

Impact des

changements climatiques

sur les flux commerciaux
agricoles et la sécurité
alimentaire dans
la Communauté économique
des États d'Afrique de l'Ouest



CEA

ACP°C
Centre africain pour la politique en matière de climat



UNITED NATIONS
UNIVERSITY

UNU-INRA

Institute for Natural Resources in Africa

Impact des

changements climatiques

sur les flux commerciaux
agricoles et la sécurité
alimentaire dans
la Communauté économique
des États d'Afrique de l'Ouest



CEA

ACP°C
Centre africain pour la politique en matière de climat



UNITED NATIONS
UNIVERSITY

UNU-INRA

Institute for Natural Resources in Africa

Pour commander des exemplaires du rapport, veuillez contacter :

Publications
Commission économique pour l'Afrique
P.O. Box 3001
Addis-Abeba, Éthiopie
Tél: +251-11- 544-9900
Télécopie: +251-11-551-4416
Adresse électronique: eca-info@un.org
Web: www.uneca.org

© 2020 Commission économique pour l'Afrique
Addis-Abeba, Éthiopie
Tous droits réservés

Toute partie du présent ouvrage peut être citée ou reproduite librement. Il est cependant demandé d'en informer la Commission économique pour l'Afrique et de lui faire parvenir un exemplaire de la publication.

Avertissement

Le présent rapport, financé par le Centre africain pour la politique en matière de climat de la Commission économique pour l'Afrique, a été rédigé par Boris Odilon Kounagbè Lokonon, Aklesso Egbendewe-Mondzozo, Naga Coulibaly et Calvin Atewamba pour l'Institut de l'Université des Nations Unies sur les ressources naturelles en Afrique. Il ne reflète pas nécessairement le point de vue de l'Université ou du Centre.

Table des matières

Résumé	iv
Remerciements	v
1. Introduction.....	1
2. Matériels et méthodes utilisés.....	3
2.1 Changements climatiques et scénarios socioéconomiques	5
2.2 Simulation de rendement agricole	5
2.3 Le modèle de maximisation de profit bioéconomique	6
2.4 Module d'échange.....	7
3. Paramétrisation du module commerce	8
3.1 Niveaux de production agricole	8
3.2 Demande de produits agricoles	8
4. Résultats du modèle et discussion	9
4.1 Scénario de référence.....	9
4.2 Impact des changements climatiques sur le commerce du riz paddy	10
4.3 Impact des changements climatiques sur le commerce des céréales	12
4.4 Impact des changements climatiques sur le commerce des légumes, fruits et noix	14
4.5 Impact des changements climatiques sur le commerce des graines oléagineuses	17
4.6 Sensibilité au tarif extérieur commun	20
4.7 Incidences sur la sécurité alimentaire au sein de la Communauté économique des États d'Afrique de l'Ouest	21
5. Conclusion.....	23
Bibliographie.....	25

Liste des figures

Figure I : Structure du module d'échange.....	4
Figure II : Valeurs marginales des importations alimentaires par tonne (Dollars des États-Unis).....	22

Liste des tableaux

Tableau 1 : Changements subis par le commerce du riz dans le scénario RCP4.5 par rapport au scénario de référence.....	11
Tableau 2 : Changements subis par le commerce du riz dans le scénario RCP8.5 par rapport au scénario de référence.....	12
Tableau 3 : Changements subis par le commerce des céréales dans le scénario RCP4.5 par rapport au scénario de référence	13
Tableau 4 : Changements subis par le commerce des céréales dans le scénario RCP8.5 par rapport au scénario de référence	14
Tableau 5 : Changements subis par le commerce des légumes, fruits et noix dans le scénario RCP4.5 par rapport au scénario de référence.....	15
Tableau 6 : Changements subis par le commerce des légumes, fruits et noix dans le scénario RCP8.5 par rapport au scénario de référence.....	16
Tableau 7 : Changements subis par le commerce des légumes, fruits et noix dans le scénario RCP8.5 par rapport au scénario de référence.....	17
Tableau 8 : Changements subis par le commerce des graines oléagineuses dans le scénario RCP4.5 par rapport au scénario de référence.....	19
Tableau 9 : Différences de coûts commerciaux des importations alimentaires de l'extérieur de la CEDEAO selon les scénarios de changements climatiques RCP4.5 et RCP8.5.....	20
Tableau 10 : Les analyses de sensibilité du tarif extérieur commun diminuent dans le scénario RCP8.5.....	21
Tableau 11 : Évolution des importations du riz de l'extérieur de la CEDEAO dans les scénarios RCP8.5 et SSP1 par rapport au scénario de référence.....	21

Résumé

Le présent document est un résumé d'une étude d'impact des changements climatiques sur les flux commerciaux agricoles au sein de la Communauté économique des États d'Afrique de l'Ouest (CEDEAO), ainsi qu'entre les pays membres et les pays non membres de cette communauté. L'étude a été réalisée à l'aide d'un module de minimisation des coûts commerciaux dans un modèle d'optimisation bioéconomique portant sur la répartition des cultures et des terres. Il en ressort que les modèles commerciaux de la CEDEAO, qui sont influencés par le climat, dépendront des conditions socioéconomiques dominantes du XXI^e siècle. Si l'étude ne prédit aucun modèle commercial particulier, elle indique cependant que certains pays pourraient devenir des exportateurs nets de produits alimentaires certaines années, et importateurs nets, certaines autres. En outre, plusieurs pays pourraient dépendre du commerce extérieur pour répondre à leurs besoins alimentaires. Le coût des importations alimentaires dans les pays de la CEDEAO dépendra des tarifs extérieurs communs. À cet égard, l'étude montre qu'une réduction de 5 ou 10 % de ces tarifs pourrait réduire de 3 ou 7 % le coût global des échanges.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier les nombreuses institutions et personnes qui ont, dans une large mesure, contribué à la réalisation de l'étude résumée dans le présent document. Ils tiennent à remercier d'abord et avant tout l'Institut de l'Université des Nations Unies sur les ressources naturelles en Afrique, à Accra, et le Centre africain pour la politique en matière de climat de la Commission économique pour l'Afrique pour avoir financé l'étude. Ils adressent également leurs sincères remerciements à Elias T. Ayuk et à Calvin Atewamba, qui ont fourni toutes les informations et données techniques nécessaires, et à Labintan Adeniyi Constant et à Atewamba, qui ont élaboré le cadre de modélisation de l'étude. Ils tiennent enfin à remercier M. Sylla et le Consortium des centres internationaux de recherche agricole pour la fourniture des données climatiques et socioéconomiques de la CEDEAO.

1. Introduction

Les changements climatiques auront des répercussions profondes sur le continent africain si rien n'est fait pour réduire les émissions des gaz à effet de serre et mettre en place des stratégies d'adaptation appropriées (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2014 ; Rosenzweig et Parry, 1994). L'on s'accorde à présent à dire que la réduction de ces émissions nécessite des accords mondiaux entre les pays industrialisés qui sont de gros émetteurs de ces gaz. Indépendamment de la conclusion des accords pour la réduction des émissions en vue de limiter l'augmentation de la température mondiale à moins de 2°C d'ici à 2100, des mesures d'adaptation doivent être rapidement prises pour atténuer l'impact des émissions sur la sécurité alimentaire dans les pays situés sous les tropiques. Il va sans dire que les pays africains doivent également prendre les mesures nécessaires à la réduction des émissions et adopter des stratégies d'atténuation appropriées, y compris la promotion du reboisement et l'investissement dans des énergies plus propres et renouvelables. Même si les modèles climatiques prévoient une augmentation des températures accompagnée de variations irrégulières des niveaux de précipitation dans le monde, certains pays pourraient cependant enregistrer plus de précipitations que d'autres. Certains pays pourraient ainsi avoir de bonnes récoltes, contrairement à d'autres. Dans un tel scénario, le commerce des denrées alimentaires entre les pays aiderait à lutter contre l'insécurité alimentaire. Le présent rapport porte essentiellement sur l'Afrique de l'Ouest comme une étude de cas et vise à faire mieux comprendre la relation entre le climat de la région, la production agricole, le commerce des produits alimentaires et la sécurité alimentaire. Dans une étude précédente, il a été établi que les changements climatiques n'auraient qu'un impact marginal sur la capacité de production agroalimentaire des pays de

l'hémisphère nord (Rosenzweig et Parry, 1994), mais des effets plus marqués dans les pays de l'hémisphère sud, en particulier ceux des tropiques dont la production agroalimentaire serait plus gravement touchée. Toutefois, certains pays de cet hémisphère pourraient s'en sortir mieux que d'autres. Il est donc possible que le commerce et l'importation des produits alimentaires des pays de l'hémisphère nord revêtent une importance capitale si les pays de l'hémisphère sud veulent combattre les effets négatifs des changements climatiques (Stephan et Schenker, 2008).

Il existe des preuves irréfutables que l'adaptation des systèmes agricoles pour atténuer les effets des changements climatiques nécessitera un changement des pratiques agricoles actuelles, y compris le recours à des technologies novatrices et l'utilisation de semences résistantes à la chaleur et de cultures agricoles pouvant résister à des vagues de chaleur et de sécheresse. D'autres changements recommandés comprennent l'augmentation des investissements dans les barrages et réservoirs d'eau pour une meilleure irrigation. D'importants investissements seront en effet nécessaires à la réussite de l'irrigation fluviale et de l'irrigation par les eaux souterraines. En ce moment, la plupart des pays d'Afrique de l'Ouest ne disposent pas de ressources suffisantes pour de tels investissements, leurs gouvernements étant déjà confrontés à de multiples défis sociaux et économiques, notamment le financement de la santé, de l'éducation et des infrastructures de base. Même si l'investissement contribue à la réduction de la pression actuellement exercée sur l'approvisionnement en eau, l'efficacité des projets financés dépendra de la disponibilité des ressources en eau. À cet égard, plusieurs pays ouest-africains, dont le Bénin, le Ghana et le Togo, ont récemment connu des pénuries d'électricité qui se sont traduites par plusieurs jours de coupure. Cela est dû en partie

à la forte baisse du niveau d'eau dans les barrages d'Akosombo et de Nangbeto, conséquence de la baisse des précipitations. Le commerce des produits alimentaires peut ainsi s'avérer essentiel dans la lutte contre les pénuries alimentaires dans les régions ayant connu un déficit hydrique causé par l'irrégularité des précipitations. Pour résoudre le problème de l'insécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest, on pourrait exploiter les éventuels avantages comparatifs dynamiques induits par les changements climatiques, certains pays devenant temporairement exportateurs nets de produits agricoles [Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 2015]. Plusieurs raisons expliquent pourquoi le commerce des produits agricoles pourrait aider les pays et les communautés à s'adapter aux effets des changements climatiques et à les atténuer (Stephan et Schenker, 2008). Premièrement, ce commerce pourrait constituer une véritable politique d'assurance contre les risques de changement climatique. Il permettrait par conséquent d'assurer la disponibilité des vivres dans les régions touchées par la baisse de la productivité agricole. Deuxièmement, le libre-échange pourrait aider à répartir les coûts des mesures d'adaptation entre les parties prenantes : il aiderait les pays exportateurs nets de produits alimentaires à assumer une partie de la hausse des prix que supportent les pays en situation de déficit alimentaire. Mais cela soulève une fois encore la question d'accessibilité à ces produits alimentaires relevée dans une étude précédente (Julia et Duchin, 2007), car, même si les importations sont possibles, les prix des produits seraient hors de portée pour la majorité des habitants. Ce qui pourrait conduire à l'insécurité alimentaire si le pouvoir d'achat des habitants ne leur permettait pas de s'acheter de la nourriture. La présente étude examine donc la possibilité de faire du commerce des produits alimentaires un moyen de lutte contre l'insécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest. Elle vise particulièrement : a) à établir, à travers divers scénarios, la différence entre les pays fournisseurs

nets de produits alimentaires et ceux qui souffrent de déficits alimentaires, tout en recherchant les moyens les plus rentables d'acheminer les produits alimentaires des pays en situation d'offre excédentaire vers les pays en situation de demande excédentaire; b) à évaluer l'impact des politiques commerciales et agricoles sur les échanges au sein de la CEDEAO, et c) à mesurer l'incidence des flux commerciaux sur la sécurité alimentaire. La réalisation de ces objectifs exige le règlement de plusieurs questions, à savoir : a) l'acheminement efficace des produits alimentaires des pays en situation d'offre excédentaire vers les pays en situation de demande excédentaire ; b) l'impact du commerce des produits alimentaires sur les coûts d'adaptation aux changements climatiques et c) l'incidence des flux commerciaux observés sur la sécurité alimentaire. Pour donner une réponse prospective à ces questions, un modèle d'optimisation bioéconomique a été conçu pour 14 pays d'Afrique de l'Ouest. Il s'agit du Bénin, du Burkina Faso, de la Côte d'Ivoire, de la Gambie, du Ghana, de la Guinée, de la Guinée-Bissau, du Libéria, du Mali, du Niger, du Nigéria, du Sénégal, de la Sierra Leone et du Togo. Le modèle a été calibré pour l'utilisation des terres observée en 2004 et simulée jusqu'en 2100. Il intègre des facteurs tels que les récoltes et les prix des produits agricoles dans quelques scénarios de changements climatiques et socioéconomiques. Un module de minimisation des coûts commerciaux a ainsi été développé pour identifier les pays en situation d'offre excédentaire et les pays en situation de demande excédentaire dans le but de rechercher les moyens rentables d'acheminer les produits alimentaires des premiers vers les seconds.

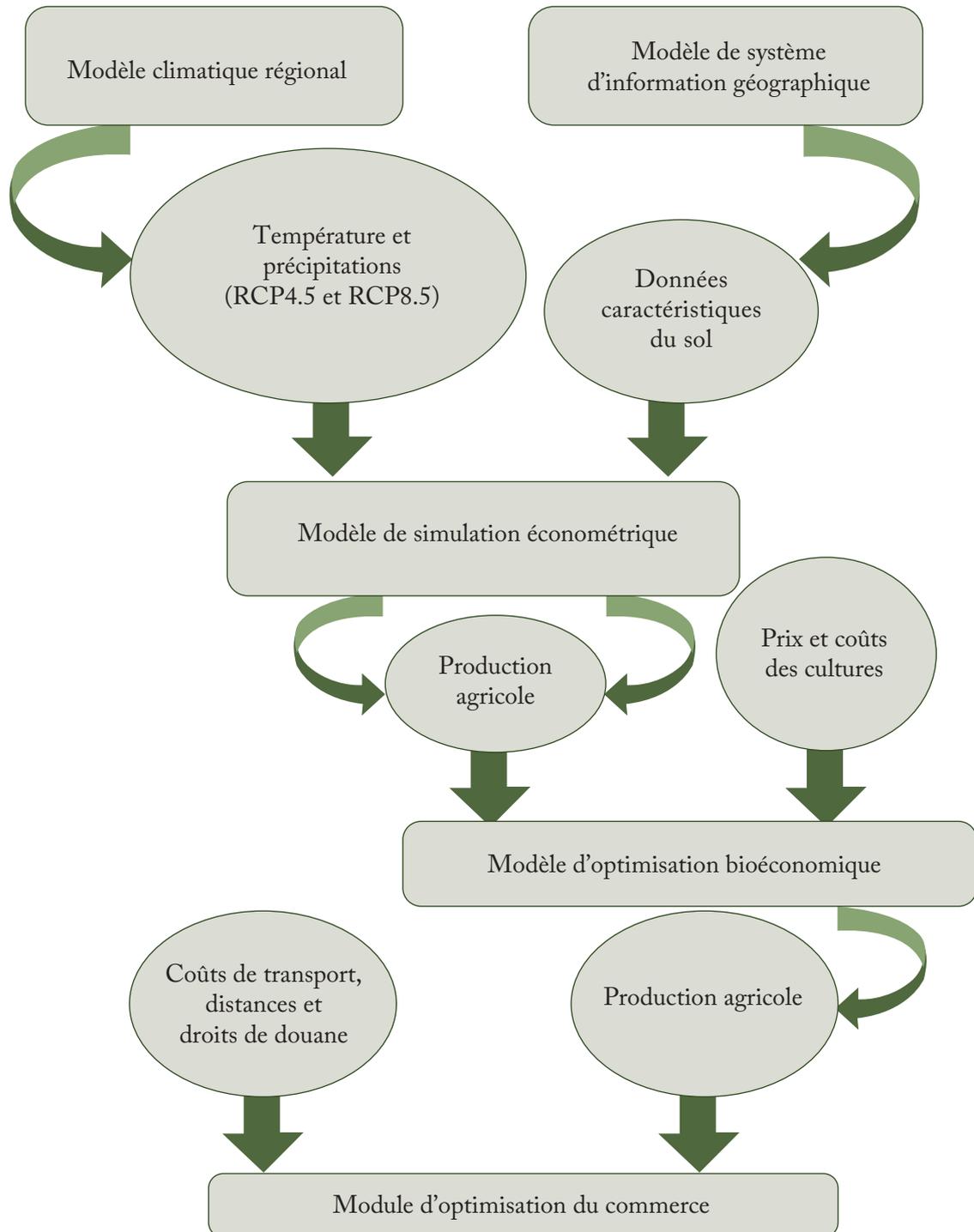
Le présent document comprend une partie qui traite des approches méthodologiques utilisées dans l'étude et une deuxième qui explique la paramétrisation du modèle, l'élaboration de scénarios et les résultats de la simulation du modèle. Il s'achève sur les recommandations stratégiques formulées sur la base de ces résultats.

2. Matériels et méthodes utilisés

L'étude a utilisé un modèle d'optimisation bioéconomique fondé sur une hypothèse représentative de maximisation du profit neutre à l'égard du risque. Un module d'échange de produits alimentaires a été développé au sein du modèle. Ce module a été conçu comme modèle de transport destiné à acheminer de manière optimale les produits alimentaires des pays en situation d'offre excédentaire vers les pays en situation de demande excédentaire. Le modèle a ensuite été appliqué à la région d'Afrique de l'Ouest afin d'évaluer l'impact des changements climatiques sur les systèmes alimentaires et commerciaux. Il a intégré un large éventail de données, y compris celles obtenues d'études antérieures. Au départ, un modèle climatique régional a été utilisé pour les prévisions de température

et de précipitations de 2004 à 2100 sur la base de deux voies de concentration représentatives (RCP4.5 et RCP8.5). Un simulateur de récolte économétrique a ensuite été utilisé pour simuler le rendement des cultures sur la base de ces voies de concentration représentatives. Les rendements ainsi simulés ont ensuite été couplés aux prix des produits agricoles projetés dans quatre scénarios socioéconomiques, puis intégrés dans un modèle bioéconomique de maximisation des profits, dans le but de prédire l'utilisation des terres et la production en matière d'agriculture et d'élevage. Enfin, ces niveaux de récolte ont permis de prédire les flux commerciaux en Afrique de l'Ouest, tout en tenant compte des coûts de transport et des droits de douane à l'extérieur de la zone de libre-échange de la CEDEAO.

Figure I : Structure du module d'échange



2.1 Changements climatiques et scénarios socioéconomiques

Les scénarios climatiques ont servi à projeter les variables climatiques selon deux voies de concentration représentatives. Des projections de température, de précipitations et d'évapotranspiration pour la région ouest-africaine ont ainsi été faites sur la base de ces voies de concentration représentatives, et ces variables climatiques utilisées pour simuler la production agricole sur la base des voies RCP4.5 et RCP8.5. Le modèle climatique régional a été le principal outil utilisé pour la génération des données de référence et de changements climatiques pour la région de la CEDEAO. La technique de modélisation du climat régional a consisté à analyser les conditions initiales, les conditions météorologiques latérales temporelles et les conditions liées aux limites superficielles en vue de générer les modèles à haute résolution pour des zones restreintes. Les données de référence ont été générées par les modèles climatiques de la Phase 5 du projet d'intercomparaison de modèles couplés ou des modèles du système terrestre. Elles pouvaient inclure des forçages de gaz à effets de serre et d'aérosols. La stratégie de base consistait à se servir des modèles climatiques globaux pour simuler la réponse du modèle de circulation globale au forçage à grande échelle, et du modèle climatique régional pour représenter le forçage de sous-échelle du modèle climatique global avec des caractéristiques topographiques complexes et des hétérogénéités du couvert végétal, et pour améliorer la simulation de la circulation atmosphérique et des variables climatiques à petite échelle spatiale. Cette technique a été l'outil le plus approprié pour la production des données régionales sur les changements climatiques en Afrique de l'Ouest. Elle a été largement utilisée auparavant dans la région (Sylla et autres, 2012).

Les deux scénarios RCP ont été associés à quatre trajectoires socioéconomiques. Ces trajectoires socioéconomiques communes ont permis d'obtenir des données sur les prix et les coûts indexés dans le modèle bioéconomique. Les quatre trajectoires ont été créées sur la base

des critères suivants : deux forces dominantes (acteurs étatiques et non étatiques) interagissant avec deux moteurs stratégiques (priorités à court terme et à long terme) ont produit quatre scénarios possibles. Dans le premier scénario (SSP1), les acteurs étatiques étaient dominants, ce qui supposait l'existence d'institutions fortes, mais des gouvernements privilégiant des gains à court terme, créant ainsi un grand besoin d'argent. Par conséquent, l'inflation est restée légèrement supérieure à la moyenne. Dans le deuxième scénario (SSP2), les acteurs étatiques mettaient l'accent sur les priorités à long terme, y compris une lente et difficile transition vers le développement durable. Le niveau général des prix était par conséquent bien contrôlé et l'inflation faible. Dans le troisième scénario (SSP3), les acteurs non étatiques, y compris les organisations non gouvernementales et les acteurs de la société civile, ont été pleinement renforcés. Il existait donc, entre la société civile et le secteur privé, un équilibre sain qui a été productif dans l'ensemble. Ce scénario supposait des niveaux d'inflation modérés. Dans le quatrième scénario (SSP4), les acteurs non étatiques étaient dominants et poursuivaient des objectifs à court terme. Les institutions financières étaient faibles, les pays mal gouvernés et les ressources consacrées à la résolution des crises plutôt qu'à l'investissement dans un avenir durable. L'inflation est restée par conséquent élevée.

Enfin, les deux scénarios RCP ont été associés aux quatre scénarios SSP pour créer les huit scénarios exposés dans le présent document.

2.2 Simulation de rendement agricole

La simulation de la production agricole repose habituellement sur plusieurs variables (Izaurre et autres, 2006 ; Chang, 2002). Ces variables peuvent inclure des facteurs climatiques tels que la température, les précipitations, l'évapotranspiration, les niveaux de concentration du CO₂, le type de sol (trois types de sols ont été examinés dans le présent document : argileux, limoneux et sableux), les méthodes de

gestion et la technologie, y compris l'utilisation d'engrais, la rotation des cultures et l'irrigation. Dans l'agriculture ouest-africaine, la plupart des cultures sont cultivées sans engrais ni irrigation. Les rendements dépendent ainsi des facteurs tels que les variables climatiques et le type de sol. Les simulateurs de rendement biophysiques, tels que le modèle climatique d'intégration de la politique environnementale, sont principalement utilisés pour prédire les résultats environnementaux, y compris le ruissellement agricole et les niveaux d'émissions. Le présent projet de recherche avait pour but d'évaluer les rendements agricoles sans directement identifier les résultats environnementaux. Il a par conséquent utilisé une méthode économétrique pour la simulation des rendements. La fonction rendement utilisée a été tirée d'une recherche antérieure (Gornott et Wechsung, 2016) et peut s'exprimer ainsi qu'il suit :

$$Y_{it} = Z_{it} CO2_t^\delta \left(\prod_{j=May}^{Oct} T_{ijt}^{\alpha_j} \right) \left(\prod_{j=May}^{Oct} P_{ijt}^{\beta_j} \right) \left(\prod_{k=1}^9 S_{ik}^{\gamma_k} \right) \quad (1)$$

Où en termes logarithmiques :

$$\log(Y_{it}) = \log(Z_{it}) + \delta \log(CO2_t) + \sum_{j=May}^{Oct} \alpha_j \log(T_{ijt}) + \sum_{j=May}^{Oct} \beta_j \log(P_{ijt}) + \sum_{k=1}^9 \gamma_k \log(S_{ik}) \quad (1)$$

Où Z_{it} et S_{ik} représentent, respectivement, l'indice des zones agroclimatiques et de sol et l'indice de temps ; le progrès technologique ; la température moyenne mensuelle ; la précipitation moyenne mensuelle ; les caractéristiques du sol ; et le niveau de concentration de CO_2 dans l'atmosphère au temps .

La dynamique du progrès technologique ¹ s'obtient par la formule :

$$\log(Z_{it}) = 0.06 * \left(\frac{t}{1+t} \right)^{\omega} + 0.98 * \log(Z_{it-1}) + U_{it} ; Z_{i0} = 1 \quad (3)$$

Où U_{it} est un bruit blanc avec une distribution normale tronquée.

2.3 Le modèle de maximisation de profit bioéconomique

Le modèle bioéconomique est conçu comme un problème d'optimisation dans lequel l'agriculteur représentatif maximise les profits en choisissant parmi sept systèmes de culture (McCarl et Spreen, 1980 ; Egbendewe-Mondzozo, 2011). Il s'agit du riz paddy, des céréales (maïs, sorgho et mil), des légumes, fruits et noix (bananes, manioc, banane plantain, pommes de terre, patates douces et ignames), des graines oléagineuses (haricots, noix de cajou, niébé, arachide et soja), ainsi que de la canne à sucre, du coton et des espèces locales (cacao, café et sésame), conformément à la classification que fait le Centre for Global Trade Analysis (Centre d'analyse du commerce mondial) des types de cultures et d'élevage, cette dernière comprenant les bovins, moutons, poulets et autres animaux. L'unité foncière utilisée dans le modèle repose sur la répartition de l'Afrique de l'Ouest en 39 zones agroclimatiques et trois types de sol (limoneux, argileux et sableux) dans ces zones. Cette répartition aboutit à 84 unités foncières ou zones de sols et agroclimatiques dans lesquelles l'agriculteur peut chercher à maximiser les profits. Pour afficher les unités foncières du pays plutôt que les zones agroclimatiques et de sol, les frontières du pays dans les zones sont superposées et les domaines pondérés utilisés pour évaluer la production au niveau national. Le modèle est ensuite calibré à l'aide d'une méthode de programmation mathématique positive (Howitt, 1994). Le modèle calibré permet de définir le taux de pénétration des terres agricoles de plus ou moins 1 % tous les cinq ans, afin d'évaluer l'attribution des terres et les rendements agricoles de façon dynamique dans les deux scénarios RCP. Les coûts de production et les prix sont prévus dans chaque scénario SSP par l'indexation des valeurs à partir de 2004. Le modèle prévoit l'allocation des terres de 2010 à 2100 tous les cinq

¹ L'étude indique que le progrès technologique fera augmenter les rendements de 1 % par an. Pour éviter des processus non stationnaires, l'équation 3 reflète l'évolution technologique.

ans (Lokonon et autres, 2016). La production totale calculée est introduite dans le module commerce pour prédire les flux commerciaux sur la base des avantages comparatifs dynamiques créés par les changements climatiques.

2.4 Module d'échange

Il s'agit d'un modèle de transport dynamique dans lequel les produits alimentaires sont acheminés des pays fournisseurs nets vers les pays qui ont des besoins alimentaires nets. Soit , la quantité de produits alimentaires à acheminer d'un pays à l'autre dans un temps . L'offre excédentaire du pays est considérée comme et la demande excédentaire du pays comme. Soit , la distance d'un pays à l'autre et l'unité du coût de transport. Si représente l'importation de l'extérieur de la zone de libre-échange et de la CEDEAO et le paramètre du tarif extérieur commun par récolte , alors le modèle de transport pourrait être rédigé comme suit :

$$\begin{aligned} \text{MIN}_{x_{c,i,j,t}; imp_{c,i,t}} & \sum_c \sum_i \sum_j \sum_t (x_{c,i,j,t} \times \gamma \times Dist_{i,j} \\ & + \delta_c \times imp_{c,i,t}) \end{aligned} \quad (1)$$

Sous réserve :

$$\begin{aligned} \sum_j x_{c,i,j,t} \\ \leq a_{c,i,t}, \forall c, i, t \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \sum_i x_{c,i,j,t} + imp_{c,j,t} \\ \geq b_{c,j,t}, \forall c, j, t \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} x_{c,i,j,t} \geq 0; imp_{c,i,t} \\ \geq 0, \forall c, i, j, t \end{aligned} \quad (4)$$

La fonction objective 1) consiste à choisir la quantité de l'expédition et les importations hors CEDEAO afin de minimiser le coût des échanges. La contrainte 2) prévoit que le total des expéditions soit inférieur ou égal à l'offre disponible. La contrainte 3) indique que le total des expéditions et des importations doit être supérieur ou égal à la demande excédentaire. La contrainte 4) indique que les expéditions et les importations doivent être positives.

3. Paramétrisation du module commerce

3.1 Niveaux de production agricole

Le module commerce prévoit la production agricole générée par le modèle d'optimisation bioéconomique. Cette production est une estimation de l'offre totale des producteurs locaux de la CEDEAO. Le modèle autorise des importations hors espace CEDEAO, notamment d'Europe, d'Asie, des Amériques et d'autres pays d'Afrique. Toutes les importations hors espace CEDEAO sont assujetties au tarif extérieur commun. Les niveaux de production totale sont calibrés à ceux de 2004. Seules quatre cultures (riz paddy, céréales, légumes et fruits, graines oléagineuses) sont considérées comme cultures commercialisées. Il convient de noter qu'en général, les pays de la CEDEAO n'autorisent pas le libre-échange dans ces cultures, mais qu'ils pourraient envisager de vendre leur surplus de production aux pays membres en situation de pénurie. Les trois autres types de cultures (canne à sucre et betterave sucrière, coton et cacao, café et sésame) ne sont pas inclus dans le module commerce parce qu'ils sont pour la plupart des cultures de rente et par conséquent exportés hors espace CEDEAO.

3.2 Demande de produits agricoles

La demande totale de produits agricoles se calcule à l'aide de fonctions de demande à élasticité constante sous la forme $D = a \cdot P^{-b}$, où les prix et le produit intérieur brut varient dans les quatre scénarios socioéconomiques. Les paramètres d'échelle sont calibrés pour chaque culture et chaque pays sur la base des données concernant le volume de la demande pour l'année de référence 2004 fournies en 2015 par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), et les

valeurs de l'élasticité des prix et des revenus tirées du modèle MIRAGE [Modelling International Relationships in Applied General Equilibrium (modèle d'équilibre général appliqué aux relations internationales)] (Decreux et Valin, 2007). Pour stimuler ces demandes, leurs fonctions sont indexées à la croissance démographique annuelle moyenne de 3,5 %, et les taux de croissance de l'élasticité du revenu de 3 à 8,5 %, projetés tous les cinq ans. L'ensemble de données d'élasticité existe uniquement pour certains pays et groupes de pays de la région. Les pays pris individuellement dans l'étude sont le Bénin, le Burkina Faso, la Côte-d'Ivoire, le Ghana, la Guinée, le Nigéria, le Sénégal et le Togo. Les autres pays (Gambie, Guinée-Bissau, Libéria, Mali, Niger et Sierra Leone) sont regroupés dans la catégorie « Autres pays de la CEDEAO ». Après le calibrage et la projection de la demande, le calcul de la différence entre la demande et la production totale permet d'évaluer les demandes excédentaires et les offres excédentaires pour chaque pays jusqu'à l'année 2100. La valeur de t , qui est le coût moyen de la tonne-km en dollars des États-Unis, est fixée à 0,752 dollar selon le rapport 2012 de l'Agence américaine pour le développement international sur les coûts de transport en Afrique de l'Ouest. Le paramètre d , qui est la distance entre les capitales des pays, est calculé à l'aide d'un système d'informations géographiques imposé sur une carte de la CEDEAO. Le paramètre τ , qui comprend les taux du tarif extérieur commun de la CEDEAO, provient d'un rapport de la CEDEAO (Communauté économique des États d'Afrique de l'Ouest, 2006). Les fonctions de la demande n'étant pas linéaires, le module d'échange s'élabore à l'aide d'une programmation non linéaire utilisant une modélisation algébrique généralisée du logiciel système.

4. Résultats du modèle et discussion

Pour chaque scénario socioéconomique, les résultats de l'étude mettent en évidence l'impact des changements climatiques des scénarios RCP4.5 et RCP8.5 («atténuation» «Statu quo») sur les flux commerciaux agricoles relatifs au scénario de référence qui ne prévoit aucun changement climatique.

4.1 Scénario de référence

Dans ce scénario, les changements climatiques ne sont censés avoir aucun effet. Le scénario repose sur les rendements envisagés si les conditions climatiques actuelles restent inchangées jusqu'à la fin du siècle en cours. Le commerce potentiel est alors calculé sur la base de l'estimation des demandes et offres excédentaires des différents pays. Le modèle sert ensuite à déterminer le coût minimal du transport de denrées alimentaires des pays en situation d'offre excédentaire vers les pays en situation de demande excédentaire. Les résultats de ce scénario de référence varient selon le type de culture et le SSP. Les scénarios SSP sont ensuite utilisés pour simuler les prix au cours du siècle.

Le riz paddy vient de la Guinée et du Nigéria. Il est livré à d'autres pays selon le scénario SSP1 au cours du siècle. Les flux commerciaux ne sont jamais statiques, ils augmentent certaines années et diminuent certaines autres. Le Ghana, le Togo et la catégorie « Autres pays de la CEDEAO » deviennent des importateurs nets de riz paddy de la Guinée, alors que tous les autres pays de la région, à l'exception de la Guinée, importent du Nigéria. Le scénario SSP2 ne prévoit aucun commerce de riz paddy. Dans le scénario SSP3, il est prévu que seul le Ghana importera du riz paddy du Nigéria entre les années 2050 et 2080, tandis que le scénario SSP4 prédit que de

nombreux autres pays, dont la Côte d'Ivoire, le Ghana, la Guinée et le Togo, deviendront des exportateurs de riz pour un temps.

Seul le scénario SSP1 prévoit le commerce des céréales entre le Burkina Faso (exportateur) et le Nigéria (importateur). Les échanges commerciaux devraient fluctuer tout au long du siècle. Une tendance commerciale similaire s'observe dans le scénario SSP2, mais les exportations cessent en 2030. Le scénario SSP3 présente un flux commercial similaire avec un arrêt des exportations en 2060. Si les flux commerciaux sont limités dans les scénarios SSP susvisés, ils augmentent par contre dans le scénario SSP4 où tous les pays de la CEDEAO sont exportateurs de céréales, à l'exception de la Côte d'Ivoire, du Ghana, de la Guinée et du Togo.

Dans le scénario SSP1, les légumes, les fruits et les noix sont exportés par la Côte d'Ivoire, le Ghana, la Guinée, le Nigéria, le Sénégal et le Togo vers divers autres pays. Cependant, certains pays exportateurs devraient devenir des importateurs nets certaines années. Dans le scénario SSP2, seuls la Côte d'Ivoire et le Sénégal exportent des légumes, fruits et noix (vers la Guinée en 2010). Dans le scénario SSP3, la Côte d'Ivoire augmente ses exportations globales en exportant vers le Nigéria jusqu'en 2020. Le Sénégal exporte également vers le Nigéria et le Togo en 2010 et 2020. Dans le scénario SSP4, nombre d'autres pays exportent des légumes, fruits et noix : le Bénin, la Côte d'Ivoire, le Ghana, la Guinée, le Togo et d'autres pays de la CEDEAO exportent en effet des légumes, fruits et noix au Burkina Faso jusqu'à 2080 afin de satisfaire la demande alimentaire extrêmement élevée dans ce pays.

Dans le scénario SSP1, le Bénin et le Burkina Faso exportent des graines oléagineuses vers la Côte d'Ivoire, le Ghana et la Guinée de 2080 à 2100. Dans le scénario SSP2, le commerce se produit entre les années 2030 et 2050, et de nombreux autres pays, à savoir le Burkina Faso, la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Nigéria et d'autres pays de la CEDEAO, exportent des graines oléagineuses vers des pays comme le Bénin, le Sénégal et le Togo. Certains pays exportateurs importent aussi d'autres pays certaines années. Dans le scénario SSP3, le commerce se produit principalement dans la dernière moitié du siècle, les pays exportateurs étant le Bénin, le Burkina Faso, le Nigéria et d'autres pays de la CEDEAO. Le scénario SSP4 ne prévoit aucun commerce de graines oléagineuses.

Cette simulation du commerce sans changements climatiques sert de base de comparaison avec les simulations des scénarios RCP4.5 et RCP8.5.

4.2 Impact des changements climatiques sur le commerce du riz paddy

Le tableau 1 illustre la différence entre le scénario de référence et le scénario RCP4.5 concernant l'impact des changements climatiques sur le commerce du riz. Par rapport au scénario de référence, le modèle prévoit que le riz peut être

exporté de la Côte d'Ivoire vers le Burkina Faso et le Ghana de 2090 à la fin du siècle selon le scénario SSP1. D'autres pays, notamment la Guinée et le Nigéria, peuvent diminuer ou accroître leurs échanges, mais sans aucune tendance systématique. Le scénario SSP2 prévoit que le Nigéria pourrait connaître une baisse de ses exportations vers le Ghana entre 2050 et 2080 et une hausse par la suite. Selon le scénario SSP3, il n'y aura aucun commerce de riz dans l'espace CEDEAO. Dans le scénario SSP4, le commerce comprendra les exportations de la Côte d'Ivoire, du Ghana, de la Guinée et du Togo vers les autres pays, mais sans aucune tendance particulière nouvelle.

Le tableau 2 indique les flux commerciaux en vertu du scénario RCP8.5. Selon le scénario SSP1, la Côte d'Ivoire pourrait exporter du riz vers le Burkina Faso de 2090 à la fin du siècle, et vers le Ghana à partir de 2070. Le scénario SSP2 ne prévoit aucun commerce de riz dans l'espace ECOWAS, alors que selon le scénario SSP3, le Nigéria exportera du riz vers le Ghana du milieu du siècle jusqu'en 2080. Dans le scénario SSP4, plusieurs pays, dont la Côte d'Ivoire, le Ghana, la Guinée et le Nigéria exporteront vers d'autres pays de la CEDEAO, mais aucun modèle commercial dominant n'est observé.

Tableau 1 : Changements subis par le commerce du riz dans le scénario RCP4.5 par rapport au scénario de référence

		2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2095	2100
Scénario SSP1 : argent, contrôle et calories											
Côte d'Ivoire	Burkina Faso	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	572,6	1478,7	1865,2
Côte d'Ivoire	Ghana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	555,6	452,3	416,4
Guinée	Sénégal	0,0	0,0	0,0	-1,0	0,0	-1,0	-0,5	-0,9	-1,0	-1,0
Guinée	Togo	0,0	0,0	0,0	-1,0	0,0	0,0	0,1	-0,2	-0,2	-0,3
Guinée	Autres pays de la CEDEAO	-1,0	-1,0	-0,4	1135,2	1,6	1150,6	991,4	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Bénin	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,1	-0,1
Nigéria	Burkina Faso	0,0	0,0	0,0	-0,8	0,0	0,0	-0,1	-0,3	-0,6	-0,7
Nigéria	Côte d'Ivoire	0,0	0,0	-1,0	0,0	-0,1	-0,3	16,2	-1,0	-1,0	-1,0
Nigéria	Ghana	-1,0	-0,4	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	-1,0	-1,0	-1,0
Nigéria	Sénégal	0,0	0,0	-1,0	1086,9	-0,1	809,7	140,7	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Togo	0,0	0,0	-1,0	0,6	-0,9	-0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Autres pays de la CEDEAO	-1,0	-1,0	0,0	-0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Scénario SSP2 : autodétermination											
Nigéria	Ghana	0,0	0,0	0,0	-1,0	-0,6	-1,0	-1,0	976,8	4320,3	5521,2
Scénario SSP4 : propre salut											
Côte d'Ivoire	Burkina Faso	0,0	0,0	-0,6	0,0	0,2	88,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Côte d'Ivoire	Ghana	0,0	0,0	50,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ghana	Burkina Faso	0,0	0,0	0,0	-0,4	-0,2	-0,2	0,0	-0,7	-1,0	0,0
Guinée	Sénégal	-1,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Guinée	Togo	-1,0	3,2	-0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Guinée	Autres pays de la CEDEAO	11,0	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Bénin	-1,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	-0,4	-0,7	-1,0
Nigéria	Burkina Faso	-1,0	0,0	0,3	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Côte d'Ivoire	-1,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Ghana	0,2	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Togo	0,0	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Autres pays de la CEDEAO	0,3	836,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Togo	Burkina Faso	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	-1,0

Tableau 2 : Changements subis par le commerce du riz dans le scénario RCP8.5 par rapport au scénario de référence

		2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Scénario SSP1 : argent, contrôle et calories										
Côte d'Ivoire	Burkina Faso	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1004,3	2590,0
Côte d'Ivoire	Ghana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	126,1	292,5	513,3	222,3
Guinée	Sénégal	0,0	0,0	0,0	-1,0	0,0	-0,3	-0,5	-1,0	-1,0
Guinée	Togo	0,0	0,0	0,0	-1,0	0,0	428,6	0,0	-0,2	-0,4
Guinée	Autres pays de la CEDEAO	-1,0	-0,7	-0,2	1347,1	1,2	850,8	457,9	0,0	0,0
Nigéria	Bénin	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,1
Nigéria	Burkina Faso	0,0	0,0	0,0	-0,4	0,0	0,0	0,0	-0,4	-1,0
Nigéria	Côte d'Ivoire	0,0	0,0	-1,0	-0,1	-0,5	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
Nigéria	Ghana	-1,0	0,1	0,1	0,1	0,1	-0,1	-0,4	-1,0	-1,0
Nigéria	Sénégal	0,0	0,0	-1,0	1080,2	-0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Togo	0,0	0,0	-1,0	0,5	0,1	-1,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Autres pays de la CEDEAO	-1,0	-0,9	0,3	-0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Scénario SSP3 : La société civile viendra-t-elle à la rescousse ?										
Nigéria	Ghana	0,0	0,0	0,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	0,0	0,0
Scénario SSP4 : Votre propre salut										
Côte d'Ivoire	Burkina Faso	0,0	0,0	-1,0	-1,0	-1,0	0,0	342,7	241,7	747,0
Côte d'Ivoire	Ghana	0,0	0,0	-0,3	0,0	25,7	132,5	76,4	221,0	44,0
Côte d'Ivoire	Togo	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ghana	Burkina Faso	0,0	0,0	0,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	0,0
Guinée	Ghana	74,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Guinée	Sénégal	-1,0	-1,0	-1,0	-0,9	472,6	401,1	320,2	245,9	251,2
Guinée	Togo	-1,0	0,0	-1,0	2,2	164,9	171,3	175,7	183,5	185,7
Guinée	Autres pays de la CEDEAO	-1,0	1,6	727,0	556,8	21,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Bénin	-1,0	-1,0	-0,6	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,9
Nigéria	Burkina Faso	-1,0	-1,0	-1,0	43,4	1108,1	1065,1	672,1	717,8	153,0
Nigéria	Côte d'Ivoire	-1,0	-1,0	353,8	165,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Ghana	-1,0	1,7	333,0	249,0	154,8	89,7	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Sénégal	0,0	0,0	605,5	151,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Togo	0,0	-1,0	154,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Autres pays de la CEDEAO	-1,0	338,8	326,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Togo	Burkina Faso	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,9	0,0	0,0	-1,0

4.3 Impact des changements climatiques sur le commerce des céréales

Le tableau 3 illustre l'impact des changements climatiques sur le commerce des céréales dans le scénario RCP4.5 et les différents scénarios socioéconomiques. Le scénario SSP1 indique qu'une tendance claire se dégage des échanges, avec cependant quelques exceptions. Des volumes positifs de céréales pourraient être exportés du

Burkina Faso vers la Côte d'Ivoire, la Guinée et le Togo, du Nigéria vers le Bénin, le Ghana et le Togo ; du Sénégal vers la Guinée et le Togo ; et d'autres pays de la CEDEAO vers la Côte d'Ivoire, la Guinée et le Nigéria. La plupart de ces échanges se feront du milieu à la fin du siècle, alors qu'ils seront faibles au début du siècle. Dans le scénario SSP2, le Burkina Faso commercialisera des volumes positifs de céréales avec le Nigéria de 2020 à 2040, alors que le scénario SSP3 prévoit

des exportations de volumes positifs de céréales du Burkina Faso vers le Nigéria pendant tout le siècle. Le Bénin commencera l'exportation de céréales dans le scénario SSP4, mais aucune tendance commerciale cohérente n'émerge.

Le tableau 4 montre les changements des flux commerciaux projetés par le modèle RCP8.5

dans les différents scénarios socioéconomiques par rapport au scénario de référence. Le scénario SSP1 reprend l'ancienne tendance commerciale observée dans le modèle RCP4.5, avec toutefois des changements dans le volume des échanges, alors que le volume des échanges commerciaux augmente dans le scénario SSP2. Le scénario SSP3 fait apparaître une baisse

Tableau 3 : Changements subis par le commerce des céréales dans le scénario RCP4.5 par rapport au scénario de référence

		2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Scénario SSP1 : argent, contrôle et calories										
Burkina Faso	Côte d'Ivoire	0,0	0,0	0,0	488,6	1528,8	2350,7	1590,8	3513,3	4052,1
Burkina Faso	Ghana	0,0	0,0	0,0	3012,7	3895,6	4967,9	6048,1	4817,3	7565,2
Burkina Faso	Guinée	0,0	0,0	0,0	1,7	3147,7	0,0	656,3	5604,0	7212,1
Burkina Faso	Nigéria	0,4	0,2	0,4	0,1	-1,0	-0,6	-0,3	-1,0	-1,0
Burkina Faso	Togo	0,0	0,0	0,0	0,0	528,9	614,1	0,0	0,0	2097,7
Nigéria	Bénin	0,0	0,0	0,0	0,0	551,3	0,0	0,0	3609,9	3932,7
Nigéria	Ghana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2043,3	0,0
Nigéria	Togo	0,0	0,0	0,0	0,0	698,8	0,0	0,0	2499,1	1749,9
Sénégal	Guinée	0,0	0,0	0,0	183,6	0,0	0,0	11,6	0,0	0,0
Sénégal	Togo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	754,4	0,0	783,7	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Côte d'Ivoire	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Guinée	0,0	0,0	0,0	2275,1	0,0	3962,3	4237,8	943,1	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Nigéria	858,6	1345,6	76,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Scénario SSP2 : autodétermination										
Burkina Faso	Nigéria	2,9	0,7	491,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Scénario SSP3 : La société civile viendra-t-elle à la rescousse ?										
Burkina Faso	Nigéria	0,2	0,3	0,6	3,7	5324,4	3207,6	642,4	109,0	186,3
Scénario SSP4 : propre salut										
Bénin	Côte d'Ivoire	48,3	0,0	0,0	0,0	1688,3	554,2	0,0	0,0	0,0
Bénin	Ghana	0,0	0,0	45,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bénin	Guinée	0,0	1,1	4,3	1,8	-1,0	2,2	606,4	847,1	1680,3
Bénin	Nigéria	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bénin	Togo	0,0	-0,1	-1,0	0,0	0,0	0,0	361,0	52,2	0,0
Burkina Faso	Côte d'Ivoire	0,0	0,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-0,2	-0,2	-0,5
Burkina Faso	Ghana	751,4	-0,1	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
Burkina Faso	Guinée	198,7	-0,2	-0,9	-1,0	0,1	-1,0	-1,0	-0,9	-1,0
Burkina Faso	Nigéria	-0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Burkina Faso	Togo	0,0	0,0	5505,2	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
Nigéria	Bénin	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	-1,0	-1,0
Sénégal	Togo	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Côte d'Ivoire	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Ghana	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Guinée	-0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Nigéria	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Togo	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tableau 4 : Changements subis par le commerce des céréales dans le scénario RCP8.5 par rapport au scénario de référence

		2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Scénario SSP1 : argent, contrôle et calories										
Burkina Faso	Bénin	0,0	0,0	0,0	0,0	789,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Burkina Faso	Côte d'Ivoire	0,0	0,0	0,0	676,2	1896,1	0,0	934,8	3519,6	4201,8
Burkina Faso	Ghana	0,0	0,0	0,0	3050,0	4031,1	5019,8	6075,9	5012,8	7325,6
Burkina Faso	Guinée	0,0	0,0	0,0	0,0	594,0	816,7	816,1	5378,2	8159,4
Burkina Faso	Nigéria	0,5	0,2	0,5	-0,1	-0,7	0,0	-0,2	-1,0	-1,0
Burkina Faso	Togo	0,0	0,0	0,0	333,0	560,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Bénin	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3615,0	4146,6
Nigéria	Ghana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1861,7	426,6
Nigéria	Togo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2587,4	3985,8
Sénégal	Guinée	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	219,3	0,0	0,0	0,0
Sénégal	Nigéria	0,0	64,8	20,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sénégal	Togo	0,0	0,0	0,0	294,9	839,3	0,0	0,0	700,6	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Côte d'Ivoire	0,0	0,0	0,0	366,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Guinée	0,0	0,0	0,0	2473,4	2583,6	2874,6	4111,0	1170,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Nigéria	1692,9	2301,4	1195,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Scénario SSP2 : autodétermination										
Burkina Faso	Nigéria	3,2	2,5	809,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Scénario SSP3 : La société civile viendra-t-elle à la rescousse ?										
Burkina Faso	Nigéria	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Scénario SSP4 : propre salut										
Bénin	Guinée	0,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	0,0	0,0	0,0
Bénin	Nigéria	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bénin	Togo	0,0	-1,0	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Burkina Faso	Côte d'Ivoire	0,0	0,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
Burkina Faso	Ghana	0,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
Burkina Faso	Guinée	0,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
Burkina Faso	Nigéria	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Burkina Faso	Togo	0,0	0,0	0,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
Nigéria	Bénin	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	-1,0	-1,0
Sénégal	Togo	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Côte d'Ivoire	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Ghana	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Guinée	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Nigéria	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Togo	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

constante des échanges par rapport aux données de référence. Une baisse plus sensible du volume des échanges s'observe dans le scénario SSP4 par rapport au scénario de référence.

4.4 Impact des changements climatiques sur le commerce des légumes, fruits et noix

Le tableau 5 présente l'impact des changements climatiques sur le commerce des légumes, fruits et noix dans le scénario RCP4.5 par rapport au scénario de référence. Dans le scénario SSP1, les exportations de la Côte d'Ivoire vers le

Burkina Faso diminueront au début du siècle par rapport au scénario de référence, tandis que les exportations du Bénin augmenteront de 2070 à la fin du siècle. Le Ghana, la Guinée, le Nigéria et le Togo continueront d'exporter les légumes, fruits et noix vers les autres pays d'Afrique de l'Ouest, mais sans modèle commercial précis. Le scénario SSP2 ne prévoit pas de commerce de

légumes, fruits et noix dans l'espace CEDEAO. Dans le scénario SSP3, le Ghana et le Nigéria augmentent le volume de leurs exportations vers les autres pays de la région de 2070 à la fin du siècle. Le scénario SSP4 prévoit un déclin de l'ensemble du commerce des légumes, fruits et noix.

Tableau 5 : Changements subis par le commerce des légumes, fruits et noix dans le scénario RCP4.5 par rapport au scénario de référence

		2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Scénario SSP1 : argent, contrôle et calories										
Bénin	Burkina Faso	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	151,6	7266,7	5588,0	6866,6
Côte d'Ivoire	Burkina Faso	-1,0	-0,2	-0,1	-0,3	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Côte d'Ivoire	Ghana	-1,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Côte d'Ivoire	Guinée	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	0,0	0,0	0,0
Côte d'Ivoire	Nigéria	3273,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Côte d'Ivoire	Sénégal	0,0	0,0	0,0	0,2	-0,1	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4
Côte d'Ivoire	Togo	0,0	0,0	0,0	1346,6	-0,3	-0,7	-0,9	-0,6	-0,5
Côte d'Ivoire	Autres pays de la CEDEAO	0,0	0,0	0,0	-1,0	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ghana	Burkina Faso	0,0	0,0	-0,3	0,3	0,3	0,0	-0,3	-0,2	-0,2
Ghana	Autres pays de la CEDEAO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	0,0	0,0	0,0
Guinée	Nigéria	257,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Guinée	Togo	0,0	0,0	0,0	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Guinée	Autres pays de la CEDEAO	-1,0	0,3	-0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Bénin	-1,0	0,2	0,6	0,2	-0,3	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
Nigéria	Burkina Faso	-1,0	0,1	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Sénégal	0,0	22,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Togo	0,0	116,7	3,0	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Autres pays de la CEDEAO	-1,0	-0,3	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sénégal	Autres pays de la CEDEAO	-0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Togo	Burkina Faso	-1,0	-0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Scénario SSP3 : La société civile viendra-t-elle à la rescousse ?										
Côte d'Ivoire	Guinée	-0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9471,9	0,0	0,0
Côte d'Ivoire	Nigéria	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ghana	Burkina Faso	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34533,7	0,0	0,0
Ghana	Guinée	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10542,2	4996,0	14248,6	0,0
Nigéria	Burkina Faso	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	76359,2	12204,7	0,0
Nigéria	Côte d'Ivoire	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28816,4	4291,3
Nigéria	Ghana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	124,8
Nigéria	Guinée	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1287,4	0,0	13586,7	43117,1
Nigéria	Nigéria	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Sénégal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	272,7	13893,8	23088,9	37787,7
Nigéria	Togo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26683,8	0,0	0,0
Nigéria	Autres pays de la CEDEAO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20795,5	21720,2	38347,6	51431,8

		2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Scénario SSP4 : Votre propre salut										
Bénin	Burkina Faso	-1,0	-0,3	-0,3	-0,1	0,3	0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Côte d'Ivoire	Burkina Faso	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ghana	Burkina Faso	-0,2	0,1	0,8	0,5	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Bénin	388,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Togo	Burkina Faso	-0,3	-0,1	-0,2	0,0	-0,6	-1,0	0,0	0,0	0,0

Le tableau 6 présente l'impact des changements climatiques sur le commerce des légumes, fruits et noix dans le scénario RCP8.5 par rapport au scénario de référence. Dans le scénario SSP1, le Bénin exporte des légumes, fruits et noix au Burkina Faso de 2070 à la fin du siècle. Les exportations de la Côte d'Ivoire, du Ghana, du Nigéria et du Togo connaîtront des fluctuations par rapport au scénario de référence. Le scénario SSP2 ne prévoit pas de commerce de légumes, fruits et noix dans l'espace CEDEAO. Dans le scénario SSP3, les

exportations de la Côte d'Ivoire vers la Guinée et le Nigéria diminueront en 2020, tandis que le scénario SSP4 prévoit que les exportations de la Côte d'Ivoire vers le Nigéria, le Sénégal et le Togo seront en augmentation constante par rapport au scénario de référence. On observe également une augmentation semblable dans les exportations du Nigéria vers le Bénin, ainsi qu'une baisse constante des exportations du Bénin et du Togo vers le Burkina Faso par rapport au scénario de référence

Tableau 6 : Changements subis par le commerce des légumes, fruits et noix dans le scénario RCP8.5 par rapport au scénario de référence

		2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Scénario SSP1 : argent, contrôle et calories										
Bénin	Burkina Faso	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	952,7	8723,0	11444,1	14771,7
Côte d'Ivoire	Burkina Faso	-1,0	-0,8	-0,4	-0,2	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Côte d'Ivoire	Ghana	-1,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Côte d'Ivoire	Guinée	0,0	0,0	27,4	0,0	0,0	-1,0	0,0	0,0	0,0
Côte d'Ivoire	Nigéria	2473,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Côte d'Ivoire	Sénégal	0,0	0,0	0,0	0,1	-0,1	-0,4	-0,5	-0,5	-0,4
Côte d'Ivoire	Togo	0,0	0,0	0,0	1453,6	-0,3	-0,7	-1,0	-0,8	-0,7
Côte d'Ivoire	Autres pays de la CEDEAO	0,0	0,0	0,0	-0,5	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ghana	Burkina Faso	0,0	0,0	-1,0	0,2	0,3	-0,1	-0,3	-0,4	-0,4
Ghana	Autres pays de la CEDEAO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	0,0	0,0	0,0
Guinée	Nigéria	60,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Guinée	Togo	0,0	0,0	0,0	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Guinée	Autres pays de la CEDEAO	-1,0	-0,4	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Bénin	-1,0	-1,0	1,0	0,2	-0,3	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
Nigéria	Burkina Faso	-1,0	0,1	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Sénégal	0,0	56,6	64,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Togo	0,0	0,0	5,9	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Autres pays de la CEDEAO	-1,0	0,7	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sénégal	Nigéria	-0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sénégal	Autres pays de la CEDEAO	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Togo	Burkina Faso	-1,0	-0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Scénario SSP3 : La société civile viendra-t-elle à la rescousse ?										
Côte d'Ivoire	Guinée	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Côte d'Ivoire	Nigéria	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

		2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Scénario SSP4 : Votre propre salut										
Bénin	Burkina Faso	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
Côte d'Ivoire	Burkina Faso	-1,0	2089,0	1626,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Côte d'Ivoire	Nigéria	52,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Côte d'Ivoire	Sénégal	0,0	0,0	100,5	176,0	252,1	300,3	311,4	335,3	404,9
Côte d'Ivoire	Togo	0,0	0,0	1768,0	2021,6	2288,0	2546,5	2788,8	3074,3	3367,7
Ghana	Burkina Faso	-1,0	-0,7	2,4	5,7	11,0	8847,4	8815,4	8725,7	8579,8
Guinée	Burkina Faso	0,0	379,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Guinée	Nigéria	366,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Guinée	Sénégal	0,0	25,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Guinée	Autres pays de la CEDEAO	0,0	627,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Bénin	0,0	0,0	6909,3	7238,9	7604,4	7988,4	8337,2	8644,3	8903,5
Nigéria	Burkina Faso	0,0	3710,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Togo	Burkina Faso	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	0,0	0,0	0,0

4.5 Impact des changements climatiques sur le commerce des graines oléagineuses

Le tableau 7 illustre l'impact des changements climatiques sur le commerce des graines oléagineuses dans le scénario RCP4.5 par rapport au scénario de référence qui ne prévoit aucun changement climatique. Dans le scénario SSP1, l'exportation des graines oléagineuses du Bénin et du Burkina Faso vers le Ghana, la Guinée et la Côte d'Ivoire diminue vers la fin du siècle. La seule exception à cette tendance est l'augmentation des exportations du Bénin vers la Guinée en

2100. Dans le scénario SSP2, le commerce des graines augmente pour certains pays et baisse pour d'autres au début du siècle, mais sans aucun modèle constant. Le scénario SSP3 prévoit une intensification du commerce à certaines années. Il prédit par exemple une augmentation des exportations du Burkina Faso vers le Togo en 2050 et 2060, et leur diminution les autres années, de celles du Bénin vers le Ghana en 2080, mais une fois encore, aucun modèle commercial ne se dégage. Le scénario SSP4 ne prévoit aucun changement dans le commerce des graines oléagineuses par rapport au scénario de base.

Tableau 7 : Changements subis par le commerce des légumes, fruits et noix dans le scénario RCP8.5 par rapport au scénario de référence

		2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Scénario SSP1 : argent, contrôle et calories										
Bénin	Côte d'Ivoire	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,2
Bénin	Ghana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,9
Bénin	Guinée	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,9	-1,0	2051,5
Burkina Faso	Guinée	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0
Scénario SSP2 : autodétermination										
Burkina Faso	Nigéria	0,0	81,4	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Côte d'Ivoire	Nigéria	0,0	344,6	-0,5	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ghana	Nigéria	0,0	47,0	-0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Bénin	25,3	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sénégal	Togo	0,0	80,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Bénin	0,0	275,1	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Ghana	0,0	0,0	179,2	0,5	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Guinée	0,0	3,5	-1,0	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Nigéria	0,0	682,3	8,8	-0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

		2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Scénario SSP3 : La société civile viendra-t-elle à la rescousse ?										
Bénin	Côte d'Ivoire	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	935,8	0,0
Bénin	Ghana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	0,0	0,0
Bénin	Guinée	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	-1,0	431,7	658,7	0,0
Bénin	Nigéria	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	0,0	-1,0	142,0
Bénin	Togo	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	-0,4	0,3	0,0	723,2
Burkina Faso	Côte d'Ivoire	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	0,0	0,0
Burkina Faso	Ghana	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	-1,0	417,7	721,7	0,0
Burkina Faso	Guinée	0,0	0,0	0,0	12,7	23,0	-1,0	-1,0	111,4	0,0
Burkina Faso	Nigéria	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	266,4	0,0	-1,0	239,0
Burkina Faso	Togo	0,0	0,0	0,0	220,9	121,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Côte d'Ivoire	Bénin	0,0	0,0	0,0	0,0	28,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Côte d'Ivoire	Guinée	0,0	0,0	0,0	0,0	98,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Côte d'Ivoire	Nigéria	0,0	0,0	0,0	0,0	119,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Bénin	0,0	0,0	0,0	43,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Ghana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	80,6	0,0
Nigéria	Sénégal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	103,4	0,0
Nigéria	Togo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,3	942,9	0,0
Sénégal	Togo	0,0	0,0	0,0	0,0	63,6	92,7	0,0	0,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Côte d'Ivoire	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	247,9	0,0	-1,0	2,3
Autres pays de la CEDEAO	Ghana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	138,3	0,0	-1,0	-0,1
Autres pays de la CEDEAO	Guinée	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	270,2	0,0	-1,0	-0,1
Autres pays de la CEDEAO	Nigéria	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	-1,0
Autres pays de la CEDEAO	Sénégal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	0,1
Autres pays de la CEDEAO	Togo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,4	0,0	-1,0	1208,0

Le tableau 8 montre l'impact des changements climatiques sur le commerce des graines oléagineuses dans le scénario RCP8.5 par rapport au scénario de référence qui ne prévoit aucun changement climatique. Le scénario SSP1 prévoit une augmentation de l'exportation des graines oléagineuses du Bénin vers la Côte d'Ivoire en 2100, et une baisse de ces exportations vers la Guinée en 2080 et 2090. Dans le scénario SSP2, les flux commerciaux évoluent au cours de la première moitié du siècle, mais n'obéissent à aucun modèle spécifique. Le scénario SSP3 prévoit

une augmentation des exportations de graines oléagineuses de la Côte d'Ivoire vers le Ghana et le Nigéria. Une tendance similaire s'observe dans les exportations du Ghana et de la Guinée vers le Nigéria. Par rapport au scénario de référence, les échanges entre les autres pays baissent ou restent relativement stables. Enfin, dans le scénario SSP4, le commerce des graines oléagineuses reste stable ou se renforce par rapport au scénario de référence. La Côte d'Ivoire, le Ghana, la Guinée, le Nigéria et le Togo deviennent les principaux pays exportateurs.

Tableau 8 : Changements subis par le commerce des graines oléagineuses dans le scénario RCP4.5 par rapport au scénario de référence

		2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Scénario SSP1 : argent, contrôle et calories										
Bénin	Côte d'Ivoire	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Bénin	Ghana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,9
Bénin	Guinée	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,9	-1,0	0,0
Scénario SSP2 : autodétermination										
Burkina Faso	Nigéria	0,0	58,6	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Côte d'Ivoire	Nigéria	0,0	362,4	-0,6	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ghana	Nigéria	0,0	42,0	-0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Bénin	8,3	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Bénin	0,0	260,0	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Ghana	0,0	0,0	220,9	0,6	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Guinée	0,0	0,7	-1,0	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Nigéria	0,0	942,0	7,0	-0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Sénégal	0,0	181,1	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Togo	0,0	65,3	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Scénario SSP3 : La société civile viendra-t-elle à la rescousse ?										
Bénin	Côte d'Ivoire	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	0,0	0,0
Bénin	Ghana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	0,0	0,0
Bénin	Guinée	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	-1,0	0,0	0,0	0,0
Bénin	Nigéria	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	0,0
Bénin	Togo	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	-1,0	0,0	0,0	0,0
Burkina Faso	Côte d'Ivoire	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,9	0,0	0,0
Burkina Faso	Ghana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	0,0	0,0	0,0
Burkina Faso	Guinée	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	-1,0	0,0	0,0
Burkina Faso	Nigéria	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	0,0
Côte d'Ivoire	Ghana	0,0	0,0	84,8	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Côte d'Ivoire	Nigéria	245,5	254,9	92,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ghana	Nigéria	50,5	26,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Guinée	Nigéria	25,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	Ghana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	0,0	0,0
Nigéria	Togo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	0,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	Côte d'Ivoire	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	-1,0
Autres pays de la CEDEAO	Ghana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	-1,0
Autres pays de la CEDEAO	Guinée	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	-1,0
Autres pays de la CEDEAO	Nigéria	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	-1,0
Autres pays de la CEDEAO	Sénégal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	-1,0
Autres pays de la CEDEAO	Togo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	0,0

		2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Scénario SSP4 : Votre propre salut										
Côte d'Ivoire	Sénégal	98,5	104,6	110,9	117,2	36,8	131,2	85,1	48,5	0,0
Côte d'Ivoire	Autres pays de la CEDEAO	135,4	105,8	72,6	57,2	115,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Ghana	Burkina Faso	0,0	0,0	0,0	0,0	83,4	89,1	94,3	76,3	26,5
Ghana	Sénégal	0,0	0,0	0,0	0,0	86,2	0,0	51,7	38,4	0,0
Guinée	Sénégal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	56,0	27,7
Guinée	Togo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1
Nigéria	Bénin	217,4	216,9	215,9	213,7	213,2	212,6	210,5	206,4	201,0
Nigéria	Burkina Faso	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	74,2
Nigéria	Côte d'Ivoire	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,9
Nigéria	Sénégal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	123,4
Togo	Burkina Faso	66,3	69,9	73,7	77,8	0,0	0,0	0,0	20,9	0,0

4.6 Sensibilité au tarif extérieur commun

Toutes choses étant égales par ailleurs, si la demande en produits alimentaires continue d'augmenter en raison des croissances économique et démographique, les pays membres de la CEDEAO devront toujours importer de la nourriture de l'extérieur de leur région jusqu'à la fin du siècle. La comparaison entre les coûts commerciaux globaux de référence et les coûts commerciaux dans les deux scénarios des changements climatiques (voir le tableau 9) montre que ces coûts augmentent dans les scénarios SSP3 et SSP4 du modèle RCP8.5 en raison des niveaux élevés des importations hors CEDEAO, portés par la nécessité de s'adapter aux effets des changements climatiques.

Ces coûts d'adaptation peuvent être réduits à travers la baisse du tarif extérieur commun. Une réduction de l'ordre de 5 et 10 % du tarif est considérée comme étant l'incidence des coûts commerciaux selon l'évaluation du scénario RCP8.5. Les résultats de ces deux analyses de sensibilité figurent dans le tableau 10.

L'analyse de sensibilité révèle que dans le modèle RCP8.5, une baisse de 5 % du tarif extérieur commun entraîne une baisse des coûts d'adaptation de 0,003 et 0,004 % en fonction du scénario SSP retenu, tandis qu'une baisse de 10 % du tarif dans le modèle RCP8.5 réduit les coûts d'adaptation entre 0,006 et 0,007 % selon le scénario SSP retenu.

Tableau 9 : Différences de coûts commerciaux des importations alimentaires de l'extérieur de la CEDEAO selon les scénarios de changements climatiques RCP4.5 et RCP8.5

	SSP1	SSP2	SSP3	SSP4
Données de référence	10 565 447	59 186 317	35 773 588	27 361 219
RCP4.5	8 857, 48	54 044 690	12 879 351	27 003 937
Différence	-1,00	-0,09	-0,64	-0,01
RCP8.5	13 789,29	52 780 709	54 534 409	24 053 103
Différence	-1,00	-0,11	0,52	87 908,47

Tableau 10 : Les analyses de sensibilité du tarif extérieur commun diminuent dans le scénario RCP8.5

	SSP1	SSP2	SSP3	SSP4
Baisse de 5 %				
Coûts commerciaux initiaux	13 789,3	52 780 709	54 534 409	24 053 103
Coûts commerciaux pour une baisse du tarif extérieur commun de 5 %	13 749	52 592 467	54 340 235	23 985 026
Changement	-0,003	-0,004	-0,004	-0,003
Baisse de 10 %				
Coûts commerciaux initiaux	13 789,3	52 780 709	54 534 409	24 053 103
Coûts commerciaux pour une baisse du tarif extérieur commun de 10 %	13 708,8	52 404 226	54 146 062	23 916 950
Changement	-0,006	-0,007	-0,007	-0,006

4.7 Incidences sur la sécurité alimentaire au sein de la Communauté économique des États d'Afrique de l'Ouest

De nombreux pays de l'Afrique de l'Ouest devront continuer à importer des produits alimentaires de l'extérieur de la CEDEAO parce que la production nationale ne peut répondre aux besoins alimentaires de ces pays qui ne cessent d'augmenter. À ce titre, le tableau 11 illustre l'évolution des importations du riz de l'extérieur de la CEDEAO dans les scénarios RCP8.5 et SSP1 par rapport au scénario de référence.

Ces résultats démontrent qu'à cause des changements climatiques, certains pays pourront importer davantage des produits alimentaires de l'extérieur de la CEDEAO. Ces résultats s'inscrivent également dans le droit fil des résultats de Rosenzweig et Parry (1994) selon plusieurs scénarios de changements climatiques. Le concept de sécurité alimentaire est multidimensionnel et intègre des défis tels que la disponibilité des denrées alimentaires, qui peut associer la production nationale et les importations, l'accessibilité des denrées produits alimentaires ainsi que la sécurité et la qualité de la nourriture. La définition de la sécurité alimentaire convenue lors du Sommet mondial de l'alimentation de 1996 est la suivante : on parle de sécurité alimentaire lorsque toutes les

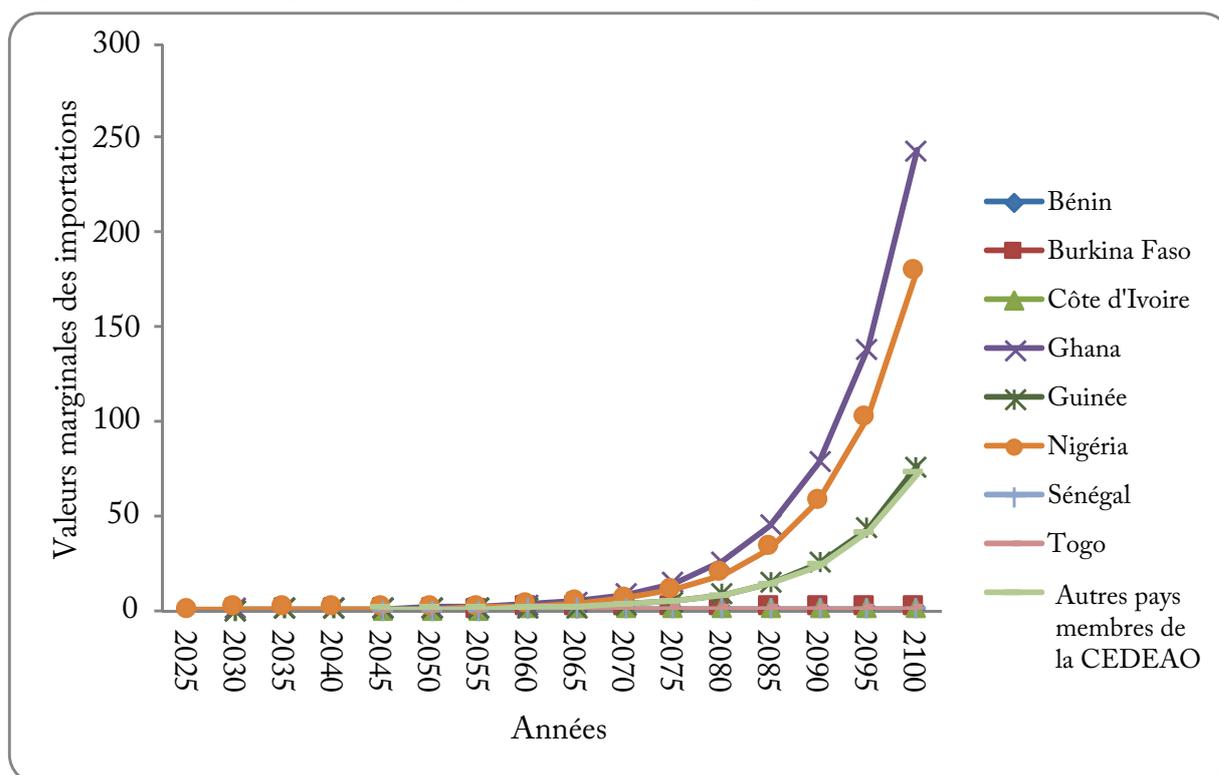
Tableau 11 : Évolution des importations du riz de l'extérieur de la CEDEAO dans les scénarios RCP8.5 et SSP1 par rapport au scénario de référence

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Bénin	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	643,9	0,0
Burkina Faso	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	3,7
Côte d'Ivoire	0,2	0,2	0,2	1,0	806,9	0,0	0,0
Ghana	710,9	494,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Guinée	181,0	38,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nigéria	433,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sénégal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0
Togo	0,1	0,1	0,1	259,1	287,4	0,0	0,0
Autres pays de la CEDEAO	0,4	1,6	26,2	2 203,2	259,4	0,0	0,0

populations ont en permanence un accès physique, économique et social à une alimentation saine, suffisante et nutritive leur permettant de satisfaire leurs besoins nutritionnels et leurs préférences alimentaires pour une vie saine et active. (Pinstrup-Anderson, 2009). Si les besoins nutritionnels et les préférences alimentaires peuvent être traités au niveau du ménage, la présente étude va bien au-delà. Elle se présente plutôt comme une évaluation de la capacité de chaque pays de la région à répondre à ses exigences alimentaires au sein de la CEDEAO ou en dehors. Sur ce point, on peut dire que la sécurité alimentaire est très étroitement liée à la disponibilité physique des denrées alimentaires. Cette disponibilité physique sera atteinte aussi longtemps que les pays situés à l'extérieur de la région, particulièrement

ceux de l'hémisphère Nord, ne seront pas considérablement affectés par les changements climatiques. En fait, il a été démontré que les changements climatiques n'entraveraient pas fortement la capacité de production alimentaire des pays de l'hémisphère Nord (Rosenzweig et Parry, 1994). Des questions subsistent cependant sur l'accessibilité et le caractère abordable de ces denrées qui dépendent des valeurs marginales des importations provenant de l'extérieur de la CEDEAO. À titre d'illustration, la figure II présente les valeurs marginales des importations de riz selon les scénarios RCP8.5 et SSP1, ce qui montre le renchérissement des coûts des importations alimentaires de l'extérieur de la région au fil du temps.

Figure II : Valeurs marginales des importations alimentaires par tonne (Dollars des États-Unis)



5. Conclusion

La présente étude a examiné l'incidence potentielle des scénarios du changement climatique sur les flux commerciaux au sein de la CEDEAO et a intégré les points suivants : un scénario de référence sans changements climatiques, un scénario en faveur du statu quo sur la question des changements climatiques (RCP8.5) et un scénario intégrant l'atténuation des effets des changements climatiques (RCP4.5). Dans ces scénarios, la production agricole a été évaluée à l'aune de quatre scénarios socioéconomiques hypothétiques qui ont servi de base de fixation des prix et des coûts dans le processus de production agricole.

Les résultats suggèrent que l'incidence des changements climatiques sur les flux commerciaux agricoles sera tributaire du type de plante, de la gravité des changements climatiques et du scénario socioéconomique dominant. On peut donc conclure que le commerce pourrait être limité au sein de la CEDEAO à cause des pénuries, bien qu'aucune tendance claire ne se dégage en termes d'exportateurs et d'importateurs nets. En d'autres termes, les pays considérés comme étant des exportateurs nets une année donnée peuvent devenir des importateurs nets l'année suivante. La dépendance aux importations alimentaires de l'extérieur de la CEDEAO pourrait par conséquent devenir le facteur déterminant de la disponibilité des denrées alimentaires au sein de la CEDEAO. Étant donné que l'ensemble de la région pourrait devenir importateur net de produits alimentaires, toutes les importations seront soumises au tarif extérieur commun établi en 2015. Les scénarios de politique commerciale prévoyant des réductions de 5 et 10 % du tarif ont ainsi été simulés. Les analyses de sensibilité révèlent que ces réductions de tarifs peuvent également conduire à la baisse des coûts d'adaptation de 3 à 7 % dans le scénario RCP8.5. Cependant, un changement

du tarif n'aurait pas d'impact sensible sur les flux commerciaux hormis cette réduction de coût. Cela est imputable à la structure du modèle, qui a été conçue pour examiner la manière dont les besoins alimentaires peuvent correspondre aux aliments produits au sein de la CEDEAO ou aux importations provenant des pays situés à l'extérieur de la région.

Des recherches précédentes ont démontré que si les changements climatiques pouvaient avoir un impact sur l'approvisionnement en denrées alimentaires dans les tropiques, les importations alimentaires en provenance de l'hémisphère Nord pourraient néanmoins permettre d'en atténuer les effets (Rosenzweig et Parry, 1994). D'après de nombreux scénarios de changement climatique, les denrées alimentaires resteront disponibles au sein des pays membres de la CEDEAO à condition que ceux-ci disposent de ressources pour en importer de l'extérieur de la région, notamment d'Europe, d'Asie, d'Australie, des Amériques et d'autres pays d'Afrique. La présente étude ne traite pas de la question de savoir si les populations auront les ressources économiques suffisantes pour acheter les denrées disponibles ni à celle relative à la sûreté des aliments importés. Les résultats de la présente étude indiquent que des efforts supplémentaires sont nécessaires au sein de la CEDEAO pour accroître la production agricole. Ces efforts sont notamment l'investissement dans la recherche agricole, les services de vulgarisation, l'équipement d'irrigation et la biotechnologie afin d'améliorer la production alimentaire nationale au sein des pays de la région. Dans le cadre de cette étude, on suppose que les besoins alimentaires seront fortement influencés par la taille de la population de la région, qui augmente de 3,5 % chaque année. La croissance démographique pourrait chuter et revenir aux niveaux observés dans les pays développés avant la fin du siècle, rendant ainsi

excessives les prévisions des besoins alimentaires. Le fait que la structure du modèle fixe les prix de façon exogène est un autre facteur limitatif relevé dans la présente étude. À l'avenir, la modélisation devrait s'orienter vers la construction des modèles de prix endogènes prenant en compte le fait que la disponibilité des produits alimentaires repose sur

les importations de l'extérieur de la CEDEAO. D'autres recherches sont nécessaires dans ce domaine, tout comme une étude plus poussée des mesures d'adaptation disponibles, notamment l'irrigation, la biotechnologie et d'autres moyens durables permettant d'accroître les rendements agricoles.

Bibliographie

- Decreux, Y., et H. Valin (2007). *MIRAGE updated version of the model for trade policy analysis focus on agriculture and dynamics*, Document de travail CEPII, no. 2007-15
- Communauté économique des États d'Afrique de l'Ouest (2006). *Common external tariff, list of type 'B' exceptions of member States*.
- Egbedewe-Mondzozo, A., and others (2011). 'Biomass supply from alternative cellulosic crops and crop residues: A spatially explicit bioeconomic modelling approach'. *Biomass and Bioenergy*, vol. 35, n° 1, p. 4636 à 4637.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2015). *Climate change and food systems: global assessments and implications for food security and trade*.
- Gornott, C., et F. Wechsung (2016). 'Statistical regression models for assessing climate impacts on crop yields: A validation study for winter wheat and silage maize in Germany', *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 217, p. 89 à 100.
- Howitt, R. (1995). 'Positive mathematical programming', *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 62, n° 1, p. 82 à 102.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2013). *Climate Change Impacts, Adaptations and Vulnerability, Contribution of Working Group 2 to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge et New York: Cambridge University Press.
- Izaurrealde R., et autres (2006). 'Simulating soil C dynamics with EPIC: model description and testing against long-term data', *Ecological Modelling*, vol. 192, n° 3 et 4, p. 362 à 384.
- Julia, R., et F. Duchin (2007). 'World trade as the adjustment mechanism of agriculture to climate change', *Climatic Change*, vol. 82, p. 393 à 409.
- Lokonon, O., et autres (2016). *Spatial implication of climate change on land allocation and agricultural production in ECOWAS*. United Nations University working paper.
- McCarl, B., et T. Spreen (1980), 'Price endogenous mathematical modelling as a tool for sector analysis', *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 62, n°1, p. 82 à 102.
- Ray D., et autres (2013). 'Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050', *Plos One*, vol. 8, n° 6, e66428.
- Rosenzweig, C., et M. Parry (1994). 'Potential impact of climate change on world food supply', *Nature*, vol. 367.
- Sylla, M., et autres (2012). "On the fine-scale topography regulating changes in atmospheric hydrological cycle and extreme rainfall over West Africa in regional climate model projections", *International Journal of Geophysics, article ID 981649. DOI: 10.1155/2012/98164*.
- Stephan, G., et O. Schenker (2008). *International Trade and the Adaptation to Climate Change and Variability*. Centre for European Economic Research Discussion Paper No. 12-008.
- United States Agency for International Development (2012). *Impact of road transport industry liberalization in West Africa*, Technical Report.



À propos du CAPC

Le Centre africain pour la politique en matière de climat (CAPC) est un centre de connaissances sur le changement climatique en Afrique, axé sur la demande. Le Centre répond à la nécessité d'améliorer considérablement les informations sur le climat en Afrique et de renforcer l'utilisation de ces informations pour la prise de décision, en améliorant les capacités analytiques et les activités de gestion et de diffusion des connaissances.



Contacts

Centre africain pour les politiques climatiques
Commission économique pour l'Afrique
Menelik II Road, P.O. Box 3001
Addis Ababa (Éthiopie)
eca-acpc@un.org
www.uneca.org/acpc

Avec l'appui de

