

Application de la Programmation Stochastique Discrète à l'évaluation de l'impact de la contrainte de crédit sur le revenu et la production agricoles dans la basse vallée de l'Ouémé

By

Kpadonou, Rivaldo A. B.; Adegbol, Patrice Y.; and Tovignan, Silvère D.

Poster presented at the Joint 3rd African Association of Agricultural Economists (AAAE) and 48th Agricultural Economists Association of South Africa (AEASA) Conference, Cape Town, South Africa, September 19-23, 2010

Application de la Programmation Stochastique Discrète à l'évaluation de l'impact de la contrainte de crédit sur le revenu et la production agricoles dans la basse vallée de l'Ouémé

Rivaldo A. B. KPADONOU¹, Patrice Y. ADEGBOLA¹, Silvère D. TOVIGNAN²

¹Programme Analyse de la Politique Agricole (PAPA) de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB). BP: 128 Porto-Novo, Bénin, Tél: (229) 20212773, e-mail: patrice.adegbola@coraf.org

²Faculté d'Agronomie (FA) de l'Université de Parakou (UP), Département d'Economie et de Sociologie Rurales (ESR), BP 123 Parakou, BENIN, e-mail: tsilvere@yahoo.fr

RESUME

Malgré la mise en œuvre des différentes politiques d'ajustement structurels découlant de l'option du libéralisme économique, l'économie béninoise peine toujours à décoller avec une agriculture à dominance familiale et traditionnelle, subvenant difficilement aux besoins des populations sans cesse croissantes. Les ménages agricoles ruraux vivent toujours dans des situations contraignantes de crédit qui sont souvent considérées comme faisant partie des contraintes majeures au développement agricole du pays. Ainsi, au regard de l'importance accordée au crédit dans les programmes de développement, cette étude s'est proposée d'analyser la vulnérabilité des exploitations agricole à la contrainte de crédit d'une part et, d'autre part, de faire une évaluation ex ante l'impact de la levée de cette contrainte sur la production et le revenu agricole de ces exploitations. L'étude a été réalisée dans la basse vallée de l'Ouémé et a utilisé les données empiriques collectées auprès de 54 exploitations agricoles. Ces données ont été complétées par les données secondaires de sources diverses. L'approche méthodologique adoptée a été la modélisation par la programmation linéaire stochastique discrète tenant compte des risques d'inondations. Le modèle de programmation élaboré a montré que les petites exploitations sont les plus vulnérables à la contrainte de crédit. Ainsi, le modèle a estimé respectivement à 2,62 ; 0,76 et 0,55 FCFA l'augmentation du revenu qui résulterait de l'apport d'un franc CFA supplémentaire du crédit formel pour les petites, moyennes et grandes exploitations. En ce qui concerne l'impact de la levée de la contrainte sur la production et le revenu agricoles, les prédictions du modèle ont montré que cette levée pourrait permettre d'accroître la production du piment de 66% tout en réduisant celle du niébé de 65%. Par ailleurs, l'impact de la levée de la contrainte de crédit sur le revenu agricole a été évalué à 21,26% pour les exploitations moyennes.

Mots clés : Programmation linéaire, modélisation, production, revenu agricole, Bénin

LISTE DES ABREVIATIONS

IMF	Institution de Microfinance
ONASA :	Office National d'Appui à la Sécurité Alimentaire
PAM :	Programme Alimentaire Mondial
PIB :	Produit Intérieur Brut
PL :	Programmation Linéaire
PUASA :	Programme d'Urgence d'Appui à la Sécurité Alimentaire

1. Introduction

L'agriculture constitue une composante essentielle de l'économie béninoise. Tout en étant le premier réservoir d'emplois avec environ 70% de la population active (PAM, 2008), le secteur agricole constitue également la principale source de création des richesses économiques nationales auxquelles il participe en fournissant plus de 80% des recettes d'exportation et une contribution de 36,2% au PIB (ONASA, 2008). Dans ce contexte économique caractérisé par la prépondérance du secteur agricole, la plupart des exploitations agricoles sont familiales et minières avec des revenus et productivités très faibles ne permettant pas aux populations de subvenir convenablement à leurs besoins. En effet, après une quinzaine d'années de mise en œuvre des nouvelles réformes découlant du libéralisme économique, la pauvreté loin de diminuer, persiste et même s'accroît surtout en milieu rural. Selon PAM (2008), 13,2% de la population sont à risque d'insécurité alimentaire. L'offre locale de plusieurs produits vivriers est largement inférieure à la demande et le pays a énormément recours aux exportations pour satisfaire les besoins des populations. Pourtant, le Bénin dispose d'énormes potentialités agricoles estimées à 322 900 ha de terres irrigables dont seulement 7% sont exploitées (Abiassi et Eclou, 2006).

Fort de tout ce qui précède, il y a lieu d'envisager de nouvelles stratégies pour améliorer quantitativement et qualitativement la production agricole au niveau local. Le contexte international renforce cette nécessité dans la mesure où l'offre des produits agricoles alimentaires par les pays exportateurs est très instable et dépend énormément des situations économiques et alimentaires internes de ces pays. Ainsi, il n'y a aucune certitude pour le Bénin de pouvoir maintenir ou accroître ses importations en produits agricoles puisque les pays asiatiques, principaux exportateurs et aussi consommateurs, font de plus en plus face à une demande interne croissante alors que les changements climatiques font baisser leur production. Ils devront donc incontestablement limiter leur exportation afin de répondre à la demande locale de leurs populations. Ceci souligne évidemment la nécessité de promouvoir et d'accroître la production agricole au niveau local pour protéger les populations et surtout les plus pauvres contre les risques et chocs du marché international. Toutefois, toute politique visant l'augmentation de la production agricole ne saurait combler les attentes si les différentes contraintes liées à ce secteur ne sont pas levées. Des études antérieures (Kodjo et al., 2003 ; Adégbola, 2009), il apparaît clairement que la contrainte de

crédit et surtout le manque de crédit formel est l'un des obstacles majeurs à l'agriculture béninoise. En effet, malgré la libéralisation financière, les investissements agricoles restent rarissimes et les paysans ont toujours recours aux usuriers et réseaux familiaux pour financer les activités agricoles en raison d'insuffisance de crédit formel (Kodjo et al., 2003).

Même s'il n'y pas d'études empiriques sur la contrainte de crédit au niveau national, l'importance de cette question a retenu l'attention de nombreux auteurs au niveau international (Feder et al., 1990 ; Jappelli, 1990 ; Kochar, 1997 ; Godquin, 2006 ; Guirkinger et Boucher, 2007 ; Hartarska et al., 2008). Aucune unanimité ne semble se dégager de ces travaux en ce qui concerne l'impact de la contrainte de crédit sur la production. Toutefois, beaucoup de ces études ont montré directement ou indirectement que la contrainte de crédit affecte négativement les décisions de production des ménages agricoles (Quisumbing et McNiven, 2007 ; Guirkinger et Boucher, 2007 ; Hartarska et Mai, 2008). Cependant, ces auteurs pour la plupart, n'ont pas évalué quantitativement l'impact qu'aurait une éventuelle levée de cette contrainte sur la production et le revenu agricoles. De plus, les études antérieures sur la contrainte de crédit, ont

privilegié des approches disciplinaires fondées sur les aspects spécifiques liés à la production, négligeant le caractère global et complexe des systèmes de production de même que le contexte macroéconomique de l'exploitation. Au Bénin, les études sur la question du financement agricole se sont concentrées en majorité sur des sujets tels que l'adéquation entre l'offre et la demande du crédit (Kodjo et al., 2003), les déterminants d'accès au microcrédit (Honlonkou et al., 2006) et l'impact du microcrédit sur la production agricole (Adégbola et al., 2007). L'aspect concernant la contrainte de crédit a été souvent occulté par ces études. De plus, ces études ont essentiellement recours aux méthodes d'analyse économétrique. La modélisation mathématique qui selon Barbier (1993), constitue est un outil pertinent quand on veut clarifier la relation entre la consommation, l'épargne, le crédit et l'autofinancement, n'a connue aucune application à travers ces différentes études.

Ainsi, étant donné l'importance accordée au crédit dans les programmes de développement, il est particulièrement intéressant à partir d'une approche méthodologique plus globale d'analyser comment la contrainte de crédit affecte les décisions de production des exploitations agricoles et quel impact pourrait avoir une éventuelle levée de cette contrainte sur la

production et le revenu agricoles des ménages. Il s'agit donc pour cette étude, d'analyser à l'aide de la programmation mathématique, la vulnérabilité des exploitations agricole à la contrainte de crédit d'une part, et d'autre part de faire une évaluation ex ante de l'impact de la levée de cette contrainte sur la production et le revenu agricoles. Dans le reste du document, nous avons exposé l'approche méthodologique adoptée à la suite de laquelle nous avons présenté et discuté les résultats obtenus avant de conclure.

2. Matériels et méthodes

2.1. Zone d'étude

La zone retenue pour l'étude a été la vallée de l'Ouémé. Cette zone est l'une des grandes zones à fortes potentialités agricoles du Bénin. La vallée de l'Ouémé est reconnue comme la deuxième au monde après celle du Nil (Igué, 2000), pour son immense potentiel agricole qui malheureusement n'est pas encore pleinement exploité. Elle est d'ailleurs l'une des vallées les moins exploitées du Bénin. Elle dispose de grandes superficies de plaines inondables exploitables durant presque toute l'année même en saison sèche. La superficie totale de la vallée est de 12114 km² avec une superficie de 60000 ha de terres inondables (Chikou, 2006). Elle regroupe la basse vallée, la

moyenne vallée et la vallée supérieure. La basse et la moyenne vallées constituent le delta du fleuve Ouémé. Son relief est peu marqué avec une pente très faible favorisant l'étalement des eaux pendant la crue. Le climat est du type subéquatorial à rythme pluviométrique bimodal et aux températures favorables toute l'année au développement de la végétation. Il est caractérisé par deux saisons de pluie (avril à mi-juillet pour la grande saison des pluies et mi-août à octobre pour la petite) et deux saisons sèches (novembre à mars pour la grande saison sèche et mi-juillet à mi-août pour la petite). La pluviométrie annuelle varie entre 1150 mm et 1400 mm avec des températures moyennes annuelles comprises entre 25,7 et 29,3 °C. Compte tenu des contraintes agro-climatiques, deux formes d'agriculture sont pratiquées dans le delta de l'Ouémé : l'agriculture de décrue d'octobre à mars et l'agriculture de crue de mars à juillet. Mais, il est très important de noter que les risques climatiques caractérisés par des inondations et des modifications du régime du fleuve Ouémé constituent une contrainte majeure à la production agricole dans cette zone. En effet, l'importance de la crue constitue un élément déterminant de la production agricole dans la cette zone. Lorsque la crue n'est pas importante, les plaines inondables se dessèchent rapidement affectant ainsi les rendements

des cultures de décrue et par conséquent le revenu des populations. En cas des pluies excessives, ce sont des inondations des récoltes des cultures de crue dues aux crues précoces et importantes qui affectent les rendements agricoles.

Par ailleurs, le Gouvernement béninois accorde une importance capitale au delta de l'Ouémé dans sa politique de lutte contre la pauvreté et l'insécurité alimentaire. Cependant, malgré ce regain d'intérêt et ces énormes potentialités, l'agriculture peine à décoller dans ce milieu. Selon plusieurs études, la contrainte de crédit est l'un des majeurs goulets d'étranglement à la mise en valeur de cette vallée (Adégbola, 2008 ; Adégbola, 2009). Fort de ces raisons, la vallée de l'Ouémé notamment la basse vallée a été plus appropriée pour mener cette étude.

2.2. Système de culture

Les principales cultures pratiquées dans la basse vallée sont le maïs, le riz, le niébé, le piment, la tomate et le gombo. Les activités agricoles sont pratiquées pendant la crue et de décrue. Trois types de sol sont distingués dans le milieu : les berges, les bas-fonds les moins bas et les bas-fonds les plus bas. Le maïs est cultivé pendant les deux périodes de cultures tandis que le riz, le niébé et toutes les autres cultures sont

pratiquées en décrue. Le maïs de décrue et le riz sont produits dans les bas-fonds contrairement au niébé qui est cultivé sur les berges. Le maïs de crue est cultivé sur les berges et dans les bas-fonds. Toutes les autres cultures sont produites sur les deux types de sol. Les pratiques de la jachère et de l'association des cultures sont rares. Toutes les spéculations sont produites en cultures pures et la terre est annuellement exploitée sans interruption sauf en cas d'insuffisance de ressources. La fertilité des sols est naturellement restituée à la faveur de la crue par un dépôt d'une quantité importante d'alluvions. Les engrais minéraux et organiques ne sont pas utilisés.

2.3. Méthodes de collecte et d'échantillonnage

Les méthodes utilisées pour collecter les données ont été la documentation et les enquêtes sur le terrain. Les entretiens de groupe ont été réalisés afin de comprendre le fonctionnement des exploitations et la logique qui sous-tend leur prise de décisions. Le questionnaire structuré a permis d'obtenir des données quantitatives et qualitatives sur les caractéristiques socio-économiques des exploitations et de leur ménage. Des observations et la triangulation ont par ailleurs permis de vérifier les informations obtenues. La documentation a consisté à la collecte des

données secondaires dans les travaux antérieurs réalisés dans le milieu. Les "focus groupes" ont été réalisés pendant la phase exploratoire auprès des groupes de 3 ou 5 individus selon leur disponibilité. Ces individus étaient pour la plupart, des personnes ressources qui ont une parfaite connaissance de la vie politique et socio-économique du milieu. Les discussions ont été réalisées à l'aide d'un guide d'entretien. Les résultats de la phase exploratoire ont permis de retenir les villages d'étude et d'affiner le questionnaire structuré pour la phase d'enquête approfondie. Celle-ci a permis de collecter les données quantitatives nécessaires à l'estimation des coefficients technico-économiques et aussi de compléter les données qualitatives obtenues pendant la phase exploratoire. L'unité de recherche est constituée des exploitations agricoles familiales. L'échantillonnage a été raisonné. Les critères retenus pour le choix des exploitations sont la disponibilité, le système de culture et la position qu'occupe l'enquêté au sein du ménage. Au total, un échantillon de 54 exploitations a été enquêté.

2.4. Méthode d'analyse

Cette étude se distingue particulièrement par l'approche méthodologique adoptée pour analyser les données. La modélisation

a été utilisée comme méthode d'analyse et la programmation stochastique discrète comme outil de modélisation. De la revue de littérature, cet outil n'a connu aucune application dans le domaine agricole dans le contexte béninois et encore moins pour analyser les contraintes financières au niveau des exploitations agricoles. Les raisons de ces choix sont d'ordre théorique et empirique et seront développées dans les paragraphes suivants.

2.4.1. Modèle théorique

♦ Modélisation : champ d'application de l'approche systémique

Selon plusieurs auteurs, un « modèle » est une représentation simplifiée des phénomènes réels (Boussard et al., 1988 cité par Ouédraogo). Le modèle permet ainsi de réduire la représentation de l'univers qui est étudié (sol, plante, groupe social, ...) de sorte à en faciliter la compréhension (Ouédraogo, 2005). Il s'agit en effet, d'une représentation intrinsèque, en termes technico-économiques, des systèmes productifs (Loquay et Matarasso, 1991). Les caractéristiques particulières de tout système étant fondées sur les interactions entre ses composantes, tout changement au niveau d'une composante peut avoir des répercussions sur les autres composantes, et réciproquement. La modélisation constitue donc un champ d'application de

l'approche systémique. Barbier (1993) argumente que l'approche systémique préconisée par la Recherche depuis de nombreuses années trouve en la modélisation un outil qui permet d'intégrer les différentes composantes d'un système agricole. Pour ce même auteur, la modélisation est un outil pertinent quand on veut clarifier la relation entre la consommation, l'épargne, l'emprunt et l'autofinancement (Barbier, 1993). Cette possibilité qu'offre la modélisation constitue l'une des raisons essentielles pour lesquelles nous avons choisi cette approche pour analyser la contrainte de crédit.

♦ **Intégration du risque dans la modélisation d'exploitation**

Les modèles micro-économiques de production agricole en situation de risques sont issus de la théorie de l'utilité espérée de Von Neumann et Morgenstern (1944). Plusieurs approches ont été ensuite développées en vue d'incorporer le risque dans les modèles d'économie agricole à travers la programmation mathématique. Ces différentes approches ont été discutées en détails par Apland et Hauer (1993) et par Adégbola (1997). Entre autre de ces approches, on peut citer la programmation quadratique du risque, le MOTAD généralisé, le Target MOTAD, le modèle de perte admissible, la programmation stochastique discrète etc.

Toutefois, la programmation stochastique discrète (PSD), initialement introduite dans la littérature d'économie agricole par Rae (1971), a connu des applications plus abondantes dans le domaine agricole qui ont conduit à de nombreuses utilisations dont les plus récentes sont celles de Jacquet et Pluvinage (1997), Mejias et al. (2003) et Ait-Ameur (2005). Selon Ait-Ameur (2005), la programmation stochastique discrète est très utilisée pour traiter les problèmes d'incertitude climatique et de prise de décisions séquentielle décrivant le comportement des agriculteurs. Cette approche a été utilisée dans cette étude pour incorporer les risques climatiques liés aux inondations des cultures dans le modèle de programmation mathématique linéaire des exploitations familiales de la basse vallée de l'Ouémé.

♦ **Programmation linéaire (PL) : véritable outil de modélisation**

Le recours à la programmation linéaire dans le cadre des travaux de recherche sur les systèmes de production et de vulgarisation agricoles est dû au fait qu'elle constitue une méthode d'optimisation qui, dans de diverses situations, offre la possibilité pour simuler la réalité des stratégies mises en œuvre par les petites exploitations en vue d'améliorer leurs conditions de vie (Charry et al. 1992). Elle est une technique de modélisation adaptée à l'analyse des systèmes de

production. Dans ses formes les plus simples, la PL est une technique mathématique par laquelle l'allocation des ressources rares en vue de maximiser un objectif désiré peut être déterminée sous les hypothèses qu'il n'y a pas de risques élevés ou complexes et que toutes les relations entre les variables sont linéaires et continues (Charry et al. 1992). Cette technique de PL consiste à optimiser, dans le sens de maximiser ou de minimiser, un objectif ou une utilité sous diverses contraintes. Elle est particulièrement appropriée pour résoudre les contraintes rencontrées dans la budgétisation partielle (Ouédraogo, 2005) et constitue un outil courant de simulation par la modélisation (Barbier, 1993). Le modèle théorique déterministe de base de la PL peut être spécifié comme suit :

$$\text{Max } Z = CX \quad (1)$$

$$AX = B$$

$$X \geq 0$$

Avec Z la fonction objectif (revenu agricole du ménage dans ce cas) qui est maximisée (Max), C un vecteur des coefficients de la fonction objectif, X un vecteur qui représente le niveau d'intensité des activités, A une matrice des coefficients technico-économiques et B un vecteur des ressources disponibles. On cherche donc à maximiser à travers ce système d'équations la fonction objectif

(Z) par une allocation des ressources ou facteurs de production aux activités les plus productives, sous l'hypothèse que l'exploitation n'est pas confrontée à des risques.

Par contre, quand les éléments de A , B et C sont aléatoires ou incertains c'est-à-dire lorsque l'exploitation est confrontée à des risques, les résultats fournis par le modèle (1) ne reflètent plus les comportements réels des paysans. La programmation stochastique discrète fournit donc un cadre formel pour représenter de tels problèmes d'optimisation quand les éléments de A , de B et de C sont aléatoires (Ait-Ameur, 2005). Pour tenir compte de l'éventail des aléas possibles, on utilise des valeurs discrètes pour les différents états de la nature. Dans ces cas, le modèle (1) peut être de façon simplifiée présenté comme suit d'après Ait-Ameur (2005) :

$$\text{Max } E(Z) = \sum_s P_s Z_s \quad (2)$$

Avec $E(Z)$ l'espérance mathématique de la fonction objectif (revenu agricole de l'exploitation) qui est maximisée (Max) ; P_s la probabilité d'occurrence de l'état de la nature s et Z_s le revenu espéré de l'exploitation dans l'état de la nature s

2.4.2. Modèle empirique

2.4.2.1. Typologie des exploitations

Il est généralement plus réaliste en modélisation de travailler avec des

modèles individuels appliqués à des ensembles ou entités homogènes. Cela renseigne davantage sur les comportements des exploitations. Mais il est impossible dans la plupart des cas de construire des modèles individuels pour chaque exploitation. La classification des exploitations en des groupes plus ou moins homogènes est l'approche souvent utilisée pour réduire les biais liés aux modèles agrégés. Cette classification peut être conduite selon par un regroupement des exploitations basé sur des similitudes en matière de ressources, de rendements ou de technologies ou sur d'autres critères tels que les zones agro-climatiques, le niveau de mécanisation, les groupes ethniques, le ratio terre/main d'œuvre, l'irrigation, les types de sols, l'accès au marché, etc. (Hazell et Norton, 1986 ; Brüntrup, 1997). Pour cette étude, les résultats de la typologie des exploitations réalisée par Adégbola (2009) ont été utilisés. Cette étude a révélé que la superficie emblavée est une variable très discriminante des exploitations agricoles de la vallée de l'Ouémé. Ainsi, nous avons utilisé la superficie totale emblavée comme critère pour regrouper l'échantillon en trois catégories à savoir les petites exploitations, les exploitations moyennes et les grandes exploitations.

2.4.2.2. Méthodes d'estimation de quelques paramètres-clés du modèle de la PL

◆ Consommateurs et main d'œuvre disponible par exploitation

Le nombre de consommateur par ménage et la main d'œuvre disponible ont été respectivement convertis en Equivalent-Adulte et en Equivalent-Homme. La conversion en Equivalent-Homme a été faite en utilisant les taux de conversion de Norman (1973). Pour estimer le nombre de consommateurs, la conversion en Equivalent-Adulte a été effectuée en utilisant les coefficients de Storck et al. (1991) cité par Adégbola, (1997).

◆ Quantité de main d'œuvre utilisée

Pour déterminer la quantité de main d'œuvre utilisée pour chaque opération liée à une culture donnée, le nombre total NT de personnes ayant participé à cette opération a été dans un premier temps estimé et exprimé en Equivalent Homme. La valeur ainsi obtenue a été ensuite multipliée par la durée de l'opération en heures nh puis divisée par 8 afin de déterminer en Homme Jour (HJ) la quantité de travail W_{hj} utilisée pour cette opération et pour la dite culture. Les formules suivantes ont été donc utilisées pour estimer la quantité de main d'œuvre.

$$NT = (\text{nombre d'homme}) + 0.75 * (\text{nombre de femme}) + 0.5 * (\text{nombre d'enfant de moins de 14ans})$$

$$W_{ij} = NT (nh/8)$$

2.4.2.3. Structure du modèle de la PL

◆ Activités du modèle

L'écriture mathématique du modèle de la PL a été réalisée avec le logiciel GAMS. Les activités considérées dans la présente étude sont essentiellement relatives aux productions végétales. Les cultures sont définies en termes de monoculture puisque les cultures associées sont rares bien que la terre soit un facteur limitant dans le milieu. Les spéculations retenues dans le modèle sont au total au nombre de 6 : le maïs (ma), le riz (ri), le niébé (nie), le piment (pim), la tomate (tom), et le gombo (gom). Neuf (09) systèmes de culture ont été identifiés à partir des spéculations retenues. Les cultures sont définies en un ensemble noté *J*. De l'ensemble des cultures, six types de produits sont obtenus et constituent l'ensemble des produits noté *A*. Les activités agricoles sont pratiquées pendant deux saisons de culture (crue et décrue) regroupées dans l'ensemble *SC*. Le calendrier agricole est divisé en cinq périodes différentes afin de mieux appréhender la contrainte de main d'œuvre au niveau des exploitations. L'ensemble de ces périodes est noté *P*. Le modèle distingue par ailleurs trois types d'exploitation (petite, moyenne et grande) définie dans un ensemble *EX*.

◆ Prise en compte du risque

La pluviométrie à travers les crues et les inondations est un facteur de risque particulièrement important dans la basse vallée de l'Ouémé et détermine de beaucoup les décisions et les comportements des paysans. En effet, l'importance de la crue constitue un élément déterminant de la production agricole dans la vallée de l'Ouémé. Or, d'année en année, le régime pluviométrique subit des mutations qui se traduisent par une diminution ou un accroissement du niveau des crues (Chikou, 2006). Lorsque les pluies précoces dans le Nord Bénin coïncident avec une grande saison des pluies abondantes au Sud, il arrive que le delta soit noyé précocement dès juin, ce qui cause des dégâts pour les cultures de crue et détermine également la durée de l'étiage et de la crue. Dans les cas où la durée de la crue est très longue avec un étiage tardif (années très humides), l'installation des cultures de décrue accuse des retards, ce qui réduit la durée de la saison et par conséquent les rendements des cultures en occurrence des légumes. Par contre en année très sèche, il peut ne pas se produire de crue du tout (Welcome, 1971 ; Lalèyè et al. 2004). Selon Moniod (1973), dans le delta de l'Ouémé en année sèche, il n'y a pratiquement pas de débordements du

fleuve. Dans ces cas, le niveau de la nappe phréatique et de l'eau retenue dans les plaines est très faible, la décrue est précoce et les plaines inondables se dessèchent rapidement affectant ainsi les rendements des cultures de décrue. Toujours pendant ces années sèches caractérisées par une faible pluviométrie et/ou une mauvaise répartition des pluies, l'installation des cultures de crue accuse des retards et les récoltes sont surprises par les inondations engendrant des pertes énormes.

S'il est largement démontré que les crues et les inondations sont d'importants facteurs de risques agricoles dans la vallée de l'Ouémé, la prise en compte de ces risques exige une connaissance parfaite non seulement du régime de l'Ouémé mais celle de la fréquence et de répartition temporelle des crues et des inondations dans le milieu. Selon Chikou (2006), les années très humides ont une situation cyclique de plus ou moins 10 ans. D'après les observations de Moniod (1973), on déduit que les années très sèches ont une situation cyclique plus ou moins identique que les années très humides avec un intervalle de 5 ans entre ces deux types d'années. Au regard de ces résultats et compte tenu des changements climatiques, il a été retenu dans cette étude une probabilité d'occurrence de une fois sur huit pour chaque année très humide ou très

sèche. Les années moyennes ont donc une probabilité d'occurrence de 6 fois sur 10.

♦ Contraintes techniques

Contrainte foncière

Les contraintes relevées sur l'allocation des ressources foncières sont spécifiques à la saison de cultures et aux différents types de sols. Trois types de sol sont distingués dans le milieu : les berges, les bas-fonds moins bas et les bas-fonds plus bas. L'équation traduisant la contrainte foncière dans le milieu a été formulée comme suit :

$$\sum_j x(j, s, sc, ex) \leq \sum_s Sup(s, sc, ex) ;$$

Dans cette équation, S représente l'ensemble des différents types de sols, $Sup(s, sc, ex)$ la disponibilité en terres cultivables (en ha) en fonction du type de sol, de la saison et de l'exploitation ; et $x(j, s, sc, ex)$ représente la superficie de chaque type de sol allouée à chaque culture selon la saison de culture et le type d'exploitation.

Contrainte de main d'œuvre

L'insuffisance en main d'œuvre est une contrainte principale à aux activités agricoles dans la basse vallée de l'Ouémé. La contrainte de main d'œuvre exprimée en homme-jours (HJ) a été formulée sous la forme algébrique suivante :

$$\sum_j \sum_s MOha(j, p, sc) * x(j, s, sc, ex) \leq MOF(p, ex) + MOS(p, ex)$$

;

Pour cette équation, $MOF(p,ex)$ représente pour chaque période, la quantité totale de main d'œuvre familiale disponible par type d'exploitation ; $MOS(p,ex)$ est la quantité de main d'œuvre salariée utilisée et $MOha(j,p,sc)$ correspond à quantité de main d'œuvre requise par période et par saison pour un hectare de chaque culture.

Contrainte de liquidité

Les exploitations agricoles de la basse vallée de l'Ouémé ont prioritairement recours à deux sources de financement des activités agricoles : l'autofinancement et le crédit qui peut être formel ou informel. D'après une analyse de la structure des dépenses et recettes des exploitations, deux grandes périodes de financement des activités ont été distinguées. La première période est relative à la saison de décrue. Elle part de l'installation des cultures de décrue jusqu'à la période qui précède les récoltes et la vente de ces cultures. C'est au cours de cette période que les exploitations font énormément face à une contrainte de crédit pour la production agricole. La deuxième période correspond à la saison de crue. Cette période est caractérisée par la vente des produits de décrue et l'installation des cultures de crue jusqu'à leur récolte. Toutes ces contraintes ont été mathématiquement formulées à travers des équations suivantes :

$$CAP(sc,ex) = LIQ(sc,ex) + CREDF(sc,ex) + CREDINF(sc,ex) + RNA(sc,ex)$$

L'équation précédente traduit l'expression de la liquidité totale $CAP(sc,ex)$ disponible pendant chaque saison pour chaque catégorie d'exploitation. Le montant de cette liquidité n'est rien d'autre que la somme algébrique du solde de trésorerie $LIQ(sc,ex)$ restant au début de chaque saison, des niveaux de crédits formel $CREDF(sc,ex)$ et informel $CREDINF(sc,ex)$ utilisés par l'exploitation et des revenus issus des activités non agricoles réalisés pendant chaque saison $RNA(sc,ex)$. La somme des montants des crédits utilisés doit être inférieur au montant total de crédits (formel et informel) $CREDDISP(sc,ex)$ auquel l'exploitation peut accéder. De même, le niveau de crédit formel utilisé, doit être inférieur au montant maximal de crédit formel disponible. C'est-à-dire :

$$CREDF(sc,ex) + CREDINF(sc,ex) \leq CREDDISP(sc,ex)$$

$$CREDF(sc,ex) \leq MAXCREDF(sc,ex)$$

L'équation traduisant la contrainte de liquidité pendant chaque saison a été par ailleurs formulée comme suit :

$$\sum_p MOS(p, ex) * SALMOS(j, p) + \sum_j \sum_{sc} cintr(j, sc, ex) + aca(a, ex) * pa(a) \leq CAP(sc, ex)$$

Dans cette équation, $aca(a, ex)$ correspond à la quantité annuelle achetée des différents produits pour la consommation du ménage ; $pa(a)$ est le prix d'achat des produits consommés ; $cintr(j, sc, ex)$ le coût des intrants (insecticides) en (FCFA/ha) d'un hectare de culture produite pendant chaque saison et $SALMOS(j, p)$ le coût de la main d'œuvre salariée par homme-jour par culture et par période.

◆ Contrainte de sécurité alimentaire

L'écriture mathématique de cette contrainte est inspirée de l'approche proposée par Barbier (1993). Cette approche consiste à intégrer la consommation de vivres et non l'autoconsommation comme contrainte du modèle. En effet, les paysans peuvent très bien vendre certaines céréales et en racheter d'autres en fonction des contraintes de trésorerie (Barbier, 1993). Ainsi, un achat de vivres est prévu en période de soudure pour couvrir les besoins alimentaires des ménages. Dans ce modèle, les contraintes d'autoconsommation concernent les céréales et le niébé. Le maïs et le riz sont les principales céréales consommées dans

la basse vallée de l'Ouémé. Le riz produit est généralement vendu à l'état paddy et n'est pas autoconsommé par les ménages faute de décortiqueuse. Il a été supposé que 80% des besoins en céréales des ménages sont satisfaits par le maïs. Les 20% restants sont satisfaits par l'achat du riz sur le marché et ont été pris en compte dans les dépenses quotidiennes de l'exploitation. Les systèmes d'équations suivants ont permis d'intégrer la contrainte sécurité alimentaire dans les lignes du modèle.

$$autocons(a, ex) + ach(a, ex) \geq BESAN(a, ex) * EQVADULT(ex)$$

$BESAN(j, ex)$ est le besoin annuel par produit et par équivalent adulte (kg/EA), $autocons(a, ex)$ la quantité annuellement autoconsommée de chaque produit par type d'exploitation et $EQVADULT(ex)$ le nombre de consommateurs exprimés en équivalent adulte dans l'exploitation.

◆ Bilan de la production

La production annuelle totale a été déterminée par l'équation :

$$prod(a, ex) = \sum_j \sum_{sc} \sum_h \sum_{k} x(h, s, sc, ex) * rdt(a, j, sc, k, ex) * prob(k)$$

Le bilan de l'utilisation de la production s'écrit comme suit :

$$prod(a, ex) = qv(a, ex) + autocons(a, ex)$$

Avec, $rdt(a, j, sc, k, ex)$ le rendement en produit par culture et par saison pour chaque type d'année ; $qv(a, ex)$ la quantité annuellement vendue de chaque produit par type d'exploitation ; $prod(a, ex)$ la production en kg des différents produits par type d'exploitation et $prob(k)$ la probabilité d'occurrence de chaque état de nature.

◆ Fonction objectif

La fonction objectif consiste à maximiser l'espérance mathématique de la marge brute définie comme la somme pondérée par les probabilités d'occurrence des différents états de la nature, des marges de chaque activité par état de la nature. Les activités considérées dans la présente étude sont essentiellement relatives aux productions végétales. Les autres activités agricoles telles que l'élevage et la pêche n'ont pas été prises en compte dans la fonction objectif faute d'informations précises et adéquates. De plus, très peu de relations de complémentarité et de transferts de matières ont été observées entre la production végétale et les activités de la production animale. Toutefois, ces activités constituent des stratégies de financement de la production végétale et ces aspects ont été considérés dans la

formulation des contraintes financières ou de liquidité en prenant en compte les recettes nettes dégagées par ces activités.

Par ailleurs, le coût d'accès au crédit a été intégré dans le modèle comme charges de production à travers les taux d'intérêt payés sur les emprunts formels et informels. Ainsi, un taux de 24% a été retenu pour le crédit formel (taux moyen généralement appliqué par les IMF) et de 50% pour le crédit informel (taux moyen appliqué dans le secteur informel dans le milieu). Mais dans la même logique, on devrait normalement considérer le coût d'opportunité de l'autofinancement des exploitations car au lieu d'utiliser ces propres fonds pour autofinancer la campagne, le paysan peut les placer ailleurs dans une banque par exemple. Cet aspect n'a pas été intégré dans le modèle puisque la plupart des exploitations agricoles de la vallée de l'Ouémé n'ont accès qu'à des structures informelles d'épargne (tontiniers) avec des taux d'intérêt nuls et parfois négatifs. Au regard, de toutes ces considérations, l'équation mathématique de la fonction objectif a été formulée comme suit :

$$\begin{aligned} MaxREV(ex) = & \sum_a qv(a, ex) * pv(a) - \\ & \sum_j ach(a, ex) * pa(a) - \\ & \sum_j \sum_s \sum_{sc} cINTR(j, sc, ex) * \\ & x(j, s, sc, ex) - \sum_p MOS(p, ex) * \\ & SALMOS(j, p) - \sum_{sc} CTCRED(sc, ex) \end{aligned}$$

Avec, $REV(ex)$ le revenu agricole annuel de l'exploitation, $pv(a)$ le prix de vente unitaire des produits et $CTCRED(sc,ex)$ le coût d'accès au crédit selon la saison et l'exploitation.

3. Résultats et discussions

3.1. Modèle calibré des exploitations moyennes

Le modèle calibré a été le modèle de base à partir duquel les simulations ont été réalisées en vue d'évaluer l'impact de la contrainte de crédit sur la production et le revenu agricole des exploitations. Cependant, avant son utilisation, il a fallu s'assurer que ce modèle reproduise bien la réalité. Pour ce faire, les résultats émanant du modèle ont été comparés à ceux obtenus dans la situation réelle. Le tableau 1 présente de façon synthétique les résultats issus du calibrage du modèle des exploitations moyennes qui globalement, reflètent la situation observée au niveau des autres catégories d'exploitation.

Tableau 1 : Résultats du modèle calibré des exploitations moyennes

	Décrue			Crue		
	Réalité	Modèle	Ecart	Réalité	Modèle	Ecart
Maïs	1,09	1,10	0,01	1,02	1,26	0,24
Riz	0,07	0	-0,07	0	0	0
Niébé	0,35	0,26	-0,09	0	0	0
Piment	1,03	0,86	-0,17	0	0	0
Tomate	0,14	0	-0,14	0	0	0
Gombo	0,39	0,20	-0,19	0	0	0

Ce tableau montre que le maïs, le piment, le niébé et le gombo sont les quatre

cultures incluses dans le modèle. Le riz et la tomate sont absents du modèle. Ces deux spéculations même en situation réelle restent très marginales ou quasi absentes dans le système de culture des exploitations moyennes avec une superficie moyenne de 0,07 ha pour le riz et de 0,14 ha pour la tomate. Le tableau 1 a révélé par ailleurs que, les écarts observés entre les prédictions du modèle et les données réelles sont très faibles et reflètent la réalité observée dans le milieu. Le modèle élaboré représente donc assez fidèlement la réalité et peut servir pour des simulations.

3.2. Analyse de la vulnérabilité des exploitations à la contrainte de crédit

Les prix duals du crédit c'est-à-dire le revenu marginal du crédit a permis d'analyser la vulnérabilité des exploitations agricoles à la contrainte de crédit. Le modèle de la PL a révélé que les revenus marginaux des différents types de crédit sont tous nuls pendant la saison de crue contrairement à la décrue où ils sont supérieurs à zéro quelle que la source de crédit ou le type d'exploitation considéré. Ce qui signifie que le capital liquide ne constitue un facteur limitant que pendant la décrue. Les décisions de production des exploitations ne sont donc pas affectées par la contrainte de crédit en période de crue. Ceci indique que les différents types

d'exploitations n'ont pas besoin de crédit pour faire face à leurs besoins de financement des activités agricoles pendant cette période. Leur seule capacité d'autofinancement constituée surtout des recettes générées par la vente des produits de décrue suffit pour financer les activités de crue. Par contre, ces exploitations quelle soit leur catégorie sont vulnérables par la contrainte de crédit pour les activités de décrue. Les revenus marginaux du crédit, prédits par le modèle pour cette période, sont respectivement de 2,62 ; 0,76 et 0,55 pour les petites, moyennes et grandes exploitations dans le cas du crédit formel, et de 2,36 ; 0,50 et 0,29 pour le crédit informel. Ces revenus varient d'une exploitation à une autre et sont plus élevées au niveau des petites exploitations et plus faibles au niveau des grandes. Ceci indique qu'une réduction (respectivement une augmentation) marginale dans la liquidité réduit (respectivement augmente) davantage le revenu agricole des petites exploitations que celui des grandes. En effet, un apport supplémentaire de 1 FCFA de crédit formel pour les petites, moyennes ou grandes exploitations en période de décrue, pourra accroître leur revenu agricole annuel respectivement de 2,62 ; 0,76 et 0,55 FCFA. Avec le crédit informel, ces effets seront respectivement de 2,36 ; 0,50 et 0,29 FCFA. De la même manière, les revenus agricoles des

différentes catégories d'exploitation seront réduits respectivement des mêmes valeurs, si les niveaux des différents types de crédit obtenus par les exploitations sont réduits de 1 FCFA. Ce qui signifie que les petites exploitations sont plus vulnérables à la contrainte de crédit que les grandes exploitations. Ces résultats confirment les conclusions de plusieurs autres auteurs (Godquin, 2006 ; Chen Chen et Chivakul, 2008) selon lesquelles le niveau de revenu ou la possession des ressources réduisent la contrainte de crédit et que les grandes exploitations sont moins affectées par la contrainte de crédit que les petites (Hartarska et Mai, 2008). Ces résultats sont très importants et peuvent servir de mieux orienter les programmes de microcrédit dans une optique de lutte contre la pauvreté.

Toutefois, les résultats ont montré que toutes les catégories d'exploitation sont à des degrés vulnérables à la contrainte de crédit. Ainsi, une atténuation de cette contrainte devrait impacter la production et le revenu des exploitations.

3.3. Simulations pour lever la contrainte de crédit

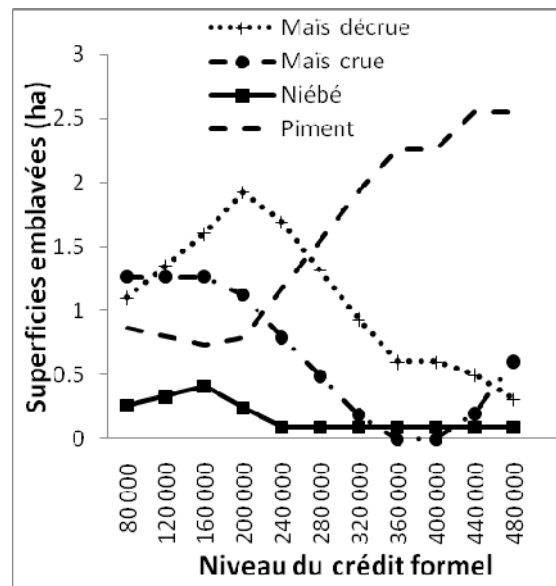
La levée de contrainte de crédit suppose une situation où le crédit ne constitue plus un facteur limitant pour l'exploitation. Pour atteindre cette situation où les contraintes financières sont entièrement

atténuées, des simulations ont été réalisées sur le niveau de crédit formel disponible pour l'exploitation. Ces simulations ont consistés en des apports supplémentaires et progressifs de crédit formel dans le modèle jusqu'au point où le revenu marginal du crédit formel est nul. Les résultats obtenus à ce point (S1) ont été analysés et comparés à ceux obtenus dans la situation initiale (S0). Mais, seulement les résultats concernant les exploitations moyennes sont présentés dans ce document. Ces résultats reflètent également les tendances observées au niveau des autres catégories d'exploitation.

3.3.1. Impact sur la production

L'impact des simulations sur la production agricole est synthétisé à travers le graphique 1 et le tableau 2. Le graphique 1 présente l'évolution des superficies emblavées pour les différentes cultures en fonction du niveau de crédit formel.

Graphique 1 : Impact de la levée de la contrainte de crédit sur la production agricole des exploitations moyennes



Ce graphique présente une allure symétrique entre l'évolution de la production du piment et celle du maïs de décréue d'une part, et entre la production du piment et celle du maïs de crue d'autre part. Ainsi, avec une évolution toujours croissante du crédit, la production du piment baisse pendant que celle du maïs de décréue augmente, se stagne au même moment que ce dernier, et accroît lorsque la production du maïs de décréue décroît. Cette relation est en réalité déterminée par la production du maïs de crue. En fait, au même moment où la production du piment baisse alors que celle du maïs de décréue augmente, la production du maïs de crue est stable, elle décroît avec la production du maïs de décréue au moment où la production du piment commence par

accroître ; et devient nulle lorsque les productions du piment et du maïs de décrue se stagnent avant de réapparaître lorsque le modèle devient saturé en crédit. Ces résultats s'expliquent par le fait le piment est en parfaite concurrence avec le maïs de crue. En réalité, une parcelle allouée à la culture du piment à la décrue ne peut plus servir à la production du maïs de crue puisque le piment est une culture annuelle dont le cycle s'étend sur les deux saisons de culture. Une augmentation de la production du piment à la décrue réduit donc la disponibilité de terres non seulement pour les autres cultures produites en cette période mais aussi pour le maïs de crue. En d'autres termes, une parcelle non allouée à la production du piment peut être allouée à une autre culture pendant la décrue et aussi au maïs de crue. Dans ces conditions, le comportement du paysan peut être expliqué par la théorie des coûts d'opportunité. En effet, le paysan décide d'allouer une unité supplémentaire de terre au piment lorsque le coût d'opportunité lié à la production de cette culture est supérieur ou égal à la somme des coûts d'opportunité d'une autre culture qui pourrait être installée sur cette terre à la décrue et du maïs de crue. Les cultures qui profitent de la non production du piment à la décrue lorsque le crédit n'est pas contraignant sont le maïs et le niébé. Ainsi, lorsque le coût d'opportunité du piment est

inférieur à la somme des coûts d'opportunité du maïs de décrue (ou du niébé) et du maïs de crue, le paysan renonce à la production du piment, maintient le niveau de production du maïs de crue et alloue les ressources supplémentaires à la production du niébé et/ou du maïs de décrue. Dans le cas contraire, c'est la production du piment qui augmente au détriment de celles du maïs de la décrue, du niébé et du maïs de crue, jusqu'à l'établissement de l'équilibre lorsque la contrainte de crédit est entièrement atténuée.

Les prédictions réalisées par le modèle lorsque la contrainte de crédit est entièrement atténuée sont par ailleurs présentées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Impact de la levée de la contrainte de crédit sur la production

Activités	Décrue			Crue		
	S0	S1	Δ (%)	S0	S1	Δ (%)
Maïs	1,10	0,31	-72	1,26	0,60	-52
Riz	0	0	0	-	-	-
Niébé	0,26	0,09	-65	-	-	-
Piment	0,86	2,55	66	-	-	-
Tomate	0	0	0	-	-	-
Gombo	0,20	0,23	16	-	-	-
Total	2,42	3,18	31	1,26	0,60	-52

L'analyse de ce tableau confirme que la contrainte de crédit affecte les décisions de production des exploitations. Elle limite l'extension de l'exploitation et favorise la persistance des cultures peu rentables à côté d'autres beaucoup plus rentables. Le tableau 2 indique en effet, une

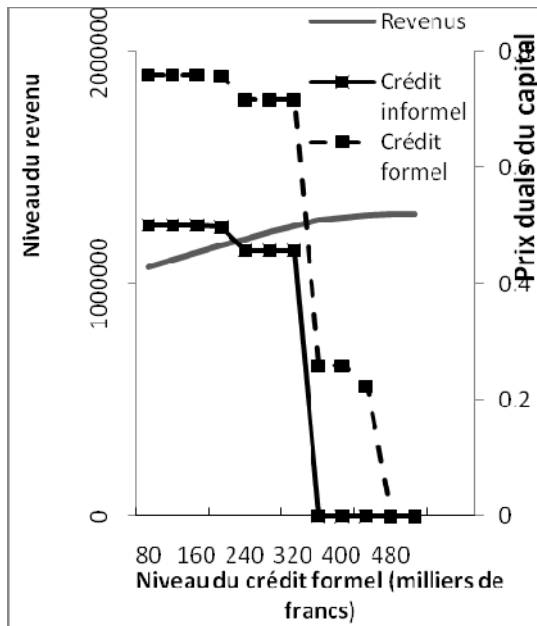
augmentation de 31% de la superficie totale emblavée pour les cultures de décrue avec le scénario sans contrainte de crédit (S1). La levée de contrainte a par contre, entraîné une baisse de 52% du niveau de production en saison de crue. Les résultats ont également montré que les différentes cultures sont diversement affectées par la contrainte de crédit et l'atténuation de cette contrainte pourrait favoriser ou défavoriser la production de telle ou telle autre culture. C'est ainsi que la production des cultures moins rentables telles que le niébé et le maïs a complètement chuté au profit de celle des cultures très rentables telles que le piment et dans une faible mesure le gombo. Le maïs et le niébé sont réduits à des cultures d'autoconsommation en vue d'assurer la sécurité alimentaire de l'exploitation. Il en ressort que le piment est la culture la plus contrainte par le crédit dans la basse vallée de l'Ouémé alors que le niébé est la culture la moins affectée par cette contrainte et dont la production est favorisée par des faibles disponibilités de liquidité au niveau de l'exploitation. Ces résultats confirment ceux de Quisumbing et McNiven (2007) qui ont déjà montré que les décisions de production de certaines cultures sont plus exposées à la contrainte de crédit que d'autres. La connaissance de tels paramètres est très importante pour la définition des programmes de microcrédit qui tiennent compte des caractéristiques

réelles des contraintes financières des populations. Le tableau 2 a par ailleurs révélé que, malgré la levée de la contrainte de crédit, le riz, la principale culture ciblée par les programmes de développement de la vallée de l'Ouémé, n'a pas pu intégrer les plans optimaux de production des exploitations. Cela signifie que les programmes fondés sur la distribution de crédit en vue de faire adopter une culture dans un milieu ne pourront conduire à un véritable succès si cette culture ne permet pas aux paysans de mieux rentabiliser leurs ressources. Bien au contraire, on risque de défavoriser la production de la culture que l'on veuille promouvoir si la fourniture du crédit n'est pas réalisée de façon rationnelle et suivant un objectif préalablement bien défini et précis.

3.3.2. Impact sur le revenu agricole

L'impact de l'atténuation de la contrainte de crédit sur le revenu agricole est présenté à travers le graphique 2. Ce graphique indique que le revenu agricole augmente avec le niveau de crédit. Par contre, les revenus marginaux des crédits évoluent inversement avec le niveau de crédit.

Graphique 2 : Impact de la levée de la contrainte de crédit sur le revenu agricole des exploitations moyennes



Le revenu marginal du crédit informel s'annule lorsque le niveau de crédit formel obtenu par les paysans est égal à 360000 FCFA. Ceci veut dire qu'à partir de ce point, l'utilisation d'une unité supplémentaire du crédit informel affecte négativement le revenu de 0,50 qui n'est rien d'autre que le taux d'intérêt appliqué sur ce crédit.

C'est donc à partir de ce niveau de crédit formel que les paysans pourront commencer par renoncer à l'utilisation du crédit usurier pour financer les activités agricoles. Les apports supplémentaires du crédit formel au-delà de ce point serviront à substituer le crédit informel jusqu'au point où le niveau d'utilisation de ce dernier est nul. C'est aussi à ce niveau que s'annule le revenu marginal du crédit formel. Ce point correspond à un niveau de crédit formel d'environ 460000 FCFA. Ceci implique

que la contrainte de crédit est entièrement atténuée lorsque le niveau de crédit formel est au moins égal à 460000 FCFA. L'utilisation d'une unité supplémentaire du crédit formel au-delà de ce niveau sera inefficace et entraînera une baisse du revenu de 0.24 FCFA. Le revenu qui correspond au point où la contrainte de crédit est entièrement levée est de 1299000 FCFA. En comparant ce revenu au revenu initial qui est de 1071200 FCFA, on obtient une augmentation de 21.26 % du revenu initial.

Conclusion

Le contexte du système de production de la basse vallée de l'Ouémé nous a donné l'occasion d'appliquer un outil d'analyse systémique très peu utilisé pour étudier une problématique aussi complexe que la contrainte de crédit. Cette étude a ainsi apporté une contribution en matière d'approche d'analyse ou d'évaluation de l'impact des contraintes financières et plus particulièrement du crédit rural agricole. L'approche d'analyse a permis de montrer que exploitations agricoles de la basse vallée de l'Ouémé sont effectivement contraintes par le crédit et que les exploitations de petite taille en sont plus vulnérables que les grandes. L'évaluation de l'impact de la levée de contrainte de crédit a révélé que cette contrainte limite l'extension de l'exploitation et favorise la

persistance des cultures peu rentables à côté d'autres beaucoup plus rentables. Les résultats obtenus dans ce cadre ont montré que le piment est la culture la plus contrainte par le crédit alors que le niébé est la culture la moins affectée par cette contrainte. Cette évaluation a aussi révélé que la contrainte de crédit affecte négativement le revenu agricole des paysans et une atténuation de cette contrainte pourrait permettre d'améliorer le revenu des exploitations et par conséquent de leurs conditions de vie. Toutefois, même si cette étude a utilisé la modélisation comme outil d'analyse, elle n'intègre pas toutes les activités économiques du ménage.

Références bibliographiques

Abiassi, E. H. et Eclou, S. D. 2006. Etude sur les instruments de régulation des importations commerciales de riz au Bénin. Rapport définitif, pp. 85.

Adégbola, P. Y. 1997. Revenu, risque et gestion des haies vives défensives en zone semi – aride du Mali. Master of sciences, FSAA/Université Laval - Canada, mai 1997.

Adégbola, P. Y. 2009. Typologie des exploitations agricoles dans les vallées du Bénin. Rapport d'étude PUASA, Février 2009.

Adégbola, P. Y. et Arinloyé, D-D. 2007. Impact des micro-crédits du PADRO sur le niveau de vie des promoteurs. Décembre 2007.

Ait-Ameur, C. 2005. Un modèle d'analyse des politiques de modernisation des périmètres irrigués algériens : cas de la Mitidja Est. Communication séminaire Euro-Méditerranéen. Les instruments économiques et la modernisation des périmètres irrigués, Sousse, Tunisie, 21-22 novembre 2005.

Apland, J. et Hauer, G. 1993. Discrete stochastic programming : Concepts, examples and a review of empirical applications. University of Minnesota, St Paul, Etats-Unisp. 93.

Barbier, B. 1993. Jalon d'économie des systèmes ruraux : La modélisation d'un système agraire villageois des savanes africaines par la programmation linéaire avec le logiciel LINDO. CIRAD-SAR, n°83/93, Mars 1993, p. 66.

Brüntrup, M. 1997. Agricultural Price Policy and its Impacts on Production, Income, Employment and the Adoption of Innovations: A Farming System Based Analysis of Cotton Policy in Northern Benin. Development Economic and Policy, Thesis of Doctorate.

Charry, A.; Daramola, A. G. et Dillon, J. L. 1992. Application of Mathematical Programming in Farming Systèmes

- Research and Extension: A Methodological Outline.
- Chen Chen, K. and Chivakul, M. 2008.** What Drives Household Borrowing and Credit Constraints? Evidence from Bosnia and Herzegovina. International Monetary Fund, WP 08/202, p.34.
- Chikou, A. 2006.** Etude de la démographie et de l'exploitation halieutique de six espèces de poissons-chats (Teleostei, Siluriformes) dans le delta de l'Ouémé au Bénin. Thèse de doctorat, ULg, 459p.
- Feder G. ; Lau, L. J. ; Lin, J. Y. and Luo, X. 1990.** The relationship between credit and productivity in Chinese agriculture: A microeconomic model of disequilibrium. *American Journal of Agricultural Economics* 72 (5): 1151–1157.
- Godquin, M. 2006.** Si seulement je pouvais emprunter plus ! Contraintes de crédit affectant les décisions de production et de consommation aux Philippines. Finance rurale au Bangladesh et aux Philippines. Thèse de Doctorat en Economie, Maison des Sciences Economiques, Université Paris I - Panthéon - Sorbonne, pp. 177-235.
- Guirkinger, C. et Boucher, S. 2007.** Credit Constraints and Productivity in Peruvian Agriculture. Department of Agricultural and Resource Economics, University of California, Davis, 07-005.
- Hartarska, V. et Mai, C. 2008.** Financing Constraints and the Family Farm: How do Families React? Southern Agricultural Economics Association Annual Meeting, Dallas, February 2008.
- Honlonkou, A. ; Acclassato, D. et Quenum, V. 2006.** Déterminants de la performance de remboursement dans les institutions de microfinance au Bénin. *Annals of Public and Cooperatives Economy*, 53–81.
- Igué, O. J. 2000.** Le Bénin Et La Mondialisation De l'Economie : Les Limites de l'Intégrisme Du Marché. Edition Karthala, 2000.
- Jacquet, F. et Pluvinage, J. 1995.** Climatic Uncertainty and farm policy. A Discret Stochastic Programming Model for Cereal-livestock farms in Algeria. *Agricultural Systems*, 53, 387-407.
- Jappelli, T. 1990.** Who is Credit Constrained in the US Economy? *Quarterly Journal of Economics*, 105, 219-234.
- Kochar, A. 1997.** Does Lack of Access to Formal Credit Constrain Agricultural Production ? Evidence from the Land Tenancy Market in Rural India. *American Journal of Agricultural Economic*, 79, 754-763.
- Lalèyè, P. ; Chikou, A. ; Philippart, J-C. ; Teugels, G. et Vandewalle, P. 2004.** Etude de la diversité ichtyologique du

- bassin du fleuve Ouémé au Bénin. *Cybiu*, 329-339.
- Mejias, P. ; Varela-Ortega, C. et Flichman, G. 2003.** Integrating Agricultural policies and Water Policies under Water Supply and Climatic Uncertainty. International conference of Agricultural Economies (IAAE), 16-23 August.
- Moniod, F. 1973.** Régime hydrologique de l’Ouémé (Dahomey). *ORSTOM*, 10, 2.
- Norman, D. W. (1973),** Methodology and problems of farms management investigation experiences from northern Nigeria .In: *Africa Rural Employment Paper*; 8, Department of Agric Economics, Michigan State University, East Lansing, Michigan
- ONASA. 2008.** Développement rural, sécurité alimentaire et mesures prises par le gouvernement pour gérer la crise alimentaire. MAEP, Bénin.
- Ouédraogo, S. 2005.** Intensification de l’agriculture dans le Plateau Central du Burkina-Faso : une analyse des possibilités à partir des nouvelles technologies. Thèse de Doctorat, Mai 2005.
- PAM. 2008.** Impact de la Hausse de Prix sur la Sécurité Alimentaire au Bénin - rapport d’évaluation rapide- juillet 2008. Bénin.
- Quisumbing, A. R. et McNiven, S. 2007.** Moving Forward, Looking Back: The Impact of Migration and Remittances on Assets, Consumption, and Credit Constraints in the Rural Philippines, ESA No. 07-05, FAO.
- Rae, A. 1971.** Stochastic Programming Utility and sequential decision problem in farm management. *American Journal of Agricultural Economics*, 53, 448-460.
- Von Neuman J., Morgenstern, O., 1944.** Theory of games and economic behavior. Princeton, NJ Princeton University Press.
- Welcomme, R. L. 1971.** Evaluation de la pêche intérieure au Dahomey, son état actuel et ses possibilités. Rome, FAO AT 2938, 95 p.

Remerciements

Nos sincères remerciements à tous les partenaires qui ont contribué à la réalisation de ce travail notamment la Faculté d’Agronomie de l’Université de Parakou et le Programme Analyse de la Politique Agricole (PAPA) de l’Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) pour son soutien technique et financier. Nous n’oublions pas les paysans, les enquêteurs, techniciens et les chercheurs qui ont aidé pour la collecte, la saisie et l’analyse des données et aussi surtout pour la lecture.

