, s'il peut être important, n'en reste pas moins de l'ordre d'un différentiel de taux de croissance. La croissance ralentit, mais le processus de croissance lui-même n'est pas fondamentalement altéré dans ses mécanismes essentiels.

Tout autre est le second scénario que nous qualifions de « catastrophique » (figure 3) au sens étymologique du terme. Dans ce scénario qui concerne les pays qui en sont encore au début de leur processus de développement et/ou dans lesquels l'épidémie de SIDA atteint des proportions considérables, le choc du SIDA fait augmenter le seuil critique y_C au-delà du niveau de produit par tête existant au moment du choc épidémiologique. La modification des arbitrages microéconomiques, la réduction des ressources disponibles pour l'investissement (du fait des coûts directs et indirects du SIDA), et la dégradation de la productivité se conjuguent pour faire chuter le taux de croissance : le processus de développement s'arrête et l'économie commence à régresser. Au fond, les agents de l'économie ont modifié leurs perspectives de long terme (l'équilibre stationnaire a changé), et l'économie se dirige vers l'équilibre bas (caractérisée par un taux de croissance de niveau $1+\underline{G}$).

Insérer ici figure 3

L'épidémie de SIDA n'affecte donc pas tous les pays de la même manière, et peut modifier radicalement la dynamique de l'économie. Cette possibilité invalide une approche qui se contenterait de mesurer l'écart entre le taux de croissance du « base-case scenario » (avant le choc du SIDA) et le taux de croissance après le choc, car cela revient à négliger la possibilité

d'une modification du régime de croissance de long terme. La prise en compte de cette possibilité modifie sensiblement les analyses des politiques de santé que l'on peut mener. Le coefficient λ, c'est à dire la part du produit par tête consacrée aux dépenses de santé est la variable qui permet de compenser partiellement les conséquences économiques de long terme de l'épidémie de SIDA. L'augmentation des dépenses de santé agit aussi bien sur le taux d'activité (effet quantitatif) que sur la productivité à travers le capital santé (effet qualitatif).

Il faut cependant souligner qu'il n'existe pas de niveau de dépense de santé qui annulerait totalement l'effet de la maladie sur la croissance et cela pour deux raisons. La première tient à la technologie médicale qui ne permet pas dans l'état actuel des connaissances de « réparer en totalité » les conséquences de la maladie. Cette première raison est présente dans notre modèle à travers la fonction $g(\lambda y^{-})$ qui est bornée à un niveau g^* strictement inférieur à 1. La seconde raison, économique, tient à la nécessité, en l'absence d'aide extérieure, de *financer* cette dépense de santé supplémentaire. Dans notre modèle simplifié, où il n'y a pas d'autre dépense publique, on peut simplement considérer que l'impôt prélevé au taux μ sert à financer la dépense de santé : $\mu = \lambda$. Si l'on adopte comme critère de bien-être la maximisation du taux de croissance de l'économie, on aura alors un niveau de dépense de santé $\hat{\lambda}$ optimum, tenant compte du coût d'opportunité des prélèvements publics. Pour toutes les valeurs $\lambda < \hat{\lambda}$, l'augmentation des dépenses de santé permet de faire augmenter le taux de croissance et ainsi d'atténuer l'effet du choc SIDA. En revanche, pour des valeurs λ plus élevées l'effet de la ponction fiscale des dépenses de santé sur l'accumulation des facteurs de productivité devient trop important et fait plus qu'annuler les effets bénéfiques de celles ci. Toutefois, l'aide internationale n'est pas soumise à cet arbitrage, puisqu'on peut alors financer des dépenses de santé supplémentaires dans les pays en développement sans pour autant faire augmenter la pression fiscale.

Conclusion

Dans le modèle simplifié, nous avons utilisé deux hypothèses cruciales : *i*) le SIDA a un impact sur une variable de flux, à court terme (le flux de main d'œuvre disponible et capable de travailler à un instant t de l'économie) ; *ii*) le SIDA a un impact sur une variable de stock, à long terme (le capital santé de la population). La prise en compte de l'interaction entre ces deux conséquences, intégrée dans une modélisation de la production cohérente, suffit à renverser les pronostics habituels fondés sur une évolution relativement linéaire des économies. Une trappe « d'involution » apparaît, correspondant à une modification du régime

de croissance de long terme de l'économie.

Insérer ici figure 4

Les quantifications de l'impact macroéconomique du SIDA sur les pays en développement n'en sont qu'à leur commencement. La sensibilité des études aux modèles structurels utilisés pour la prévision est un point délicat. Notamment l'apparition d'effets de seuil et de bifurcations remet en cause les pronostics d'évolutions. Ainsi, en utilisant les terminologies des prévisionnistes, il apparaît que le « *base-case scenario* », *i.e.* l'évolution virtuelle de l'économie pour un choc supposé nul, est *après une bifurcation* totalement perturbé par le choc lui-même, ce qui invalide les quantifications d'impact analysées en différences premières. Les comportements économiques, en incorporant la permutation de l'équilibre de long terme due au choc (la bifurcation), sont déjà altérés[15], ce qui rend vaine – ou au minimum trompeuse – l'utilisation d'un scénario central.

[15] Cet argument est proche de celui évoqué dans la « critique de Lucas » des modèles économétriques.

Références bibliographiques

Ainsworth, M. et M. Over, 1994 : « AIDS and African development », *World Bank – Research Observer*, 07/1994, 9(2).

Arndt, C. et J. Lewis, 2000 : « The Macro Implications of HIV/AIDS in South Africa: A Preliminary Assessment », *South African Journal of Economics*, 68(5), 856-87.

Azariadis C. et A. Drazen, 1990 : « Threshold Externalities in Economic Development », *Quarterly Journal of Economics*, 1990, 105(4), pp. 501-526.

Banque Mondiale, 2001 : « Lesotho: The Development, Impact of HIV/AIDS - Selected Issues and Options », Report No. 21103-LSO, « Swaziland: Selected Development Impact of HIV/AIDS », Report No. 22044-SW, « Namibia: Selected Development Impact of HIV/AIDS », Report No. 22046-NA.

Barnett T. et P. Blaikies, 1992 : *AIDS in Africa : its present and future impact*, Belhaven Press.

Bell, C., S. Devaradjan et H. Gersbach, (2003), « The Long-Run Economic Costs of AIDS: Theory and an Application to South Africa », *Policy Research Working Paper n°3152* (World Bank).

Bell, C., S. Devaradjan et H. Gersbach, (2004), « Thinking about the Long-Run Economic Costs of AIDS », *in* Haacker, M. (ed.), *The Macroeconomics of HIV/AIDS*, IMF.

Bonnel, R., 2000 : « HIV/AIDS and Economic Growth : A Global Perspective », *South African Journal of Economics*, 68 (5), pp 820-55.

Couderc, N. et B. Ventelou (2005), « AIDS, economic growth and epidemic trap in Africa », à paraître in *Oxford Development Studies*.

Cogneau D. et M. Grimm (2003), « Socio-economic status, sexual behaviour, and differential AIDS mortality », *working paper DIAL-IRD.*

Cuddington, J. T., 1992 : « Modelling the Macroeconomic Effects of AIDS, with an Application to Tanzania », *World Bank Economic Review*, 7 (2), 172-189.

Cuddington, J. T. et J. Hancock, 1995 : « The Macroeconomic Impact of AIDS in Malawi : a dualistic, Labour Surplus Economy », in the *Journal of African Economies*, 05/1995, 4 (1).

Forgy, L., 1993 : « Mitigating AIDS: The Economic Impacts of AIDS in Zambia and Measures to Counter Them », REDSO/ESA.

Haacker, M., 2002 : « Modeling the Macroeconomic Impact of HIV/AIDS », IMF Working Paper, 02/195.

Haacker, M., 2004 : « HIV/AIDS: The Impact on the Social Fabric and the Economy », in Haacker, M. (éd.) *The Macroeconomics of HIV/AIDS*, IMF.

Hancock, J. et *alii*, 1996 : « The Macroeconomic Impact of AIDS », *AIDS in Kenya*, FHI : Washington, DC.

Kambou, G., Devaradjan S. et M. Over, 1992 : « The Economic Impact of AIDS in an African Country: Simulations with a Computable General Equilibrium Model of Cameroon », *Journal of African Economies*, 1 (1).

Lloyd-Ellis, H. et J. Roberts 2002 : « Twin Engines of Growth », *Journal of Economic Growth*, 7 (2), June.

Lucas, R., 1988 : « On the mechanics of economic developpement », *Journal of monetary economics*, 22, pp: 3-42.

Morris, C. N. et E. J. Cheevers, 2000 : « The Direct Costs of HIV/AIDS in a South African Sugar Mill », *AIDS Analysis Africa*, 10 (5), pp. 7–8.

Naidu, V., 2003, « Economic Impact of HIV/AIDS on Urban Households – A Pilot Study in Soweto », *www.jeapp.org.za/attachment.php?attachmentid=14*.

Ndongko, T., 1996 : « A preliminary study of the socio-economic impact of HIV/AIDS in Africa », in *Africa development*, XXI (1).

Over, M., 1992 : « The Macroeconomic Impact of AIDS in Sub-Saharan Africa », *The World Bank*, Technical working paper, n°3.

Sanderson, W. et *alii*, 2001 : « Namibia's Future : Modeling Population and Sustainable Development Challenges in the Era of HIV/AIDS », 02/2001, *IIASA*, Austria.

Steinberg,M. *et al*., 2002 : « Hitting Home: How Households Cope with the Impact of the HIV/AIDS Epidemic », *Publication n°6059*, Washington: Kaiser Family Foundation.

Touzé, V. et B. Ventelou, 2002 : « SIDA et développement : un enjeu mondial », *Revue de l'OFCE*, mars.

Wils A. et *alii*, 2001 : « Mozambique's Future : Modeling Population and Sustainable Development Challenges », 02/2001, *IIASA*, Austria.

Figure 1 – Croissance et effet de seuil

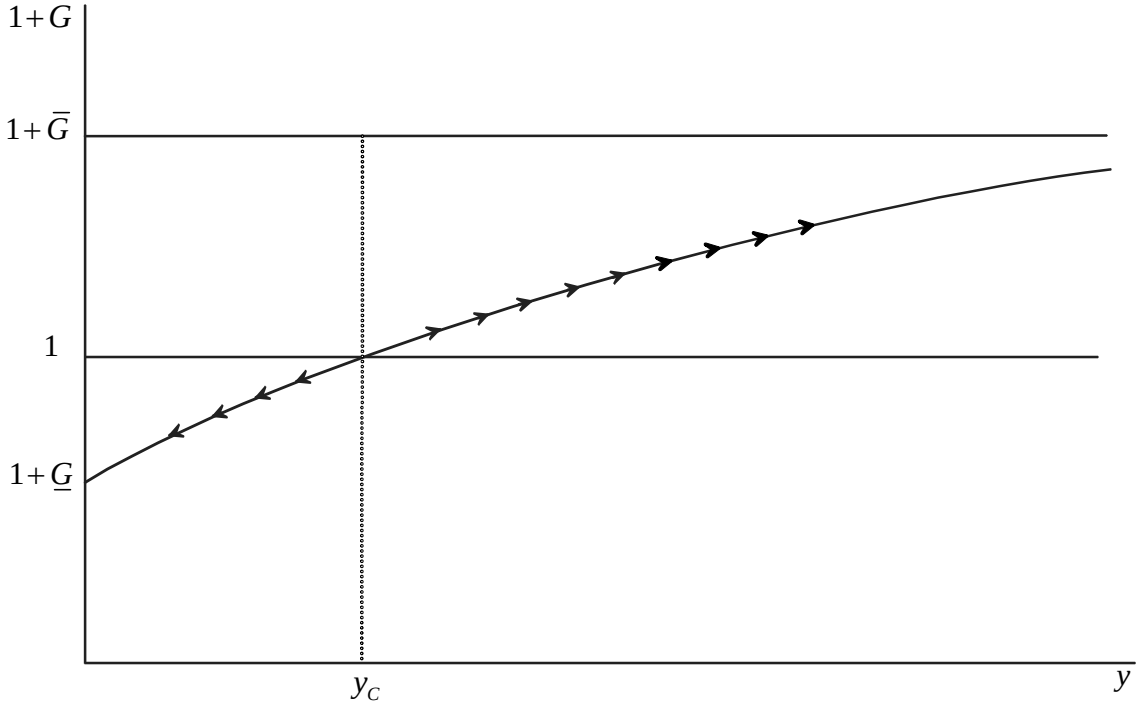

Figure 2 – Le scénario dépressif

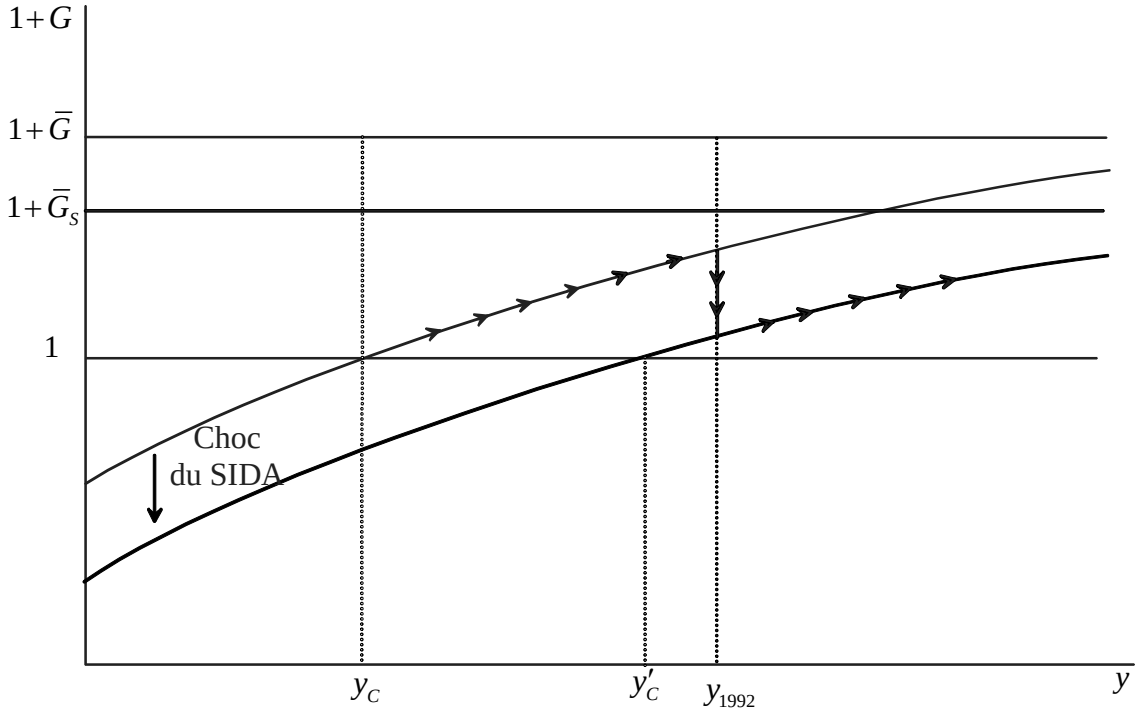

Figure 3 – Le scénario catastrophique

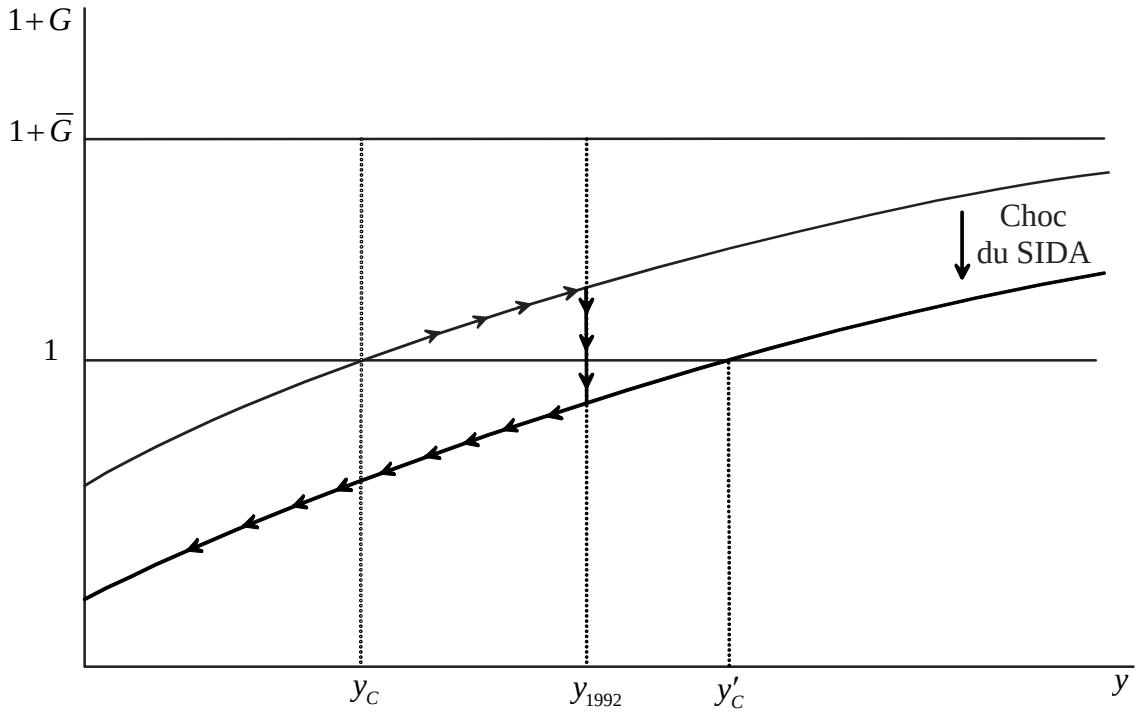

Figure 4 – Deux réactions possibles à un choc épidémiologique

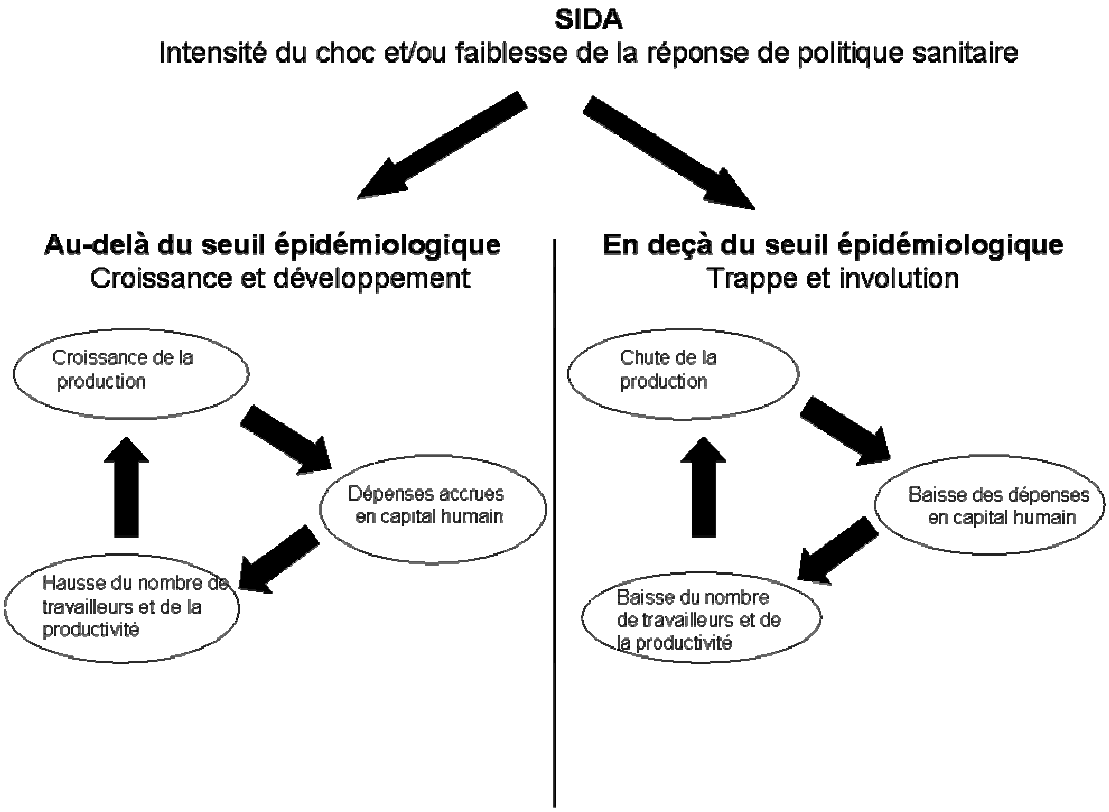

Tableau 1 – Taux de prévalence, croissance économique et espérance de vie

Taux de prévalence	Réduction du taux de croissance par tête (1)	Années perdues d'espérance de vie (2)
5 %	-0,6	4,7
10 %	-0,8	9,4
15 %	-1	14,1
20 %	-1,2	18,8
30 %	-1,4	28,2

Sources : (1) : R. Bonnel (2000). (2) : calculs de Touzé et Ventelou (2002) d'après les données du *US Census Bureau*, *Population Reference Bureau*, et OMS. L'étude de Bonnel (2000) fournit une estimation économétrique qui tente de relier les taux de croissance aux taux de prévalence, en filtrant les autres facteurs explicatifs tels que l'environnement institutionnel, le capital physique et le capital humain. L'estimation est réalisée pour les économies africaines sur des données observées entre 1990 et 1997.

Tableau 2 – Réduction du PNB imputable au VIH/SIDA

Pays	Baisse moyenne du PNB (en points de croissance annuelle)	Période	Source
30 pays africains sub-sahariens	[0,8 ; 1,4]	1990-2025	Over (1992)
Cameroun	2	1987-1991	Kambou et *alii* (1992)
Zambie	[1 ; 2]	1993-2000	Forgy (1993)
Tanzanie	[0,8 ; 1,4]	1991-2010	Cuddington (1992)
Kenya	1,5	1996-2005	Hancock et *alii* (1996)
Mozambique	1	1997-2020	Wils et *alii* (2001)
Afrique du Sud	[0.8; 1]	1997-2010	Arndt et Lewis (2000)
47 pays	0.7	1990-1997	Bonnel (2000)
Botswana, Lesotho, Namibie	[1; 1.5]	2001-2015	Banque Mondiale (2001)

Sources : Articles cités, les intervalles donnent l'amplitude de l'impact selon les scénarios étudiés.

Tableau 3 – Conséquences économiques du SIDA dans le modèle

Canal	Variable du modèle	Horizon
Taux d'activité (effet *quantitatif* du SIDA sur l'offre de travail)	L/N, part de la population totale capable de travailler	Court
Productivité des travailleurs (effets *qualitatif* du SIDA sur l'offre de travail)	H, « capital humain »	Long
Taux d'investissement public	D, dépense publique productive	Long
Investissement privé	K, capital physique formé à court terme (déséquilibre et besoin de financement de l'économie possibles)	Court
Taux d'épargne privé	K, capital physique disponible à long terme (économie et financement équilibrés : taux d'intérêt endogène)	Long