

# Co-conception avec les producteurs de stratégies d'adaptation au changement climatique : le cas des exploitations agricoles en Haïti

Justafort Jules<sup>1</sup> , Bénédicte Paul<sup>1</sup> , Myriam Adam<sup>2,3</sup>  et Nadine Andrieu<sup>4,5,\*</sup>

<sup>1</sup> Centre Haïtien d'Innovation sur les Biotechnologies et l'Agriculture Soutenable (CHIBAS), Université Quisqueya, Port-au-Prince, Haïti

<sup>2</sup> CIRAD, UMR AGAP Institut, National University of Battambang, Battambang, Cambodia

<sup>3</sup> UMR AGAP Institut, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France

<sup>4</sup> CIRAD, UMR INNOVATION, 97130 Capesterre, Guadeloupe, France

<sup>5</sup> INNOVATION, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France

**Résumé** – En Haïti, les systèmes agricoles sont fortement vulnérables au changement climatique. Cette étude vise à analyser la pertinence d'une démarche de co-conception de stratégies d'adaptation des exploitations agricoles au changement climatique dans une zone hautement vulnérable telle que Haïti. Menée à Saint Michel de l'Attalaye, l'étude reposait : (i) sur la réalisation d'un diagnostic des performances technico-économiques de 24 exploitations représentatives des trois principaux types de stratégies d'adaptation observées, et (ii) sur la co-conception de stratégies innovantes avec un échantillon plus réduit de 9 agriculteurs. Les résultats de l'étude montrent que les performances initiales des 24 exploitations en termes de couverture des besoins caloriques du ménage, revenus, et émissions de gaz à effet de serre sont différentes pour les trois types de stratégies. La diversification des systèmes de production agricole joue un rôle crucial dans les performances mesurées. Les stratégies proposées par les 9 producteurs visent à accroître cette diversification tout en renforçant la place de la canne à sucre dans les systèmes de production, mais les changements pensés sont incrémentaux. D'autres boucles de co-conception pourraient être envisagées pour explorer avec les producteurs des changements de rupture articulant augmentation des capacités de production des exploitations et adaptation au changement climatique. Cette étude pilote en Haïti pourrait être répliquée dans d'autres zones hautement vulnérables afin de co-concevoir des systèmes innovants tenant compte des contraintes spécifiques auxquelles sont exposés les agriculteurs.

**Mots clés** : exploitations agricoles / innovation / modélisation / zones insulaires

**Abstract – Co-design of climate change adaptation strategies with farmers: the case of farming systems in Haïti.** In Haiti, agricultural systems are highly vulnerable to climate change. This study aims to assess the relevance of a process of co-design of climate change adaptation strategies with producers in a highly vulnerable zone such as Haïti. Conducted in Saint Michel de l'Attalaye, the study was based on: (i) a diagnosis of the technical and economic performance of 24 farms representative of the three main types of adaptation strategies observed, and (ii) the co-design of innovative strategies with a smaller sample of 9 farmers. The results of the study show that the initial performances of the 24 farms in terms of covering family caloric needs, income, and greenhouse gas emissions are different for the three types of strategies. The diversification of agricultural production systems plays a crucial role in the performance measured. The strategies proposed by the 9 producers aim to increase this diversification while increasing sugar cane area in their production systems; however the changes thought out are incremental. More co-design loops could be considered to explore with farmers disruptive changes that would both favor an increase in production capacities of farms and climate change adaptation. This pilot study in Haïti could be replicated in other highly vulnerable areas to co-design innovative systems taking into account the specific constraints to which farmers are exposed.

**Keywords:** farming systems / innovation / modeling / insular areas

\*Auteur de correspondance : [nadine.andrieu@cirad.fr](mailto:nadine.andrieu@cirad.fr)

## 1 Introduction

Le climat est en train de changer partout dans le monde et plus rapidement que prévu (IPCC, 2021a, 2021b).

Les projections de changement climatique pour les zones insulaires de la Caraïbe prévoient une augmentation des températures, de l'intensité des cyclones et de l'occurrence des sécheresses prolongées (IPCC, 2021a, 2021b), avec des conséquences négatives pour l'agriculture haïtienne qui compte environ un million de petites exploitations agricoles (MARNDR, 2012). À l'horizon 2021–2040, une augmentation de 1,5 degré de la température globale va impacter les systèmes naturels et anthropisés, en particulier dans les zones hautement vulnérables telles que Haïti (IPCC, 2022). Haïti fait partie des trois pays déjà les plus affectés par les risques climatiques sur la période allant de 2000 à 2019 (Eckstein *et al.*, 2021). Un des défis pour la recherche et le développement en Haïti est donc d'aider les producteurs à concevoir des stratégies innovantes à court terme pour faire face au changement climatique.

La «*co-conception*» de systèmes agricoles innovants désigne un processus visant à concevoir de nouvelles stratégies, pratiques, systèmes de cultures ou d'élevage, permettant à l'agriculteur et sa famille de faire face à des défis multiples (Meynard *et al.*, 2012). Dans ce processus, agriculteurs, chercheurs et d'autres parties prenantes utilisent des démarches méthodologiques variées telles que des ateliers multi-acteurs, le prototypage participatif, la simulation *via* des modèles numériques (Le Gal *et al.*, 2011 ; Périnelle *et al.*, 2021 ; Jeuffroy *et al.*, 2022). Dans ce dernier cas, la simulation est utilisée pour comparer ex-ante les performances de différentes alternatives par rapport à une situation initiale. Ces alternatives sont celles souhaitées par les agriculteurs, le rôle du chercheur étant alors d'outiller le processus en adaptant ou développant les modèles utilisés. Il existe relativement peu de démarches de co-conception de systèmes de production innovants appliquées aux enjeux du changement climatique (Schaap *et al.*, 2013 ; Andrieu *et al.*, 2019 ; Naulleau *et al.*, 2022). Dans les approches existantes, la simulation est utilisée pour explorer avec les producteurs différentes stratégies sous différents scénarios de changement climatique ou pour évaluer si ces stratégies améliorent les capacités d'adaptation des exploitations. Dans ces démarches, les solutions explorées sont situées et correspondent aux attentes et contraintes spécifiques des producteurs. Dans des contextes caractérisés par une forte vulnérabilité socio-économique des exploitations, un des défis est de combiner les attentes des producteurs en termes de couverture des besoins immédiats de leur famille avec les enjeux du changement climatique.

L'objectif de cette étude était d'analyser la pertinence d'une démarche de co-conception de stratégies d'adaptation des exploitations agricoles au changement climatique dans une zone hautement vulnérable telle que Haïti.

L'étude a été menée à Saint-Michel-de-l'Attalaye. La démarche passe par un diagnostic du fonctionnement et des performances technico-économiques des exploitations, puis par l'exploration de stratégies d'adaptation pensées par les producteurs eux-mêmes. Nous discutons ensuite de la contribution de cette étude aux démarches de co-conception de systèmes innovants pour faire face au changement climatique dans des zones hautement vulnérables.

## 2 Matériels et méthodes

### 2.1 Zone d'étude

L'étude a été réalisée à Saint-Michel-de-l'Attalaye, commune du département de l'Artibonite d'Haïti. Avec une superficie de 613,74 km<sup>2</sup>, c'est l'une des communes les plus vastes de la République d'Haïti (IHSI, 2009). Elle est majoritairement rurale et présente des hétérogénéités physiques remarquables (Paul *et al.*, 2021).

Le climat dominant, de type tropical, est, selon la classification de Köppen, un climat de savane avec hiver sec. La température et la pluviométrie annuelles moyennes sont respectivement de l'ordre de 23 °C et de 1298 mm (Climate Data, 2021). Il y existe trois cours d'eau permanents qui s'écoulent du nord au sud à Saint-Michel-de-l'Attalaye (Paul *et al.*, 2021). Mais, malgré leur présence, la commune est dépourvue de système d'irrigation. La population totale de Saint Michel de l'Attalaye est estimée à 136 876 habitants, avec 41,5 % de la population âgée de moins de 15 ans, 53 % âgée de 15 à 64 ans et 5,5 % âgée de 65 ans et plus (IHSI, 2009). La densité démographique est de 245 habitants/km<sup>2</sup>.

L'économie repose sur l'agriculture et l'élevage (MARNDR, 2012). Des enquêtes menées auprès de 393 exploitations, suivies d'une analyse en composantes principales et d'une analyse des clusters, ont permis d'identifier trois grands types de producteurs en fonction de l'adoption de pratiques innovantes en lien ou non avec le changement climatique (Paul *et al.*, 2021), une pratique pouvant être innovante dans un contexte donné alors qu'elle est couramment mise en œuvre dans un autre.

*Type 1 – Des exploitants proactifs qui innovent pour faire face à des irrégularités des pluies et des sécheresses prolongées.* Les innovations observées sont : l'adaptation de la densité de semis, la mise en place de structures antiérosives (rampes), le ramassage de fumier animal provenant des lieux de parage des animaux et la production de compost à partir des résidus de culture et des déjections animales. Il y a, en outre, l'abandon de certaines cultures (haricot) au profit de cultures telles que le pois Congo, la canne à sucre, ou le maïs à cycle court. La superficie moyenne de ces exploitations est de 3 ha. Certains des exploitants de ce type ont l'habitude de participer à des séminaires de formation sur l'agriculture. Ce sont pour la plupart des délégués d'associations d'agriculteurs et des bénéficiaires directs de projet. Ils commencent progressivement à planter des arbres sur leurs parcelles.

*Type 2 – Des exploitants confrontés à des irrégularités des pluies et des sécheresses prolongées, mais qui innovent plutôt pour améliorer des sols dégradés.* Beaucoup de ces exploitations sont en zone de pente et les sols se dégradent facilement. La canne à sucre est largement cultivée, notamment sur les pentes. Les agriculteurs aménagent leurs parcelles avec des structures antiérosives : rampes, murettes en pierre et canaux de contour. La superficie moyenne de ces exploitations est de 1,5 ha.

*Type 3 – Des exploitants agricoles dont les systèmes de production reposent traditionnellement sur la combinaison de systèmes de culture et d'élevage, et qui tendent à se diversifier davantage avec le changement climatique (principalement la sécheresse).* Ces exploitations ont des superficies supérieures ou égales à 2 ha, avec le plus grand nombre de parcelles par

**Tableau 1.** Liste des variables clés collectées lors des enquêtes.*Table 1.* List of key variables collected during surveys.

Modules	Variables collectées
Généralités sur l'exploitation et le ménage	Taille du ménage par tranche d'âge ; nombre d'espèces d'arbres ; nombre d'espèces cultivées, nombre d'espèces d'animaux ; surface totale, surface cultivée, surface des pâturages ; temps de jachères ; nombre d'actifs (permanents et/ou temporaires) ; coût de la main-d'œuvre ; amortissement ; estimation du revenu extra-agricole ; estimation des besoins financiers annuels du ménage.
Systèmes de culture	Surface agricole utile (SAU) ; consommations intermédiaires (quantité et prix de fertilisants organiques et minéraux, semences, herbicides, pesticides) ; production totale ; prix de vente unitaire ; quantité autoconsommée et vendue.
Systèmes d'élevage	Effectifs ; consommations intermédiaires (quantité et prix d'aliments et compléments, vermifuge, antibiotique, vitamines) ; âge de vente ; prix de vente unitaire ; quantité autoconsommée et vendue par pied ; quantité de viande, œufs ou lait autoconsommée et vendue.

exploitation. Les agriculteurs adaptent la densité de semis en diminuant le nombre de grains par poquet. Ils produisent du compost, épandent de la cendre de bois sur les parcelles et ajoutent d'autres cultures dans les associations culturales. L'entraide est très forte dans ce groupe.

## 2.2 Démarche méthodologique

La démarche méthodologique s'est déroulée en deux étapes :

- le diagnostic du fonctionnement et des performances initiales d'exploitations représentatives des différents types rencontrés dans la zone ;
- la co-conception de stratégies d'adaptation avec les producteurs.

### 2.2.1 Diagnostic des performances technico-économiques des exploitations de la zone

Nous avons réalisé des enquêtes directives auprès d'un échantillon de 24 agriculteurs (8 agriculteurs par type). Les 8 exploitations par type ont été sélectionnées au hasard dans la base de données de 393 exploitations ayant permis de construire la typologie (Sect. 2.1). Puis, nous avons confirmé leur disponibilité et consentement pour l'étude. Le guide d'enquête comprenait plusieurs modules (Tab. 1).

Pour traiter les données d'enquête, nous avons utilisé un outil de simulation de fonctionnement de l'exploitation agricole développé en Guadeloupe (Rasse, 2017), que nous avons adapté au contexte haïtien. Cet outil développé sous Excel vise à calculer différents indicateurs technico-économiques (production de biomasse, couverture des besoins caloriques du ménage, valeur ajoutée brute-VAB, revenu) et environnementaux (indice de fréquence de traitements phytosanitaires-IFT, efficacité azotée, émissions de CO<sub>2</sub>-équivalent), en vue d'évaluer les performances multiples

associées à différents changements possibles (introduction d'un nouveau système de culture ou d'élevage, d'une nouvelle pratique, d'un changement de surface ou d'effectifs des animaux) au sein d'une exploitation agricole (Rasse, 2017). La plus petite échelle considérée dans l'outil est celle des systèmes de culture et d'élevage. L'utilisateur doit donc rentrer les données décrivant les surfaces et les effectifs, les quantités d'intrants et les coûts associés à chacun des systèmes de culture et d'élevage présents sur l'exploitation. Des paramètres par défaut issus de la littérature sont associés à chacun de ces systèmes de culture et d'élevage (valeur calorique des productions animales et végétales, besoin azoté, matière sèche, etc.). La couverture des besoins caloriques et le revenu sont des indicateurs pouvant être utilisés pour évaluer les stratégies d'adaptation au changement climatique (Osorio-García *et al.*, 2020). Les émissions peuvent en revanche être un indicateur de mal-adaptation. Trois principaux indicateurs calculés par l'outil ont ainsi été utilisés pour évaluer les performances des exploitations :

- la couverture des besoins caloriques du ménage (Rec-BesM) ;
- le revenu agricole ;
- les émissions de gaz à effet de serre.

La couverture des besoins caloriques du ménage permet de calculer la part des besoins caloriques du ménage couverte par la production de l'exploitation, elle est calculée par la formule suivante :

$$\text{RecBesM} = \frac{\text{produits des systèmes de culture et d'élevage autoconsommés (Kcal)}}{\text{besoin total du ménage (Kcal)}} \times 100.$$

À Saint-Michel-de-l'Attalaye, l'agriculture est essentiellement une agriculture familiale de subsistance, le calcul de cet indicateur s'est basé uniquement sur les cultures auto-

consommées, car les producteurs n'étaient pas en mesure de fournir des données précises pour les produits animaux auto-consommés.

Le revenu agricole concerne le revenu total généré par l'exploitation après avoir enlevé toutes les dépenses du produit brut total.

$$\begin{aligned} \text{Revenu agricole} = & \\ & \text{Produit brut total des systèmes de culture et d'élevage} \\ & - \text{charges intermédiaires} - \text{amortissement} \\ & - \text{coût total de main-d'œuvre.} \end{aligned}$$

Les émissions liées à l'épandage d'engrais minéraux ou organiques, l'utilisation de carburant, les émissions entériques des animaux, ainsi que celles liées à la valorisation de leurs déjections sont calculées. Les calculs sont basés sur les équations suggérées par le GIEC pour le « tier 1 » (les équations détaillées sont dans IPCC, 2006, 2021a et 2021b).

À Saint-Michel-de-l'Attalaye, les exploitations ne sont pas motorisées ; il n'y a pas eu d'épandage d'engrais minéral sur les parcelles au cours de l'année des enquêtes. Par conséquent, l'évaluation des émissions (en CO<sub>2</sub> équivalent) s'est basée sur le nombre d'animaux présents sur les exploitations, notamment le nombre de bovins.

Pour adapter l'outil au cas d'étude haïtien, nous avons considéré de nouvelles cultures telles que le pois Congo (*Cajanus cajan*), le maïs (*Zea mays*), le riz (*Oriza sativa*), etc. Pour chacune de ces cultures, nous avons dû renseigner les paramètres suivants : rendement, valeur calorique, matière azotée totale et matière sèche en nous basant sur la bibliographie (USDA-Food, sd). Nous avons converti les unités de mesure utilisées par les agriculteurs (sacs, marmites) à celles utilisées dans l'outil grâce à une base de données de la sous-structure agricole et informatique du Ministère de l'agriculture (2022).

Les données de chaque exploitation ont été entrées dans l'outil. Ainsi, 24 fichiers de simulation ont été construits. Des tests de normalité des données (*Shapiro-Wilk normality test*), d'homogénéité des variances (*Levene test of homogeneity of variances* en cas de test de normalité inférieur à 0,05 ou *Barlett test* dans le cas contraire), puis des analyses de variance (ANOVA) ont été réalisés sous R afin d'identifier si les différences observées entre types sur les indicateurs obtenus pour les 24 exploitations étaient significatives.

## 2.2.2 Co-conception des stratégies

La co-conception des stratégies d'adaptation a été réalisée avec un échantillon de 9 agriculteurs (trois par type) sélectionnés parmi les 24 ayant été interrogés lors de la phase de diagnostic. Le choix de ces agriculteurs s'est basé sur leur disponibilité pour une deuxième phase d'entretien et leur souhait d'explorer des stratégies d'adaptation face au changement climatique.

Les entretiens individuels ont débuté par la restitution des résultats du diagnostic : les performances technico-économiques des stratégies initiales (SC0). Ensuite, la parole a été accordée à l'agriculteur pour qu'il puisse exprimer les éventuels changements qu'il souhaitait apporter à SC0.

Les grandes questions ayant guidé cette phase de co-conception sont résumées ainsi :

- Au cours de ces dernières années, quels sont les changements liés aux contextes économique et climatique apportés dans les exploitations ?
- Considérant le fonctionnement de l'exploitation et ses performances technico-économiques actuelles, quels sont les changements envisagés pour les améliorer ?
- Compte tenu des effets du changement climatique perçus, quelles seront les nouvelles pratiques et techniques à mobiliser pour s'adapter au changement climatique ?

Les nouvelles stratégies (SC1) décrites par chacun des 9 producteurs ont été entrées dans l'outil de simulation. Les résultats obtenus pour les nouvelles stratégies (SC1) ont été ensuite comparés à ceux des stratégies du diagnostic (SC0).

Après les entretiens individuels, un atelier a été organisé avec les 24 agriculteurs de l'étape de diagnostic, dans l'objectif de contextualiser les changements individuels décrits au regard des grands changements de l'agriculture de Saint Michel de l'Attalaye (saisons de culture, apparition ou disparition de nouvelles cultures dans la zone) et du changement climatique perçu.

## 3 Résultats

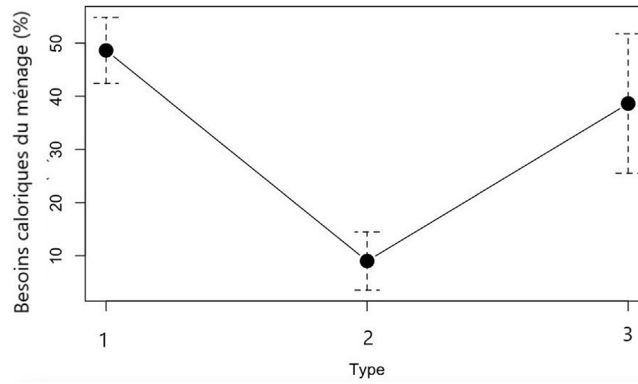
### 3.1 Fonctionnement et performances technico-économiques des exploitations

À Saint Michel de l'Attalaye, les activités de l'exploitation sont gérées par le chef du ménage agricole accompagné de son conjoint et/ou de quelques membres de la famille. En période de pointe, certains agriculteurs ont recours à la *coubbite*, une pratique qui vise, dans un collectif d'agriculteurs, à s'entraider pour l'exécution de tâches agricoles. Il existe également des prêts et/ou des locations d'outils, équipements de travail du sol ou de transformation : par exemple location de charrue, de moulins à canne à sucre fixes ou mobiles, ou de *guildive*, petite distillerie traditionnelle utilisée pour produire un alcool à base de jus de canne appelé *clairin*.

L'élevage (bovins, caprins, équins, porcins, etc.) est largement pratiqué. Les animaux sont gardés à la corde aux alentours de la maison pendant la saison de culture (mi-mars à décembre) et sont en vaine pâture sur les parcelles après les récoltes de janvier à début mars. Ils sont néanmoins ramenés le soir et gardés à la corde aux alentours de la maison pour réduire les risques de vol.

Dix-sept systèmes de culture différents, tous types d'exploitation confondus, ont été identifiés, traduisant le niveau important de diversification de l'agriculture de la région. Les systèmes de culture les plus représentatifs sont : la culture semi-pérenne de canne à sucre (4 à 8 ans), l'association *pois Congo x maïs* en culture pure ou intercalaire sur les parcelles de canne à sucre en début de plantation, l'association *riz pluvial x pois Congo* sur les sols argileux et l'association *maïs x papaye x pois Congo x banane*, le maïs et le pois congo étant cultivés en début de plantation de la banane.

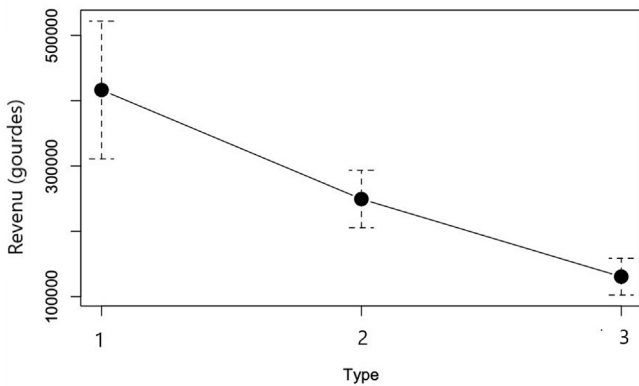
Pour un même système de culture, l'organisation du travail sur l'année n'est pas très différente d'un type d'exploitation à l'autre. Mais, le retard des pluies, le manque de disponibilité de



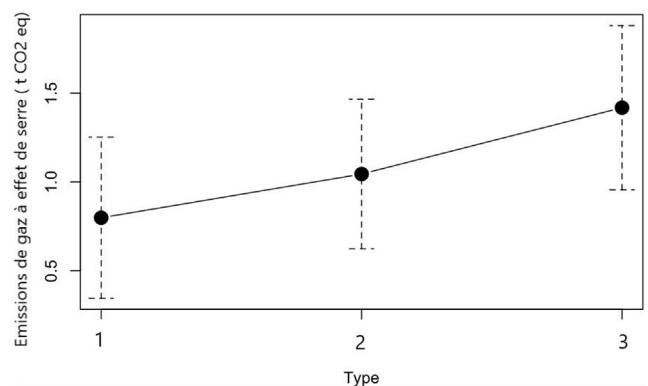
**Fig. 1.** Couverture moyenne des besoins caloriques du ménage pour les trois types d’exploitations.  
**Fig. 1.** Average coverage of the household caloric needs for the three types of farms.

**Tableau 2.** Analyse de variance de la couverture des besoins caloriques du ménage, du revenu agricole, et des émissions de gaz à effet de serre pour les trois types d’exploitations. Les moyennes présentant des lettres différentes sont significativement différentes ( $p < 0,05$ ).  
**Table 2.** Analyse of variance in the coverage of household caloric needs, agricultural income and greenhouse gas emissions for the three types of farms. Means with different superscript are significantly different ( $p < 0.05$ ).

	Couverture des besoins caloriques du ménage (%) Valeur- $p=0,0133$		Revenu (gourdes) Valeur- $p=0,0242$		Émissions de gaz à effet de serre (t CO <sub>2</sub> eq) Valeur- $p=0,62$	
	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type
Type 1	48,5 <sup>b</sup>	17,6	416434,2 <sup>b</sup>	298481,3	0,8 <sup>a</sup>	1,3
Type 2	8,9 <sup>a</sup>	15,4	249399,1 <sup>ab</sup>	124310,9	1,0 <sup>a</sup>	1,2
Type 3	38,7 <sup>ab</sup>	36,9	130504,1 <sup>a</sup>	79576,4	1,4 <sup>a</sup>	1,3



**Fig. 2.** Revenu agricole moyen pour les trois types d’exploitations.  
**Fig. 2.** Average farm income for the three farm types.



**Fig. 3.** Emissions moyennes de gaz à effet de serre pour les trois types d’exploitations.  
**Fig. 3.** Average greenhouse gas emissions for the three farm types.

semences et/ou de moyens pour payer les prestations de préparation du sol peuvent faire varier le calendrier cultural.

Habituellement, la préparation du sol se fait par traction animale. Mais sur les collines, les agriculteurs utilisent pioche, houe et louchette pour labourer le sol, car ces outils sont mieux adaptés à ces types de relief. C’est particulièrement le cas des

agriculteurs du type 2, qui possèdent les parcelles les plus pentues.

Les interactions entre culture et élevage sont fortes dans les exploitations. Par exemple, sur celles où sont présents des

**Tableau 3.** Nouvelles stratégies (SC1) conçues par les 9 agriculteurs.**Table 3.** *New strategies (SC1) designed by the 9 farmers.*

Type	Stratégies d'adaptation conçues avec les agriculteurs
Type 1 Diversification et extension des surfaces cultivées	Exploitation 1 : Une nouvelle parcelle en canne (+ 1 ha). Augmentation de la taille du troupeau de 2 bovins à traction.
	Exploitation 2 : Augmentation de la production de banane et papaye (+ 0,6 ha). Une nouvelle parcelle en canne (+ 2,6 ha). Une nouvelle parcelle maïs et sorgho (Var. <i>pa pè lesèk</i> ) et pois inconnu et pois Congo (+ 1,3 ha).
	Exploitation 3 : Augmentation de la production de canne (+ 1,9 ha). Une nouvelle parcelle en banane et papaye (+ 1,3 ha). Augmentation de la production de compost et usage de bagasse de canne pour chauffage du jus de canne.
Type 2 Augmentation du troupeau et banane	Exploitation 4 : Augmentation de la production de canne (+ 1,3 ha). Une nouvelle parcelle en banane et haricot (+ 0,6 ha). Augmentation de la taille du troupeau de 2 vaches.
	Exploitation 5 : Augmentation de la taille du troupeau de 3 bovins à traction (+ 0,6 ha). Une nouvelle parcelle en banane et igname (+ 0,6) et en manioc (+ 0,6 ha).
	Exploitation 6 : Une nouvelle parcelle de 1,3 ha proche d'un cours d'eau en banane et papaye. Augmentation de la taille du troupeau de 2 vaches.
Type 3 Augmentation des cultures de « subsistance » (maïs, pois Congo, riz, sorgho, patate douce)	Exploitation 7 : Reprise de la culture de patate douce (1,3 ha dans les 1,9 ha réservés au pâturage). Une nouvelle parcelle en canne (+ 3,2 ha). Augmentation de la taille du troupeau de 1 vache et de 2 taureaux à traction.
	Exploitation 8 : Une nouvelle parcelle en arachide et maïs et sorgho (Var. <i>pa pè lesèk</i> ) et pois Congo (+ 0,6 ha). Augmentation de la production de canne (+ 2,6 ha).
	Exploitation 9 : Augmentation de la production de canne (+ 0,6 ha). Une nouvelle parcelle en riz et pois Congo (+ 1,3 ha). Augmentation de la taille du troupeau de 1 vache.

équins et bovins, la force de travail de ces derniers est employée pour le transport de matériaux et de récoltes, le labour et le hersage du sol, et le broyage de la canne à sucre. En retour, les résidus de récolte servent à alimenter le troupeau : c'est le cas des parcelles de canne à sucre, qui jouent un rôle particulier en raison de leur forte capacité de production de biomasse et de la palatabilité de cette culture. Les agriculteurs valorisent aussi les fumures animales pour fertiliser les parcelles *via* la vaine pâture en hiver.

Des différences de performances technico-économiques ont été observées entre types d'exploitations.

Le type 1 présente un taux moyen de couverture des besoins caloriques du ménage de 49 %, suivi du type 3 (39 %) et du type 2 (seulement 9 %) (Fig. 1). Le type 2 produit essentiellement de la canne à sucre, tandis que les types 1 et 3 produisent principalement des cultures vivrières (Sect. 2.2). Il existe une différence significative entre les trois types d'exploitations pour cet indicateur (Tab. 2).

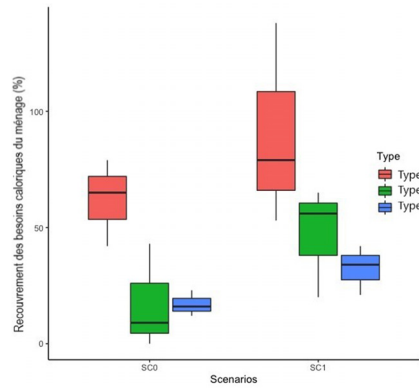
Les exploitations du type 1 présentent les revenus moyens les plus élevés et la meilleure valorisation de la journée de

travail. Ensuite viennent les types 2 et 3 (Fig. 2). Les différences sont significatives entre les types pour cet indicateur (Tab. 2).

Les émissions moyennes de gaz à effet de serre sont plus élevées pour les exploitations du type 3 (1,4 tonne CO<sub>2</sub>-éq/an) et plus faibles pour celles du type 1 (0,8 tonne CO<sub>2</sub>-éq/an) (Fig. 3). La quantité de CO<sub>2</sub>-éq émise est liée au nombre de bovins, le type 3 possédant le plus grand nombre de bovins, ensuite viennent les types 2 et 1. Les différences ne sont toutefois pas significatives entre les trois types pour cet indicateur (Tab. 2).

### 3.2 Stratégies (SC1) conçues par les agriculteurs

Le tableau 3 présente les nouvelles stratégies (SC1) conçues par chacun des 9 agriculteurs. Tous types confondus, les producteurs cherchent à agrandir les surfaces cultivées pour diversifier davantage les systèmes de cultures. Les producteurs des types 1 et 3 souhaitent en outre agrandir les surfaces en

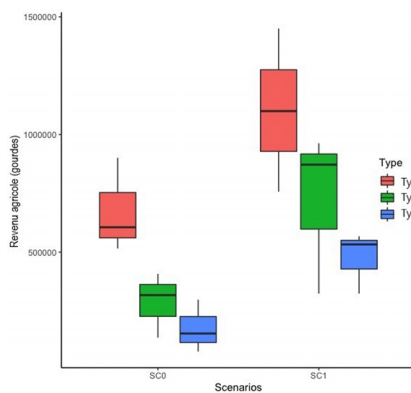


**Fig. 4.** Couverture des besoins caloriques du ménage pour la stratégie initiale (SC0) et pour la nouvelle stratégie (SC1) pour les trois types d’exploitations, chaque box-plot représente la dispersion des données simulées pour les trois exploitations de chaque type.  
**Fig. 4.** Coverage of the household caloric needs for the initial strategy (SC0) and for the new one (SC1) for the three types of farms, each box-plot represents the dispersion of the simulated data for the three farms of each type.

**Tableau 4.** Analyse de variance de la couverture des besoins caloriques du ménage, du revenu agricole, et des émissions de gaz à effet de serre pour les nouvelles stratégies (SC1) conçues par les trois types d’exploitations. Les moyennes présentant des lettres différentes sont significativement différentes ( $p < 0,05$ ).

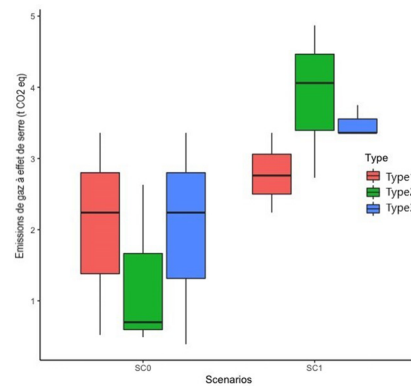
**Table 4.** Analyse of variance in the coverage of household caloric needs, agricultural income, and greenhouse gas emissions for the new strategies (SC1) defined by the three types of farms. Means with different superscript are significantly different ( $p < 0.05$ ).

	Couverture des besoins caloriques du ménage (%) Valeur- $p = 0,0281$		Revenu (gourdes) Valeur- $p = 0,0177$		Émissions de gaz à effet de serre (t CCO <sub>2</sub> eq) Valeur- $p = 0,756$	
	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type
Type 1	62,1 <sup>a</sup>	18,4	673969 <sup>a</sup>	201592	2,0 <sup>a</sup>	1,4
Type 2	17,3 <sup>b</sup>	22,5	287200 <sup>ab</sup>	138046	1,3 <sup>a</sup>	1,2
Type 3	17,3 <sup>b</sup>	5,6	176586 <sup>b</sup>	111824	2,0 <sup>a</sup>	1,5



**Fig. 5.** Revenu agricole pour la stratégie initiale (SC0) et la nouvelle stratégie (SC1) pour les trois types d’exploitations, chaque box-plot représente la dispersion des données simulées pour les trois exploitations de chaque type.

**Fig. 5.** Agricultural income for the initial strategy (SC0) and for the new one (SC1) for the three types of farms, each box-plot represents the dispersion of the simulated data for the three farms of each type.



**Fig. 6.** Émissions de gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>-ég) pour la stratégie initiale (SC0) et la nouvelle stratégie (SC1) pour les trois types d’exploitations, chaque box-plot représente la dispersion des données simulées pour les trois exploitations de chaque type.

**Fig. 6.** Greenhouse gas emissions (CO<sub>2</sub>-eq) for the initial strategy (SC0) and for the new one (SC1) for the three types of farms, each box-plot represents the dispersion of the simulated data for the three farms of each type.

canne. Les producteurs des types 2 et 3 souhaitent augmenter les effectifs animaux. Parmi les raisons qui incitent les producteurs à proposer ces changements, on note :

- *l'irrégularité des pluies et les périodes de sécheresse prolongée.* Afin de limiter les risques de mauvaises récoltes liés à des inondations ou des sécheresses prolongées, certains agriculteurs souhaitent multiplier le nombre de parcelles cultivées dans des localisations différentes. Selon eux, certaines zones sont plus résilientes que d'autres aux risques climatiques, du fait de la pente et de l'inclinaison du terrain, de la distance aux cours d'eau pour accéder à l'irrigation, ou des conditions pédoclimatiques ;
- *la présence d'infrastructures productives.* Certains agriculteurs, tous types d'EA confondus, veulent mettre en place de nouvelles parcelles en canne à sucre en raison de l'installation d'une guildive à proximité ;
- *la nécessité de répondre aux besoins du ménage.* En raison de l'inflation (48,3 % en décembre 2022 selon les estimations de l'Institut haïtien de statistique et d'informatique – IHSI) et des prix des produits alimentaires qui tendent à augmenter, certains agriculteurs, du type 2 notamment, veulent valoriser des lopins de terre en cultures vivrières ;
- *le prix et la disponibilité des prestations de labour.* La plupart des agriculteurs des types 2 et 3 veulent renforcer leur système d'élevage, notamment en bovins pour la traction animale, et diminuer le coût des services de labour. C'est aussi un moyen de diversifier leurs sources de revenu par la vente de services de labour.

### 3.3 Évaluation comparée des stratégies

Les figures 4, 5 et 6 comparent les stratégies initiales (SC0) et les nouvelles stratégies proposées par les 9 agriculteurs (SC1).

Les agriculteurs prévoient de diversifier davantage leur système de production agricole en vue de mieux couvrir les besoins alimentaires de leur famille. Dans l'ensemble, la couverture des besoins caloriques du ménage (RecBesM) augmente de SC0 à SC1 (Fig. 4). Ce taux est en moyenne plus élevé dans les exploitations de type 1, suivi du type 2, puis du type 3, les différences étant significatives (Tab. 4). La plus forte augmentation entre SC0 et SC1 est observée pour les agriculteurs du type 2, qui misent sur le revenu de la canne à sucre pour mettre en place des parcelles vivrières afin d'améliorer la couverture des besoins du ménage.

Le revenu agricole est nettement amélioré dans SC1 par rapport à SC0 (Fig. 5). Dans ces nouvelles stratégies (SC1), les agriculteurs augmentent la taille de la superficie des parcelles cultivées et de leur troupeau. Il y a certes une augmentation des charges intermédiaires, mais l'amortissement reste le même car les agriculteurs n'ont pas prévu d'acquérir de nouveaux outils agricoles dans SC1.

En comparant les deux stratégies (Fig. 6), les émissions de CO<sub>2</sub> augmentent de SC0 à SC1 pour tous les types, car les agriculteurs augmentent la taille de leur troupeau, notamment ceux du type 2.

## 4 Discussion

### 4.1 Quelles stratégies d'adaptation pour les agriculteurs de Saint Michel de l'Attalaye ?

Dans tous les types d'exploitations, les exploitants, ne voulant pas rompre brutalement avec leurs pratiques initiales, ont proposé des stratégies d'adaptation incrémentales visant à maintenir la nature et l'intégrité de leur système agricole sans modification de ses attributs fondamentaux (GIEC, 2018).

Néanmoins, les stratégies envisagées varient d'un type d'exploitation à l'autre, avec en particulier l'accent mis sur la banane et l'élevage dans le type 2, et sur les cultures de subsistance dans le type 3. Pour les trois types d'exploitations, la canne prend davantage d'importance dans les stratégies. Cela peut s'expliquer par la résilience de cette culture face au changement climatique (García *et al.*, 2021), mais aussi par les possibilités de diversification des revenus qu'elle permet *via* la production de sirop et de clairin, qui contribuent à la résilience économique des exploitations. Les stratégies proposées par les agriculteurs visent également toutes à augmenter les capacités de production pour améliorer les performances des exploitations en termes de couverture des besoins en calories et de revenu agricole. L'augmentation envisagée des surfaces dans la plupart des stratégies passe par la vente de sirop, de clairin ou d'animaux. Néanmoins, l'acquisition de surfaces sera plus difficile pour les plus petits producteurs (en particulier du type 2), souvent en insécurité foncière. La quasi-totalité des exploitants veulent aussi augmenter la taille de leur cheptel, notamment en bovins, mais en gardant les mêmes règles de conduite. Par conséquent, les émissions de CO<sub>2</sub>-éq simulées augmentent. Lorsque les stratégies d'adaptation des agriculteurs induisent une augmentation à moyen terme des émissions de gaz à effet de serre, il s'agit d'une mal-adaptation environnementale (Barnett et O'Neill, 2010 ; Magnant, 2013). On peut questionner la pertinence de cet indicateur pour de petites exploitations pratiquant une agriculture pluviale non irriguée, dotées d'outils traditionnels et de faibles moyens financiers, n'utilisant pas d'engins motorisés mais voulant augmenter la taille de leur cheptel de quelques bovins afin d'assurer leur survie. Il invite cependant à réfléchir aux pratiques d'alimentation des animaux ou de valorisation des déjections permettant de limiter les émissions liées au développement de l'élevage.

### 4.2 Quels enseignements pour la co-conception de systèmes faisant face au changement climatique en zone hautement vulnérable ?

De nombreux travaux ont démontré que les producteurs, dans des démarches de co-conception, préfèrent explorer des changements incrémentaux qu'ils pourront intégrer de manière progressive dans leur stratégie de production (Périnelle *et al.*, 2021 ; Andrieu *et al.*, 2022). Face à l'urgence du changement climatique (IPCC, 2022), un défi pour le chercheur qui accompagne le processus de conception est d'aider les agriculteurs à explorer des changements de



rupture. Jeuffroy *et al.* (2022) montrent la nécessité d'éviter les effets de fixation qui maintiennent les propositions des acteurs dans ce qui est connu. Combiner ces simulations avec l'utilisation de démarches d'anticipation pourrait permettre d'explorer des changements de rupture (Vervoort *et al.*, 2014).

Nous avons fait le choix de laisser les producteurs explorer les stratégies qu'ils souhaitent et de plutôt les outiller dans cette réflexion. Ces stratégies étaient différentes entre types, ce qui montre la nécessité de prendre en compte cette diversité pour accompagner l'adaptation des producteurs au changement climatique, et en particulier accompagner les changements structurels souhaités par les producteurs les plus pauvres.

Les solutions proposées par les agriculteurs pour s'adapter au changement climatique visent, sans surprise, à répondre en premier lieu à des enjeux socio-économiques et alimentaires. Dans un contexte où les agriculteurs sont plus qu'ailleurs vulnérables au changement climatique, favoriser leur adaptation à ce changement ne peut donc se faire sans mesurer les co-bénéfices en termes de sécurité alimentaire ou de revenus (Osorio-García *et al.*, 2020). Ces stratégies reposent sur une diversification accrue des systèmes de production, un des principes clés de l'agroécologie définie comme effective pour s'adapter au changement climatique (IPCC, 2022).

Tout comme dans la démarche DEED – *Describe, Explain, Explore and Design* – (Descheemaeker *et al.*, 2019), cette étude vise à être combinée à des expérimentations afin d'explorer les systèmes de cultures ou d'élevage les plus prometteurs et leurs contraintes de mise en œuvre.

## 5 Conclusion

Cette étude, menée Saint Michel de l'Attalaye en Haïti, a permis de diagnostiquer les performances technico-économiques initiales des exploitations agricoles, puis d'aider les agriculteurs à concevoir des stratégies d'adaptation au changement climatique. Le diagnostic montre que l'agriculture de la zone est caractérisée par de petites exploitations familiales de subsistance, dotées de faibles moyens de production et faiblement émettrices de gaz à effet de serre par hectare. En dépit de leurs faibles ressources, elles disposent d'une panoplie de techniques et de pratiques agricoles pour s'adapter au changement climatique. À travers la démarche de co-conception, l'étude montre que les changements de stratégies envisagés par les agriculteurs varient d'un type d'exploitation à l'autre, mais reposent tous sur l'augmentation de la diversification des cultures et de l'élevage. Ces changements visent surtout à augmenter leur niveau de production pour améliorer les revenus et la sécurité alimentaire des familles sous contrainte de changement climatique. Le défi est d'accompagner la mise en œuvre de ces changements sur le terrain, en particulier les changements structurels souhaités par les agriculteurs les plus pauvres. Une perspective est de combiner les simulations avec de l'expérimentation de terrain. D'autres boucles de co-conception intégrant des outils d'anticipation pourraient également être mobilisées pour identifier des changements de rupture avec les producteurs.

*Remerciements.* Nous remercions les agriculteurs ayant participé à cette recherche. Cette recherche a bénéficié du support financier du MARNDR et de la BID, dans le cadre du Programme de mitigation des désastres naturels (PMDN2), accord de subvention n° LOT2-MARNDR/PMDN/SCBD-2/18.

## Références

- Andrieu N, Howland F, Acosta-Alba I, Le Coq JF, Osorio-Garcia AM, Chia E, *et al.* 2019. Co-designing climate-smart farming systems with local stakeholders: A methodological framework for achieving large-scale change. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 3: 37. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00037>.
- Andrieu N, Blundo Canto G, Chia E, Diman JL, Dugue P, Fanchone A, *et al.* 2022. Scenarios for an agroecological transition of smallholder family farmers: A case study in Guadeloupe. *Agronomy for Sustainable Development* 42: 95. <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00828-x>.
- Barnett J, O'Neill S. 2010. Maladaptation. *Global Environmental Change* 20(2): 211–213. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.11.004>.
- Descheemaeker K, Ronner E, Ollenburger M, Franke AC, Klapwijk CJ, Falconnier GN, *et al.* 2019. Which options fit best? Operationalizing the socio-ecological niche concept. *Experimental Agriculture* 55(1): 169–190. <https://doi.org/10.1017/S001447971600048X>.
- Eckstein D, Künzel V, Schäfer L. 2021. Global Climate Risk Index 2021. German Watch, Bonn, Germany, 52 p.
- Garcia FHS, Rodrigues M, Pennacchi JP, *et al.* 2021. Sugarcane resilience to recurrent water deficit is dependent on the systemic acclimation of leaf physiological traits. *Tropical Plant Biology* 14: 408–418. <https://doi.org/10.1007/s12042-021-09303-5>.
- GIEC. 2018. Annexe I: Glossaire. In: Matthews J.B.R., éd. Réchauffement planétaire de 1,5 °C, Rapport spécial du GIEC sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels et les trajectoires associées d'émissions mondiales de gaz à effet de serre, dans le contexte du renforcement de la parade mondiale au changement climatique, du développement durable et de la lutte contre la pauvreté [Publié sous la direction de V Masson -Delmotte, P Zhai, HO Pörtner, D Roberts, J Skea, PR Shukla, A Pirani, W Moufouma-Okia, C Péan, R Pidcock, S Connors, JBR Matthews, Y Chen, X Zhou, MI Gomis, E Lonnoy, T Maycock, M Tignor et T Waterfield]. Genève, Suisse : Organisation météorologique mondiale, 32 p.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories. [2021/03/09]. Disponible sur : <https://www.ipcc.ch/report/2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2021a. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2021b. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on

- Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, <https://doi.org/10.1017/9781009157896.001>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2022. Climate Change 2022: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of working group II to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [HO Pörtner, DC Roberts, M Tignor, ES Poloczanska, K Mintenbeck, A Alegría, M Craig, S Langsdorf, S Löschke, V Möller, A Okem, B Rama, eds. Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press, 3056 p. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>.
- Jeuffroy MH, Loyce C, Lefeuvre T, Valantin-Morison M, Colnenne-David C, Gauffreteau A, *et al.* 2022. Design workshops for innovative cropping systems and decision-support tools: Learning from 12 case studies. *European Journal of Agronomy* 139: 126573. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126573>.
- Le Gal PY, Dugué P, Faure G, Novak S. 2011. How does research address the design of innovative agricultural production systems at the farm level? A review. *Agricultural Systems* 104: 714–728. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2011.07.007>.
- Magnan A. 2013. Éviter la maladaptation au changement climatique. *IDDRI Policy Brief* 8: 4 p.
- Meynard JM, Dedieu B, Bos AP. 2012. Re-design and co-design of farming systems. An overview of methods and practices. In: Darnhofer I, Gibbon D, Dedieu B, eds. *Farming systems research into the 21st century: The new dynamic*. Heidelberg, Germany: Springer, pp. 405–429. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-4503-2\\_18](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4503-2_18).
- Ministère de l’Agriculture, des ressources naturelles et du développement rural (MARNDR). 2012. Synthèse nationale des résultats du recensement général de l’agriculture (RGA) 2008/2009. Port–au–Prince, Haïti, 218 p.
- Naulleau A, Gary C, Prévot L, Vinatier F, Hossard L. 2022. How can winegrowers adapt to climate change? A participatory modeling approach in southern France. *Agricultural Systems* 203: 103514. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103514>.
- Osorio-García AM, Paz L, Howland F, Ortega LA, Chia E, Andrieu N, *et al.* 2020. Can an innovation platform support a local process of climate-smart agriculture implementation? A case study in Cauca, Colombia. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 44 (3): 378–411. <https://doi.org/10.1080/21683565.2019.1629373>.
- Paul B, Fréguin-Gresh S, Marzin J, Pressoir, *et al.* 2021. Diagnostic agro socio-économique de la commune de Saint Michel de l’Attalaye. Port-au-Prince, Haïti, CHIBAS-UNIQ-CIRAD/MARNDR, 187 p.
- Périnelle A, Meynard JM, Scopel E. 2021. Combining on-farm innovation tracking and participatory prototyping trials to develop legume-based cropping systems in West Africa. *Agricultural Systems* 187: 102978. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102978>.
- Rasse C. 2017. Construction d’un outil de modélisation de la Petite agriculture familiale agroécologique de Guadeloupe: tensions et synergies entre productivité et services écosystémiques. Mémoire de fin d’études. Inra, Antilles-Guyane, 122 p.
- Schaap BF, Reidsma P, Verhagen J, Wolf J, Van Ittersum MK. 2013. Participatory design of farm level adaptation to climate risks in an arable region in The Netherlands. *European Journal of Agronomy* 48: 30–42. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.02.004>.
- Vervoort JM, Thornton PK, Kristjanson P, Förch W, Ericksen PJ, Kok K, *et al.* 2014. Challenges to scenario-guided adaptive action on food security under climate change. *Global Environmental Change* 28: 383–394. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.03.001>.

## Bases de données consultées

- Climate data. 2021. Climat Saint-Michel-de-l’Attalaye (Haïti). [2021/03/10]. Disponible sur : <https://fr.climate-data.org/amerique-du-nord/haïti/artibonite-department/saint-michel-de-l-attalaye-48360/>.
- USDA-Food Data Central. Sans date. Disponible sur : <https://fdc.nal.usda.gov/>.
- Institut Haïtien de Statistique et d’Informatique (IHSI). 2009. Projection de la population par la section communale de 2009. [2021/12/11]. Disponible sur : <https://www.humanitarianresponse.info/fr/operations/haïti/document/projection-de-la-population-par-la-section-communale-de-2009-ihsi> et Données sur l’inflation en Haïti. [2023/02/01]. Disponible sur : <https://ihsi.gouv.ht/>.
- Sous-structure agricole et informatique du MARNDR. 2022. [17/09/2022]. Disponible sur : [www.agriculture.gouv.ht/statistique\\_agricole](http://www.agriculture.gouv.ht/statistique_agricole).

**Citation de l’article** : Jules J, Paul B, Adam M, Andrieu N. 2023. Co-conception avec les producteurs de stratégies d’adaptation au changement climatique : le cas des exploitations agricoles en Haïti. *Cah. Agric.* 32: 27. <https://doi.org/10.1051/cagri/2023020>