

EFFETS DE SCENARIOS DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LA CACAOCULTURE EN COTE D'IVOIRE

G. A. MAHYAO¹, E. ASSI², B. KOUAME³, B. H. GUIRAUD⁴, W. P. N'GUESSAN⁵, K. COULIBALY⁶, C. KOFFI⁷

¹Socio-Economiste, Programme Systèmes Agraires et Développement Durable, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), BP 602 Gagnoa, Côte d'Ivoire, Email auteur correspondant : mahyaoadolphe@yahoo.fr

²Doctorat Agronome, Programme Cacao, Station de Recherche de Divo, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), BP 808 Divo, Côte d'Ivoire. E-mail: evelyne_assi@yahoo.fr

³Climatologue, Programme Gestion Durable des Sols et Maitrise de l'Eau, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), 01 BP 633 Bouaké, Côte d'Ivoire. E-mail: kbroukouame@yahoo.fr

⁴Généticienne, Programme Cacao, Station de Recherche de Divo, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), BP 808 Divo, Côte d'Ivoire. E-mail: brigo2008@yahoo.fr

⁵Entomologiste, Programme Cacao, Station de Recherche de Divo, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), BP 808 Divo, Côte d'Ivoire. E-mail: walet_pierre@yahoo.fr

⁶Phytopathologiste, Programme Cacao, Station de Recherche de Divo, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), BP 808 Divo, Côte d'Ivoire. E-mail: coolklotiolo@yahoo.fr

⁷Agro-Economiste, Département Etude Impact et Formation, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Adiopodoumé, Km 17, Route de Dabou 01 BP 1740 Abidjan 01, Côte d'Ivoire. E-mail: kofficamille60@yahoo.fr

RESUME

L'influence des scénarios de changements climatiques a été analysée pour les régions Centre et Sud de production cacaoyère en Côte d'Ivoire. A partir des modèles RCP 4.5 et 8.5 de concentration des Gaz à Effets de Serre (GES), les paramètres température et pluviométrie ont été projetés sur les horizons 2021-2050 et 2041-2070 en comparaison à la période de référence 1980-2010. Les résultats ont montré qu'en dehors du nombre élevé de jours chauds qui pourrait provoquer la disparition de la cacaoculture dans les zones marginales de la région Centre, les indices climatiques se situent dans des conditions normales de production du cacaoyer dans les deux régions. Les risques liés aux maladies et ravageurs pourraient être similaires ou potentiellement réduits. En région Sud, les variations climatiques n'auraient aucun impact sur la cacaoculture. Comme stratégies de résilience, les programmes de sélection variétale devront mettre à la disposition des producteurs un matériel végétal tolérant à la sécheresse et aux maladies accompagnée de formations sur les bonnes pratiques agricoles dont l'agroforesterie. Toutefois, l'accès des producteurs à l'information météorologique devra être renforcé.

Mots clés : Scénarios changements climatiques, impact, cacaoculture, Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

CLIMATE CHANGE EFFECTS IN COCOA CULTIVATION

The influence of climate change scenarios was analyzed for the Center and South regions of cocoa farming in Côte d'Ivoire. From greenhouse gas (GHG) concentration models RCP 4.5 and 8.5, the parameters of temperature and rainfall were projected over the time in years 2021-2050 and 2041-2070 compared to year 1980-2010 as reference period. The results showed that apart from the high number of hot days which could cause the disappearance of cocoa farming in marginal areas of the Center region, the climatic indices are normal within cocoa production conditions in both regions. Risks on cocoa pests and disease could be similar or potentially reduced. In the South region, climatic variations would have no impact on cocoa farming. As resilience adaptation strategies, tolerant germplasm to drought and pest and disease should be provided to farmers by cocoa research program with training package on good agricultural practices (GAP) including agroforestry. Therefore, the access to meteorological information has to be strengthened for smallholders cocoa farmers.

Key words: Climate change scenarios, impact, cocoa farming, Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

Les principales causes des changements climatiques sont les émissions importantes de Gaz à Effet de Serre (GES) dans l'atmosphère, qui modifient les régimes de précipitations et les températures mondiales (Odjugo P., 2009). Les changements climatiques affectent notamment les écosystèmes et les moyens de subsistance des populations, surtout dans les pays en développement (Khanal R., 2009). Malgré la faible contribution de l'Afrique aux émissions de Gaz à Effets de Serre (GES), cette région n'échappe pas aux effets néfastes des changements climatiques (GEIC, 2019). Cette situation est devenue une nouvelle menace pour la croissance et le développement durable en Afrique (Mbalamona E. A., 2015). L'agriculture constitue l'un des domaines les plus impactés par les changements climatiques, (Khanal R., 2009 ; Rosegrant M. *and al.*, 2009). En effet, les agriculteurs devront désormais faire face à une réduction des productions agricoles à cause des températures de plus en plus élevées, des saisons changeantes et des précipitations irrégulières (Haki P. *et al.*, 2021). Egalement, avec la prédominance de l'agriculture pluviale et la rareté des capitaux pour les mesures d'adaptation, l'agriculture devient plus vulnérable aux changements climatiques (NEST, 2003). En Afrique de l'Ouest, de récentes études sur les conditions climatiques futures de la cacao-culture, prédisent une variabilité significative des conditions climatiques, affectant les moyens d'existence de près de deux (2) millions de ménages producteurs (Schroth *et al.* 2016 ; Wessel et Quist-Wessel 2015). La Côte d'Ivoire est le premier producteur de cacao (*Theobroma cacao* L.) avec près de 45 % de la production mondiale (ICCO, 2021). A l'instar d'autres pays producteurs de cacao, elle subit les effets des changements climatiques malgré l'importance de sa production. Les variations climatiques affectent notamment la physiologie du cacaoyer, les facteurs de production et les opérations post-récoltes (CNRA, 2021). Tous les acteurs de la filière cacao font également face aux effets des changements climatiques car très peu d'informations climatiques transposables et utiles à l'échelle de leur zone d'intervention sont disponibles et accessibles. Les communautés de producteurs de cacao sont également moins

informées et formées sur les techniques d'atténuation des effets des changements climatiques en cacao-culture. Cette situation engendre des difficultés à prendre des décisions éclairées dans un contexte de climat changeant. Dans l'objectif de contribuer au renforcement de la résilience des coopératives cacaoyères et des familles membres face aux effets des changements climatiques, des scénarios futurs de changements climatiques ont été développés et analysés au regard de la cacao-culture ivoirienne. Au terme de l'analyse, des recommandations ont été proposées pour le renforcement de la capacité d'adaptation des cacao-culteurs et cacao-cultrices face aux effets des changements climatiques.

MATERIEL ET METHODES

CONCEPTS DE SCENARISATIONS CLIMATIQUES

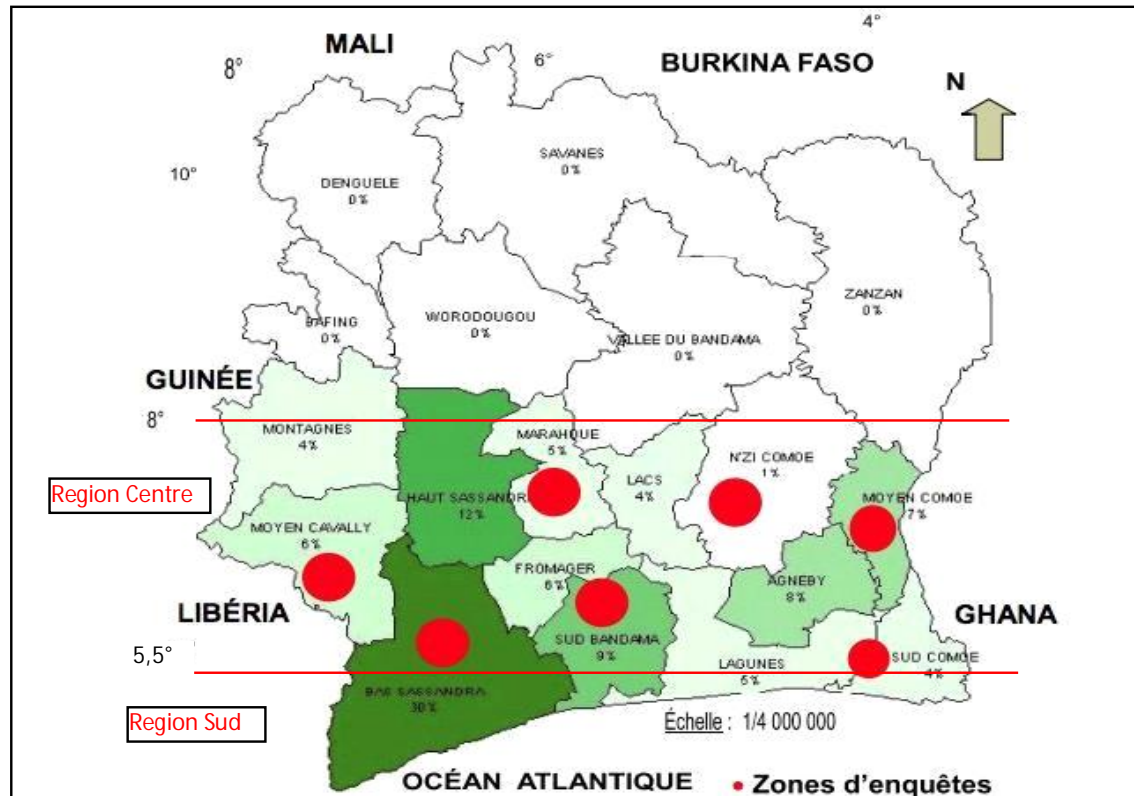
Un scénario climatique est une description plausible de l'état futur du climat (Parry et Carter, 1998). Selon le rapport de Ouranos (2021), les scénarios climatiques sont produits en combinant des observations in-situ servant de jeu de données de référence et des projections climatiques pour une variable climatique donnée. Cette combinaison résulte en un scénario climatique où une séquence de valeurs associées à cette variable pour une période s'étendant sur plusieurs décennies et pour une fréquence donnée. Les modèles climatiques font référence à des scénarios d'émissions de Gaz à Effets de Serre (GES) en tant que « Representative Concentration Pathways » (RCP) pour représenter le forçage radiatif futur. Il existe plusieurs groupes de modèles RCP mais les plus utilisés sont les RCP 4.5 et RCP 8.5, qui correspondent respectivement à une baisse des émissions de GES (scénario optimiste) et à une progression constante des émissions tout au long du siècle (scénario pessimiste). Ces modèles font partie du domaine CORDEX (COordinated Regional Climate Downscaling EXperiment) - Afrique. Dans la présente étude, les modèles RCP 4.5 et RCP 8.5 ont été utilisés pour élaborer les scénarios climatiques pour la zone cacaoyère en Côte d'Ivoire. Les projections sont des valeurs probables qui se situent dans un intervalle de confiance.

ZONE D'ETUDE ET ANALYSES DES DONNEES

La zone d'étude est la zone de production cacaoyère en Côte d'Ivoire, répartie en deux régions climatiques, à savoir : la région centre (entre 5,5° et 8° de latitude Nord) et la région sud (en dessous de 5,5° de latitude Nord) (Figure 1).

Dans chacune des deux régions climatiques, les paramètres climatiques projetés sont la température et la pluviométrie sur deux (2) horizons temporels (2021 à 2050 et 2041 à 2070) en comparaison à la période de référence 1981 à 2010. L'étude a démarré en 2019 et les données de la décade 2011 – 2020 n'étant pas complètes, la normale 1991 à 2020 n'a pas été retenue comme référence. La longueur des horizons temporels de trente (30) ans obéit au standard normal en climatologie (WMO, 2017). Cette durée est généralement suffisamment longue pour obtenir des statistiques représentatives du climat, sauf pour les événements extrêmes et plus rares (Ouranos, 2021). Au niveau de la température, pour chaque horizon, les indices calculés sont la température moyenne, la température quotidienne minimale moyenne (température la plus basse parmi les 24 valeurs horaires du jour), la température quotidienne maximale moyenne (température la plus élevée parmi les 24 valeurs horaires du jour) et le nombre de jours chauds (nombre de

jours dans l'année avec température quotidienne maximale supérieure à 33 °C). Pour la pluviométrie, les indices calculés sont le cumul pluviométrique annuel, le nombre de jours pluvieux (≥ 5 mm/jour), les dates de début et fin et la durée des grandes et petites saisons des pluies. Sur la base des variations des indices, l'influence qu'aurait les changements climatiques a été analysée au regard de la cacaoculture. Les paramètres agronomiques considérés ont été la physiologie du cacaoyer (survie des plants au champ après planting, croissance, floraison, fructification et grosseur des fèves), les aspects post-récoltes (séchage des fèves), la fertilité et la santé du sol (microfaune et microflore), les cultures associées et plantes d'ombrage au cacaoyer. Au niveau des maladies du cacaoyer, l'influence des changements climatiques a été analysée sur le développement de la pourriture brune et du swollen shoot. En ce qui concerne les ravageurs, l'analyse a porté sur les mirides, foreurs de tiges, cochenilles, psylles et chenilles défoliatrices. L'aspect socioéco-nomique a été pris en compte à travers l'impact différencié selon le genre, en mettant l'accent sur les activités des femmes productrices de cacao dans le contexte des changements climatiques. Selon la FAO (2016), les femmes rurales sont parmi les plus exposées aux risques climatiques parce qu'elles font face à plusieurs contraintes et leurs connaissances et compétences sont essentielles au renforcement de la capacité de résilience.



Source : Adapté de la Direction de l'Agriculture en Côte d'Ivoire (Ouranos, 2021)

Figure 1 : Zone de production cacaoyère en Côte d'Ivoire.

RESULTATS

EVOLUTION DES PARAMETRES CLIMATIQUES DANS LA ZONE CACAOYERE A L'HORIZON 2021-2070

Les scénarios de changements climatiques sont présentés pour les régions Centre (tableau 1) et Sud (tableau 2) de production cacaoyère en Côte d'Ivoire. L'analyse des scénarios révèle globalement qu'au cours des cinquante prochaines années (2021 à 2070), il y aurait une hausse de la température (0,6 à 2°C en moyenne) par rapport aux valeurs de référence 1980-2010 des deux régions (25,7°C au Centre et 25,2°C au Sud). Cette hausse de température serait cependant plus marquée dans la région

Centre avec un nombre plus élevé de jours chauds (77 à 142 jours/an) en comparaison à 51 jours en période de référence (Figure 2). A l'inverse, le nombre de jours chauds/an serait moins important (7 à 47 jours/an) dans la région Sud et se situerait en deçà de 51 jours chauds supportable par le cacaoyer. Au niveau de la pluviométrie, les cumuls pluviométriques annuels dans la région Centre (1317 à 1533 mm/an) et la région Sud (1800 à 2164 mm) se situeraient dans l'intervalle (1200 à 2000 mm/an) favorable à la cacaoculture. Concernant le démarrage des saisons de pluies, la grande saison démarrerait plus tôt ou plus tard en région Centre et connaîtrait un retard en région Sud alors que la petite saison arriverait plus tôt dans les deux régions.

Tableau 1 : Evolution de paramètres climatiques projetés à partir des modèles RCP 4.5 et RCP 8.5 dans la région Centre de production cacaoyère en Côte d'Ivoire à l'horizon 2021-2070.

Indices de paramètres climatiques	Valeur Normale pour Cacaoyer	Période de référence 1981-2010	Horizon 2021-2050	Horizon 2041-2070
Tmin	18	22,6	[23,2 - 23,9]	[23,5 - 24,8]
Tmax	32	30,3	[31,0 - 31,6]	[31,3 - 32,4]
Tmoy	25-26	25,7	[26,3 - 26,9]	[26,6 - 27,7]
CuP	[1200-2000]	1328	[1317 - 1491]	[1315 -1533]
NJP	89	89	[83 - 99]	[81 - 100]
DGSP	15 mars	7 avril	[2 avril – 14 avril]	[31 mars – 15 avril]
FGSP	15 juillet	31 juillet	[29 juillet – 1 ^{er} août]	[29 juillet – 1 ^{er} août]
DGP	122	116	[107 – 120]	[108 – 121]
DPSP	15 sept.	26 août	[22 août – 27 août]	[21 août – 26 août]
FPSP	11 nov.	17 nov.	[11 nov. – 20 nov.]	[12 nov. – 22 nov.]
DPP	65	82	[79 – 89]	[79 – 83]

Légende :

Tmax = Température quotidienne maximale moyenne
Tmin = Température quotidienne minimale moyenne
Tmoy = Température quotidienne moyenne
CuP = Cumul Pluviométrique annuel
NJP = Nombre de Jours Pluvieux

DGSP = Début Grande Saison des Pluies
FGSP = Fin Grande Saison des Pluies
DGP = Durée Grande saison des Pluies (jours)
DPSP = Début Petite Saison des Pluies
FPSP = Fin Petite Saison des Pluies
DPP = Durée Petite saison des Pluies (jours)

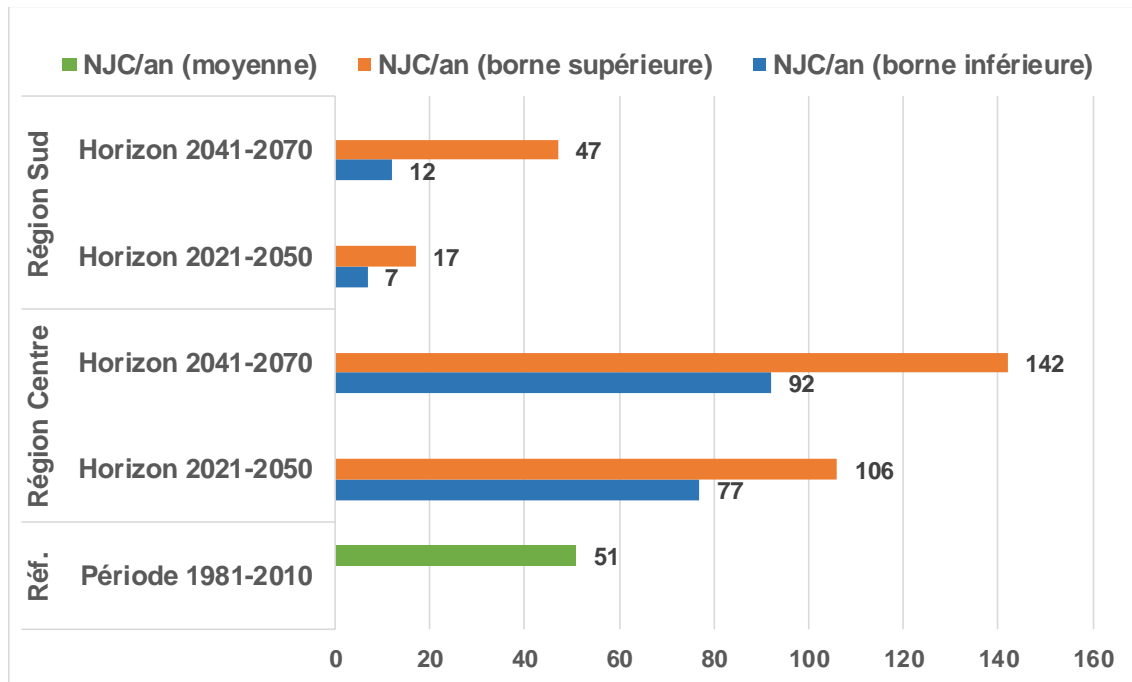
Tableau 2 : Evolution de paramètres climatiques projetés à partir des modèles RCP 4.5 et RCP 8.5 dans la région Sud de production cacaoyère en Côte d'Ivoire à l'horizon 2021-2070.

Indices de paramètres climatiques	Valeur Normale pour Cacaoyer	Période de référence 1981-2010	Horizon 2021-2050	Horizon 2041-2070
Tmin	18	23	[23,6 - 24,2]	[23,9 - 25,0]
Tmax	32	28,8	[29,4 - 30,0]	[29,7 - 30,8]
Tmoy	25-26	25,2	[25,8 - 26,4]	[26,1 - 27,2]
CuP	[1200-2000]	1888	[1800 - 2115]	[1812 - 2164]
NJP	89	130	[115 - 152]	[112 - 154]
DGSP	15 mars	27 mars	[25 mars – 3 avril]	[27 mars – 5 avril]
FGSP	15 juillet	30 juillet	[28 juillet – 4 août]	[27 juillet – 1 ^{er} août]
DGP	122	125	[116 – 131]	[115 – 128]
DPSP	15 sept.	31 août	[23 août – 1 ^{er} sept]	[22 août – 31 août]
FPSP	11 nov.	19 nov.	[14 nov. – 23 nov.]	[14 nov. – 23 nov.]
DPP	65	79	[75 – 88]	[78 – 89]

Légende :

Tmax = Température quotidienne maximale moyenne
Tmin = Température quotidienne minimale moyenne
Tmoy = Température quotidienne moyenne
CuP = Cumul Pluviométrique annuel
NJP = Nombre de Jours Pluvieux

DGSP = Début Grande Saison des Pluies
FGSP = Fin Grande Saison des Pluies
DGP = Durée Grande saison des Pluies (jours)
DPSP = Début Petite Saison des Pluies
FPSP = Fin Petite Saison des Pluies
DPP = Durée Petite saison des Pluies (jours)



Légende :

NJC/an = Nombre de Jours Chauds par an

Figure 2 : Variation du nombre de jours chauds selon les horizons dans les régions Centre et Sud de production cacaoyère en Côte d'Ivoire.

EFFETS DES SCENARIOS DE VARIATION CLIMATIQUE SUR LE DEVELOPPEMENT, LA CROISSANCE DU CACAOYER ET SUR LES ACTIVITES POST-RECOLTES A L'HORIZON 2021-2070

Au niveau de la température, la hausse des températures quotidiennes (0,6 à 2°C en moyenne par rapport aux valeurs de référence 25,7°C en région Centre et 25,2°C en région Sud) et l'atteinte des températures maximales (32,4°C en région Centre et 30,8°C en région Sud), seraient encore favorables à la cacaoiculture, c'est-à-dire à la survie des plants après planting, la croissance, la floraison, la fructification, la production et le séchage des fèves. Ces valeurs moyennes et maximales sont dans l'intervalle de température favorable (18 à 32 °C) à la cacaoiculture en Côte d'Ivoire. La physiologie du cacaoyer commence à être affectée qu'à partir de 33°C. Le nombre élevé de jours chauds (température supérieure à 33°C) pourrait être défavorable à la cacaoiculture. De fortes mortalités de cacaoyers dues au réchauffement climatique seront constatées

surtout en replantation compte tenu d'un niveau de sensibilité élevé du cacaoyer au déficit hydrique. Dans d'autres cas, les bourgeons apicaux, de même que les tiges s'assècheraient, retardant ainsi la croissance des cacaoyers. Les températures très élevées sont associées à une photosynthèse réduite, à une diminution de la durée de vie des feuilles et à l'augmentation de la vitesse de maturation des cabosses. Relativement à la qualité des fèves mesurée par leur grosseur, une élévation de la température au-delà de 32°C pourrait engendrer des fèves de qualités médiocres. Lorsque la maturation des cabosses coïncide avec une période de forte chaleur, les fèves à l'intérieur des cabosses sont mal remplies, ce qui engendre à terme, soit une réduction de la taille des graines, soit dans le pire des cas, un accolement des fèves dans la cabosse. Cela entraîne une augmentation de la dureté du beurre de cacao. Dans la région centre, les conditions climatiques pourraient entraîner des échecs significatifs dans la création de nouvelles exploitations de cacao sans irrigation. Certaines localités (Dimbokro, Toumodi, Bongouanou et Yamoussoukro), actuellement

considérées comme marginales pour la cacaoculture, deviendraient inadaptées à la culture du cacaoyer si des pratiques d'adaptations ne sont pas mises en œuvre. Ce changement climatique pourrait conduire à l'abandon des zones marginales et induire un déplacement des cacaoculteurs vers des zones plus adaptées, ce qui pourrait créer des pressions grandissantes sur les sols et les forêts et engendrer de nombreux conflits fonciers si les mesures d'adaptation ne sont pas prises. Dans la zone Sud, le nombre de jours chauds étant encore en deçà des 51 jours chauds normaux pour le cacaoyer, il n'aurait aucune influence négative sur le développement du cacaoyer.

Au niveau de la pluviométrie, les cumuls pluviométriques (1317 à 1533 mm/an en région Centre et 1800 à 2164 mm/an en région Sud) seraient toujours favorables au bon développement du cacaoyer. La pluviométrie annuelle favorable à la cacaoculture se situe entre 1200 et 2000 mm/an pour des valeurs de référence de 1328 mm/an en région Centre et 1818 mm/an en région Sud. En ce qui concerne le nombre de jours pluvieux (≥ 5 mm/jour), les projections en région Centre (81 à 100 jours/an) et en région Sud (112 à 154 jours/an) correspondent aux valeurs favorables au bon développement du cacaoyer en comparaison aux valeurs de référence de 89 jours et 130 jours/an.

EFFETS DES SCENARIOS DE VARIATION CLIMATIQUE SUR LA SANTE ET LA FERTILITE DES SOLS A L'HORIZON 2021-2070

L'augmentation du nombre de jours chauds aurait un impact négatif sur la santé des sols. En effet, ce changement climatique réduirait le couvert végétal et les rendements agricoles, et favoriserait l'extension des zones dénudées. Un climat relativement chaud favorise l'activité biologique (microflore et microfaune) dans le sol, accélérant ainsi la décomposition de la matière organique et dès lors, amplifiant la dégradation de l'humus. Dans ce même ordre, la faune du sol pourrait enrichir ce processus de dégradation à travers l'activité des lombrics et des termites. Tous ces processus seront accélérés par la pluie du fait de l'humidité et du ramollissement des matières organiques tendant à leur décomposition. Les conséquences sont une baisse de la fertilité du sol (faible rétention en eau, capacité d'échange cationique) et une

diminution de son stock de carbone. A l'inverse, le sol a aussi une influence sur le climat en fonction de son état et de son utilisation. Des températures plus élevées peuvent accélérer la dégradation de la matière organique par les microorganismes. La respiration alors accrue du sol libère davantage de CO_2 , ce qui renforce les effets de gaz à effet de serre. Cette influence est déterminée principalement par les flux de carbone et la fonction de puits de carbone. Le carbone issu de la décomposition des débris végétaux et des organismes morts se transforme en matière organique dans le sol où les champignons et les bactéries les dégradent en produits finaux en partie inorganiques (CO_2 , H_2O , NH_4^+ , NO_3^- , P, S, Ca, Mg, Fe, etc.). Ce processus de minéralisation libère du CO_2 dans l'air. Aussi, le sol émet deux autres gaz à effet de serre par les processus de décomposition microbiens [le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O)].

Dans la région Centre, avec une température quotidienne maximale élevée ($32,4^\circ\text{C}$) et un nombre élevé de jours chauds (77 à 142 jours/an), il y aurait une diminution de la disponibilité des micro-organismes et du carbone dans le sol, ce qui engendrerait une baisse de la fertilité des sols. Dans la région Sud, avec des valeurs moins élevées de température quotidienne maximale ($30,8^\circ\text{C}$) et du nombre de jours chauds (7 à 47 jours/an), il y aurait par contre, un maintien de la disponibilité des micro-organismes et du carbone dans le sol, ce qui maintiendrait le niveau de fertilité des sols.

EFFETS DES SCENARIOS DE VARIATION CLIMATIQUE SUR LES PRINCIPALES MALADIES ET RAVAGEURS DU CACAOYER A L'HORIZON 2021-2070

Dans la région Centre, l'augmentation de la température au-dessus de 32°C s'avérerait peu favorable au développement de la pourriture brune et dans une moindre mesure, au Swollen Shoot. En effet, la température élevée entraînerait un ralentissement de l'expression de la pourriture brune des cabosses dans les vergers cacaoyers. Au niveau de la pourriture brune des cabosses, *Phytophthora palmivora* perdrait sa viabilité après 3 jours d'exposition à un maximum de température de 34°C contre 30°C pour la même durée d'exposition pour *P. megakarya*. Cette perte de viabilité est consécutive à l'inhibition de la germination des spores (organe de reproduction) de ces deux espèces.

L'augmentation du nombre de jours chauds entre 77 et 106 jours à l'horizon 2021–2050 et entre 92 et 142 jours chauds à l'horizon 204–2070 dans la zone Centre ne serait pas favorable au développement des maladies (pourriture brune) et peu favorable à la pullulation des ravageurs. Le réchauffement entraînerait le manque d'eau ce qui réduirait le développement de nouvelles feuilles qui constituent la source de nourriture des insectes comme les chenilles défoliatrices. Aussi, le réchauffement pourrait favoriser le manque de sève qui constitue la source de nourriture pour les piqueur-suceurs.

Au niveau de la pluviométrie, les projections sur les deux horizons des cumuls pluviométriques (1317 à 1533 mm/an en région Centre et 1800 à 2164 mm/an en région Sud) et du nombre de jours pluvieux (≥ 5 mm/jour) (83 à 100 jours en région Centre et 115 à 154 jours en région Sud) seraient favorables au développement des maladies (pourriture brune) et ravageurs dans les cacaoyères. Les maladies et les ravageurs auraient un développement comme en situation de référence. Les mirides, insectes majeurs du cacaoyer, ont une à deux périodes de pullulation selon les régions. Cela sous-entendrait que l'on pourrait observer les mêmes tendances qu'en climat actuel.

Les projections indiquent un retard probable dans le démarrage des grandes saisons des pluies en région Centre. De telles conditions deviendraient peu favorables au développement des chenilles dans la cacaoculture c'est-à-dire que les attaques des chenilles seraient moindres sur les cacaoyers. Par contre, la fin de ces saisons pourrait avoir un effet similaire à la référence sur ces chenilles ainsi que les autres ravageurs et les maladies. Les chenilles du cacaoyer apparaissent après les premières pluies du mois de février annonçant la grande saison pluvieuse. La présence de pluie engendrerait de nouvelles feuilles qui constituent une source de nourriture des chenilles dans la cacaoyère. Donc, le début, la fin et la durée de la petite saison des pluies seraient favorables au développement de l'ensemble des maladies et ravageurs. Une surveillance des niveaux de populations des ravageurs et l'évolution des maladies, s'avérera donc nécessaire dans le verger. Dans la région Sud, les conditions de températures et de pluviométries seraient favorables au développement des maladies et ravageurs du cacaoyer. Le retard probable dans le démarrage des grandes saisons des pluies serait peu favorable au développement des

chenilles défoliatrices dans la cacaoculture.

EFFETS DES SCENARIOS DE VARIATION CLIMATIQUE SUR LES PLANTES D'OMBRAJE TEMPORAIRE DU CACAOYER EN REPLANTATION A L'HORIZON 2021-2070

Dans la région Centre, l'augmentation de la température jusqu'à environ 2°C et du nombre de jours chauds à 142 jours/an pourrait rendre marginales certaines zones autrefois aptes à la cacaoculture. Un tel contexte pourrait contribuer aux échecs de plantations à travers de fortes mortalités des bananiers plantains censés protéger les cacaoyers en l'absence d'alternative. Ces perturbations climatiques sont de plus en plus constatées dans plusieurs régions de production de cacao (Soubré, Abengourou, Bouaflé et Divo) lors de la mise en place de nouvelles exploitations. Dans de telles conditions, le bananier-plantain ne serait plus adapté, ou ne pourrait plus assurer son rôle d'ombrage temporaire du cacaoyer dans la mesure où celui-ci subit au même titre que les cacaoyers, les effets néfastes du changement climatique. Dans un tel cas, d'autres dispositifs de plantation ou d'autres cultures (tel que le manioc à port érigé) pourraient être envisagés.

IMPACT DES SCENARIOS DE VARIATION CLIMATIQUE SUR L'IMPLICATION DU GENRE DANS LES ACTIVITES EN CACAOUCULTURE A L'HORIZON 2021-2070

L'analyse des scénarios de changements climatiques au regard de la cacaoculture montre que le réchauffement climatique pourrait avoir un impact négatif sur le rendement, la production et les revenus des exploitants, surtout dans la zone Centre. La diminution des terres arables due à leur dégradation et la baisse de la fertilité des sols augmenteront le niveau de pauvreté en zone rurale, surtout des couches sociales les plus vulnérables que sont les femmes les personnes âgées et les enfants. Les changements climatiques risquent d'accroître la pauvreté et accentuer les discriminations et les injustices. Les vulnérabilités et contraintes auxquelles les femmes feront face risquent d'être exacerbées. Elles contribuent à la diversification des sources de revenus du ménage par l'exploitation des cultures vivrières associées aux cacaoyers en replantation. Elles assurent aussi les tâches ménagères qui dépendent des ressources naturelles telles que l'eau et les arbres. La hausse des températures affecte les

cours d'eau, la disponibilité du bois de chauffage et les cultures de subsistance, ce qui augmenterait la charge de travail des femmes ou rendrait leurs tâches plus longues et pénibles. Il en sera de même pour les personnes âgées particulièrement celles sans assistance. Par ailleurs, les hommes pourraient éprouver une anxiété et un stress important lorsque leurs moyens de subsistance sont compromis du fait du changement climatique, et qu'ils ne sont plus en mesure de remplir leur rôle de pourvoyeur du foyer.

DISCUSSION

L'analyse des scénarios climatiques révèle une augmentation de la température moyenne de 2° C au cours des cinquante prochaines années en Côte d'Ivoire. Cette variation est conforme à la tendance à la hausse de la température moyenne mondiale due aux émissions de CO₂ et autres GES dans l'atmosphère (GIEC, 2019). La température joue un rôle important pour la croissance du cacaoyer et une augmentation modérée peut agir positivement sur la croissance de la plante, parce qu'elle reçoit un minimum d'énergie thermique (Sardans *et al.* 2005). La présente étude montre que l'impact des changements climatiques sur la cacaoculture sera plus sévère dans la région Centre qu'en région Sud. En effet, Mossu (1990) et Brou (2005) ont confirmé que de fortes mortalités des cacaoyers sont effectivement constatées en phase d'établissement au champ et en production compte tenu de la grande sensibilité du cacaoyer au déficit hydrique. Par conséquent, les bourgeons apicaux, de même que les tiges s'assèchent, retardant ainsi la croissance des cacaoyers. Selon Anim-Kwapong & Frimpong (2010), les conditions de réchauffement climatique rendent difficile la création de nouvelles exploitations de cacao. Par ailleurs, Zuidema *et al.*, (2003) ont démontré qu'avec l'augmentation du nombre de jours chauds, les fortes chaleurs entraînent une augmentation de la dureté du beurre de cacao. Au niveau des sols, l'étude de Bambara *et al.* (2013) ont confirmé que dans cette situation, les zones dénudées vont s'étendre. Plusieurs autres auteurs (Higgins *et al.*, 1999 ; Ouédraogo & Thiombiano, 2012 ; Belém *et al.*, 2017) ont prouvé qu'en conséquence, il y aura une baisse de fertilité du sol et une diminution de stock de carbone. Au niveau des maladies et ravageurs,

les travaux de Puig *et al.* (2018) ont confirmé la perte de viabilité des champignons (*Phytophthora Palmivora* et *P. megakarya*) après exposition à des températures maximales de 34 °C et 30 °C. Dahal *et al.* (1998) ont montré que les symptômes du virus (banana streak badnavirus) deviennent indiscernables après une exposition continue à des températures oscillant entre 28 et 35°C. Dans de telles conditions, la lutte contre la maladie du swollen shoot du cacaoyer pourrait être plus fastidieuse du fait d'une période de latence assez longue ou la maladie reste indétectable par les services d'arrachage. Russo et Voegelé (1982a et 1982b) ont confirmé qu'avec l'augmentation du nombre de jours chauds, la pullulation des ravageurs baisse à cause du manque d'eau. Ces différentes études montrent que l'augmentation de température n'est pas favorable au développement des maladies et à la pullulation des ravageurs en cacaoculture.

Au Ghana, des travaux réalisés par le CIAT et le CRIG ont confirmé la variabilité des impacts des changements climatiques selon les régions cacaoyères (COMMODAFRICA, 2016). En effet, la zone cacaoyère située au Nord sera la plus impactée en raison de fortes saisons sèches, d'une diminution de la pluviométrie et des sols pauvres. Ainsi pour une grande partie, la zone perdra de l'attractivité pour le cacao et les pressions seront fortes pour aller vers d'autres cultures. Dans la zone centrale, l'impact sera aussi important avec des températures plus élevées, mais avec des précipitations plus fiables et des sols moyens. Cette région pourra continuer à produire du cacao mais il sera nécessaire d'adopter des pratiques agricoles climato-intelligentes. Les régions sud et ouest demeureront appropriées pour la culture du cacao et prédominantes à l'horizon 2030 et 2050 mais elles devront également adopter les pratiques climato-intelligentes.

Diverses études (Easterling *et al.*, 1993 ; Rosenzweig & Parry 1994 ; Smith 1996 ; Mendelsohn 1998 ; Reilly & Schimmelpfennig, 1999 ; Smit & Skinner, 2002) ont démontré que sans adaptation, le changement climatique est préjudiciable au secteur agricole. Selon la FAO (2016), il faut, d'une part, une prise de conscience des risques du changement climatique par les exploitants agricoles et d'autre part, une amélioration de leur capacité à s'adapter. Alors que le premier peut être amélioré en fournissant des informations pertinentes à la

population vulnérable sur le risque et les conséquences du changement climatique, le second implique des développements techniques qui relèvent principalement de la responsabilité des agents publics, de l'agro-industrie et du gouvernement.

L'étude réalisée par Haki P. *et al.* (2021) en milieu rural en Tanzanie, a montré l'importance de la considération du genre dans la promotion de pratiques agricoles intelligentes face au climat. Il ressort de cette étude que l'autonomisation des femmes en agriculture est positivement corrélée à l'adoption des pratiques climato-intelligentes.

Avec les effets probables des changements climatiques en cacaoculture, l'autonomisation des femmes productrices de cacao devra être renforcée en Côte d'Ivoire. Les études de Yao (2013) et Zamblé (2019) ont d'ailleurs montré que les femmes possèdent généralement moins de terres (25 % des exploitations) alors qu'elles constituent plus de la moitié (68 %) de la main d'œuvre et ne reçoivent que 21 % des revenus générés dans la cacaoculture.

CONCLUSION

L'influence des scénarios de changements climatiques a été analysée sur la cacaoculture pour les cinquante prochaines années en Côte d'Ivoire. Les résultats ont montré globalement qu'en dehors du nombre élevé de jours chauds qui pourrait sévèrement entraver voire empêcher la cacaoculture dans les zones actuellement marginales de la région Centre, les projections faites sur les indices climatiques se situent dans des conditions normales de production du cacaoyer. Les risques liés aux maladies et ravageurs pourraient être similaires qu'en situation de référence ou potentiellement réduits.

En région Sud, les variations climatiques n'auraient aucun impact sur le développement du cacaoyer, la prolifération des maladies et ravageurs en cacaoculture en comparaison à la situation de référence 1980-2010. Excepté le nombre de jours chauds à craindre dans la région Centre, la cacaoculture sera toujours possible dans les deux régions. Cependant, pour atténuer les effets des changements climatiques, il est nécessaire de sensibiliser les producteurs et productrices de cacao sur les effets des changements climatiques et améliorer leur accès à l'information météorologique, les

encourager à l'utilisation du matériel végétal tolérant à la sécheresse, au respect des bonnes pratiques agricoles (itinéraires techniques, gestion intégrée contre les maladies et ravageurs, gestion rationnelle des terres culturales) et l'adoption des techniques d'agroforesterie (association cacaoyers et arbres à usages multiples). Il faudra également diversifier l'ombrage temporaire du cacaoyer, améliorer les stratégies de gestion et de maîtrise de l'eau en cacaoculture (irrigation), valoriser les jachères, installer l'ombrage (ombrage de tête ou ombrage permanent) suffisamment à l'avance avant l'installation de la plantation.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet AdaptCoop «Renforcement de la résilience des coopératives cacaoyères face aux effets des changements climatiques en Côte d'Ivoire» financée par le Centre de Recherche pour le Développement International (CRDI) du Canada. Nos remerciements aux partenaires SOCODEVI et Ouranos au Canada, WASCAL (West African Science Service Center on Climate Change and Adapted Land Use), plus précisément son pôle ivoirien CEA-CCBAD (Centre d'Excellence Africain sur le Changement Climatique, la Biodiversité et l'Agriculture Durable de l'Université Félix Houphouët-Boigny) et l'Agence Nationale d'Appui au Développement Rural (ANADER) en Côte d'Ivoire.

REFERENCES

- Anim-Kwapong G.J., et Frimpong E.B., 2010. Vulnerability of Agriculture to Climate Change - Impact of Climate Change on Cocoa Production. Cocoa Research Institute of Ghana New Tafo akim. 44 p
- Bambara, D., A. Bilgo, E. Hien, D. Masse, A. Thiombiano et V. Hien, 2013. Perceptions paysannes des changements climatiques et leurs conséquences socio-environnementales à Tougou et Donsin, climats sahélien et sahélo-soudanien du Burkina Faso, Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin, 74, pp. 8-16.
- Brou Y.T., Akindes F. et Bigot S., 2005 : La variabilité climatique en Côte d'Ivoire : entre perceptions sociales et réponses agricoles. Cahiers Agricultures, (AUF), 14 (6): 533-540.

- CNRA, 2021. Rapport d'analyse des scénarios de changements climatiques et influence sur la cacaoculture en Côte d'Ivoire, Projet AdaptCoop « Renforcement de la résilience des coopératives des coopératives cacaoyères aux changements climatiques en Côte d'Ivoire » 34 p.
- COMMODAFRICA, 2016. Changements climatiques au Ghana, <http://www.commodafrica.com/25-03-2016-cacao-et-changement-climatique-au-ghana> (07/05/2022)
- Dahal G., Hughes J.A., Thottappilly G., Lockhart, B.E.L., 1998. Effect of Temperature on Symptom Expression and Reliability of Banana Streak Badnavirus Detection in Naturally Infected Plantain and Banana (*Musa spp.*). *Plant Disease* / Vol. 82 No. 1, pp: 16 – 21.
- Easterling W.E., Crosson P.R., Rosenberg N.J., McKenney M.S., Katz L.A. et Lemon et Lemon K.M., 1993. Agricultural impacts of and responses to climate change in the Missouri-Iowa-Nebraska region. *Climatic Change*, 24 (1–2): 23–62.
- FAO, 2016. Adapter l'Agriculture au Changement Climatique. <https://www.fao.org/3/i6398f/i6398f.pdf> (consulté le 07/05/2022)
- GIEC, 2019. Réchauffement planétaire de 1,5 °C : Rapport spécial du GIEC, https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_Summary_Volume_french.pdf (09/05/2022)
- Haki P., Miriam V.M., Cor W., Karl D., Marcel V.A., 2021. Gender considerations in the promotion of climate-smart agriculture practices: Evidence from rural Tanzania. https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/118458/Info%20note_Gender%20considerations.pdf (07/05/2022).
- Higgins, I.S., M.C. Shackleton et R.E. Robinson, 1999. Changes in woody community structure and composition under contrasting land use systems in semi-arid savanna, South Africa, *J. Biogeogr*, 26, pp. 619-627
- ICCO, 2021. Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, Vol. XLVII, No.4, Cocoa year 2020/21.
- Khanal R.C., 2009, Climate change and organic agriculture. *J. Agric. Environ.*, 10, 100-109.
- Mbalamona E. A. 2015. Impact des changements climatiques sur l'agriculture et l'environnement dans le bassin du Congo. 7ème Conférence Africaine sur la Population, Johannesburg Afrique du Sud 30 Novembre - 4 décembre, Editions, Centre d'Etudes et de recherche sur les Analyses et Politiques Economiques (CERAPE), 23p
- Mendelsohn R., 1998. Climate-change damages. In *Economics and policy issues in climate change*, ed. W.D. Nordhaus. Resources for the Future: Washington, D.C. 215 p.
- Mossu G., 1990. Le cacaoyer. Le technicien d'agriculture tropicale, Maisonneuve et Larose 159 p.
- N'drin O. J. A., Konan W. A. B., Kienon K. T. H. 2019. Analyse des Déterminants de la Résilience aux Changements Climatiques des Cultivateurs du Département de Fresco, Côte d'Ivoire, *European Scientific Journal* June 2019 edition Vol.15, No.18 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431
- NEST, 2003. Climate change in Nigeria. A communication guide for reporters and educators. Ibadan: Nigerian Environmental Study/Action Team (NEST) pp. 5-16.
- Odjugo P.A.O., 2009. Quantifying the cost of climate change impact in Nigeria: Emphasis on wind and rainstorms. *J. Human Ecol.*, 28(2), 93-101.
- Ouédraogo A. et Thiombiano A., 2012. Regeneration pattern of four threatened tree species in Sudanian savannas of Burkina Faso. *Agroforestry Systems*, 86(1): 35-48.
- Ouranos, 2021. Renforcement de la résilience des coopératives des coopératives cacaoyères aux changements climatiques en Côte d'Ivoire - Scénarios et indices climatiques. Rapport présenté par Ouranos et WASCAL-CEA-CCBAD. 53 p. + 12 annexes.
- Parry M., Carter T., 1998. Climate Impact and Adaptation Assessment. A guide to the IPCC Approach. Earthscan Publication, London.
- Puig A.S., Ali S., Strem M., Sicher R., Gutierrez O.A., Bailey, B.A., 2018. The differential influence of temperature on *Phytophthora megakarya* and *Phytophthora palmivora* pod lesion expansion, mycelia growth, gene expression, and metabolite profiles, *Physiological and Molecular Plant Pathology*, Volume 102, PP 95-112, ISSN 0885-5765.
- Reilly J. et Schimmelpfennig D., 1999. Agricultural impact assessment, vulnerability and the scope for adaptation. *Climatic change* 43: 745–788.
- Rosegrant M.W., Ewing M., Yohe G., Burton I., Huq S. et Valmonte-Santos R., 2008. Climate change and agriculture: threats and opportunities. *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)*.

- Climate protection program for Developing Countries. Federal Ministry for Economic Cooperation and Development, Germany.
- Rosenzweig, C. et Parry M.L., 1994. Potential impact of climate-change on world food supply. *Nature* 367:133– 138.
- Russo J., Voegelé J., 1982a. Influence de la température sur quatre espèces de trichogrammes (Hym. Trichogrammatidae) parasites de la pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis* Hubn. (Lep. Pyralidae). I. - Développement préimaginal. *Agronomie, EDP Sciences*, 2 (6), pp.509-516.
- Russo J., Voegelé J., 1982b. Influence de la température sur quatre espèces de trichogrammes (Hym. Trichogrammatidae) parasites de la pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis* Hubn. (Lep. Pyralidae). II. - Reproduction et survie. *Agronomie, EDP Sciences*, 2 (6), pp.517-524.
- Sardans J, Rodà F, Peñuelas J. 2005. Effects of water and a nutrient pulse supply on *Rosmarinus officinalis* growth, nutrient content and flowering in the field. *Environ Exp Bot* 53: 1–11
- Schroth G., Läderach P., Martinez-Valle A., Bunn C., Jassogne L. 2016. Vulnerability to climate change of cocoa in West Africa: patterns, opportunities and limits to adaptation. *Science of the Total Environment* 556: 231-241.
- Smit B. et Skinner M.W. 2002. Adaptations options in agriculture to climate change: A typology. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 7: 85–114.
- Smith J.B. 1996. Using a decision matrix to assess climate change adaptation. In *Adapting to climate change: An international perspective*, ed. J.B. Smith, N. Bhatti, G. Menzhulin, R. Benioff, M.I. Budyko, M. Campos, B. Jallow, and F. Rijsberman. New York: Springer.475 p.
- Wessel M. et Quist-Wessel P.M.F. 2015. Cocoa production in West Africa, a review and analysis of recent developments, *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences* 74-75, 1-7.
- WMO 2017. World Meteorological Organization guidelines on the calculation of climate normals (WMO-No. 1203). 2017 edition, Geneva.
- Yao N.R., Oule A.F., N'goran K.D. 2013. Etude de Vulnérabilité du Secteur Agricole face aux Changements Climatiques en Côte d'Ivoire, République de Côte d'Ivoire, Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, Rapport d'étude, 105p.
- Zamble G. 2019 : Genre et changement climatique en Côte d'Ivoire, Une étude sur l'état des lieux de l'intégration du genre dans les politiques et programmes de changement climatique ; République de Côte d'Ivoire, Programme National Changements Climatiques (PNCC) Côte d'Ivoire, Programme des Nations Unies pour le Développement (UNDP) ; Rapport d'Etude, 80p.
- Zuidema P. A., Gerritsma W., Mommer L. & Leffelaar P. A. 2003. A physiological production model for cacao: Model description and technical program manual of CASE 2 version 2.2. Department of Plant Sciences. Wageningen University, the Netherlands. 159 p.