

MODELISATION TECHNICO-DEMOGRAPHIQUE DES FUTURS ALIMENTAIRES DU BURKINA FASO

Jean-François RUAS et Michel BENOIT-CATTIN

RESUME

Les effets des interactions entre les croissances démographique, urbaine et rurale, et les gains de productivité en agriculture sur l'autosuffisance céréalière d'un pays peuvent être quantifiés de façon dynamique.

La modélisation des mécanismes de la transition démographique est confrontée à divers scénarios dits de transition technique.

Les calculs faits, pour le cas du Burkina Faso, permettent d'évaluer, à moyen et long terme, les effets de différentes hypothèses d'évolution de la productivité agricole.

Il est possible de mettre en évidence les effets différents et les interactions entre les gains de productivité de la terre (amélioration des rendements) et l'amélioration de l'efficacité du travail (superficie cultivée par actif).

MOTS-CLES

Modélisation - Démographie - Alimentation - Prospective - Burkina Faso.

INTRODUCTION

Les réflexions sur le devenir des agricultures des pays du Sahel prennent souvent, comme point de départ, la contradiction entre des taux élevés de croissance démographique et d'urbanisation face à une production agricole stagnante (CILSS-Club du Sahel - OCDE, 1987 et BOSERUP, 1970).

Dépasser cette contradiction suppose une amélioration de la productivité de l'agriculture (CIRAD, 1990). Pour mieux évaluer les implications de ce constat il est nécessaire de quantifier les phénomènes.

La capacité d'un pays comme le Burkina Faso à couvrir ses besoins alimentaires peut être évaluée en première approche par rapport à sa capacité à produire des céréales en quantité suffisante.

L'évolution des besoins quantitatifs en céréales alimentaires suit l'évolution de la population totale alors que la production dépend des surfaces mises en culture et des rendements obtenus.

Identifier les limites majeures à l'autosuffisance alimentaire du pays peut donc se faire en comparant les évolutions de la production et de la consommation et en tenant compte des hypothèses faites sur les évolutions de la démographie et de la productivité agricole.

Les démographes organisent leurs hypothèses de travail en termes de «transition démographique» (CHESNAIS, 1990) dont on proposera une version simplifiée. Pour ce qui est des hypothèses sur l'évolution des techniques, par analogie, des scénarios de "transition technique" peuvent être établis.

Les interactions entre ces deux transitions (LECAILLON, 1990, p 185) peuvent être calculées de façon assez simple et leurs conséquences mises en évidence moyennant un minimum d'hypothèses.

I — MODELISATION DE LA TRANSITION DEMOGRAPHIQUE

Les travaux promus par le CIRAD, le GRET et l'ORSTOM en 1988-89 sur la « prospective des déséquilibres mondiaux » et ayant fourni la matière première de « 2100, récit du prochain siècle » (GAUDIN, 1990) ont eu pour point de départ des projections démographiques au niveau mondial prévoyant une stabilisation de la population mondiale vers 2100 au niveau de 12 milliards d'habitants. Les calculs faits reposent sur la généralisation, dans les différentes aires socio-culturelles du modèle, de la transition démographique (GAUDIN, 1990, pp 256-257).

la transition
démographique

Ces modèles sont construits par strates d'âges; pour chaque strate sont appliquées des fonctions d'accroissement et de réduction d'effectifs propres à la dynamique du groupe et la population totale est obtenue par sommation des effectifs de chaque groupe élémentaire (PRESSAT, 1981).

Ce type de modèle permet de mettre en correspondance un grand nombre de déterminants économiques et culturels et la structure, la dynamique et l'effectif d'une population.

Ces calculs complexes mettent en évidence la transition démographique qui se déroule en quatre périodes :

peut être
décomposée par
strates d'âges

- La première période durant laquelle la population croît faiblement avec des taux de natalité et de mortalité élevés ;
- La seconde période est caractérisée par une chute de la mortalité alors que la natalité reste élevée et voit donc le taux de croissance démographique s'accroître ainsi que le niveau de la population ;
- Pendant la troisième période la natalité chute à son tour, ce qui occasionne une baisse du taux de croissance de la population ;
- La quatrième période voit la natalité et la mortalité s'équilibrer à leur niveau bas ce qui induit un taux de croissance démographique proche de zéro correspondant à une stabilisation de la population.

ou de façon plus
simplifiée

Un modèle plus agrégé a été construit en supposant que natalité et mortalité évoluaient de la même façon mais avec un décalage dans le temps. Ces deux indices sont supposés suivre une fonction logistique du type :

$$x(t) = K/(1+e^{-r(t-t_0)})$$

Ce type de fonction est généralement utilisé pour rendre compte de l'évolution des populations (HILLION, 1986). En effet, la fonction logistique correspond au mécanisme naturel de croissance ou de décroissance d'une variable, freiné par le niveau de sa valeur (x) et par la résultante d'autres paramètres que l'on considère comme constante (b).

$$dx/dt = r(x,t)*x \text{ avec } r(x,t) = R-(b*x)$$

on notera que $K=R/b$.

1. Etalonnage du modèle

Les courbes de natalité et de mortalité construites doivent être conformes aux données existantes provenant des statistiques disponibles et des modèles complexes de simulation démographique.

données fournies par
les statistiques
nationales

Au Burkina Faso, d'après les statistiques nationales (1985), le taux brut de natalité semble rester stable aux alentours de 5,5 %; par contre le taux brut de mortalité décroît fortement (3,2 % en 1960, 2,2 % en 1976, et 1,9 % en 1985). Ces résultats sont cohérents avec les projections effectuées par la FAO qui prévoient une baisse du taux de l'accroissement démographique durant la décennie 90, avec une période de transition démographique relativement courte, c'est-à-dire de l'ordre de 50 à 75 ans, et à terme une population stationnaire de l'ordre de 32 millions d'individus.

respectant l'allure de la courbe

L'étalonnage des courbes logistiques nécessite la connaissance des taux de natalité et de mortalité initiaux et finaux, de la date supposée du point d'inflexion, et de l'intensité du «freinage» du phénomène.

Les taux initiaux de natalité et de mortalité ont été supposés égaux à 5,5 % et les taux finaux à 1,2 %. Ces taux correspondent aux situations extrêmes observables dans le monde.

Les points d'inflexion des courbes de mortalité et de natalité se situent de façon symétrique par rapport à 1990, (respectivement en 1960 et 2020), date retenue pour l'amorce de la baisse du taux de croissance démographique. Le décalage entre les points d'inflexions des courbes de natalité et de mortalité a été évalué à 60 ans ce qui correspond à une transition démographique courte. Les coefficients de «freinage» ont été déduits des données statistiques disponibles.

Le modèle démographique simple est donc composé :

- du modèle natalité :

$$\text{nat}_t = \text{nati} - ((\text{nati} - \text{natf}) / (1 + \text{EXP}(0.085 * (2020 - t))))$$

$$\text{nati} = 55$$

$$\text{natf} = 12$$

où nat_t est le taux de natalité à l'année t , nati est le taux de natalité initial, natf le taux de natalité final.

- du modèle mortalité :

$$\text{mort}_t = \text{morti} - ((\text{morti} - \text{mortf}) / (1 + \text{EXP}(0.065 * (1960 - t))))$$

$$\text{nati} = 55$$

$$\text{natf} = 12$$

où mort_t est le taux de mortalité initial, mortf le taux de mortalité final.

Le taux de croissance démographique se déduit des taux de natalité et de mortalité :

$$\text{Txdemo} = \text{nat}_t - \text{mort}_t$$

La variation de la population et son effectif année par année seront calculés par les équations suivantes :

$$\text{Pop}_t = \text{Pop}_{t-1} * (1 + \text{Txdemo}) \text{ ou :}$$

$$\text{Pop}_t = \text{Pop}_{t-1} * (1 + (\text{nat}_t - \text{mort}_t))$$

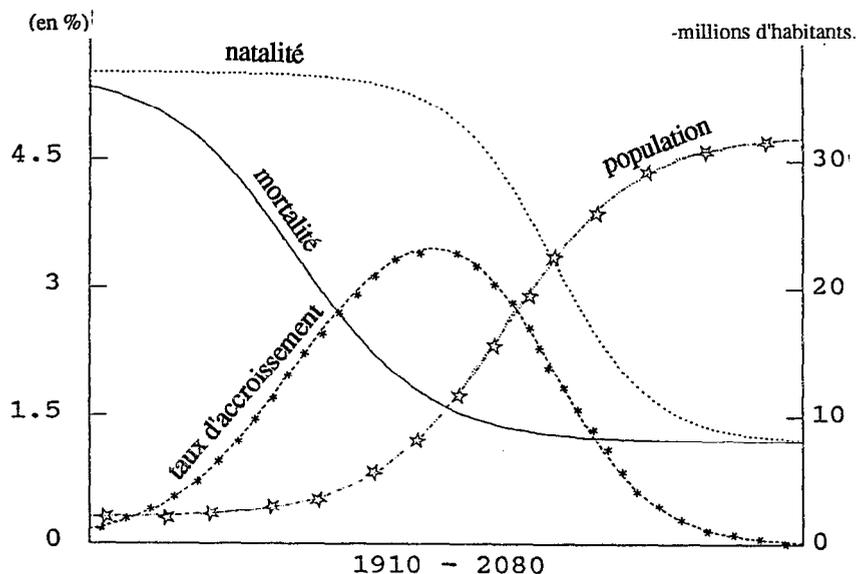
$$\text{Pop}_i = 7900$$

et calcul du taux de croissance démographique

2. Représentation graphique

Les résultats obtenus avec ce modèle démographique sont représentés, pour la période 1910-2080 (Fig. 1), dans le but de bien visualiser l'évolution des différentes variables durant toute la transition démographique.

Fig. 1 — Transition démographique



II — MODELISATION DE LA TRANSITION TECHNIQUE

L'observation de la diffusion des nouvelles techniques montre qu'elle se fait en suivant une courbe en «S» (GAUDIN, 1990, p 75). De même qu'on a parlé de transition démographique, on parlera de transition technique pour décrire ce passage progressif, plus ou moins rapide, d'un état de départ à un état d'arrivée.

évaluer la pénétration d'une innovation

De telles courbes ont pu être tracées en milieu tropical pour illustrer le rythme de diffusion de l'intensification dans le bassin arachidier du Sénégal (BENOIT-CATTIN, 1986, pp 109-132).

La formalisation mathématique peut avoir recours, comme en démographie, à la courbe logistique.

Les composantes de la productivité.

Pour une période de temps donnée (année ou campagne agricole) :

- La productivité de la terre est le rendement, c'est-à-dire la production par unité de surface cultivée (prod/sc).

- La productivité du travail correspond à la production par actif ou par habitant (prod/pop).

Ces deux productivités sont liées par la relation tautologique :
productivité de la terre * surface cultivée par habitant = productivité du travail,
ou encore :
 $prod/sc * sc/pop = prod/pop$.

le travail est effectué par tous

La productivité du travail ainsi que la capacité de travail (surface cultivée par habitant) sont évaluées par rapport à la population rurale totale et non par rapport aux seuls actifs. En effet, d'une part en économie paysanne tous les membres du foyer participent à la production agricole, et d'autre part la capacité de production dépend d'un nombre important de facteurs qu'il n'est ni nécessaire ni possible de décomposer à ce niveau d'agrégation (par exemple : forme de la pyramide des âges, taux d'intensification en capital, taux de morbidité...).

la productivité de la terre dépend des biens d'équipement

mais aussi des consommations intermédiaires

La productivité de la terre et la capacité de travail ne sont pas totalement indépendantes. La capacité de travail dépend de l'intensification en biens d'équipement, c'est-à-dire dans le cas des agricultures sahéliennes sous pluie du passage de la culture manuelle à la culture attelée et à la culture motorisée. On sait qu'un bon usage de biens d'équipement peut avoir un effet positif sur la productivité de la terre (amélioration du travail du sol, calendrier agricole mieux maîtrisé etc). La productivité de la terre par contre est très largement en relation avec l'emploi de consommations intermédiaires telles que semences améliorées, engrais et produits phytosanitaires. Dans le modèle nous pourrions faire progresser à des rythmes différents ces deux composantes de l'intensification agricole.

Cette transition technique sera développée dans le modèle par une évolution de type logistique de la productivité de la terre et de la capacité de travail. Comme pour le modèle démographique, les équations seront du type :

$$x(t) = K / (1 + e^{-r(t-t_0)})$$

des équations mathématiques prennent en compte tous les facteurs

Le modèle de transition technique a été paramétré de façon à ce que 99 % de la transition technique soient effectués en cinquante ans entre 1990 et 2040, et que 90 % soient réalisés en trente ans, ceci se traduit au niveau de l'équation par $r = 0.186$ et $t_0 = 2015$.

L'équation de transition de la productivité de la terre sera :

$$rdt = 400 * (1 + ((Tr-1) / (1 + EXP(0.186 * (2015 - an))))))$$

où Tr est le taux de multiplication du rendement envisagé (initialement supposé égal à 400 kg de céréales).

On exprime de même la capacité de travail par habitant :

$$captrav = 0.55 * (1 + ((Tc-1) / (1 + EXP(0.186 * (2015 - an))))))$$

Tc est le taux de multiplication de la capacité de travail (initialement estimée à 0,55 hectare par rural).

III — INTERACTIONS ET REGULATIONS

Le modèle s'articule autour de quatre variables principales qui interagissent : la production, les livraisons, l'exode rural et les importations.

les variables sont
reliées par des
mécanismes
préalablement fixés

Pour mettre en relation ces variables, on supposera que :

- Tout le cultivable est cultivé au prorata de la capacité de culture de la population rurale ;
- Le besoin alimentaire de base est de 200 kg de céréales par habitant et par an, qu'il soit urbain ou rural ; il est d'abord couvert par la production du pays, puis par des importations si nécessaire ; une consommation croissante de viande non produite avec des céréales contribuerait à réduire ce besoin alors que, si cette viande (cas des volailles) est produite à partir de céréales, on aurait l'effet inverse ;
- Les habitants restent dans le secteur rural tant que leur alimentation de base est assurée, ensuite ils migrent vers les villes : c'est un exode alimentaire ;
- La population rurale n'est pas forcément toute nécessaire à la production de céréales tout en étant nourrie : elle est disponible pour d'autres activités ;
- Quand les besoins alimentaires du pays sont couverts, la production de céréales s'arrête, terre et travail devenant disponibles notamment pour des productions exportables ou non alimentaires comme le coton.

La population rurale produit de préférence des céréales et est limitée soit par la quantité de travail qu'elle peut fournir soit par la superficie en terre cultivable. La production céréalière totale est évaluée par le produit de la surface cultivée par le rendement. La surface cultivée est estimée par le minimum de la surface cultivable (contrainte de terre) ou du produit de l'effectif de la population rurale par la surface cultivée par habitant (contrainte de travail).

L'équation de production est donc :

$$\bullet \text{ prod} = \text{MIN}((\text{poprural} * \text{captrav} * \text{rdt}), (\text{surfagri} * \text{rdt}))$$

prod est la production (en tonnes),

poprural la population rurale (en 1000 habitants),

rdt le rendement (en tonnes par 1000 hectares) ;

captrav est la capacité de travail (en surface cultivée par habitant en hectare par habitant) ;

surfagri est la surface totale agricole ou cultivable (en 1000 hectares).

des équations
permettent d'estimer
l'évolution

Dans le cas du Burkina Faso, la population rurale est évaluée à 5 200 000 habitants en 1985 [BURKINA, 1985]. Cette évaluation a été faite en considérant comme ruraux les habitants des villages de moins de 2 000 habitants et 50 % des habitants des villes de 2 000 à 5 000 habitants. Ce qui donne pour la population rurale initiale :

$$\bullet \text{ poprurali} = 5\ 200$$

des productions

de la population
urbaine

De même la population urbaine, en 1985, est évaluée à 2 700 000 habitants :

$$\bullet \text{ popurbi} = 2\ 700$$

La surface totale cultivable est la superficie où il est possible de pratiquer des cultures céréalières avec des rendements équivalents à ceux constatés sur les parcelles actuellement cultivées. Au Burkina Faso cette surface est évaluée à 4 000 000 d'hectares :

$$\bullet \text{ surfagri} = 4\ 000$$

de la surface
cultivable

La différence entre la production agricole et l'autoconsommation (à raison de 200 kg par rural) constitue les livraisons qui seront commercialisées vers les zones urbaines. Les livraisons seront donc calculées par l'équation :

$$\bullet \text{ livraison} = \text{prod} - (200 * \text{poprural})$$

des productions
commercialisables

La structure de cette équation permet à la variable livraison d'être positive ou négative ; or nous avons supposé qu'en aucun cas la population rurale ne serait déficitaire en céréales et qu'un mécanisme de régulation, l'exode rural, se déclencherait de façon à rétablir un niveau de population tel que le taux de couverture en céréales reste supérieur ou égal à 1 pour les populations rurales. Le volume de cet exode est égal au déficit céréalier enregistré divisé par la ration alimentaire moyenne :

$$\text{Si livraison} < 0, \text{ alors exode} = - (\text{livraison}/200), \text{ sinon exode} = 0$$

et des mécanismes de régulation tels que l'exode rural

Cette équation de régulation autorise un exode rural vers les villes, non l'inverse. De ce fait les populations rurales et urbaines évolueront dans le temps suivant le schéma démographique exposé en première partie avec comme composante supplémentaire l'exode rural :

$$\bullet \text{ Poprural}_t = (\text{Poprural}_{t-1} * (1 + \text{demo}_t)) - \text{exode}$$

$$\text{Poprural}_1 = 5\ 200$$

$$\bullet \text{ Popurb}_t = (\text{Popurb}_{t-1} * (1 + \text{demo}_t)) + \text{exode}$$

$$\text{Popurb}_1 = 2\ 700$$

Les livraisons sont consommées par les populations urbaines (la ration par urbain est la même que celle des ruraux : 200 kg/hab) ; la différence entre les besoins des urbains et les livraisons sera compensée par les importations ou l'apparition d'un surplus exportable, soit :

$$\text{Si } (\text{livraison} - (\text{popurb} * 200)) > 0, \text{ export} = (\text{livraison} - (\text{popurb} * 200)), \text{ sinon export} = 0$$

$$\text{Si } (\text{livraison} - (\text{popurb} * 200)) < 0, \text{ import} = ((\text{popurb} * 200) - \text{livraison}), \text{ sinon import} = 0$$

Borner la production céréalière à la couverture des besoins nationaux peut limiter la surface à cultiver ainsi que la population rurale active nécessaire à cette production.

La surface cultivée nécessaire est égale à la production nécessaire divisée par le rendement :

$$\bullet \text{ prodnec} = \text{prod} - \text{export}$$

$$\bullet \text{ surfcult} = \text{prodnec} / \text{rdt}$$

La population rurale engagée dans la production céréalière est égale à la production nécessaire divisée par la productivité du travail :

$$\text{poprucc} = \text{prodnec} / (\text{rdt} * \text{captrav})$$

IV — LES INDICATEURS

Au cours du temps, année après année, les variables évoluent et interagissent. Pour mieux suivre ce qui se passe, selon les hypothèses faites, on a calculé un certain nombre de ratios caractéristiques.

Les ratios utilisés sont des grandeurs sans dimension, rapports de deux variables de même unité, ce qui permet d'évaluer l'importance relative de l'une par rapport à l'autre.

l'évolution des variables se traduit par des indicateurs de tendance

Ces indicateurs de tendance concernent :

- le taux national de couverture en céréales,
- le taux d'urbanisation,
- le taux d'emploi dans la production céréalière en zone rurale,
- le taux d'occupation de la surface agricole.

Le taux national de couverture en céréales est le rapport entre les besoins en céréales et la production ; ce taux ne peut être supérieur à 1 vu que les exportations ont été rendues impossibles.

Ce taux TCC s'écrit :

$$\bullet \text{ TCC} = \text{prodnec} / (200 * (\text{poprural} + \text{popurb}))$$

Le taux d'urbanisation est le rapport entre la population urbaine et la population totale :

$$\bullet \text{ TURB} = \text{popurb} / (\text{poprural} + \text{popurb})$$

Le taux d'emploi dans la production céréalière, en zone rurale, est le rapport entre la population utile à la production nécessaire et la population rurale ; ce ratio rend compte d'une disponibilité en travail en zone rurale qui permettrait d'envisager une diversification des systèmes de production ou un exode de type économique vers des zones où il existe une demande de travail.

$$\bullet \text{ TEPC} = (\text{prodnec} / \text{prodtrav}) / \text{poprural}$$

Le taux d'occupation de la surface agricole est le rapport entre la surface cultivée et la surface totale à vocation agricole ; c'est un indicateur de saturation foncière.

$$\bullet \text{ TOSA} = \text{surfcult} / \text{surfagri}$$

V — LA POURSUITE DES TENDANCES

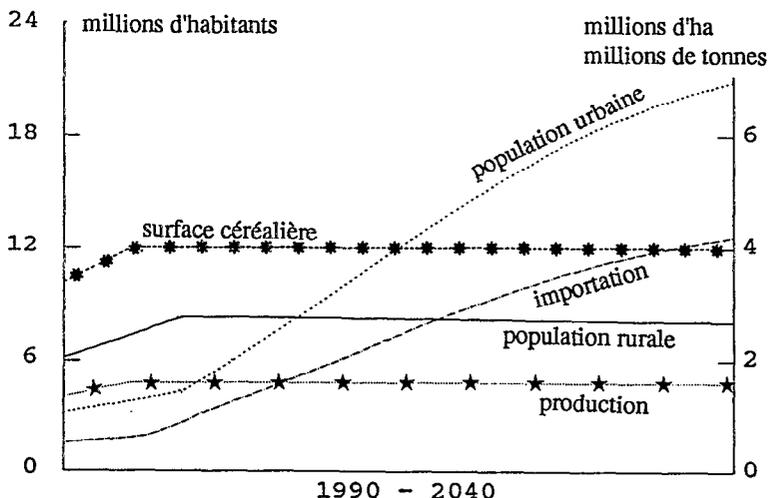
en conservant des paramètres stables

Une première simulation a été réalisée en considérant que les paramètres techniques restent stables pour toute la période 1990-2040 alors que la démographie poursuit son évolution selon le modèle de la transition démographique.

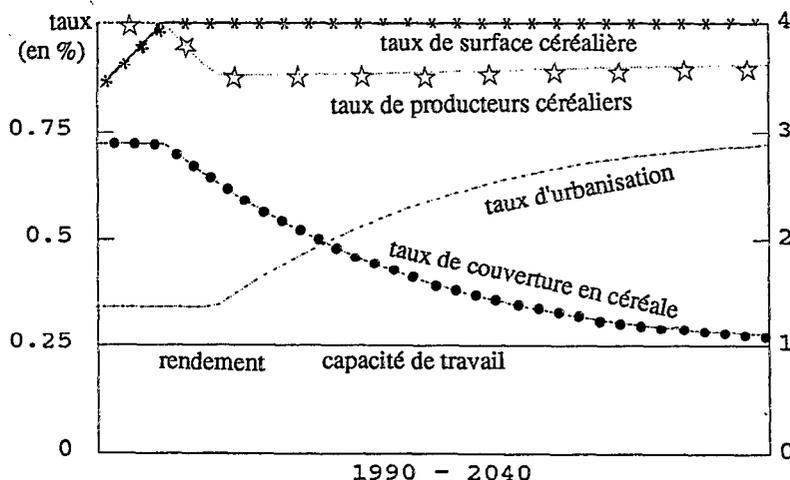
On constate, dans la Fig. 2, qu'un premier seuil est atteint en 2006 avec la saturation foncière. Tout l'espace cultivable est cultivé ce qui bloque la production. Un peu plus tard, lorsque cette production ne nourrit plus la population rurale, un deuxième seuil est atteint et le mécanisme d'exode «alimentaire» se met en place.

Fig. 2 — Poursuite des tendances

1) Evolution des variables



2) Evolution des indicateurs



le Burkina Faso se dirige vers une situation alimentaire bloquée

Par la suite la population rurale reste constante en autosuffisance alimentaire, alors que les villes doivent absorber toute la croissance démographique, urbaine comme rurale.

Les conséquences de cette saturation des ressources en terre et de la stabilisation de la population rurale apparaissent dans le graphe des indicateurs. Le taux de couverture en céréales du pays chute de 70 % à 30 %, et le taux d'urbanisation croît de 35 % à 72 %. Ce scénario tendanciel n'est pourtant qu'un minimum car il n'a été envisagé qu'un exode alimentaire et non pas un exode économique ou social pouvant intervenir plus tôt et plus intensément.

Cette simulation met en évidence que, si les conditions de production ne changent pas dans les décennies à venir, la situation alimentaire du Burkina Faso, en milieu urbain comme en milieu rural, est dans une impasse, et que d'autres phénomènes de régulation compenseront ce lourd déficit vivrier : hausse du taux de mortalité, dépendance alimentaire envers le reste du monde, explosion sociale et dérèglement institutionnel...

VI — LES PERSPECTIVES DE L'INTENSIFICATION

Le premier seuil atteint est celui de la saturation foncière connue comme principale incitation à l'intensification ; nous avons donc calé le processus de transition technique décrit plus haut pour qu'il commence à produire des effets autour de ce seuil.

Pour bien mettre en évidence les effets des deux composantes de la productivité que sont le rendement et la capacité de travail des ruraux et leurs interactions nous avons évalué les effets de plusieurs hypothèses :

- doublement et quadruplement de la capacité de travail ;
- doublement et quadruplement de la productivité de la terre ;
- quintuplement de la productivité du travail.

Les résultats de ces scénarios sont présentés graphiquement et les valeurs des principaux indices et variables sont donnés pour quatre années : 1990, 2000, 2015, 2040.

1. Impact de l'accroissement de la capacité de travail (Fig. 3 et 4)

L'effet d'un accroissement de la capacité de travail sans que le rendement évolue serait nul sur les variables quantitatives retenues : la production céréalière reste la même vu que la saturation des terres cultivées est rapidement atteinte, de ce fait l'exode alimentaire et les importations restent à leurs maximums.

Fig. 3 — Doublement de la capacité de travail.

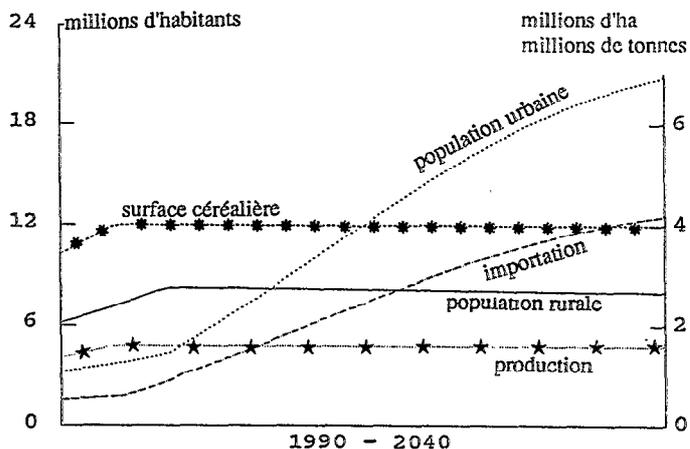
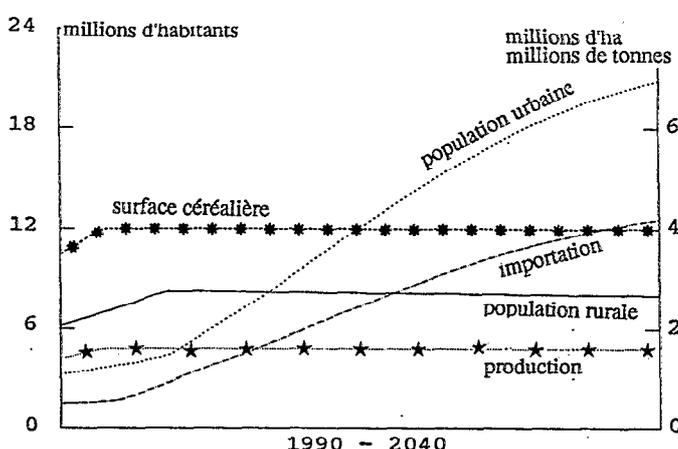
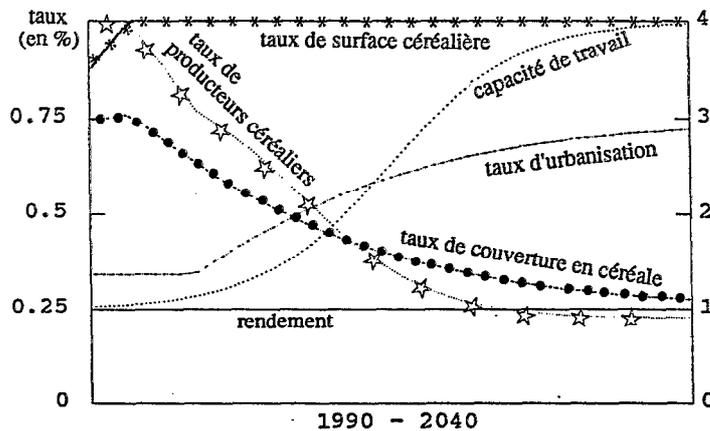
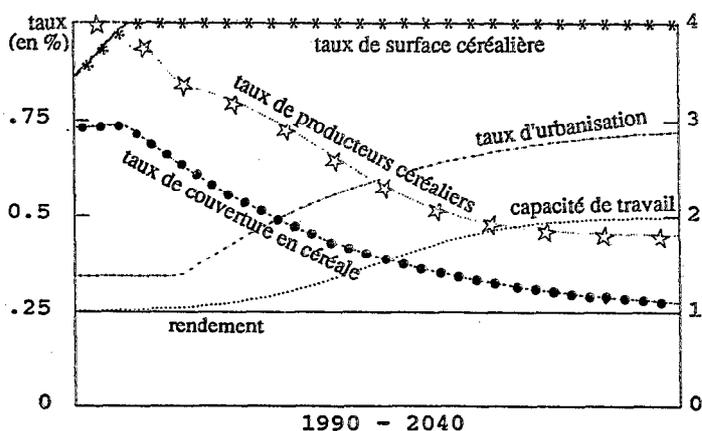


Fig. 4 — Quadruplement de la capacité de travail.



1) Evolution des variables

1) Evolution des variables



2) Evolution des indicateurs

2) Evolution des indicateurs

inactivité et exode rural

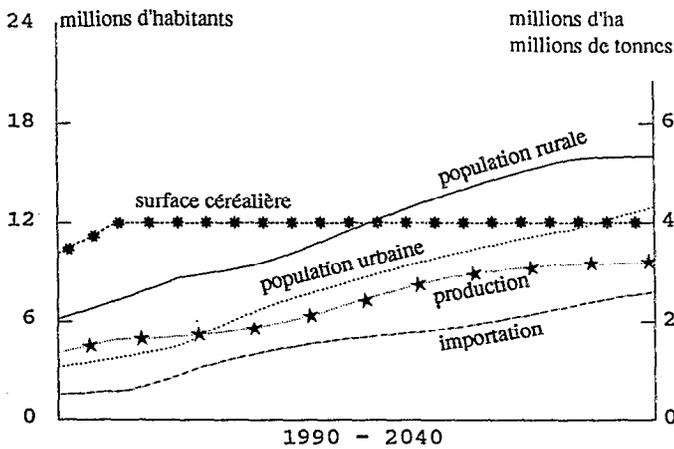
L'augmentation de la capacité de travail n'ayant pas amélioré les conditions de production, le taux de couverture en céréales, le taux d'urbanisation et le taux de surface céréalière restent les mêmes. Le seul impact est l'évolution du taux d'emploi dans la production céréalière en zone rurale qui chute en dessous de 50 % au lieu des 90 % obtenus sans évolution de la capacité de travail. Ce fort taux d'inactivité ou de sous emploi en zone rurale risque de stimuler un exode de type social et économique vers les zones urbaines qui pourtant, suivant ce schéma, seraient déjà largement surpeuplées (taux d'urbanisation projeté en 2040 de 70 %).

Globalement une politique d'augmentation de la capacité de travail, donc de productivité du travail fondée sur une intensification en biens d'équipement, même modeste, n'aurait pas d'impact sur les équilibres alimentaires mais par contre provoquerait de façon significative un fort taux d'inactivité rurale : 53 % pour une doublement de la capacité de travail, et 77 % pour un quadruplement à l'horizon 2040 ; on ne voit pas quelle activité économique non consommatrice de terre serait susceptible d'absorber toute cette main-d'œuvre.

2. Impact de l'accroissement de la productivité de la terre (Fig. 5 et 6)

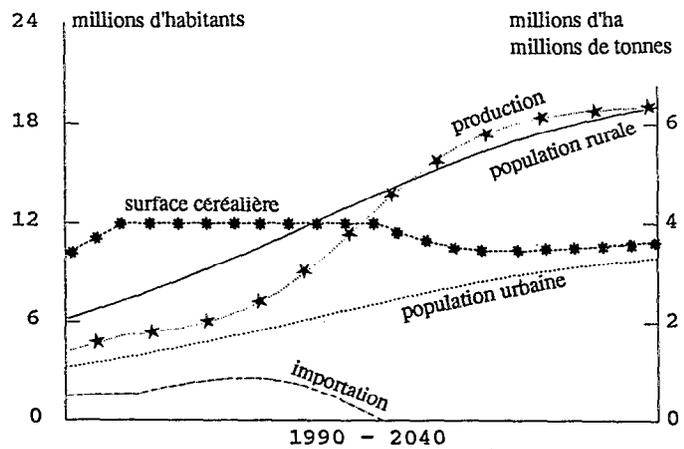
L'accroissement du rendement modifie de façon assez spectaculaire l'évolution des variables quantitatives. La production, au lieu de stagner à trois millions de tonnes, croît jusqu'à cinq millions pour une multiplication de la productivité par deux et dépasse six millions de tonnes pour une multiplication du rendement par quatre. La non proportionnalité s'explique par le fait que vers 2020 le taux de couverture en céréales atteint un, ce qui entraîne une libération progressive des terres.

Fig. 5 — Doublement de la productivité de la terre.

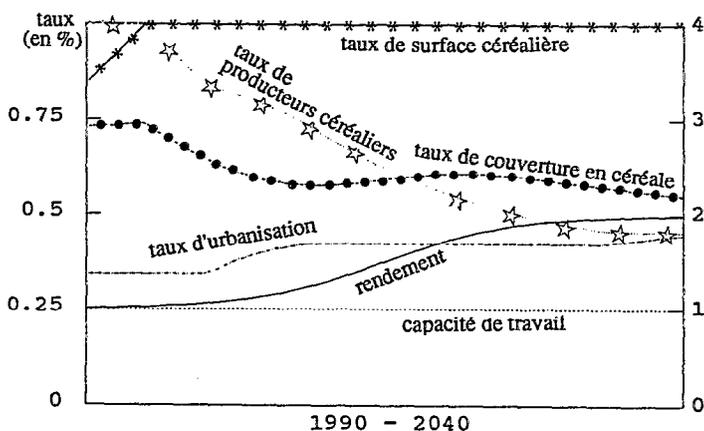


1) Evolution des variables

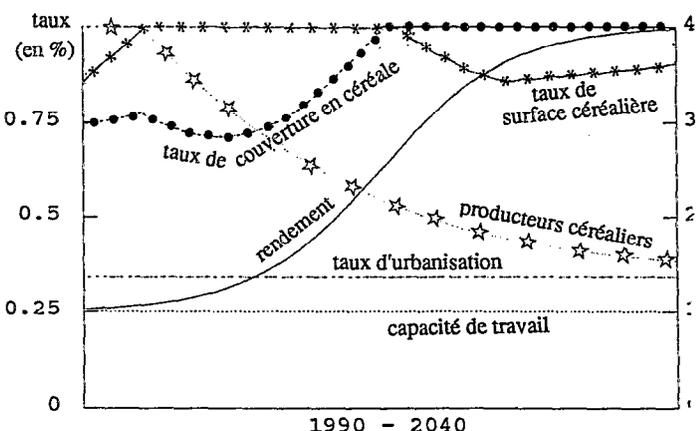
Fig. 6 — Quadruplement de la productivité de la terre.



1) Evolution des variables



2) Evolution des indicateurs



2) Evolution des indicateurs

l'accroissement de la production agit sur l'autosuffisance alimentaire

Suivant ce scénario, on constate une croissance continue de la population rurale pour un accroissement de rendement de deux avec un taux d'urbanisation de 45 % à l'horizon 2040, et un arrêt complet de l'exode alimentaire pour un accroissement de rendement de quatre et donc un taux d'urbanisation stabilisé à 32 %.

L'important accroissement de production entraîne une stabilisation du taux de couverture en céréales à 55 % pour une multiplication par deux du rendement et une autosuffisance alimentaire, dès les années 2020, pour une multiplication du rendement par quatre.

Les deux seuils des simulations précédentes: saturation en terre et début de l'exode alimentaire restent valables pour un doublement des rendements ; par contre pour un quadruplement, bien que la saturation foncière soit atteinte dans les mêmes délais, le seuil d'autosuffisance alimentaire en zone rurale n'est pas atteint ; on ne constate donc pas d'exode rural d'origine alimentaire, mais on atteint, à l'échelle des trente ans, une autosuffisance alimentaire au niveau national et par voie de conséquence une libération de terres disponibles pour d'autres productions sans compromettre l'autosuffisance alimentaire du pays, car de la main-d'œuvre nourrie est également disponible.

En effet les gains de rendement ont, comme dans le cas précédent, une incidence sur le taux d'emploi rural dans la production de céréales qui chute à 47 % en 2040 pour un doublement du rendement et à 40 % pour un quadruplement.

On constate donc que, à proportion égale, un accroissement de la productivité de la terre est bien plus efficace d'un point de vue alimentaire et social qu'un accroissement de la capacité de travail des ruraux.

3. Impact d'un accroissement de la productivité du travail

On a déjà vu que les moyens de l'intensification agricole pouvaient agir simultanément sur les rendements et sur la capacité de travail des ruraux, les deux se multipliant pour former la productivité du travail.

Deux cas d'accroissement de la productivité du travail seront proposés : l'un fondé sur une politique d'intensification davantage à base de biens d'équipement, l'autre davantage à base de consommations intermédiaires. Le gain de productivité du travail résultant est le même (5,6 fois celui de 1990) dans les deux situations, avec des proportions inversées : 3,1 pour le rendement et 1,8 pour la capacité de travail dans le modèle d'intensification en consommations intermédiaires, 1,8 pour le rendement et 3,1 pour la capacité de travail dans le modèle d'intensification en biens d'équipement.

l'autosuffisance peut être assurée et la main-d'œuvre libérée pour d'autres activités

Dans les deux simulations (Fig. 7), la surface disponible est saturée durant toute la période et reste donc un facteur limitant. Les principales différences, au niveau des variables quantitatives, sont :

- pour la politique d'intensification en consommations intermédiaires une stagnation des importations à un niveau inférieur au million de tonnes,

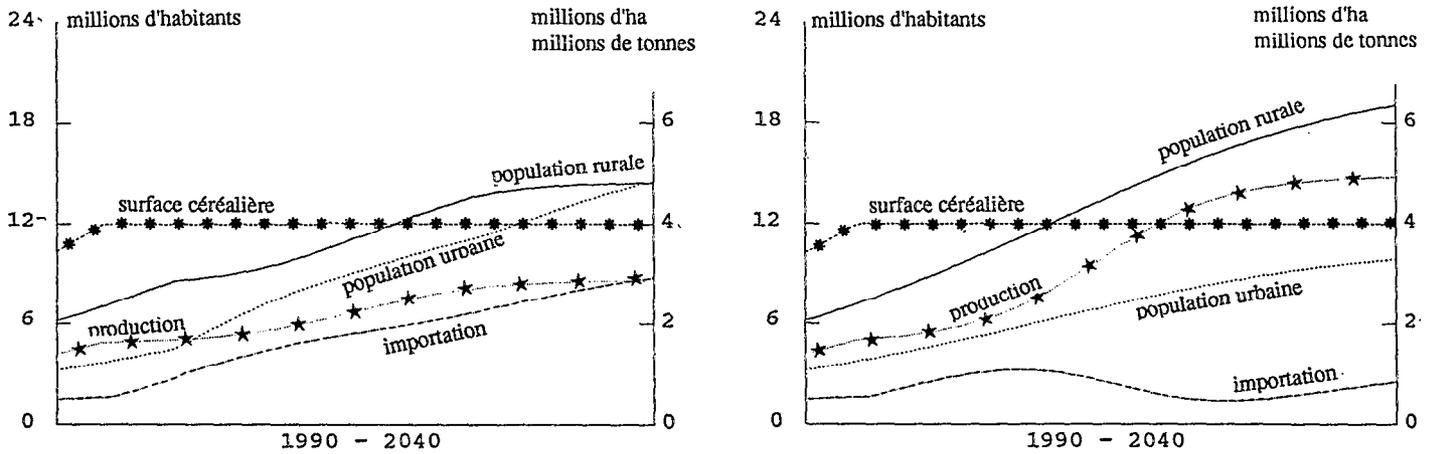
- pour le modèle d'intensification en biens d'équipement d'une part un niveau d'importation de l'ordre de trois millions de tonnes et une égalisation des populations rurales et urbaines à quinze millions d'habitants.

Au niveau des indicateurs, pour le modèle privilégiant la productivité de la terre, le taux de couverture en céréales se stabilise au dessus de 80 % et le taux d'urbanisation reste stable à 25 %.

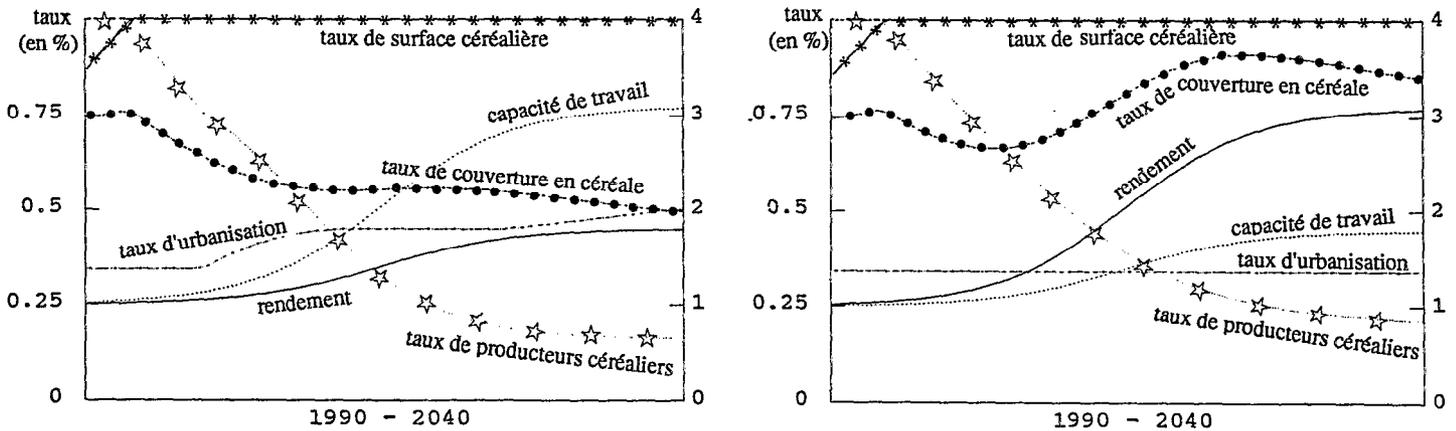
Dans les deux situations, le taux d'emploi dans la production céréalière chute de 100 % à 20 % de la population rurale.

Les hypothèses techniques faites, relativement modestes, permettent de prévoir un taux d'autosuffisance en céréales du pays à un bon niveau et la libération d'une main-d'œuvre nourrie importante et donc disponible pour un processus de diversification économique ; cependant un triplement des rendements ne suffit pas à libérer de la terre pour d'autres activités agricoles.

Fig. 7 — Quintuplement de la productivité du travail.



1) Evolution des variables



2) Evolution des indicateurs

CONCLUSION

L'exploration du champ des possibles pour l'agriculture à moyen et long terme peut se faire de façon assez simple moyennant quelques hypothèses qui permettent de quantifier les phénomènes. Cette quantification est intéressante car, d'une part elle conduit à expliciter l'allure qualitative des phénomènes dont on discute, d'autre part elle permet de mieux spécifier les interactions entre ces phénomènes. Ces préalables rendent alors possible l'évaluation quantitative et graphique des effets de la modification de tel ou tel coefficient correspondant à des dynamiques techniques ou démographiques envisageables.

Dans l'exemple présenté, on s'est situé à un niveau très agrégé et simplifié mais le même type de raisonnement pourrait être conduit à l'échelle de telle ou telle région agricole.

Une fois ce repérage global fait, il est possible d'affiner l'analyse des processus technico-économiques notamment à l'aide de programmes linéaires.

Tableau comparaison des scénarios

Rendement x	1	1	1	2	4	1.8	3.1
Capacité de travail x	1	2	4	1	1	3.1	1.8
1990							
Population totale	9351						
Taux d'urbanisation	34	34	34	34	34	34	34
Importation	520	520	520	520	520	520	520
Production	1354	1354	1354	1354	1354	1354	1354
Taux de couverture	72	72	72	72	72	72	72
Taux d'emploi	100	100	100	100	100	100	100
2000							
Population totale	13089						
Taux d'urbanisation	37	37	37	34	34	34	34
Importation	1016	1016	1016	884	729	905	799
Production	1600	1600	1600	1692	1878	1674	492
Taux de couverture	61	61	61	65	72	64	69
Taux d'emploi	88	83	75	84	84	76	81
2015							
Population totale	20233						
Taux d'urbanisation	59	59	59	42	34	45	34
Importation	2448	2448	2448	1664	204	1812	857
Production	1600	1600	1600	2400	4000	2240	3280
Taux de couverture	40	40	40	59	99	55	81
Taux d'emploi	89	59	35	62	55	32	39
2040							
Population totale	28938						
Taux d'urbanisation	72	72	72	45	34	50	34
Importation	4188	4188	4188	2603	0	2920	841
Production	1600	1600	1600	3185	5772	2867	4928
Taux de couverture	28	28	28	55	100	50	85
Taux d'emploi	90	45	23	45	38	16	21

BIBLIOGRAPHIE

- BENOIT-CATTIN M.**, 1986. Recherche et développement agricole : Les Unités expérimentales du Sénégal. Montpellier CIRAD-DSA, 500p.
- BOSERUP E.**, 1970. Evolution agraire et pression démographique. Paris : Flammarion.
- BURKINA**, 1985. Statistiques Nationales.
- CHESNAIS J-C.**, 1990. La démographie. Paris : PUF (coll Que sais-je ?).
- CILSS-CLUB DU SAHEL-OCDE**, 1987. Les politiques céréalières dans les pays du Sahel. Actes du colloque de Mindelo 1-6 décembre 1986, 572 p.
- CIRAD**, 1990. Le devenir des agricultures des pays du sahel. Séminaire international Montpellier actes (à paraître).
- GAUDIN T.**, 1990. (sous la direction de) ; 2100, récit du prochain siècle . Paris : Payot, 600 p.
- HILLION A.**, 1986. Les théories mathématiques des populations. Paris : PUF (coll Que sais-je ?).
- LECAILLON J-C.**, 1990. Démographie économique observation interprétation analyse. Litec économie.
- PRESSAT R.**, 1981. Les méthodes en démographie. Paris : PUF (coll Que sais-je ?).

Technico-demographic modelling of a food scenarios in Burkina Faso. — J. F. RUAS, M. BENOIT-CATTIN.

The effects of interactions between urban and rural population growth and increases in agricultural productivity on the covering of a country's cereal requirements can be quantified dynamically. The modelling of population transitions mechanisms is faced with several "technical transition" scenarios. Calculations for Burkina Faso enable medium and long-term evaluation of the effects of different hypotheses concerning the evolution of agricultural productivity. Different effects and interactions can be demonstrated between increased land productivity (improved yields) and improvement of labour effectiveness (area cultivated per worker).

Key words: Modelling, demography, food, prospects, Burkina Faso.

Modelización técnico-demográfica del futuro alimentación de Burkina Faso. --- J. F. RUAS, M. BENOIT-CATTIN.

Los efectos de las interacciones entre los crecimientos demográfico, urbano y rural y los aumentos de productividad en agricultura sobre la autosuficiencia cerealera de un determinado país, pueden ser cuantificados de una manera dinámica.

La modelización de los mecanismos de transición demográfica se confronta a diversos escenarios denominados de transición técnica.

Los cálculos realizados en el caso de Burkina Faso, permiten evaluar a mediano y largo plazo, los efectos de diferentes hipótesis y la interacción entre los beneficios de la productividad de la tierra (mejoramiento de rendimientos) y el mejoramiento de la eficacia del trabajo (superficie cultivada por activo).

Palabras claves : Modelización - Demografía - Alimentación - Prospectiva - Burkina Faso.