



Faculté des Sciences | Département des Sciences et Gestion de l'Environnement

Sujet : Analyse de la vulnérabilité à l'insécurité alimentaire en Haïti : apport des données satellitaires et territoriales

Mémoire présenté par : Emmanuel AUGUSTIN

Pour l'obtention du diplôme de Master de Spécialisation en Gestion des Risques et Catastrophes

Promoteur : Bakary DJABY

Comité de lecture :

Antoine DENIS

Abdoul-Hamid MOHAMED SALLAH

Étudiant : Emmanuel AUGUSTIN

Septembre 2022

DÉDICACES

Ce travail de recherche est dédié à mon défunt père Benjamin **AUGUSTIN** qui est une véritable source d'inspiration pour moi et à ma mère Marie Méralia **JAZON** pour les nombreux sacrifices consentis.

REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont en tout premier lieu à Dieu pour m'avoir inspiré tout au long de ce travail. Je voudrais exprimer également ma profonde gratitude à tous ceux et toutes celles dont la disponibilité, le soutien et la contribution à divers niveaux m'ont aidé à la réalisation de cette recherche. Ce sont notamment :

- Monsieur Bakary **DJABY** pour ses précieux conseils. Il m'a orienté dès le début et m'a assisté tout au long de cette recherche avec ses remarques pertinentes ;
- Monsieur Pierre **OZER**, le coordonnateur du Master de Spécialisation en Gestion des Risques et Catastrophes pour son dynamisme et son appui ;
- L'Académie de Recherche et d'Enseignement Supérieur de la Fédération Wallonie-Bruxelles (**ARES**) qui a octroyé la bourse d'études ;
- Les enseignants de l'Université de Liège qui ont fait de ce master une expérience enrichissante sur les plans humain et académique ;
- Monsieur Jacques Philémon **MONDÉSIR**, directeur des applications thématiques au Centre National de l'Information Géo Spatiale (CNIGS) qui a mis à ma disposition les données et les installations du centre ;
- Mes compatriotes et amis Gutenbert **LÉVEILLÉ**, Mackenson **PIERRE** et Epafrodit **VERTY** pour leur support au cours de cette année d'étude ;
- Mes frères Stanley, Frantz, Luckner et Emmanuel et ma sœur Solène pour leur support et leurs mots de motivation ;
- Mes cousins Johny **AUGUSTIN**, Nesly **AUGUSTIN** et Nephtaly **AUGUSTIN** pour leurs précieux conseils ;
- Mes camarades de la cohorte 2021-2022 du master de spécialisation en gestion des risques et catastrophes pour leur convivialité ;
- Mes amis du master sciences et gestions de l'environnement Venor Zéphirin et Jamesly Maxilien et mes compatriotes Jeannette **TOUSSAINT** et son mari Marc, Troy Émilien **SAINTIL** pour leur accueil chaleureux en Belgique ;
- Ma petite amie Madje Darling pour ses mots de motivation et d'encouragement au cours de l'étude ;
- Tous ceux qui, d'une façon ou d'une autre, m'ont aidé dans la réalisation de ce travail de fin d'études.

RÉSUMÉ

Les données d'observation de la terre permettent de faire un suivi indirect de certains indicateurs de la sécurité alimentaire (SA) à travers le monde. Beaucoup d'institutions nationales, régionales ou des organisations non gouvernementales mettent en place des plateformes pour le suivi des paramètres qui conditionnent l'insécurité alimentaire. En Haïti, la Coordination Nationale de la Sécurité Alimentaire (CNSA), qui est l'unique référence étatique dans le domaine de la SA, manque cruellement de moyens pour réaliser des enquêtes dont les données servent de base au système de suivi mis en place depuis plus d'une dizaine d'années. La présente étude cherche à savoir comment, à partir des données territoriales et les données satellitaires disponibles, les zones vulnérables à l'insécurité alimentaire peuvent être identifiées. La vulnérabilité à l'insécurité alimentaire est abordée du point de vue de ses quatre dimensions : disponibilité, accès, utilisation et stabilité. À partir d'une série d'images issues du satellite MODIS de 2000 à 2021, les indices Enhanced Vegetation Index (EVI) et Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ont pu être calculés. De ces indices, les dimensions stabilité et disponibilité ont été mesurées. La dimension accès a été étudiée avec l'occupation de sol alors que l'utilisation a été analysée sous l'angle de la diversité alimentaire. Une analyse multicritère (AMC) a pris en compte ces différentes dimensions pour aboutir à la carte de vulnérabilité à l'insécurité alimentaire (IA) en Haïti. Ces cartes de la vulnérabilité à l'IA pour la période de 2000 à 2021 servent de ligne de base pour l'analyse de la SA en Haïti. Ainsi, des anomalies ont été calculées à partir de la carte de vulnérabilité pour des périodes au cours desquelles l'insécurité alimentaire a augmenté dans le pays et également pour la période actuelle.

ABSTRACT

Earth observation data are used regularly to monitor food security in the world. Many national, regional institutions or non-governmental organizations are setting up platforms for monitoring the parameters that impacts food insecurity. In Haiti, the National Coordination of Food Security (CNSA), which is the only state reference in food security, lacks both technical and financial assets to conduct surveys in order to monitor a system implemented for more than a decade. This study seeks to find out how, from available territorial and satellite data, areas vulnerable to food insecurity can be identified. Vulnerability to food insecurity is addressed here from the perspective of its four dimensions: availability, access, use and stability. A time series of images from the MODIS satellite from 2000 to 2021 was used to calculate the Enhanced Vegetation Index (EVI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). From these indices, the stability and availability dimensions of food security were measured. The access dimension considered land use while use dimension was analyzed from food diversity. A Multi-Criteria analysis (MCA) considered these different dimensions to derive at the vulnerability map to food insecurity in Haiti. These food insecurity vulnerability maps for the period 2000 to 2021 serve as a baseline for food security analysis in Haiti. From these maps, anomalies have been calculated for periods when food insecurity has increased in the country and for the current period.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACES	i
REMERCIEMENTS	ii
RÉSUMÉ	iii
ABSTRACT.....	iv
TABLE DES MATIÈRES.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES	viii
INTRODUCTION.....	1
1. PROBLÉMATIQUE ET JUSTIFICATION.....	2
1.1 Objectifs	4
1.1.1 Objectif général.....	4
1.1.2 Objectifs spécifiques.....	5
1.2 Hypothèses	5
1.3 Limitations de l'étude	5
2. REVUE DE LITTÉRATURE.....	6
2.1 Les concepts sécurité alimentaire et insécurité alimentaire	6
2.1.1 Définition de sécurité alimentaire.....	6
2.1.2 Définition d'insécurité alimentaire	8
2.1.3 Vulnérabilité à l'insécurité alimentaire.....	9
2.2 Méthodes et approches pour mesurer l'insécurité alimentaire	10
2.2.1 Integrated Phase Classification (IPC) de la FAO	10
2.2.2 Indice de Faim Global.....	11
2.2.3 Indice de la faim développé par Action Aid	11
2.3 Indices dérivés de satellites couramment utilisés pour le suivi agricole.....	11
2.3.1 Indicateurs de l'état des cultures.....	12
2.3.2 Indicateurs de la sécheresse	13
3. MÉTHODOLOGIE	15
3.1 Cadre physique de l'étude	15
3.1.1 Brève présentation d'Haïti	15
3.1.2 Sécurité alimentaire et nutritionnelle en Haïti	17
3.1.3 Mesure de la sécurité alimentaire en Haïti.....	18
3.2 Matériels.....	19
3.2.1 Présentation du système d'alerte agricole du CNIGS.....	20
3.2.2 Données territoriales	21
3.2.3 Données calculées à partir de Google Earth Engine (GEE)	21
3.2.4 Logiciels ArcGIS, Excel et Zotero.....	22
3.3 Méthodes	22
3.3.1 Critère disponibilité	24
3.3.2 Critère stabilité.....	25

3.3.3	Critère utilisation	26
3.3.4	Critère accès.....	27
3.4	Analyse multicritère (AMC).....	27
3.4.1	Pondération des critères	27
3.4.2	Raster Calculator.....	28
3.4.3	Vulnérabilité	29
3.5	Calcul des anomalies	29
3.5.1	Périodes d'observation.....	30
4.	RÉSULTATS ET ANALYSES	31
4.1	Indices de végétation (EVI et NDVI).....	31
4.1.1	Evolution des indices de végétation en 2008.....	31
4.1.2	Evolution des indices en 2016	32
4.1.3	Evolution des indices sur la période 2016-2021	33
4.1.4	Evolution des indices en 2020	33
4.2	Les dimensions de la sécurité alimentaire.....	35
4.2.1	Disponibilité.....	35
4.2.2	Stabilité	36
4.2.3	Utilisation.....	37
4.2.4	Accès.....	38
4.2.5	Vulnérabilité	38
4.2.6	Tendance actuelle.....	40
4.3	Anomalies.....	40
4.3.1	Anomalies en 2008	41
4.3.2	Anomalies en 2016	42
4.3.3	Anomalies pour la période 2016-2021	43
4.3.4	Anomalies 2022	43
	CONCLUSION	45
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	46
	ANNEXE.....	I

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Pilier disponibilité	24
Tableau 2 Pilier stabilité	25
Tableau 3 Pilier utilisation	27
Tableau 4 Analyse multicritère (AMC)	28

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1 Limites administratives d’Haïti</i>	15
<i>Figure 2 Zones agroécologiques d’Haïti</i> (Atlas agricole d’Haïti, s. d.).....	17
<i>Figure 3 Polygones de références utilisés pour le calcul de l’EVI</i>	23
<i>Figure 4 Statistiques calculées à partir du RAT</i>	24
<i>Figure 5 Capture d’écran Raster Calculator</i>	29
<i>Figure 6 Schéma récapitulatif des opérations effectuées</i>	30
<i>Figure 7 Tendances globale (2000 - 2021) et annuelle (2008) pour les indices de végétation</i> ..	32
<i>Figure 8 Tendances globale (2000-2021) et annuelle (2016) pour les indices de végétations.</i> ..	32
<i>Figure 9 Tendances pour les 6 dernières années</i>	33
<i>Figure 10 Évolution des indices en 2020</i>	34
<i>Figure 11 Critère disponibilité pour l’EVI (à gauche) et le NDVI (à droite)</i>	35
<i>Figure 12 Critère stabilité pour l’EVI (à gauche) et le NDVI (à droite)</i>	36
<i>Figure 13 Diversité alimentaire en Haïti</i>	37
<i>Figure 14 Critère accès</i>	38
<i>Figure 16 Vulnérabilité pour la période 2000-2021 pour l’EVI (gauche) et le NDVI (droite)</i> 38	
<i>Figure 17 Vulnérabilité pour la période 2016-2021</i>	39
<i>Figure 18 Tendances pour l’année 2022</i>	40
<i>Figure 19 Anomalies 2008</i>	41
<i>Figure 20 Anomalies 2016</i>	42
<i>Figure 21 Anomalies pour la période 2016-2021</i>	43
<i>Figure 22 Anomalies 2022</i>	44

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

AMC	: Analyse Multicritère
CISA	: Comité Interministériel pour la Sécurité Alimentaire
CNIGS	: Centre National de l'Information Géo Spatiale
CNSA	: Coordination Nationale de la Sécurité Alimentaire
EVI	: Enhanced Vegetation Index
FAO	: Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
IA	: Insécurité alimentaire
IFPRI	: International Food Policy Research Institute
IPC	: Integrated Phase Classification
MARNDR	: Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural
MODIS	: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
MPCE	: Ministère de la Planification et de la coopération Externe
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
NDVI	: Normalized Difference Vegetation Index
SA	: Sécurité Alimentaire
SNGRD	: Système National de Gestion des Risques et des Désastres

INTRODUCTION

Avec un indice moyen de Risk Inform 6.2/10 en 2022, Haïti est classé 18^e pays le plus à risque dans le monde. Dans ce classement, le score d'Haïti est de 9.7/10 pour les séismes, 7.2/10 pour les cyclones tropicaux et 6.2/10 pour la vulnérabilité socio-économique (INFORM., 2021). Le pays fait donc face à plusieurs aléas. Plus précisément, 96 % de la population haïtienne vit constamment sous la menace d'au moins deux aléas (MPCE, 2017). Cette situation n'est pas sans conséquences sur le quotidien de la population. En effet, selon le rapport du Ministère de la Planification et de la Coopération Externe (MPCE, 2010), entre 1976 et 2012, les pertes et dommages provoqués par les événements hydrométéorologiques sont estimés à 2 % du PIB par an. Ils représentaient 120 % du PIB pour le séisme de 2010 (Ibid.), 32 % pour l'ouragan Matthew en 2016 selon le MPCE (2017) et 7.8 % pour le séisme du 14 août 2021 (MPCE, 2021).

À côté de tous ces aléas, difficilement gérables pour un pays en proie à une instabilité politique chronique, vient s'installer l'insécurité alimentaire (IA) qui touche chaque année de plus en plus de personnes. Selon les dernières estimations de la Coordination Nationale de la Sécurité Alimentaire (CNSA) pour l'année 2021 en Haïti, 4.3 millions de personnes sont classées en insécurité alimentaire aigüe et la situation projetée est de 4.6 millions pour l'année 2022, ce qui représente 40% de la population (IPC, 2021).

Face à ce constat, l'insécurité alimentaire devient une réalité dans le pays, donc un problème crucial qu'il faut bien gérer. A l'heure actuelle, différents outils permettent de mesurer l'insécurité alimentaire à partir de diverses sources de données. Ces outils ont été développés par des organismes nationaux, régionaux ou internationaux. Cette étude, portant sur la vulnérabilité à l'IA en Haïti à partir des données satellitaires, a pour but de contribuer à l'identification des zones vulnérables à l'IA afin d'aider à prévenir les crises et mieux planifier les interventions.

La présente étude est structurée autour de quatre (4) chapitres. Le premier chapitre traite de la problématique et la justification de l'étude avec ses objectifs, hypothèses de recherche et limitations. La revue de littérature, qui est le deuxième chapitre du travail, présente le niveau de développement de la recherche actuelle sur le suivi de l'insécurité alimentaire, des anomalies étudiées et les outils utilisés. La méthodologie adoptée avec les méthodes et matériels mobilisés pour atteindre les objectifs fixés fait l'objet du troisième chapitre. La dernière partie du travail présente les résultats, analyses relatives à la recherche. Et une conclusion générale.

1. PROBLÉMATIQUE ET JUSTIFICATION

Ces dix dernières années, la variabilité du climat et les phénomènes climatiques extrêmes ainsi que les diminutions et les fléchissements économiques sont devenus plus fréquents et plus intenses, menaçant ainsi la sécurité alimentaire (SA) et la nutrition partout dans le monde (FAO et al., 2021). La définition la plus fréquemment citée du concept de SA provient du Sommet Mondial de l'Alimentation de 1996 la décrivant comme : « *situation dans laquelle chacun a, à tout moment, un accès matériel, social et économique à une nourriture suffisante, sûre et nutritive de nature à satisfaire ses besoins et préférences alimentaires et peut ainsi mener une vie saine et active.* » (FAO et al., 2021). Cette définition de la SA englobe plusieurs dimensions : disponibilité, accès, utilisation et stabilité. Ces dimensions sont distinctes mais pas nécessairement indépendantes (Vaitla et al., 2017). En effet, s'il y a un consensus sur cette définition pour la plupart des organisations humanitaires et de développement communautaire, un tel consensus n'existe pas sur la façon de catégoriser et d'identifier ces dimensions (Ibid.). Ce caractère multidimensionnel de la SA rend complexe son évaluation ou sa mesure.

Actuellement, plusieurs modèles et outils ont été développés pour le suivi de la SA notamment ceux qui ont recours aux images satellitaires pour monitorer l'état de la végétation en rapport avec l'agriculture. La disponibilité d'indices de végétation en temps quasi réel comme *Enhanced Vegetation Index* (EVI), *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) et de variables biophysiques par exemple *Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation* (FAPAR) est essentielle pour la surveillance opérationnelle des conditions de végétation (Meroni et al., 2019). Selon Kogan (2019), si la végétation est bien développée, verte, vigoureuse et couvre uniformément une zone, elle est considérée en bonne condition. À l'inverse, si la végétation est peu développée, clairsemée, moins vigoureuse et moins verte, elle est considérée en mauvais état. L'état de la végétation peut donc informer sur le niveau de production dans une région ou dans une zone.

En outre, d'après Eerens et al. (2014), compte tenu de la forte variabilité d'une année sur l'autre, de la concurrence croissante pour les ressources naturelles et de l'impact du changement climatique sur l'agriculture, la surveillance de l'état des cultures et de la végétation naturelle à l'échelle mondiale se révèle très pertinente, en particulier dans les zones d'insécurité alimentaire. Les efforts actuels pour anticiper les crises de sécurité alimentaire se sont concentrés sur l'utilisation de

données détaillées de télédétection pour prédire la production agricole (Lentz et al., 2019). Les indices de végétation, à partir de données de télédétection avec des résolutions temporelle et spatiale relativement élevées, permettent de surveiller la biomasse et les rendements (Funk & Budde, 2009). La télédétection peut contribuer de manière significative à la surveillance de l'agriculture car elle permet de recueillir des informations sur l'état de la végétation sur de vastes zones avec une résolution temporelle élevée (Rembold et al., 2019).

De plus, le Système d'Information Géographique (SIG) et les techniques d'analyse fournissent un ensemble d'outils pour évaluer et comprendre la sécurité alimentaire (Feizizadeh et al., 2015). Avec ces outils, il est possible d'examiner les environnements alimentaires locaux, d'évaluer les changements dans l'utilisation et l'occupation des sols et d'identifier les zones importantes dans des régions spécifiques afin de déterminer les relations entre les attributs biophysiques et socio-économiques (Ibid.). Les pays à revenu faible ou intermédiaire connaissent une situation alarmante. Ils comptent un grand nombre de personnes sous-alimentées, exposées à l'insécurité alimentaire ou souffrant d'une ou de plusieurs formes de malnutrition (FAO et al., 2021).

En Haïti, la Coordination Nationale de la Sécurité Alimentaire (CNSA) a été créée en 1996 après le Sommet Mondial de l'Alimentation de Rome. C'est l'unique référence étatique en matière de sécurité alimentaire (CNSA, 2021). Depuis plus d'une décennie, cette institution pilote un système de surveillance de la sécurité alimentaire à travers des observatoires départementaux et des sites sentinelles en vue de faire un suivi de la sécurité alimentaire (Ibid.). Des enquêtes sont réalisées au niveau des sites sentinelles. Le secrétariat technique des observatoires départementaux produit des bulletins sur les prix dans les marchés et des bulletins d'alerte précoce (CNSA, 2021). Sur base des données collectées, des analyses Integrated Phase Classification (analyses IPC) sont réalisées pour identifier les zones en Insécurité Alimentaire dans le pays ou celles qui sont susceptibles de l'être.

Cependant, en dépit des efforts consentis, le système existant à la CNSA qui est basé sur des données communautaires, issues d'enquêtes de terrain ou de rencontres sectorielles, limite la CNSA dans sa capacité à alerter les décideurs, quant à la détérioration des conditions de sécurité alimentaire des ménages les plus vulnérables (CNSA, 2021). De plus, la fonctionnalité et la durabilité du système utilisé par la CNSA sont mises en péril principalement par un manque de financement (Ibid.). La CNSA ne produit pas les données sur une base régulière car les enquêtes

ne sont pas réalisées à temps. De plus, l'enquête de référence qui a pour but de faire la mise à jour des zones sensibles est fortement tributaire du support financier et logistique des partenaires. Sans financement de bailleurs ou partenaires, il n'y a pas d'enquête. Cette situation entrave le processus de suivi assidu et consistant que demande la sécurité alimentaire (CNSA, 2021). Ce problème de financement auquel fait face cette institution fait peser des doutes sur la qualité des données collectées sur le terrain à travers les observatoires départementaux et les sites sentinelles.

Aussi, le Centre National de l'Information Géo Spatiale (CNIGS), autre institution haïtienne, a développé un système d'acquisition et de traitement en vue de mettre en place un système d'alerte agricole qui prend en compte les conditions agro-climatiques d'Haïti. Cependant, cet outil du CNIGS est conçu uniquement pour des images issues du satellite MODIS¹ de la NASA. Pour disposer d'un outil de suivi plus performant et qui prend en compte les différents piliers de la SA, des données de sources différentes doivent être incluses dans l'analyse.

Dès lors une question survient : dans quelle mesure l'imagerie satellitaire et la disponibilité d'informations territoriales en Haïti peuvent permettre non seulement de mesurer certains paramètres liés à la sécurité alimentaire (comme l'accès, la disponibilité, la stabilité, l'utilisation) mais aussi de cibler les zones les plus vulnérables et d'envisager un système de suivi global de la sécurité alimentaire plus efficace, efficient et dynamique ? Pour répondre à cette question, nous procéderons à une analyse multicritère (AMC) qui prendra en compte différents critères susceptibles d'influencer la SA. Pour y parvenir, les statistiques produites à partir du système développé par le CNIGS qui traduisent le mieux les dimensions de la SA seront choisies et couplées aux données satellitaires et territoriales disponibles pour aboutir à une carte de vulnérabilité pour le pays.

1.1 Objectifs

1.1.1 Objectif général

Contribuer à l'identification des zones vulnérables à l'insécurité alimentaire afin de mieux cibler les communautés à risques et préparer la réponse.

¹ Moderate Resolution Spectroradiometer

1.1.2 Objectifs spécifiques

- Construction d'une série temporelle d'images (2000-2021) concernant l'indice de végétation amélioré (EVI) ;
- Identification, à partir des données d'observation de la terre, des paramètres et statistiques traduisant le mieux les dimensions de la sécurité alimentaire en Haïti ;
- Intégration des différentes dimensions de l'insécurité alimentaire dans un modèle d'analyse multicritère pour l'obtention de la carte de vulnérabilité.

1.2 Hypothèses

- Les données d'observation de la terre permettent de classer les zones en insécurité alimentaire en Haïti du point de vue de l'accès, la disponibilité, la stabilité et l'utilisation ;
- Les données territoriales disponibles en Haïti et les données satellitaires peuvent aider à déceler les situations d'insécurité alimentaire sur le territoire ;
- Les outils de la télédétection et de SIG peuvent aider à identifier les zones sensibles à l'insécurité alimentaire en Haïti ;

1.3 Limitations de l'étude

Ce travail de recherche analyse la sécurité alimentaire en Haïti à partir des données satellitaires issues du satellite MODIS de la NASA et des données territoriales en considérant les conditions agro-climatiques d'Haïti. Cette analyse porte sur la situation de la végétation sur la période 2000-2021 en utilisant l'indice de végétation amélioré (EVI) et l'indice de végétation par différence normalisé (NDVI).

2. REVUE DE LITTÉRATURE

Ce chapitre a une portée conceptuelle. Il présente les outils et méthodes utilisés pour le suivi de la sécurité alimentaire. Les différents indicateurs et paramètres utilisés pour ce suivi y sont décrits avec leurs spécificités. Trois (3) sections constituent cette partie de l'étude. La première section concerne les concepts sécurité alimentaire et insécurité alimentaire. Les quatre (4) dimensions de la sécurité alimentaire seront vues ainsi que trois classes d'insécurité alimentaire. Dans la deuxième section, les méthodes et approches utilisées pour mesurer la sécurité alimentaire par le biais des données d'observation de la terre seront abordées. La dernière section de ce chapitre décrira les indicateurs obtenus et utilisés et les conditions dans lesquelles ils sont applicables.

2.1 Les concepts sécurité alimentaire et insécurité alimentaire

Après une relative stabilité de 2014 à 2019, le nombre de personnes en insécurité alimentaire dans le monde a augmenté au cours de l'année 2020 qui a été assombrie par la pandémie de la covid-19 (FAO et al., 2021). Parmi les principaux facteurs à l'origine des évolutions récentes constatées en matière de sécurité alimentaire et de nutrition, peuvent être cités les conflits, la variabilité du climat et les phénomènes climatiques extrêmes (Ibid.). En chiffres absolus selon la FAO (2021), le nombre de personnes ayant été confronté à la faim dans le monde en 2020 est estimé entre 720 à 811 millions de personnes. Cela équivaut à une augmentation de 118 millions par rapport à l'année précédente. Les inégalités régionales sont assez marquées : 21% de la population en Afrique a été touchée par l'IA, 9.1% pour l'Amérique latine et les Caraïbes (FAO et al., 2021).

2.1.1 Définition de sécurité alimentaire

D'un point de vue technique, le concept de sécurité alimentaire a considérablement évolué à travers le temps (Sassi, 2018). En effet, plusieurs définitions du concept de sécurité alimentaire ont vu le jour. Le plus utilisé actuellement tire ses origines au début des années 1970 marquées par un contexte de crises alimentaires globales ayant entraîné d'importants épisodes de famine, notamment en Éthiopie et dans la région du Sahel (Kinet, 2019). La définition la plus largement acceptée est celle énoncée dans le plan d'action de la déclaration de Rome, adoptée lors du Sommet Mondial de l'Alimentation de 1996. Selon cette définition améliorée en 2001, « *la sécurité alimentaire existe lorsque toutes les personnes ont, à tout moment, un accès physique et économique à une alimentation suffisante, sûre et nutritive, répondant à leurs besoins et préférences alimentaires, pour mener une vie saine et active* » (FAO, 1996). Pour atteindre la

sécurité alimentaire, la disponibilité globale des approvisionnements physiques en nourriture doit être suffisante. Selon Riely et al. (1999), les ménages doivent également avoir un accès adéquat à ces approvisionnements alimentaires par leur propre production, par le marché ou par d'autres sources. Aussi, l'utilisation de ces approvisionnements alimentaires doit être appropriée pour répondre aux besoins alimentaires spécifiques des individus. La sécurité alimentaire repose sur trois dimensions fondamentales, distinctes et interdépendantes, à savoir la disponibilité alimentaire, l'accès à la nourriture et l'utilisation de la nourriture. Au fil du temps, la stabilité des 3 premières dimensions a été ajoutée comme une quatrième dimension (Sassi, 2018).

2.1.1.1 Disponibilité alimentaire

La disponibilité est en lien avec l'offre alimentaire. Cette dimension de la SA est déterminée par le niveau de la production alimentaire, le niveau des stocks et le commerce net (FAO, 2008). La disponibilité est atteinte lorsqu'une quantité suffisante d'aliments sains et nutritifs est disponible constamment pour les individus dans un pays, c'est-à-dire lorsque ces aliments se trouvent à leur portée ou à une certaine proximité (Sassi, 2018). En outre, cette quantité de nourriture doit répondre aux préférences alimentaires des individus (Riely et al., 1999).

2.1.1.2 Accès physique et économique aux aliments

Un approvisionnement adéquat en denrées alimentaires qu'il soit national ou international ne garantit pas la sécurité alimentaire des ménages (FAO, 2008). Cette dimension de la sécurité alimentaire est essentiellement liée aux infrastructures, aux installations de marché et de stockage, à la stabilité politique, à la sécurité et aux contraintes légales, culturelles ou religieuses (FAO-FSAU, 2005).

2.1.1.3 Utilisation des aliments

Le pilier ou la dimension utilisation est le plus souvent vu comme la façon dont le corps tire le meilleur parti des différents aliments absorbés. Un apport suffisant en énergie et en nutriments par les individus est le résultat de bonnes pratiques alimentaires, de la préparation des aliments, de la diversité du régime alimentaire et de la distribution des aliments au sein des ménages (FAO, 2008). Ce concept suppose une certaine connaissance, au sein des ménages, des techniques de stockage et de transformation, des principes de base de la nutrition, des soins appropriés aux enfants et de la gestion des maladies (Riely et al., 1999).

Pour atteindre la sécurité alimentaire, les trois piliers mentionnés ci-dessus doivent être satisfaits en même temps. En effet, la disponibilité est nécessaire mais pas suffisante pour l'accès aux aliments, et l'accès est nécessaire mais pas suffisant pour l'utilisation (Webb & Rogers, 2003).

2.1.1.4 Stabilité

Ce concept est en lien avec les 3 premiers, à savoir la disponibilité, l'accès et l'utilisation des aliments. Cette dimension est atteinte lorsqu'un approvisionnement fiable en produits alimentaires est disponible pour tous à tout moment. Des conditions météorologiques défavorables, l'instabilité politique ou des facteurs économiques (chômage, hausse des prix des aliments) peuvent impacter, l'accès, la disponibilité ou l'état nutritionnel et par conséquent la sécurité alimentaire (FAO, 2008). Le pilier stabilité montre que la sécurité alimentaire est un concept dynamique. Par conséquent, les politiques de sécurité alimentaire doivent être basées non seulement sur le niveau actuel de sécurité alimentaire mais aussi sur les attentes pour cet état dans le futur (Sassi, 2018).

2.1.2 Définition d'insécurité alimentaire

Si la sécurité alimentaire est un concept difficile à appréhender car il aborde en termes très généraux la production, la distribution et la consommation de nourriture, l'insécurité alimentaire, en revanche, est le plus souvent en rapport à la mesure et à l'analyse (Napoli et al., 2011). La définition de la FAO pour l'insécurité alimentaire est la suivante : « *une situation qui existe lorsque les gens n'ont pas un accès sûr à des quantités suffisantes d'aliments sains et nutritifs pour une croissance et un développement normaux et une vie active et saine* » (FAO et al., 2015). Diverses causes peuvent mener à cette situation parmi lesquelles : indisponibilité de la nourriture, pouvoir d'achat insuffisant, distribution inappropriée ou utilisation inadéquate de la nourriture au niveau des ménages. Il est nécessaire de souligner que la sécurité alimentaire, la famine et la faim ne doivent pas être confondues. Si la sécurité alimentaire fait référence à la disponibilité de la nourriture, la famine et la faim sont la conséquence de la non-disponibilité de la nourriture c'est-à-dire les résultats de l'insécurité alimentaire (Napoli et al., 2011). Selon la durée ou la persistance, l'insécurité alimentaire est catégorisée chronique, saisonnière ou transitoire (FAO, 2008).

2.1.2.1 Insécurité alimentaire chronique

L'insécurité alimentaire est dite chronique lorsqu'elle est de longue durée ou persistante. Ce type d'IA se produit lorsque les personnes ne sont pas en mesure de satisfaire leurs besoins alimentaires minimum sur une période prolongée. Cette situation résulte de longues périodes de pauvreté, d'un

manque d'actifs et d'un accès inadéquat aux ressources productives ou financières et peut être surmontée grâce à des mesures de développement à long terme pour lutter contre la pauvreté, comme l'éducation ou l'accès aux ressources productives (FAO, 2008).

2.1.2.2 Insécurité alimentaire transitoire

L'insécurité alimentaire transitoire est de courte durée et temporaire. Elle se produit lorsqu'il y a une diminution brusque de la capacité à produire ou à accéder à suffisamment de nourriture pour maintenir un bon état nutritionnel. C'est le résultat de chocs à court terme et de variations au niveau de la disponibilité de la nourriture et l'accès à la nourriture, y compris les fluctuations d'une année sur l'autre de la production alimentaire nationale, des prix des aliments et des revenus des ménages. L'insécurité alimentaire transitoire est relativement imprévisible et peut apparaître soudainement (FAO, 2008).

2.1.2.3 Insécurité alimentaire saisonnière

L'insécurité alimentaire saisonnière se place entre l'insécurité alimentaire chronique et l'insécurité alimentaire transitoire. Elle est similaire à l'insécurité alimentaire chronique car elle est généralement prévisible et suit une séquence d'événements connus. Toutefois, l'insécurité alimentaire saisonnière étant de durée limitée, elle peut également être considérée comme une insécurité alimentaire récurrente et transitoire. Elle se produit lorsqu'il existe un schéma cyclique de disponibilité et d'accès inadéquats à la nourriture. Ce phénomène est associé aux variations saisonnières du climat, aux modes de culture, aux opportunités de travail et aux maladies (FAO, 2008).

2.1.3 Vulnérabilité à l'insécurité alimentaire

La nature dynamique de la sécurité alimentaire n'est pas évidente lorsqu'il revient à parler de personnes qui seront vulnérables à l'IA à l'avenir. La vulnérabilité est définie en fonction des trois dimensions suivantes : « *la vulnérabilité à un résultat, en raison d'un ensemble de facteurs de risque, en raison d'une incapacité à gérer ces risques* » (FAO, 2008).

En effet, une personne peut être considérée comme vulnérable à la faim même si elle n'a pas réellement faim à un moment donné. L'analyse de la vulnérabilité suggère deux domaines d'intervention principaux : réduire le degré d'exposition à l'IA, augmenter la résilience. En tenant compte de la vulnérabilité, les politiques et les programmes de sécurité alimentaire multiplient

leurs efforts pour s'attaquer non seulement aux contraintes actuelles de la consommation alimentaire, mais aussi aux menaces éventuelles pour la sécurité alimentaire (FAO, 2008).

2.2 Méthodes et approches pour mesurer l'insécurité alimentaire

À côté des facteurs économiques, politiques, financiers, démographiques, agricoles et environnementaux qui influencent la sécurité alimentaire (SA), la population mondiale consommant de la nourriture et la production agricole annuelle détermine l'offre et la demande alimentaires et entraîne ou pas un problème de SA. L'approvisionnement ou la production annuelle résultant de l'agriculture et la demande ou la consommation annuelle de denrées alimentaires peuvent être considérés comme les contributeurs de premier ordre aux évaluations de la sécurité et de l'insécurité alimentaires (Kogan, 2019).

Depuis deux décennies, et plus particulièrement au cours des années 1990, les auteurs et les praticiens préoccupés par la vulnérabilité liée à la sécurité alimentaire et à la famine se sont engagés dans une longue tentative de définir la vulnérabilité et de développer des méthodes pour la mesurer (Dilley & Boudreau, 2001). Les indicateurs pour la mesure de l'insécurité alimentaire existent pour différentes échelles. Ces indicateurs vont du niveau local, au national, mondial jusqu'au niveau des ménages ou des individus. Chacun de ces indicateurs reflète un aspect spécifique et n'est donc performant que dans une situation bien précise (Pangaribowo et al., 2013).

En Haïti, depuis 2012 la Coordination Nationale de la Sécurité Alimentaire (CNSA) a adopté le protocole IPC pour l'analyse et la classification de l'insécurité alimentaire aigüe. Cette analyse se fait selon un processus intégré et consensuel impliquant la participation des différents secteurs et institutions (CNSA, 2019). Dans les lignes suivantes, nous allons présenter différentes méthodes et indices utilisés dans le suivi de la sécurité alimentaire dans le monde.

2.2.1 Integrated Phase Classification (IPC) de la FAO

Avec les différentes méthodes et approches existant tant au niveau global que local, les acteurs ont compris qu'il faut mettre en place un système permettant d'uniformiser les stratégies de réponse aux crises (Kinet, 2019). Le cadre analytique *Integrated Phase Classification* (IPC) a été élaboré par la FAO en 2004. Cet outil de description de la sévérité de l'insécurité alimentaire classe les zones étudiées en cinq phases : minimale, sous-pression, crise, urgence, famine. Cette classification est réalisée pour la situation en cours et pour la saison à venir sous forme de projection (FAO, 2012).

2.2.2 Indice de Faim Global

Cet indice développé par l'Institut international de la recherche sur les politiques alimentaires (IFPRI²) cible le niveau macro (pays, régions). Il analyse la faim à la lumière de trois (3) indicateurs : l'indicateur de la FAO, l'indicateur de l'Organisation Mondiale de la Santé qui évalue la proportion d'enfants de moins de cinq (5) ans en insuffisance pondérale et l'indicateur de l'UNICEF sur la mortalité des enfants de moins de cinq (5) ans (Napoli et al., 2011).

2.2.3 Indice de la faim développé par Action Aid

Cet indice est développé par l'ONG Action Aid. Il mesure les résultats de la faim, mais aussi les engagements d'un pays à éradiquer la faim en termes de droit légal à l'alimentation, ainsi que les investissements de ce pays dans l'agriculture et la protection sociale. C'est un indice publié en 2009 qui travaille à l'échelle des ménages. Les différentes parties de chaque composante de l'indice sont pondérées différemment et les réalisations d'un pays sont évaluées par rapport à ce que le pays est capable de réaliser. Cet indice peut être appliqué à n'importe quel pays, il est très bien noté en tant qu'instrument de plaidoyer et a une portée mondiale, ce qui le rend utile pour le ciblage par pays ou par région (Napoli et al., 2011).

2.3 Indices dérivés de satellites couramment utilisés pour le suivi agricole

Les indices de végétation (IV) permettent de surveiller les fluctuations saisonnières, interannuelles et à long terme des paramètres structurels, phénologiques et biophysiques de la végétation (Huete et al., 2002). Les indices de végétation les plus couramment utilisés pour le suivi de la végétation à l'échelle mondiale et locale sont l'Indice de Végétation par Différence Normalisé (NDVI) et l'Indice de Végétation Amélioré (EVI) (Vijith & Dodge-Wan, 2020).

Les indices produits à partir du Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) sont conçus pour fournir des comparaisons cohérentes, spatiales et temporelles des conditions de la végétation mondiale qui peuvent être utilisées pour en surveiller l'activité (Justice et al., 1998). MODIS utilise deux indices : l'indice de végétation par différence normalisé (NDVI) et l'indice de végétation amélioré (EVI). Ils sont produits à l'échelle mondiale à des résolutions spatiales variant de 1 km et 500 m et à des résolutions temporelles de 16 jours (Huete et al., 2002). La comparaison entre les valeurs de référence et une valeur ponctuelle est appelée anomalie. Cette valeur montre

2

les changements dans la production agricole. Les images de l'anomalie sont utiles pour mesurer la sécheresse par rapport à l'état normal (SVS, 2021). Un changement positif est qualifiée d'anomalie positive dans le cas contraire il s'agit d'une anomalie négative. Dans ce cas précis, l'anomalie négative peut servir d'alerte précoce. Les indices seront présentés en deux groupes : ceux qui sont en rapport avec l'état des cultures et ceux qui sont liés au niveau des précipitations ou de la sécheresse (Ibid.).

2.3.1 Indicateurs de l'état des cultures

Les indicateurs de l'état des cultures servent de base à la surveillance de l'état des cultures et fournissent des informations sur le développement et la vigueur des cultures (Nakalembe et al., 2021). Il s'agit ici de l'*Enhanced Vegetation Index* (EVI), du *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) et du *Vegetation Condition Index* (VCI). Le niveau de l'indice traduit l'importance de l'assimilation chlorophyllienne. Ainsi, un indice en moyenne élevé dans un espace agricole traduirait donc (indirectement) une productivité importante.

2.3.1.1 Enhanced vegetation Index (EVI)

L'indice de végétation amélioré (EVI) a été développé pour optimiser le signal de végétation avec une meilleure sensibilité dans les régions à forte biomasse. L'EVI assure également une meilleure surveillance de la végétation et une réduction des influences atmosphériques (Huete et al., 2002). En effet, le NDVI est sujet à des erreurs et incertitudes dans des conditions atmosphériques et de canopée variables compte tenu de sa structure sans rétroaction (Matsushita et al., 2007). Pour faire face à ce problème l'EVI a été proposé sur la base d'une approche basée sur la rétroaction qui intègre à la fois les concepts d'ajustement de l'arrière-plan et de résistance atmosphérique (Ibid.).

2.3.1.2 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

L'Indice de Végétation par Différence Normalisé (NDVI) est utilisé pour évaluer la vigueur de la végétation. C'est un outil d'aide à décision en agriculture (Spotifarm, 2020). C'est l'un des premiers produits analytiques de télédétection utilisés pour simplifier les complexités de l'imagerie multispectrale. Il est maintenant l'indice le plus populaire utilisé pour l'évaluation de la végétation (Huang et al., 2021). Cette popularité et cette utilisation répandues s'expliquent par le fait que le NDVI peut être calculé avec n'importe quel capteur multispectral doté d'une bande visible et d'une bande proche infrarouge (Ibid.). Cet indice est largement utilisé pour différentes opérations notamment dans les systèmes d'alerte précoce à la famine. Le NDVI est une bonne mesure de la

végétation en ce sens qu'il est suffisamment stable pour permettre des comparaisons significatives des changements saisonniers et interannuels de la croissance et de l'activité de la végétation (Huete et al., 2002).

2.3.1.3 Vegetation condition Index (VCI)

C'est un indicateur qui fait la comparaison entre le NDVI actuel à l'ensemble des valeurs observées pour la même période au cours des années précédentes (Nakalembe et al., 2021).

2.3.2 Indicateurs de la sécheresse

Ces différents indicateurs sont le Normalized Difference Water Index (NDWI), le Water Satisfaction Index ou l'Indice de Satisfaction en eau, le Standardized Precipitation Index (SPI), le Land Surface temperature (LST) et le Rainfall Estimates (RFE).

2.3.2.1 Normalized Difference Water Index (NDWI)

L'indice d'eau différentiel normalisé est un rapport entre le proche infrarouge (NIR) et le proche infrarouge à ondes courtes (SWIR) : $(NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$. La valeur de cet indice reflète la teneur en eau des plantes et du sol (Nakalembe et al., 2021).

2.3.2.2 Water Satisfaction Index (WSI)

L'indice de satisfaction en eau est un indicateur de la performance des cultures ou des pâturages. Il est basé sur la disponibilité de l'eau pour la culture pendant la période de croissance (Nakalembe et al., 2021). Il utilise le bilan hydrique basé sur les précipitations et l'évapotranspiration pour estimer l'eau disponible pour la plante (European Commission. Joint Research Centre., 2018).

2.3.2.3 Standardized Precipitation Index (SPI)

L'indice de précipitation normalisé (SPI) est un indice de sécheresse relativement nouveau basé sur la probabilité de précipitations pour une durée d'un mois ou deux (Water, 2021). Il est utilisé pour estimer les conditions humides ou sèches en fonction des variables de précipitation (Nakalembe et al., 2021).

2.3.2.4 Land Surface Temperature (LST)

La température à la surface du sol est celle qu'on aurait ressenti en touchant la surface de la Terre à un endroit particulier (Nakalembe et al., 2021). La température à la surface est définie par le rayonnement thermique émis par la surface terrestre observée par MODIS à des angles de vue

instantanés. La surface fait référence à la canopée dans les zones végétalisées ou à la surface du sol dans les zones dénudées (Ramachandran et al., 2011).

2.3.2.5 Rainfall Estimates (RFE)

Ce sont les précipitations estimées comme les données *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station* (CHIRPS) qui est un ensemble de données pluviométriques quasi-globales sur plus de 30 ans (Nakalembe et al., 2021).

3. MÉTHODOLOGIE

Ce chapitre est constitué de trois parties. Tout d'abord, la zone d'étude est présentée brièvement du point de vue physique et un aperçu de l'état de la sécurité alimentaire. Ensuite, les matériels et outils sont passés en revue. Et enfin la méthode utilisée est abordée.

3.1 Cadre physique de l'étude

3.1.1 Brève présentation d'Haïti

La République d'Haïti est un état insulaire des Grandes Antilles avec au Nord l'océan Atlantique, au sud la mer des Antilles et à l'est la République Dominicaine (Larousse, 2022). Sa superficie est de 27750 km² et la population est estimée à plus de onze (11) millions d'habitants en 2021 (BM, 2022). Située à l'est de Cuba et à 190 km au nord-est de la Jamaïque, la République d'Haïti possède plusieurs dépendances (*Figure 1*) : l'île de la Gonâve, qui occupe l'entrée de la baie de Port-au-Prince, l'île de la Tortue, située au large de la côte septentrionale de la presqu'île du Nord-Ouest, et de nombreuses petites îles (Larousse, 2022).

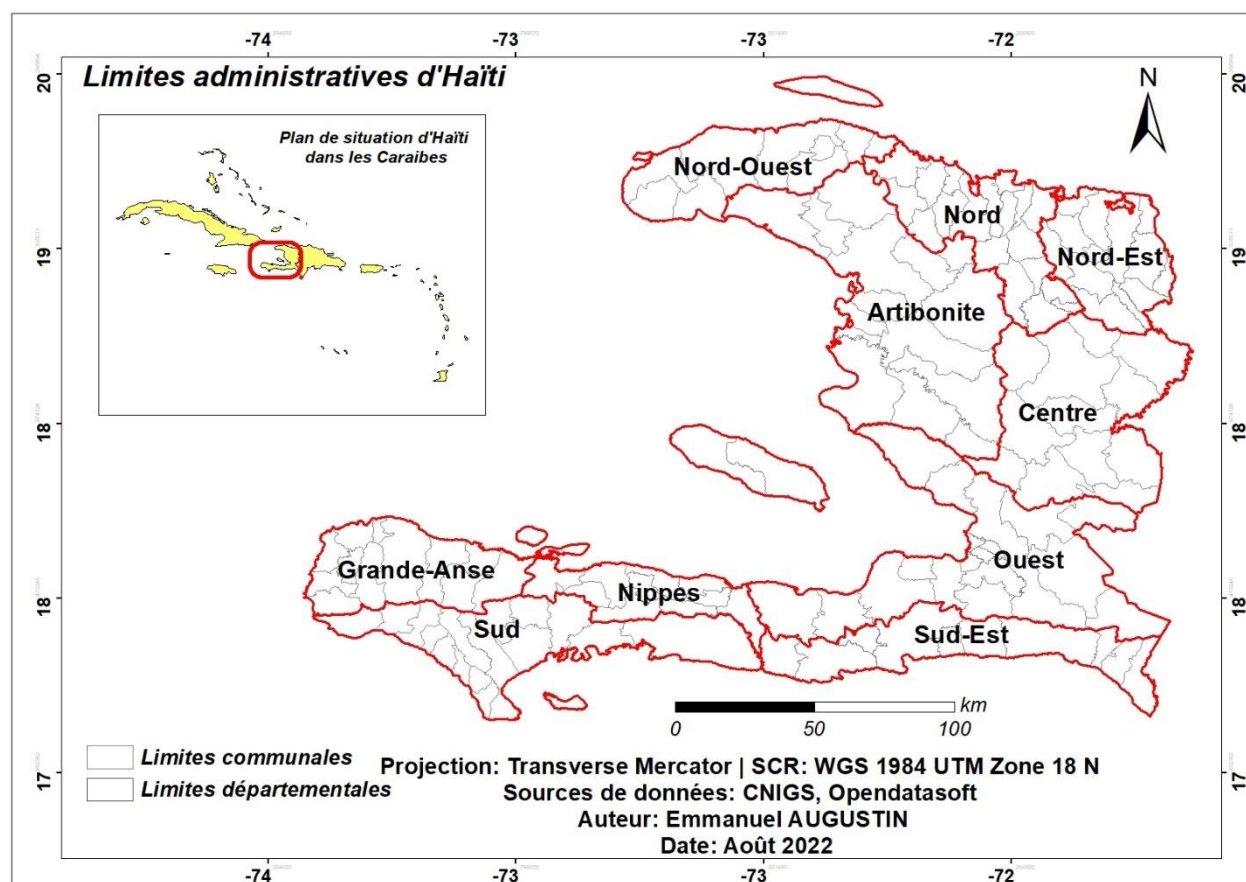


Figure 1 Limites administratives d'Haïti

3.1.1.1 Topographie

La topographie conditionne la conduite des activités agricoles en Haïti. En effet, les zones de montagne se rencontrent partout sur le territoire avec des étendues d'élévations différentes. Le point culminant d'Haïti est le morne la Selle (2680 m d'altitude) qui se trouve dans le département du Sud-Est. L'altitude moyenne pour le territoire est d'environ 180 m ([Atlas agricole d'Haïti, s. d.](#)). Les plaines occupent 20 % du territoire et 2/3 des montagnes ont des pentes supérieures à 20 %. Cette situation constitue une véritable entrave naturelle à la pratique agricole. C'est une agriculture faiblement mécanisée et touchée fortement par la déforestation et l'érosion qui en résulte ([Ibid](#)).

3.1.1.2 Zones agroécologiques

La carte des zones agroécologiques du pays ([Figure 2](#)) donne une idée de la proportion des zones d'agriculture dans le pays. Les zones de montagne humide prédominent et se trouvent dans deux grandes régions géographiques ([Atlas agricole d'Haïti, s. d.](#)) :

- L'une s'étendant de la frontière avec la République Dominicaine à partir de Fonds-Verrettes jusque vers la Grande Anse ;
- L'autre incluant une bonne partie du Nord-Est, du Nord avec une la partie au centre l'Artibonite.

Le Plateau Central consiste essentiellement en une zone agropastorale. Les zones d'agriculture de montagne humide ont une superficie représentant environ 37 % du territoire. Viennent ensuite les régions sèches d'agriculture et de pêche sur 26 % du pays. Les zones de plaine en monoculture occupent 12 % et les zones agropastorales semi-humides environ 6 % de la superficie totale ([Atlas agricole d'Haïti, s. d.](#)).

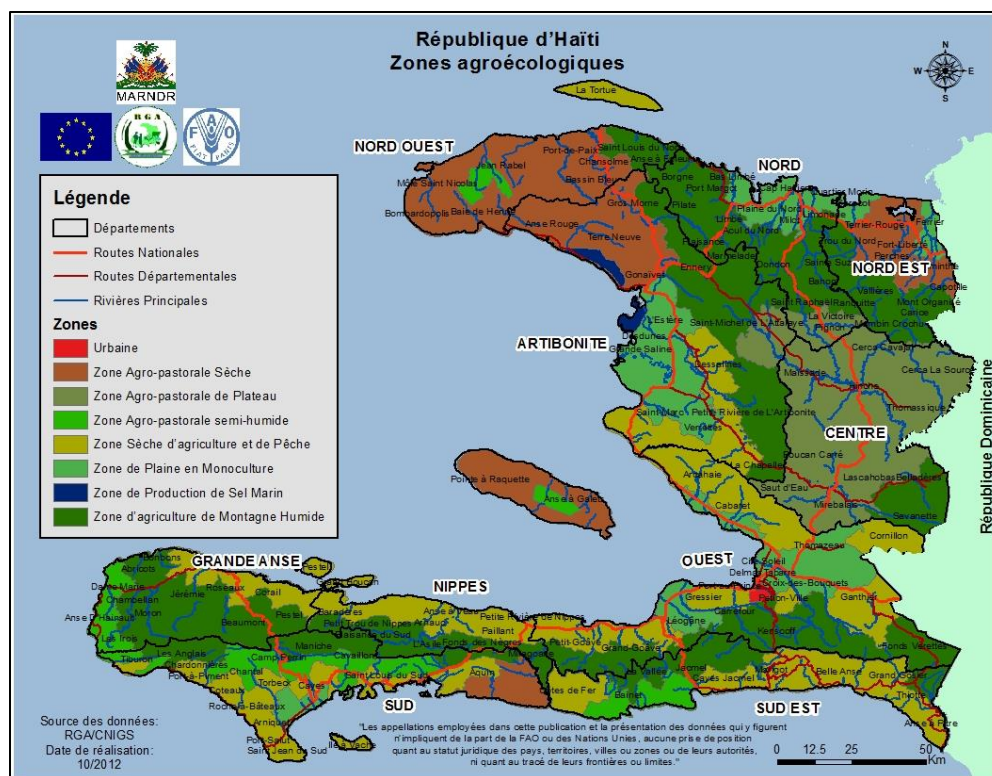


Figure 2 Zones agroécologiques d'Haïti (Atlas agricole d'Haïti, s. d.)

3.1.2 Sécurité alimentaire et nutritionnelle en Haïti

Haïti est un terrain propice à l'insécurité alimentaire pour plusieurs raisons. L'instabilité politique est devenue chronique et est source de troubles sociaux qui retardent la planification et l'aménagement du territoire. De plus, ce pays est situé à la frontière de deux plaques tectoniques, la plaque nord-américaine et la plaque Caraïbe coulissant en sens inverse. Aussi, le pays est situé sur la trajectoire des cyclones tropicaux qui prennent naissance dans l'océan Atlantique et se dirigent vers le golfe du Mexique (Larousse, 2022). Selon l'Organisation des Nations Unies (ONU) près d'un tiers de la population du pays a besoin d'une aide alimentaire d'urgence en 2022 (France Diplomatie, 2022). Depuis les années 1980, la croissance économique du pays est plombée par une agriculture en régression. De plus, le capital humain s'érode en raison de la prévalence importante de la pauvreté, la faim et la malnutrition (Primature, 2018).

Aujourd'hui, en dépit d'un potentiel agricole énorme, Haïti importe près de la moitié de sa nourriture et 83 % du riz consommé. Pourtant avant l'application des réformes structurelles sur les marchés agricoles en 1985, ce chiffre était de l'ordre de 8 % (Primature, 2018). Le pays ne produit pas pour nourrir toute la population malgré son potentiel agricole. Pour l'année 2012, il a été estimé

à 59 % le pourcentage des Haïtiens pauvres et près du quart (24%) vivaient dans une extrême pauvreté (Primature, 2018). La pauvreté extrême touche dans une plus grande proportion les zones rurales. Les ménages qui dépendent exclusivement de l'agriculture, c'est-à-dire les producteurs agricoles, sont parmi les plus pauvres du pays (Ibid). En effet, selon la CNSA en décembre 2016, 77 % des ménages en zones rurales déclarent avoir passé au moins un jour et une nuit entière sans manger alors qu'en zones urbaines cette valeur représente 51 %. Des baisses ont été remarquées entre 1995 et 2017 pour la malnutrition chronique et aiguë mais le taux reste important jusqu'à présent (Primature, 2018).

3.1.3 Mesure de la sécurité alimentaire en Haïti

La Coordination Nationale de la Sécurité Alimentaire (CNSA), créée en 1996 après le sommet mondial de l'Alimentation à Rome la même année, est l'unique référence étatique en Haïti en matière de SA (CNSA, 2022). Cette structure est coiffée par le Conseil Interministériel de la Sécurité Alimentaire (CISA) composé de cinq ministres : Ministre de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural, Ministre de la Planification et de la Coopération Externe, Ministre de la Santé Publique et de la Population, Ministre de l'Économie et des Finances, Ministre du Commerce et de l'Industrie (Ibid). Le CISA est présidé par le ministre de l'Agriculture. La CNSA a pour mission d'influencer les politiques publiques destinées à améliorer durablement les conditions de sécurité alimentaire de la population haïtienne. En accomplissant cette mission, la CNSA s'engage à :

- Définir, orienter et harmoniser les interventions des acteurs du secteur de la sécurité alimentaire en Haïti ;
- Suivre et évaluer la situation de sécurité alimentaire et les actions (programmes et projets) sur le terrain ;
- Diffuser les informations sur l'évolution de la sécurité alimentaire et former les opinions sur le sujet ;
- Proposer des politiques et stratégies de sécurité alimentaire (CNSA, 2022).

Pour mesurer la sécurité alimentaire la CNSA organise des ateliers IPC qui ont pour objectif de «communiquer aux preneurs de décision la situation de la sécurité alimentaire du pays et de déterminer le nombre de personnes se trouvant dans chaque phase» (CNSA, 2019). Cette activité permet de connaître les différentes phases de la SA pour la situation actuelle et

la situation projetée. Les douze (12) points suivants résument les différentes étapes de classification de la sévérité et des causes de sécurité alimentaire :

- ✓ Description de la zone, définition des groupes de ménages, carte et calendrier saisonnier ;
- ✓ Inventaire des preuves ;
- ✓ Principales preuves et conclusions pour les facteurs contributifs et les éléments de résultats (Courante) ;
- ✓ Conclusions de la classification et justification ;
- ✓ Programmes d'Assistance Alimentaire (Courante) ;
- ✓ Principaux facteurs de l'insécurité alimentaire (courante) ;
- ✓ Matrice des Facteurs limitant ;
- ✓ Hypothèses pour la Projection ;
- ✓ Principales preuves de l'analyse projetée et conclusions ;
- ✓ Classification Projetée et Estimation de la Population ;
- ✓ Assistance Alimentaire (Projetée) ;
- ✓ Facteurs de risque à surveiller ([CNSA, 2019](#)).

La CNSA a fait de nombreux efforts pour faire face à la montée de la sécurité alimentaire dans le pays mais n'a pas les moyens de sa politique. La production d'enquête, de bulletins et autres documents sur la sécurité alimentaire reste fortement tributaire du financement des bailleurs. Les sections suivantes traitent des matériels et méthodes utilisés pour la production de cartes de vulnérabilité à l'insécurité alimentaire en prenant en compte les quatre dimensions de la SA.

3.2 Matériels

Les matériels utilisés dans cette étude comprennent des données provenant de sources diverses et des outils utilisés pour le traitement et la production des extraits relatifs à ce mémoire. Les données de base utilisées dans cette étude sont des séries d'images issues du satellite MODIS de la NASA telles que NDVI et EVI ainsi que les statistiques y relatives telles que moyenne et écart-type. Les séries d'images ainsi que des statistiques sont téléchargées à partir de *Google Earth Engine*. Aussi, les données locales telles que les cartes d'occupation de sol, polygones de référence du Risk Analysis Tool (RAT), enquête du Programme d'Informations Territoriales pour le Développement

Durable (PITDD) sont utilisées. Les logiciels Excel, ArcGIS ont servi dans le traitement de ces données et la production de cartes.

3.2.1 Présentation du système d'alerte agricole du CNIGS

Le Centre National de l'Information Géo Spatiale (CNIGS) a mis en place un Système d'Alerte Agricole (SAA) qui constitue la base d'un Système de suivi Agro-climatique pouvant déboucher sur un Système d'Alerte à la Sécurité Alimentaire. Le SAA a été conçu spécifiquement pour les conditions agro-climatiques d'Haïti à partir de la base de données physiographiques du CNIGS. Les éléments fondamentaux de ce système sont l'infrastructure d'acquisition des données, les données et l'outil de traitement.

3.2.1.1 L'infrastructure d'acquisition des données (Data collector)

L'acquisition des données se fait par l'intermédiaire du *Data Collector*. C'est une simple plateforme qui permet de télécharger via le web des produits satellitaires bruts directement à partir du site de la NASA.

3.2.1.2 Les données

Des images satellitaires brutes acquises par le satellite MODIS et diffusées tous les seize (16) jours sont utilisées pour calculer l'indice de végétation amélioré (EVI) et l'indice de végétation par différence normalisé (NDVI). Les données utilisées vont de février 2000 à décembre 2021.

3.2.1.3 L'outil de traitement

L'Outil d'Analyse de Risque (Risk Analysis Tool en anglais) produit des statistiques (traduites en carte) à partir de la donnée EVI brute, notamment pour mesurer les écarts par rapport à une ligne de base (la moyenne des EVIs de toute la série historique de 2000 à 2021).

3.2.1.4 Avantages du RAT

Cet outil utilise des données facilement accessibles et fait le calcul à partir des polygones de référence prenant en compte les conditions agro-climatiques d'Haïti.

3.2.1.5 Inconvénients du RAT

Le système du RAT n'est conçu que pour l'indice de végétation amélioré (EVI). D'autres indices comme le NDVI ne sont pas pris en compte. L'EVI est plus adaptée pour les zones de végétation dense ou les zones de forêt alors que le NDVI serait mieux adapté pour le suivi des zones de cultures.

3.2.2 Données territoriales

Le programme d'Informations Territoriales pour le Développement Durable (PITDD) a réalisé entre 2009 et 2013 une série d'enquêtes sur les surfaces agricoles en Haïti. Une approche par grille de points sur tout le pays a été utilisée. La réalité agricole a été décrite autour de chacun de ses points avec les cultures pratiquées. Ensuite, les statistiques en termes de superficie emblavées ont été calculées par commune et par département. La carte d'occupation de sol 1998 qui est une donnée de référence du CNIGS a été utilisée comme masque. De cette donnée, les zones non-agricoles ont été éliminées pour ne pas être prises en compte dans l'analyse multicritère.

3.2.3 Données calculées à partir de Google Earth Engine (GEE)

Avec *Google Earth Engine*, il est possible de télécharger de longues séries d'images avec des résolutions temporelles et spatiales très variées. Dans le cadre de ce travail, des images MODIS de résolution spatiale de 250 m et de résolution temporelles de 16 jours ont été téléchargées ainsi que des fichiers *comma-separated value* (csv) relatifs aux valeurs de la moyenne et l'écart-type des indices de végétation NDVI et EVI. Les valeurs du NDVI sont comprises entre -1 et 1. Les valeurs positives représentent la biomasse végétale. En ce sens, plus les valeurs sont élevées, plus la végétation est importante. Ces valeurs ont été utilisées pour produire des cartes de vulnérabilité et des graphiques.

3.2.3.1 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Cet indice est défini comme le rapport entre les bandes proche infrarouge et rouge. La formule pour calculer le NDVI est définie par l'équation suivante (Huete et al., 2002).

$$\text{NDVI} = \frac{\text{PIR} - \text{R}}{\text{PIR} + \text{R}}$$

Dans cette formule, PIR et R représentent respectivement la réflectance dans le proche infrarouge et dans le rouge (Fung & Siu, 2000). L'un des problèmes du NDVI pour le suivi de l'agriculture est qu'il y a saturation lorsque la végétation est très dense. Aussi, il présente une forte sensibilité à la réflectance du sol, ce qui peut amener à des erreurs d'interprétation (Spotifarm, 2020).

3.2.3.2 Enhanced Vegetation Index (EVI)

Considéré comme un NDVI amélioré avec notamment les corrections atmosphériques, l'EVI présente une meilleure sensibilité aux régions à forte biomasse. Sa formule est décrite dans l'équation qui suit **Error! Reference source not found.** (Matsushita et al., 2007).

$$EVI = G \frac{PIR - R}{PIR + C_1 * R - C_2 * B + L}$$

Dans cette formule, les coefficients C1 et C2 sont utilisés pour corriger les influences des aérosols. L est l'ajustement de l'arrière-plan de la canopée et G est le facteur gain (Huete et al., 2002).

3.2.4 Logiciels ArcGIS, Excel et Zotero

Les outils ArcGIS et Excel ont servi dans les calculs, traitements et la production des cartes dans le cadre de l'analyse multicritère réalisée au regard des quatre dimensions de la sécurité alimentaire. Ils ont servi également dans le traitement et l'analyse des données téléchargées pour la production de graphiques. La version 10.8.1 de ArcGIS a été utilisée dans le cadre des manipulations relatives à cette étude. La version 6.0.12 de Zotero a été utilisée pour la bibliographie et l'insertion des citations.

3.3 Méthodes

A partir des images satellitaires issues de MODIS, l'indice de végétation amélioré (EVI) a été calculé pour une série temporelle de 2000 à 2021. Ces calculs ont été effectués sur des polygones d'observation répartis sur tout le pays. La **Figure 3** donne une représentation spatiale de ces polygones. Le territoire est divisé en 8044 polygones. Leur taille varie **de 5.4 hectares** pour une zone d'affleurement de roches et sols nus à **11615.1 hectares** pour un plan d'eau. Les statistiques produites à partir de l'EVI sont calculées pour chacun de ces polygones. La table attributaire relative à ces polygones qui apparaît dans la **Figure 4** montre les statistiques calculées pour la série d'images de 2000 à 2021 pour l'EVI.

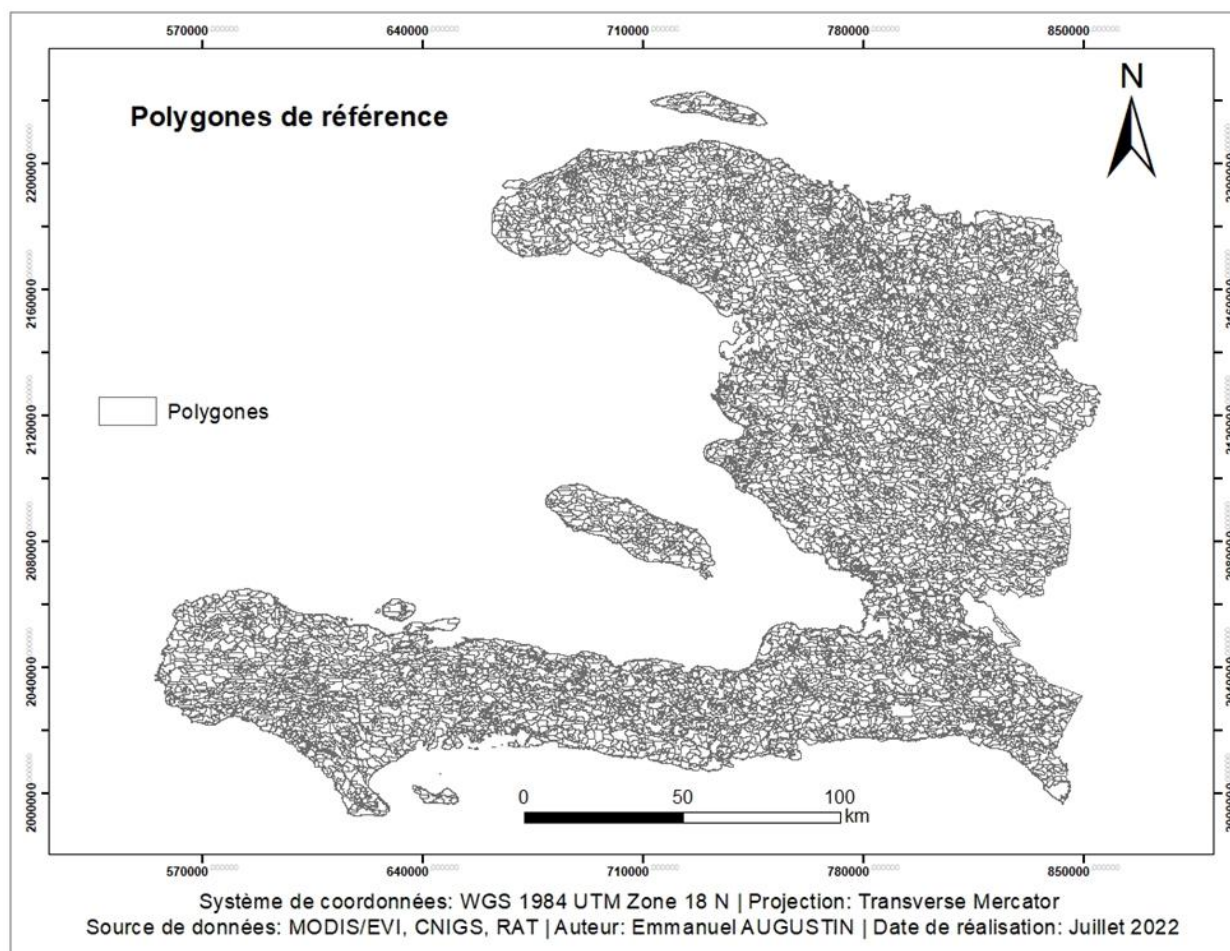


Figure 3 Polygones de références utilisés pour le calcul de l'EVI

Les colonnes *AvgAll*, *StdDevAll*, *NumPixAll* et *NumImgAll*, qui sont sur la figure suivante représentent, respectivement la moyenne globale, l'écart-type global, le nombre de pixels total et le nombre total d'images utilisées pour toute la série. La moyenne et l'écart-type sont les statistiques retenues pour analyser les critères disponibilité et stabilité.

Une analyse multicritère (AMC) a été réalisée avec les données issues de l'outil *Risk Analysis Tool* (RAT), des données d'occupation de sol et aussi celles issues du Programme d'Informations Territoriales pour le Développement Durable. Avec l'outil *Raster Calculator* de ArcGIS, les couches d'informations correspondant aux piliers de la sécurité alimentaire produits avec *Enhanced Vegetation Index* (EVI) ont été intégrées pour produire la carte de vulnérabilité à l'insécurité alimentaire.

AvgAll	StdDevAll	MinAll	MaxAll	AvgSDAll	AvgCVAll	AvgRngAll	NumPixAll	NumOutAll	NumImgAll	NumPeaks	TypPeaks	PerMaxVal
134.43	139.86	-191.89	856	463.6	21.48	1047.89	1802.44	173.29	483	2	11	21
323.03	236.97	-313.38	1137.88	634.45	27.62	1451.25	7.8	0.2	465	3	121	1
375.68	656.19	-1054.67	1953.42	486.88	18.74	3008.08	11.36	0.64	459	3	311	20
443.83	201.95	-35.18	1487.05	778.16	32.02	1522.23	582.42	16.3	483	0.38	1	22
578.7	225.82	-1.63	1540.5	729.78	28.36	1542.13	30.95	1.02	482	2	21	22
595.31	303.77	78.14	2581.54	725.25	28.14	2503.4	35.63	0.21	483	4	1212	22
618.11	728.58	-552.63	5654.74	865.83	34.51	6207.37	26.11	0.1	483	0	0	0
655.41	343.29	-27	5319.4	394.72	14.94	5346.4	4.56	0.44	426	0	0	0
669.16	362.24	-330	1545	315.1	12.01	1875	2.66	0.34	87	5	11122	2
696.37	152.45	344.34	1229.64	429.64	15.98	885.3	48.49	12.65	483	2	11	2
698.25	372.33	49.65	2575.5	328.67	12.28	2525.85	11.15	7.81	277	3	121	19
710.42	420.58	-547	3242.5	616.23	23.02	3789.5	3.92	0.08	459	5	12311	22
829.25	260.74	96	1886	683.68	24.13	1790	9.56	2.44	404	4	1121	21
847.08	818.34	-402.6	3535.2	679.52	24.32	3937.8	4.93	0.07	461	2	22	20
866.51	174.85	352.67	1829.5	186.61	6.52	1476.83	7.16	2.84	341	2	33	9
877.31	1117.86	-591.71	3250.53	572.02	19.48	3842.24	59.49	4.49	483	0	0	0
899.3	398.29	-49	1870	409.15	14.08	1919	2	0	156	4	1131	2
953.82	284.28	-61	1650	198.42	6.78	1711	2	0	239	3	113	1
955.86	329.23	10.5	1525	216.73	7.51	1514.5	2.4	0.6	52	3	122	17
1018.7	236.29	384.5	1682.5	193.18	6.54	1298	2	0	398	3	111	2
1053.64	452.47	-225	2557.5	383.02	12.36	2782.5	2	0	211	5	12111	21
1077.3	689.04	-327.81	3677.78	1398.63	47.91	4005.59	81.61	0.77	483	3	112	19
1100.11	395.03	18.5	2046.33	515.55	16.97	2027.83	2.53	0.47	191	4	1311	21
1116.04	301.49	371.5	2452.5	691.55	22.24	2081	2	0	355	4	1121	22
1137.99	187.99	212.25	1910	448.28	14.38	1697.75	26.18	6.94	469	4	1312	22
1147.39	317.76	85.5	3118.5	526.68	16.44	3033	10.25	5.75	426	4	1121	21
1172.42	862.83	49.83	5013.5	1104.87	34.36	4963.67	148.47	20.13	483	0.32	1	11
1203.9	240.87	362	2837.5	489.62	15.12	2475.5	8	0	467	2	11	21
1223.96	255.74	493.5	2177	401.4	12.46	1683.5	2.63	0.37	292	3	212	23
1236.71	256.59	181.88	2792.59	274.12	8.6	2610.71	17	0	467	4	1311	22
1245.48	292.9	389.4	3470	664.1	20.31	3080.6	14.69	2.77	472	0	0	0
1246.87	373.26	253	3131	794.21	24.45	2878	12.2	1.8	467	2	33	21
1262.66	167.84	561.3	2131	265.74	8.17	1569.7	31.92	0.05	483	0	0	0
1266.44	442.1	275.6	3746.33	475.21	14.96	3470.73	3.3	1.7	165	4	2132	19
1278.35	343.53	-132	3506	422.64	12.62	3638	2	0	372	4	1212	7
1282.92	741.72	-679.67	4502	1434.18	45.9	5181.67	25.63	16.03	468	2	11	22
1312.52	288.66	261.27	2559.27	663.75	19.82	2298	11	0	467	0	0	0
1324.73	627.12	132	3975.25	837.81	24.54	3843.25	4.36	6.64	271	3	111	23

Figure 4 Statistiques calculées à partir du RAT

3.3.1 Critère disponibilité

Après les opérations effectuées à l'aide de l'outil RAT, un fichier *Shapefile* contenant dans sa table attributaire différentes statistiques relatives à l'indice de végétation amélioré (EVI) est produit. La statistique retenue pour la dimension disponibilité est la moyenne globale de l'EVI.

Tableau 1 Pilier disponibilité

Classe	Valeur	Disponibilité
1	> 1500	Insuffisante
2	1500 - 3000	Moyenne
3	3000 - 4500	Bonne
4	> 4500	Excellente

Cette valeur correspond à la colonne *AvgAll* dans la table attributaire (*Figure 4*). Le niveau de l'indice traduit l'importance de l'assimilation chlorophyllienne (végétation fournie et en bonne

santé). Ainsi, un indice en moyenne élevé (AvgAll) dans un espace agricole traduirait donc (indirectement) une productivité importante. Selon les valeurs calculées pour la série temporelle, nous avons divisé les valeurs en 4 classes. Les valeurs de la moyenne issues des statistiques du RAT correspondant à la disponibilité sont classées dans le **Tableau 1**. Ici, les valeurs de la statistique AvgAll varient entre **134.43 et 5918.09**.

Sur la base de ces classes, un raster a été produit pour le pilier disponibilité. Pour ce faire, avec *Field Calculator* de ArcGIS les classes 1, 2, 3 ou 4 sont associées aux valeurs de la moyenne. Ensuite, le raster disponibilité est créé avec la fonction *Polygon to Raster* avec le champ *dispo* qui regroupe les classes 1-4 dans *Value*.

Le chemin suivant a été suivi : *ArcToolbox > Conversion Tools > To Raster > Polygon to Raster*.

3.3.2 Critère stabilité

La valeur statistique utilisée est l'écart type désigné par la colonne *StdDevAll*. C'est l'écart-type de toute la série de 2000 à 2021, à l'intérieur de chaque polygone constituant la carte. Le niveau de l'indice traduit l'importance de l'assimilation chlorophyllienne. La sécurité alimentaire c'est la garantie d'une production permanente et donc une agriculture toujours performante (cultures toujours disponibles et en bonne santé). L'écart-type est, parmi les statistiques produites par l'outil, celle qui traduit le mieux cette stabilité. Les valeurs pour l'écart-type qui correspondent à la stabilité sont divisées en 4 classes également (**Tableau 2**). Un raster est produit pour le pilier stabilité à partir des valeurs de la statistique issue de l'EVI qui lui correspond : *StdDevAll*. Sa valeur varie de **139.86 à 1661.97**.

Tableau 2 Pilier stabilité

Classe	Valeur	Stabilité
1	> 500	Insuffisante
2	500-1000	Moyenne
3	1000-1500	Bonne
4	> 1500	Excellente

Le raster stabilité est produit à l'aide de la fonction *Polygon to Raster* à partir des valeurs du champ *stabilité* créé dans la table attributaire du fichier shapefile issu du RAT. Le chemin suivant donne accès à cette fonction : *ArcToolbox > Conversion Tools > To Raster > Polygon to Raster*.

3.3.3 Critère utilisation

Pour le pilier utilisation, les données de l'enquête sur les surfaces agricoles réalisée par le Ministère de l'Agriculture dans le cadre du Programme d'Informations Territoriales pour le Développement Durable (PITDD) ont été utilisées. La diversité alimentaire a été choisie pour caractériser la dimension (le critère) utilisation. Cette diversité est en rapport avec la consommation de différents types (groupes) d'aliments. Ainsi, en fonction des aliments cultivés (consommés), selon que la diversité soit excellente, bonne, moyenne ou insuffisante un score de diversité alimentaire (SDA) entre 1 et 4 est attribué à la commune.

3.3.3.1 Détermination du score de diversité alimentaire

Le score de diversité alimentaire (SDA) est la sommation des scores obtenus par chaque catégorie de culture présente dans une commune du pays. Les cultures ont été divisées en six (6) groupes ou catégories : céréales, légumineuses, maraichage, vivrières, fruitières et industrielles (voir *Annexe I*). Pour chaque commune, un score de 1 est attribué à un groupe de cultures si sa superficie emblavée (SE) est supérieure ou égale à la superficie moyenne (SM) occupée par groupe de cultures. Ce score de 1 signifie que ce groupe de culture est important dans la commune. La superficie moyenne (SM) par groupe de cultures dans une commune est donnée par la formule décrite dans la relation suivante.

$$SM = \frac{1}{NC} * \frac{SGC}{A}$$

Dans cette équation, **SM** est la superficie moyenne occupée par une culture dans la commune exprimée en hectares ; **NC** correspond au nombre de groupes de cultures pratiquées dans la commune ; **SGC** représente la superficie occupée par un groupe de cultures exprimée en hectares et **A** correspond à superficie de la commune en hectare.

Le SDA est calculé en faisant la sommation des scores obtenus par chaque catégorie en fonction de la superficie occupée. Les scores correspondant au critère utilisation sont divisés en quatre (4) classes comme présentés dans le **Tableau 3**. A partir de ces scores un raster est produit pour l'utilisation et est ensuite intégré dans l'analyse multicritère.

Tableau 3 Pilier utilisation

Classes	Score (Groupes de cultures différents)	Diversité
1	<2	Insuffisante
2	2-3	Moyenne
3	3-4	Bonne
4	>4	Excellente

La fonction Polygon To Raster est utilisée pour produire le raster utilisation. Cette fonction est accessible selon le chemin suivant : *ArcToolbox* > *Conversion Tools* > *To Raster* > *Polygon to Raster*. Le champ Diversité est choisi dans *Value field*.

3.3.4 Critère accès

Pour le pilier accès, la carte d'occupation de sol (OCS) 1998 qui est un outil de référence pour le Centre National de l'Information Géo Spatiale a été utilisée en faisant abstraction des zones non agricoles. La terre ou l'espace avec les infrastructures qui y sont disponibles est considérée ici comme moyen de production donnant accès aux produits agricoles. L'OCS a permis d'intégrer les zones où l'agriculture est pratiquée dans le pays. Les classes zones non-agricoles et plan d'eau sont masquées et le vecteur accès est produit à partir des autres classes. Le *shapefile* obtenu est utilisé comme masque pour extraire les zones d'intérêt.

3.4 Analyse multicritère (AMC)

Un critère se définit comme un facteur à prendre en considération pour évaluer un scénario donné. Pour mesurer la sécurité/insécurité alimentaire, nous avons opté pour une analyse multicritère dans le but de tenir compte de l'ensemble des piliers susceptibles d'influencer la sécurité alimentaire dans les cartes qui seront produites. L'AMC prend en compte les dimensions disponibilité, stabilité et utilisation permet d'aboutir à un raster. Ce raster résulte de la combinaison des rasters correspondant aux dimensions de la sécurité alimentaire disponibilité, stabilité et utilisation avec leurs poids respectifs. Ensuite, la couche occupation de sols qui représente la dimension accès est utilisée comme masque. Cette dernière opération permet d'aboutir à la carte de vulnérabilité à l'IA.

3.4.1 Pondération des critères

Dans le **Tableau 4**, les critères disponibilité, stabilité et utilisation sont présentés en abscisse et en ordonnées. Si un critère (ligne) est plus important qu'un autre (colonne), alors la valeur de 1 est attribuée à ce critère. Dans le cas contraire, la valeur de 0 lui est attribuée. Dans le contexte de

cette étude, le critère disponibilité est jugé supérieur au critère stabilité et le critère stabilité est supérieur au critère utilisation. L'attribution des scores pour chaque critère est présentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4 Analyse multicritère (AMC)

	Critères			Facteur fictif	Σ (dimensions + facteur fictif)	Rapport	Poids
	<i>Dispo.</i>	<i>Stabi.</i>	<i>Utili.</i>				
Disponibilité	-	1	1	1	3	3/6	0.5
Stabilité	0	-	1	1	2	2/6	0.33
Utilisation	0	0	-	1	1	1/6	0.17
Total	0	1	2	3	6	6/6	1

Après l'attribution des scores, un facteur fictif de 1 est attribué à chaque critère. La sommation des scores est faite pour chaque ligne. Le résultat de l'AMC est présenté avec la pondération des critères. Les coefficients pour les différents critères de l'IA considérés ici sont obtenus en faisant le rapport entre la somme des poids obtenus en ligne pour un critère et la somme totale des poids. Ainsi, le critère disponibilité arrive en tête avec (3/6) soit 0.5, le critère stabilité vient ensuite avec (2/6) soit 0.33 et le critère utilisation obtient un score de (1/6) soit 0.17.

3.4.2 Raster Calculator

La fonction *Raster Calculator* de ArcGIS permet d'obtenir un raster résultant de la combinaison de plusieurs critères. Les poids obtenus à partir de l'analyse multicritère (AMC) sont utilisés dans l'interface de la fonction *Raster Calculator*.

Le chemin suivant permet d'accéder à cette fonction dans ArcMap : **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator**. Dans la relation suivante, les coefficients obtenus sont attribués aux piliers disponibilité, stabilité et utilisation selon la relation suivante : **Poids 1 * critère 1 + poids 2 * critère 2 + poids 3 * critère 3**.

$$\mathbf{Raster = 0.5 * Disponibilité + 0.33 * Stabilité + 0.17 * utilisation}$$

L'image ci-dessous (**Figure 5**) présente le calcul réalisé dans l'interface de *Raster Calculator* avec la prise en compte des critères et leurs poids respectifs. Le raster issu de cette opération est ensuite masqué avec la carte d'occupation de sol afin de ne conserver que les zones d'intérêt. La carte de vulnérabilité a été produite à partir de ces différentes considérations.

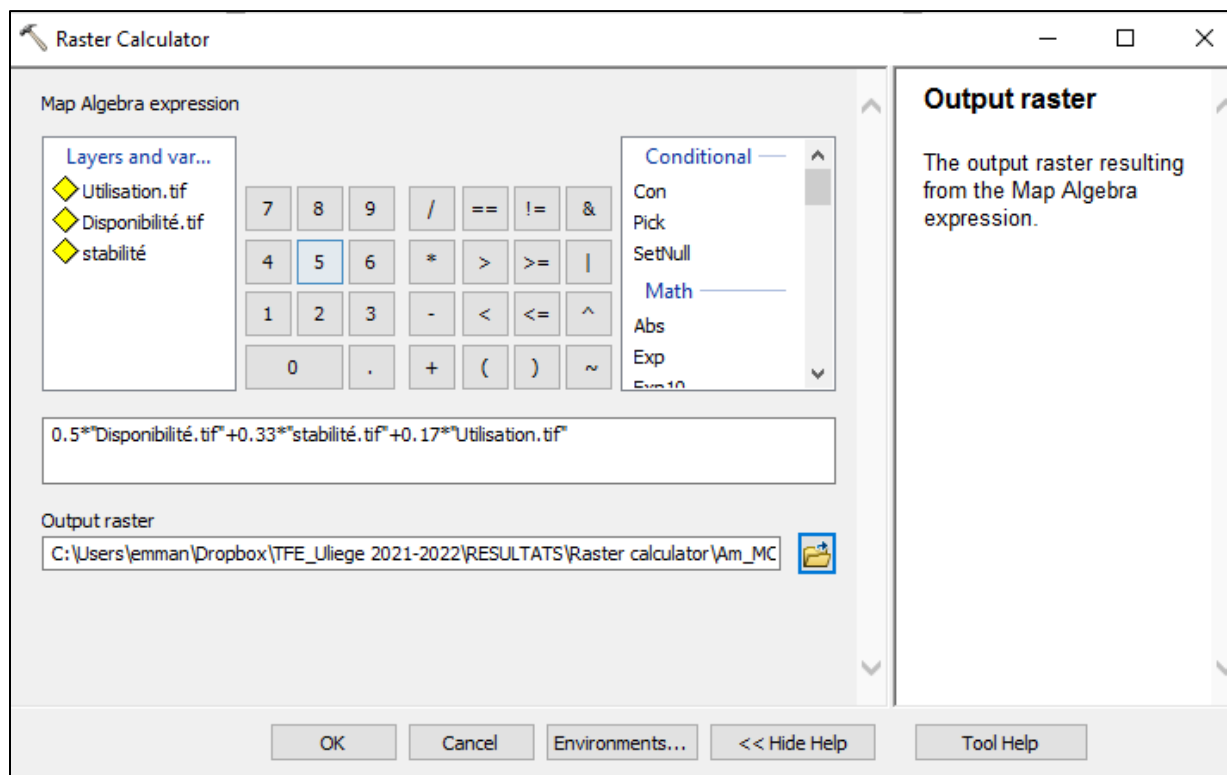


Figure 5 Capture d'écran Raster Calculator

3.4.3 Vulnérabilité

La carte de vulnérabilité est obtenue en utilisant la carte d'occupation de sol qui évalue la dimension accès de la sécurité alimentaire comme masque. Le raster vulnérabilité est obtenu à partir de la fonction *Extract by Mask* de ArcToolbox retrouvé selon le chemin suivant : **Spatial Analyst Tool > Extraction > Extract by Mask**.

3.5 Calcul des anomalies

La carte de vulnérabilité est produite à partir de données EVI et NDVI issues du satellite MODIS pour la série de 2000 à 2021. C'est la carte de vulnérabilité globale. A partir de celle-ci, des anomalies peuvent être calculées et ainsi suivre l'évolution de la vulnérabilité pour diverses régions du pays. Les anomalies peuvent être négatives ou positives traduisant ainsi une amélioration ou une dégradation de la situation. La différence entre le raster d'une année donnée

et le raster de la tendance globale (historique) permet de détecter les anomalies pour cette année. Les variations mesurées entre une année donnée et la situation historique traduisent la tendance et permettent la prise de décision. Les indicateurs mesurés sur une longue période permettent d'analyser les situations et de faire des projections sur d'éventuelles crises ou problèmes à l'avenir. Les opérations ayant conduit aux anomalies en passant par la carte de vulnérabilité à l'IA sont résumées dans le schéma des opérations suivant

Figure 6.

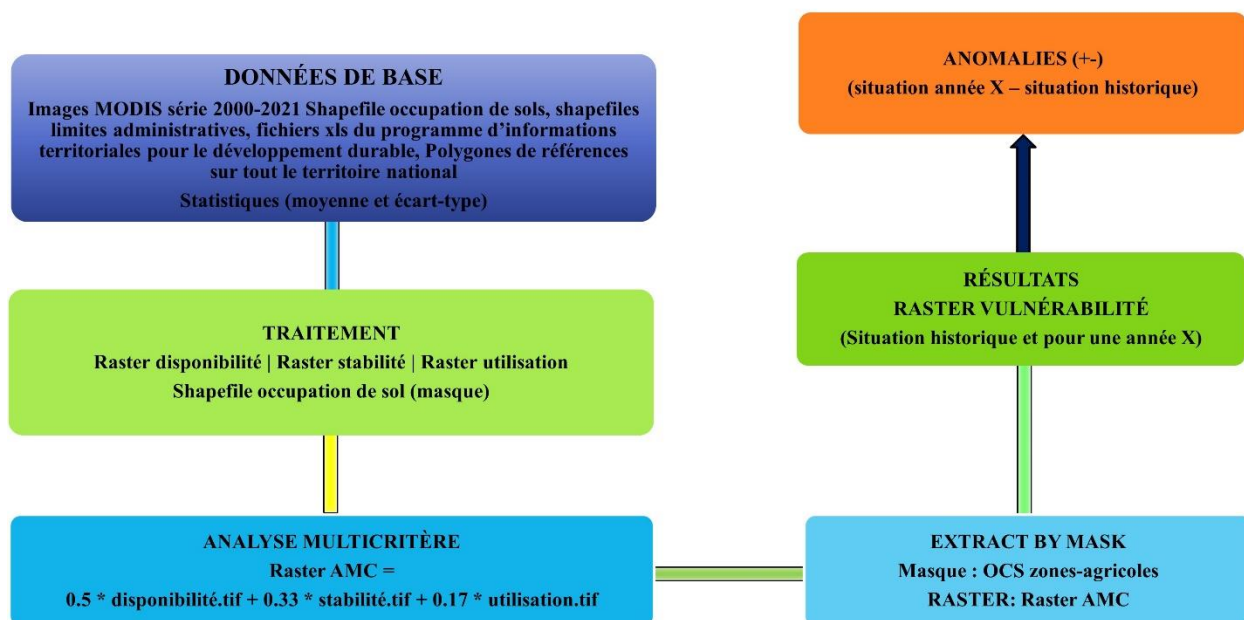


Figure 6 Schéma récapitulatif des opérations effectuées

3.5.1 Périodes d'observation

Les cyclones et ouragans ont frappé fortement le pays au cours des dernières années. Ces événements ont eu un impact considérable sur la sécurité alimentaire selon les données de la CNSA. En ce sens, les périodes critiques liées aux ouragans (2016), cyclones (2008) et plus récemment la covid 19 (2020) ont été choisies pour le calcul et l'analyse des anomalies dans le cadre de cette étude. Au cours des années 2008 et 2016, des événements hydrométéorologiques catastrophiques ont survenu dans le pays amenant leur lot de désolation et de problème. Les

anomalies ont été analysées pour la période 2016-2021 et la tendance actuelle (2022). Ces données ont été étudiées en comparaison avec la situation historique (2000-2021).

4. RÉSULTATS ET ANALYSES

Ce chapitre est divisé en 3 sections. Les résultats en lien aux indices de végétation de manière globale font l'objet de la première section. La deuxième section présente les résultats en lien avec les quatre (4) dimensions de la sécurité alimentaire respectivement la disponibilité, la stabilité, l'utilisation et l'accès. Ensuite, la vulnérabilité à l'IA qui est le résultat de l'AMC est analysée. La dernière section aborde les anomalies par rapport à la situation normale sur la période 2000-2021 constituant la ligne de base.

4.1 Indices de végétation (EVI et NDVI)

Les indices NDVI et EVI sont analysés en parallèle car chacun de ces indices a ses spécificités, avantages et inconvénients. Comme nous l'avons dit plus haut, l'EVI répond mieux pour les zones de forte biomasse alors que le NDVI a tendance à être saturé dans ces zones-là. Les résultats du NDVI sont plus intéressants pour les zones où la végétation est moins dense.

4.1.1 Evolution des indices de végétation en 2008

En 2008, le pays a été frappé par 4 cyclones successifs : Fay, Gustav, Hanna et Ike. Cela a affecté grandement la végétation. Sur le graphique suivant (**Figure 7**), la tendance est à la hausse pour le NDVI avec une décroissance après ces 4 cyclones survenus à la fin du mois d'août et au début de septembre 2008. L'anomalie est globalement négative sur l'année pour l'EVI alors qu'elle connaît des variations assez marquées pour le NDVI. Comme pour le NDVI, l'EVI connaît une baisse à la fin de l'année 2008 par rapport à la tendance historique. Les données connaissent une baisse soudaine au cours de l'année 2008 au mois de juillet. De plus, après ces cyclones le niveau de l'indice devrait diminuer à partir de septembre mais cela a commencé en septembre. Cela laisse des doutes sur la qualité des données recueillies sur la plateforme Google earth Engine qui a permis d'aboutir aux graphiques.

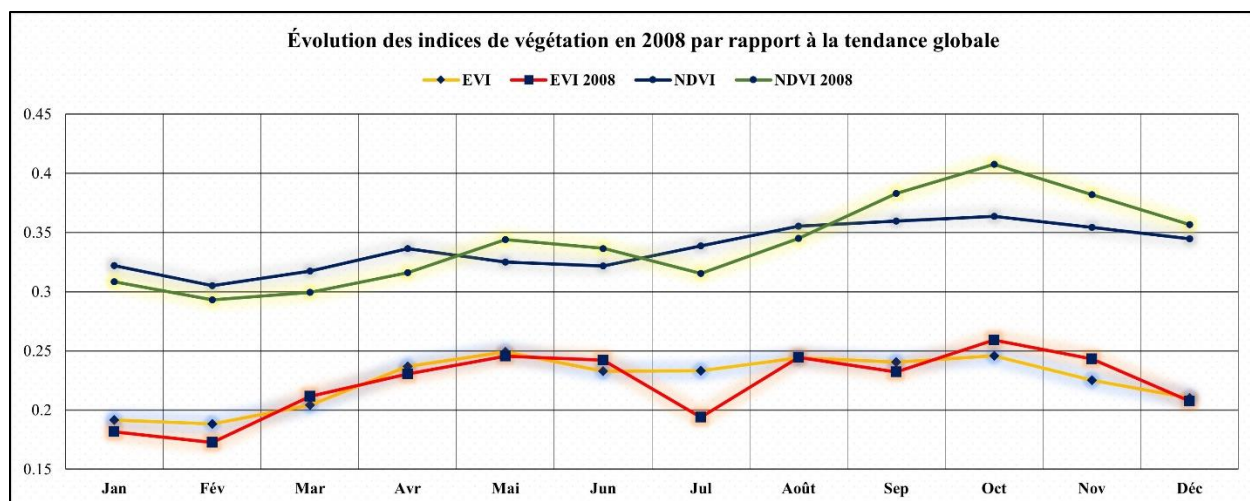


Figure 7 Tendance globale (2000 - 2021) et annuelle (2008) pour les indices de végétation

4.1.2 Evolution des indices en 2016

Les valeurs de l'EVI et du NDVI calculées pour une série d'images issues du satellite MODIS sont analysées sur la période allant de 2000 à 2021 et pour l'année 2016, date à laquelle le pays a été touché par l'ouragan dévastateur Matthew survenu le 4 octobre 2016.

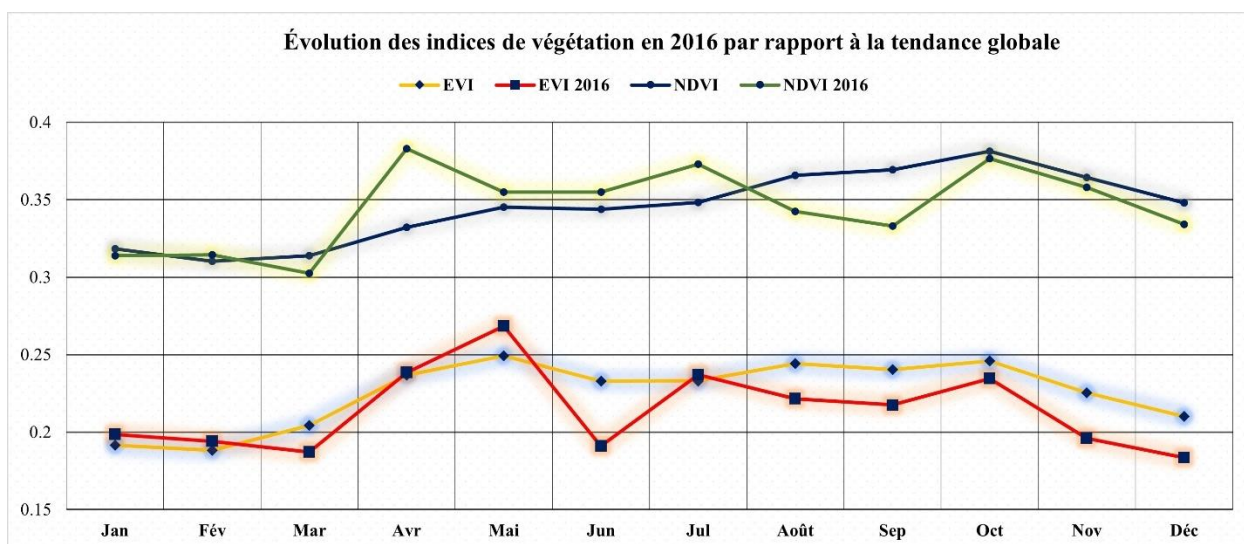


Figure 8 Tendance globale (2000-2021) et annuelle (2016) pour les indices de végétations.

Sur la *Figure 8* ci-dessus, l'EVI et le NDVI varient respectivement de **0.19 à 0.25** et de **0.31 à 0.38** pour la tendance globale. Pour l'année 2016, les valeurs de ces indices connaissent de grandes variations avec notamment une décroissance en octobre 2016. Pour le NDVI, la valeur la plus faible a été atteinte en mars 2016 et la plus forte en avril 2016. L'anomalie a été positive jusqu'au

mois de juillet et négative jusqu'au mois de décembre. Pour l'indice de végétation amélioré, l'anomalie négative prédomine sur l'année par rapport un NDVI. Toutefois, les données peuvent être questionnées vu certaines variations brusques observées notamment en mai et juin 2016 pour l'EVI.

4.1.3 Evolution des indices sur la période 2016-2021

Au cours des six (6) dernières années, la fraction de la population touchée par l'insécurité en Haïti est en constante augmentation selon les données de la CNSA. Sur la **Figure 9**, une tendance à la baisse est constatée. L'EVI (en rouge) reste en dessous de la courbe moyenne. Au printemps, une amélioration des indices a été remarquée pour le NDVI alors que l'anomalie est négative sur toute l'année pour l'EVI. Pour cette période, au regard des valeurs du NDVI, la végétation connaît une dégradation, donc l'anomalie est négative.

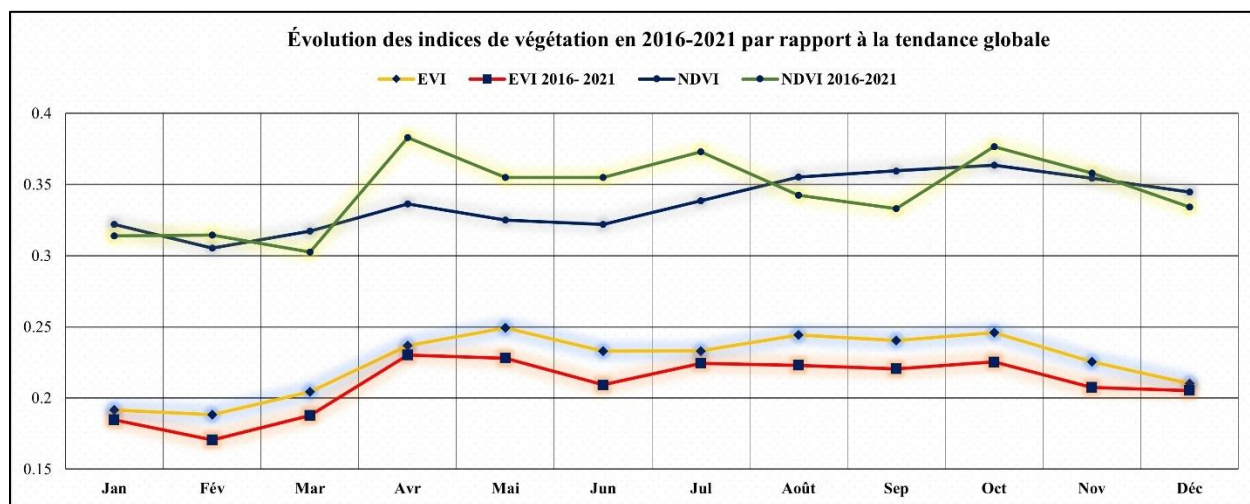


Figure 9 Tendance pour les 6 dernières années

4.1.4 Evolution des indices en 2020

Avec la COVID-19, les activités agricoles ont connu un ralentissement avec les mesures barrières, la distanciation sociale et d'autres contraintes. La tendance a été évaluée pour l'année 2020 en comparaison avec la tendance de la ligne de base **2000-2021**.

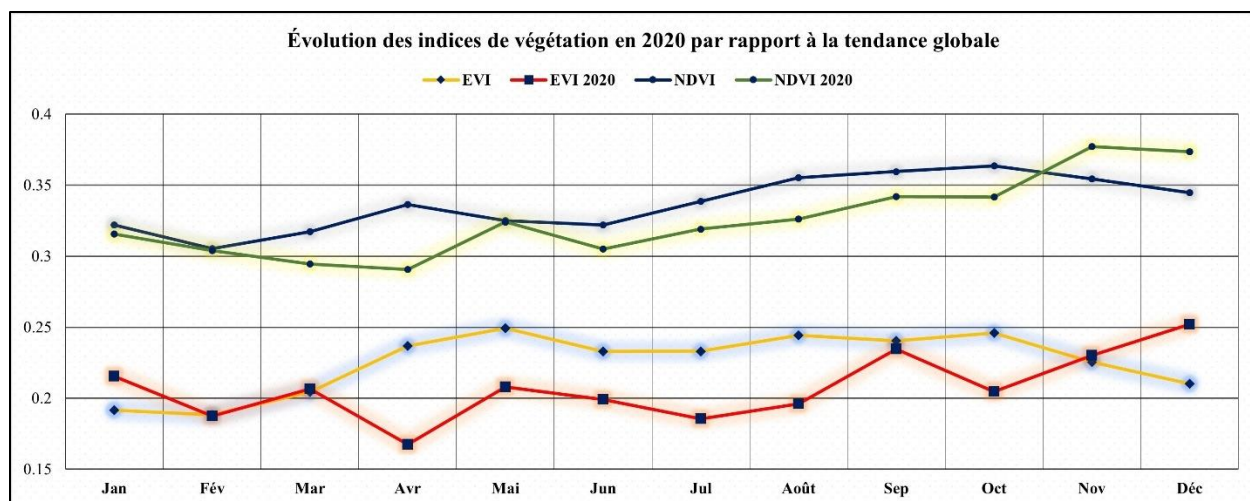


Figure 10 Évolution des indices en 2020

La tendance est globalement à la baisse pour les deux indices avec une amélioration en fin d'année **Figure 10**. Ces tendances annoncent une baisse de la production agricole pour cette année et par conséquent une augmentation du niveau de l'insécurité alimentaire.

4.2 Les dimensions de la sécurité alimentaire

4.2.1 Disponibilité

À partir de la statistique **AvgAll** qui représente la moyenne des indices pour chaque polygone de référence sur le territoire, le raster disponibilité est généré (**Figure 11**). Ce raster renseigne sur l'état de la végétation dans le pays et de la disponibilité alimentaire. Un couvert végétal important dans des zones agricoles implique une forte- disponibilité alimentaire. Sur la période 2000-2021, les zones avec la couverture végétale la plus importante se trouvent au sud-ouest du pays et au nord que ce soit pour l'EVI ou pour le NDVI . En effet, ces zones correspondent à la plaine du Nord et la plaine de Maribaroux dans le Nord-Est et le département de la Grand-Anse et du Sud dans le sud-ouest.

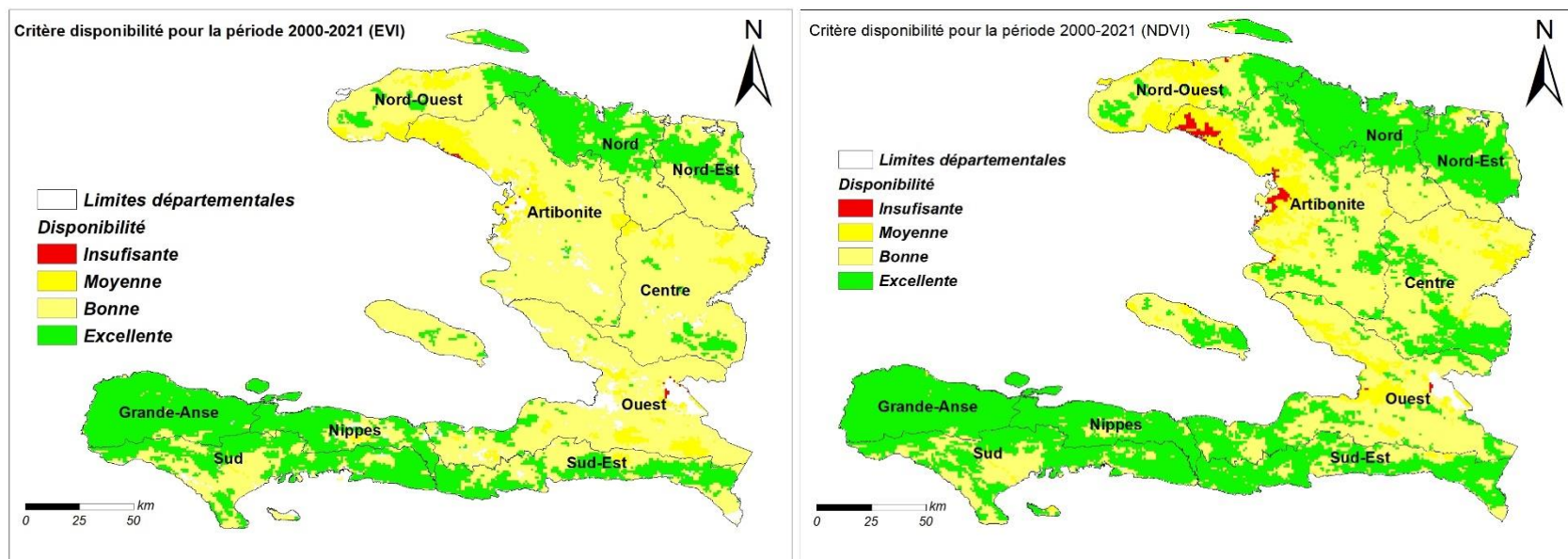


Figure 11 Critère disponibilité pour l'EVI (à gauche) et le NDVI (à droite)

La grande partie du pays a une disponibilité qualifiée de bonne, notamment dans le département de l'Artibonite, du Centre et de l'Ouest. Cette partie (disponibilité bonne) représente **17359 km²** soit **64.34 %** de la superficie des polygones de référence pour l'EVI. Les images NDVI traduisent une plus grande proportion de la disponibilité qualifiée d'excellente que les images EVI.

4.2.2 Stabilité

Ce critère fait référence à la variation dans la couverture végétale dans le pays. Ce raster est dérivé à partir de la statistique **StdDevAll** qui représente l'écart-type pour toute la période. Les régions les plus stables dans le pays sont représentées en vert et les moins stables en rouge. La carte de la **Figure 12** montrent les régions les plus stables dans le pays, du point de vue de la couverture végétale.

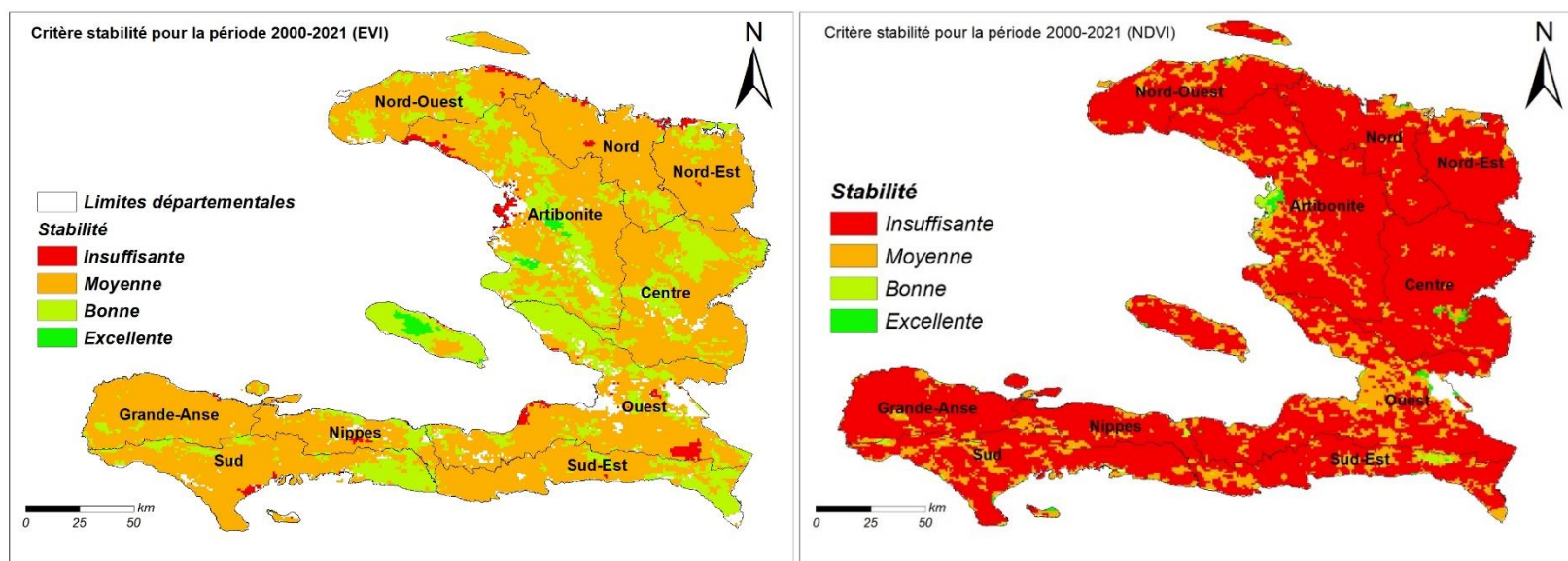


Figure 12 Critère stabilité pour l'EVI (à gauche) et le NDVI (à droite)

Les images NDVI (à droite) montrent que, globalement, la stabilité est classée insuffisante ce qui traduit beaucoup de variations pour la période. Les images EVI (gauche) présentent une stabilité globalement moyenne pour le pays. Les valeurs pour la stabilité varient d'un indice à l'autre mais traduisent une stabilité relativement faible sur le territoire. Le couvert végétal varie beaucoup au fil des ans. Ce qui peut donc avoir une incidence importante sur la sécurité alimentaire du point de vue de la stabilité.

Par rapport aux résultats présentés dans la *Figure 12*, la qualité des données téléchargée peut être questionnée. Le critère stabilité ne présente pas les mêmes résultats pour l'EVI et le NDVI. Les cartes traduisent un certain contraste. Cependant cela n'apparaît que sur les calculs pour la stabilité et l'écart n'est pas aussi grand pour les autres. Les cartes de vulnérabilité produites montrent des résultats semblables pour le NDVI et l'EVI comme présentés dans la section 4.2.5.

4.2.3 Utilisation

Quatre classes de diversité ont été créées à partir des données de l'enquête du Programme d'Informations Territoriales pour le Développement Durable. Les différents scores (1-4) traduisent une diversité allant de forte à faible. La *Figure 13* présente le raster correspondant au critère utilisation sur le territoire national avec en rouge les zones où la diversité est qualifiée d'insuffisante et en vert celle qualifiée d'excellente.

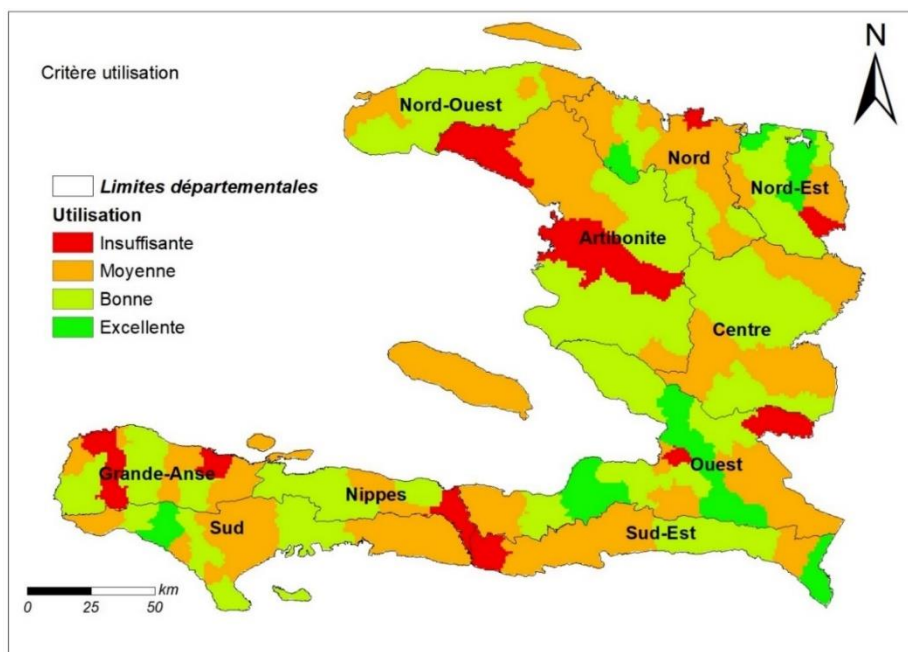


Figure 13 Diversité alimentaire en Haïti

La diversité est qualifiée de bonne sur **11801 km²**, excellente sur **1814 km²**, insuffisante sur **2399 km²** et moyenne sur **10948 km²**. Par conséquent, la diversité est globalement bonne ou moyenne sur le territoire national. Le département du Centre est le seul département où il n'y a pas de zone rouge en ce qui a trait à la diversité alimentaire. Elle varie de faible à moyenne pour ce département. Une bonne partie de l'Artibonite connaît un score de diversité insuffisant.

4.2.4 Accès

La dimension accès est mesurée sur la base de l'occupation de sol. Les zones non-agricoles ne sont pas considérées dans l'analyse. La nouvelle occupation de sol obtenue est utilisée comme masque et permet ainsi de ne considérer que les zones agricoles. La carte d'occupation de sols suivante *Figure 14* montre les différentes classes d'occupation de sol sur le territoire.

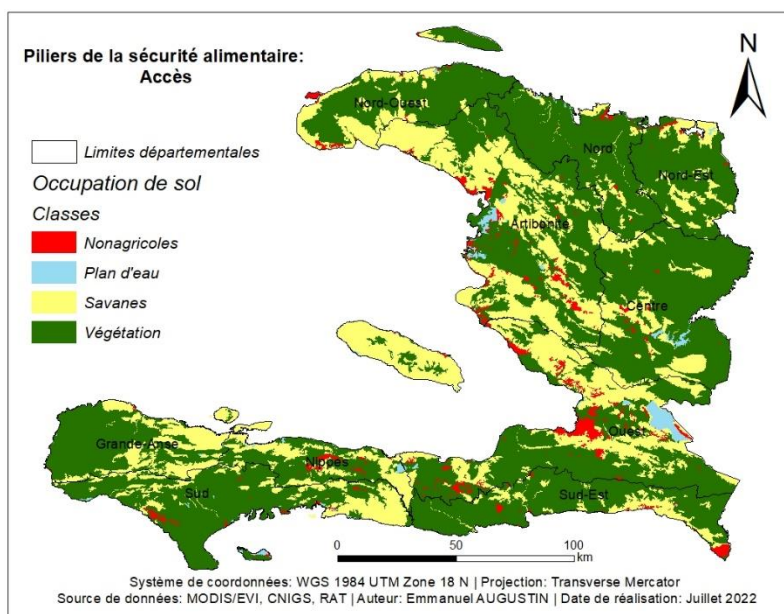


Figure 14 Critère accès

La classe végétation domine sur le territoire national. La dimension accès est en lien aux moyens de production. Avoir accès aux moyens de production (la terre) peut amener à un accès à la nourriture. Cette classe représente une superficie de **18 000 km²**. En second lieu vient la classe savanes. Les classes végétation et savanes servent de masque pour la production de la carte de vulnérabilité.

4.2.5 Vulnérabilité

4.2.5.1 Vulnérabilité sur la période 2000-2021

L'AMC a permis d'aboutir aux cartes de vulnérabilité à l'IA. Celles-ci sont réalisées à partir des indices EVI et NDVI. La comparaison entre indices permet de voir lesquels sont plus appropriés (pertinents) en fonction des différentes régions du pays. Les cartes suivantes et *Figure 15* présentent la vulnérabilité à l'insécurité alimentaire au niveau globale pour la période allant de 2000 à 2021 pour l'EVI et le NDVI respectivement. Les zones où la vulnérabilité est la plus faible est le département de la Grand-Anse et des Nippes et le département du Nord.

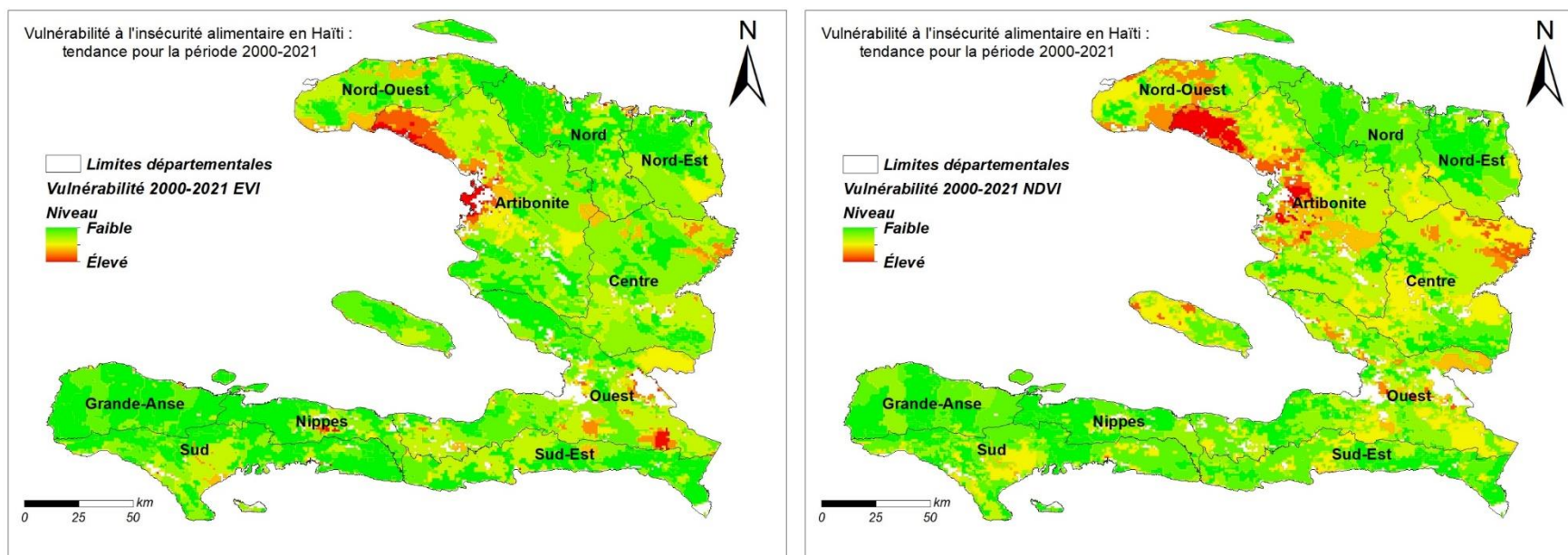


Figure 15 Vulnérabilité pour la période 2000-2021 pour l'EVI (gauche) et le NDVI (droite)

Dans l'Ouest et l'Artibonite, certaines zones sont en rouge, ce qui traduit des zones sensibles à l'IA pour cette période. Les zones de forte végétation dans le département de la Grande-Anse et dans le Nord sont bien visibles sur la première image. En effet ces deux départements correspondent à deux zones humides du pays qui ont une couverture végétale assez importante par rapport au reste du pays. L'EVI est plus sensible aux zones de forte végétation que le NDVI. Cela peut expliquer en partie les résultats obtenus sur ces cartes. Les zones de forte végétation ont une plus grande proportion de vert pour l'EVI que pour le NDVI.

La carte réalisée à partir du NDVI couvre une plus grande superficie pour les zones où la vulnérabilité est qualifiée de faible (SA élevée). En effet dans le département du Centre, la zone vulnérable à l'IA pour la carte issue du NDVI est plus grande que celle issue de l'EVI.

Pour les zones très boisées, notamment le département de la Grand-Anse, l'EVI répond mieux que le NDVI. À travers cette analyse, les zones vulnérables en Haïti sont identifiées pour la période considérée. Cette carte constitue la ligne base pour suivre l'évolution dans le temps. À partir de carte de vulnérabilité issue du NDVI, une analyse des anomalies est réalisée. Une anomalie positive traduira une amélioration alors qu'une anomalie négative indiquera que la situation se dégrade pour la période considérée.

4.2.5.2 Tendence pour la période 2016-2021

La période 2016-2021 montre la tendance récente de la vulnérabilité à l'IA qui cadre avec les projections de la CNSA qui traduisent une augmentation de la population touchée par l'insécurité alimentaire. Sur la **Figure 16** ci-dessous, les zones en vert traduisant une situation favorable de la vulnérabilité tendent à diminuer par rapport à la ligne de base.

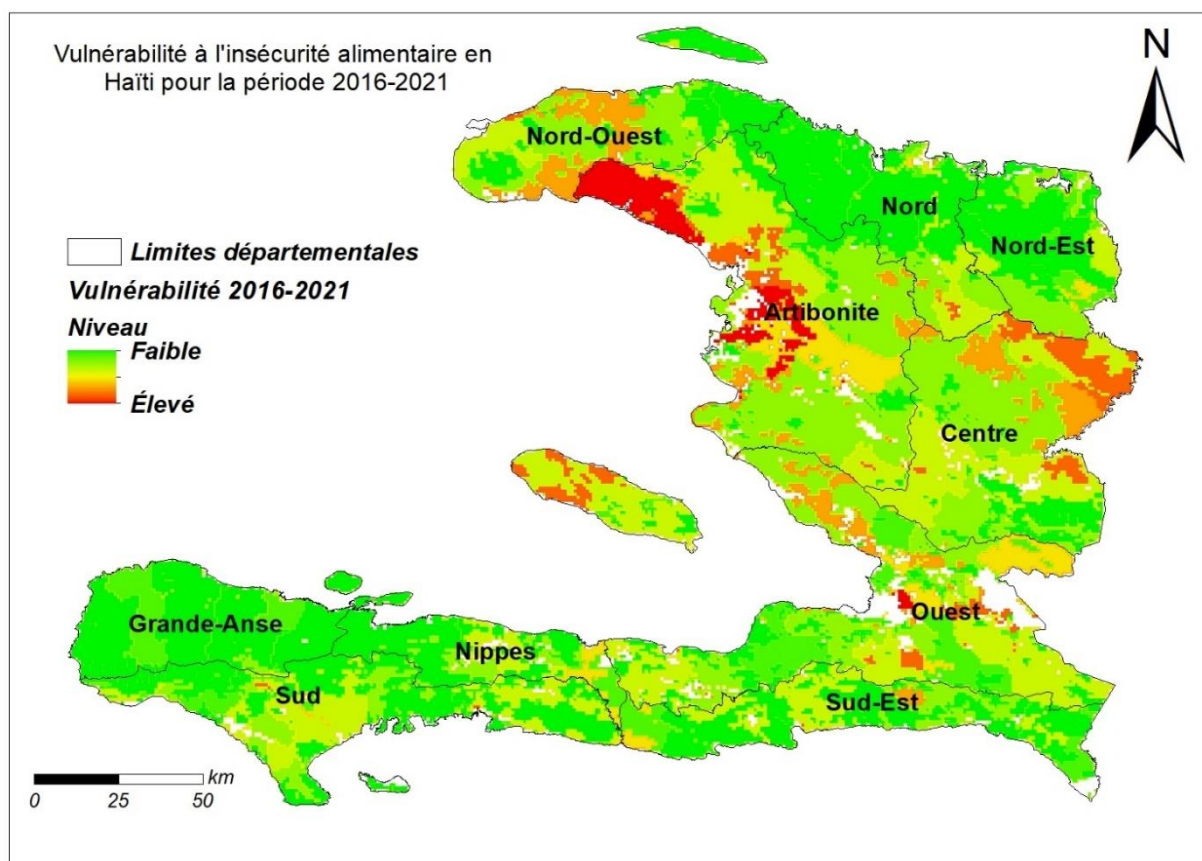


Figure 16 Vulnérabilité pour la période 2016-2021

4.2.6 Tendence actuelle

Pour l'année 2022, la proportion des zones en vert diminue. La tendance pour cette année est à la baisse par rapport à la situation historique comme le montre la **Figure 17**. Les zones en jaune occupent de plus en plus de superficie. En d'autres termes la situation d'IA s'installe.

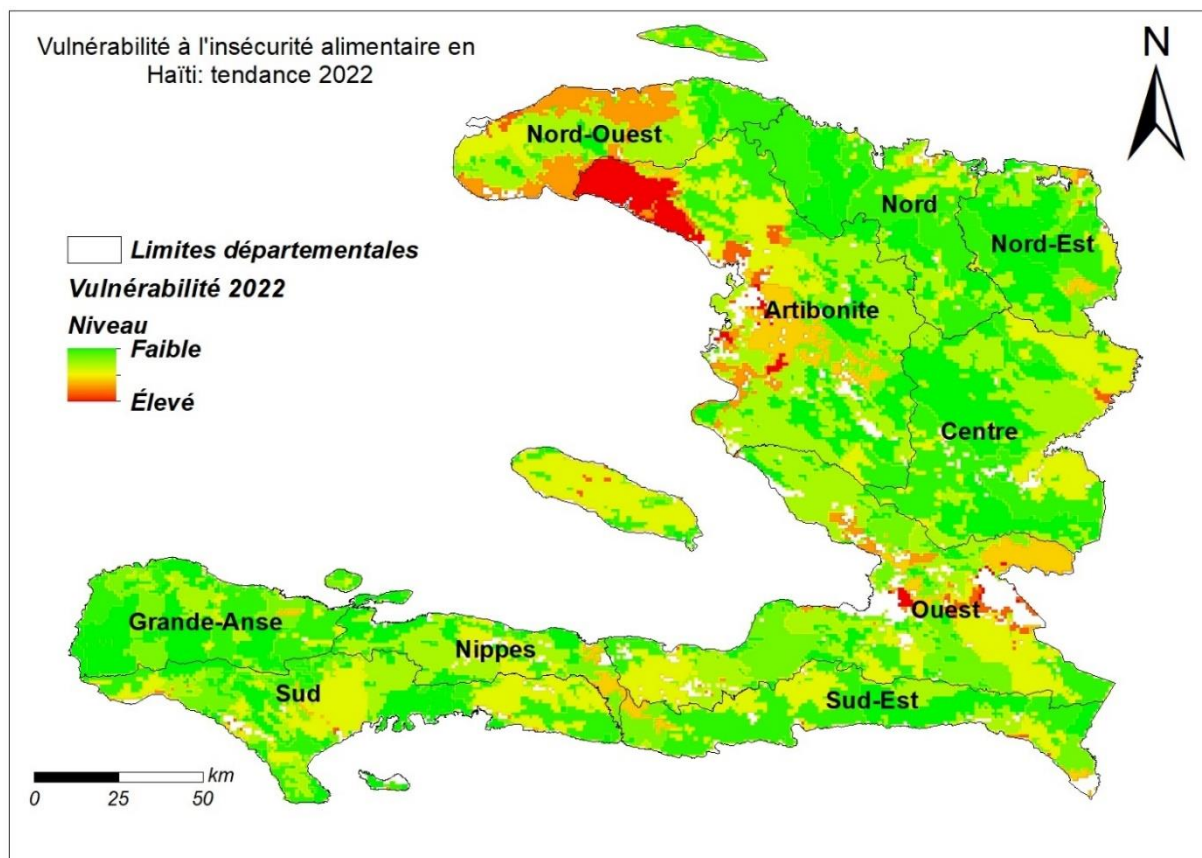


Figure 17 Tendence pour l'année 2022

4.3 Anomalies

A partir des séries NDVI et EVI pour la période 2000-2021, une carte de vulnérabilité de base a été produite. Avec cette carte, des analyses ont été produites pour les périodes 2008, 2016, 2020 et 2022. Cela a permis de voir les anomalies positives et négatives. Le cyclone Matthew a ravagé le pays, notamment trois (3) départements du Grand Sud d'Haïti : Sud, Grand-Anse et Nippes le 4 octobre 2016. L'analyse des anomalies a montré des zones plus vulnérables par rapport à la normale. À partir de la série NDVI, les anomalies ont été calculées pour l'année 2008 au cours de laquelle le pays a connu quatre cyclones, l'année 2020 avec la covid-19 au cours de laquelle les activités ont été paralysées et la tendance actuelle.

4.3.1 Anomalies en 2008

La situation de la végétation a été évaluée après les 4 cyclones qui ont frappé Haïti de la fin du mois d'août au début du mois de septembre 2008. L'image suivante (*Figure 18*) indique les zones où l'anomalie est positive (proche du vert) ou négative (proche du rouge).

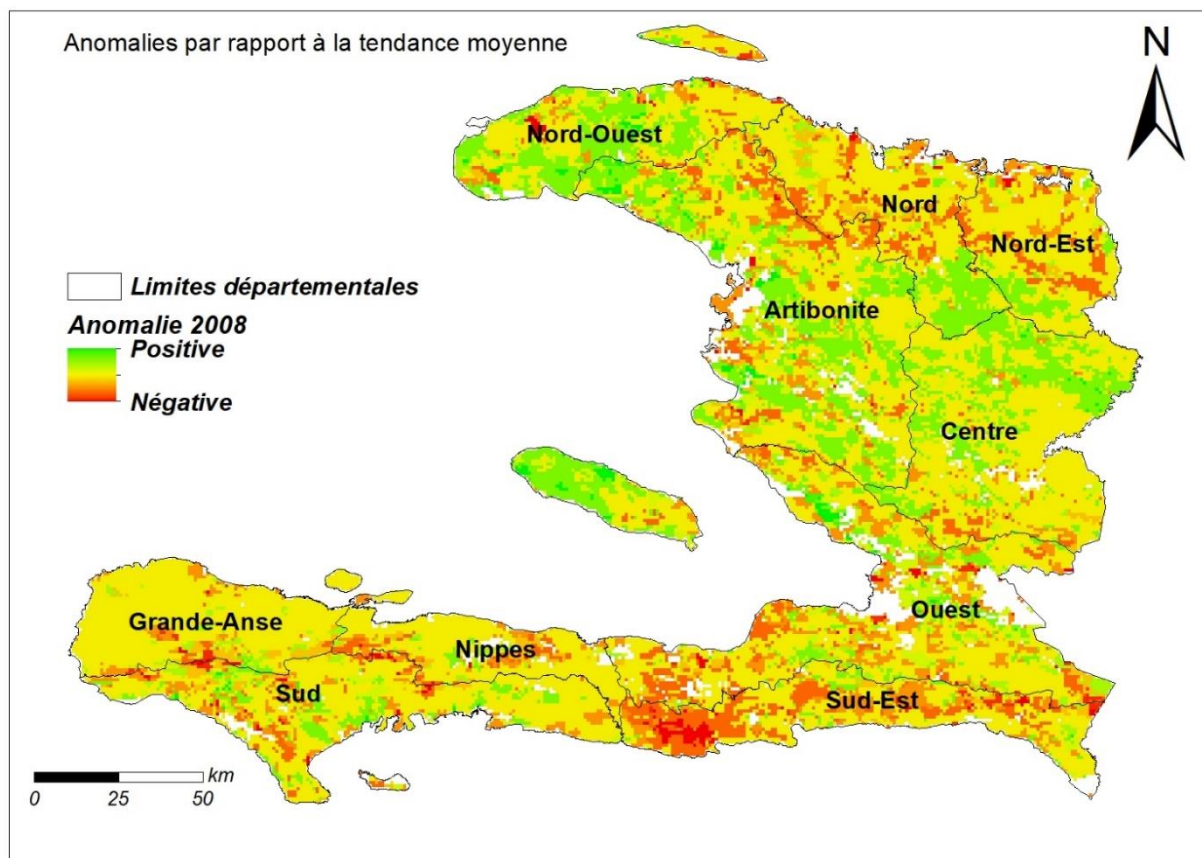


Figure 18 Anomalies 2008

Sur la carte ci-dessus, les zones les plus touchées sont les départements du Grand sud d'Haïti (Nippes, Sud-Est, Grande-Anse, Sud) qui ont été balayés par les événements hydrométéorologiques au cours de cette année. Les départements du Nord et du Nord-Est ont connu des dégradations en 2008 également. A l'inverse, au cours de cette période, les départements de l'Artibonite, Centre et Nord-Ouest ont connu des améliorations par rapport à la situation normale.

4.3.2 Anomalies en 2016

Le cyclone Matthew a ravagé les départements du Sud, de la Grand-Anse et des Nippes le 4 octobre 2016. La carte suivante est réalisée avec les données NDVI pour le mois d'octobre 2016. Les zones en rouge sur la **Figure 19** traduisent les régions vulnérables à l'IA dans le pays après le passage de l'ouragan. Toutefois, des améliorations ont été remarquées dans le Centre, l'Artibonite et le Nord-Ouest. La carte suivante montre l'écart entre la situation historique (2000-2021) et la situation qui a prévalu après la catastrophe.

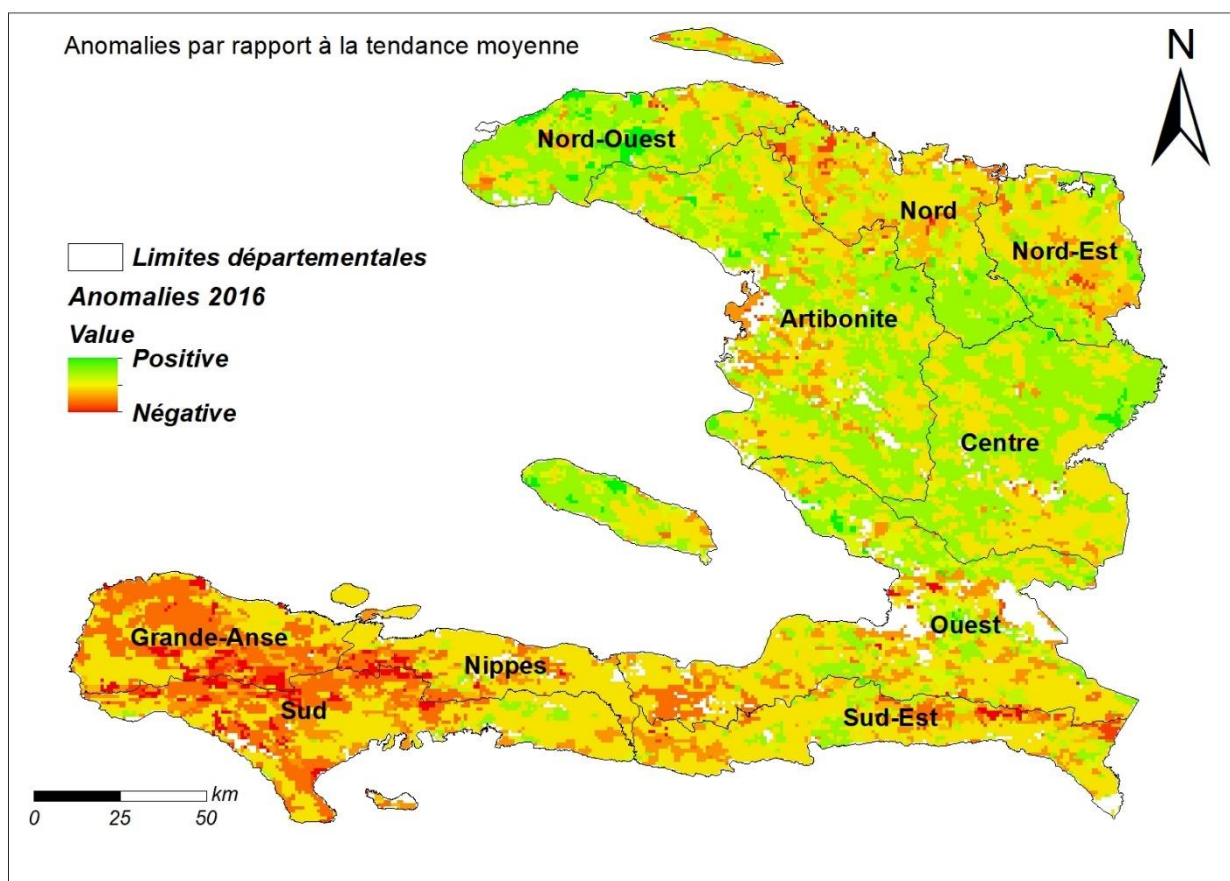


Figure 19 Anomalies 2016

La situation normale a montré que les départements du Grand Sud sont moins vulnérables à l'IA. En 2016, cette réalité a changé après le passage de l'ouragan de catégorie 4 avec une forte concentration des zones colorées en rouge qui symbolisent une anomalie négative pour cette partie du territoire.

4.3.3 Anomalies pour la période 2016-2021

Au cours de la période 2016-2021, il y a eu une amélioration dans la Grand-Anse et le Sud, notamment après le passage de l'ouragan Matthew. Cependant, des anomalies négatives sont constatées dans le Centre, l'Artibonite (principale zone de production de riz), l'ouest, les Nippes et le Sud-Est (*Figure 20*). Cette réalité cadre avec les situations d'insécurité alimentaire dans le pays au cours de cette période-là.

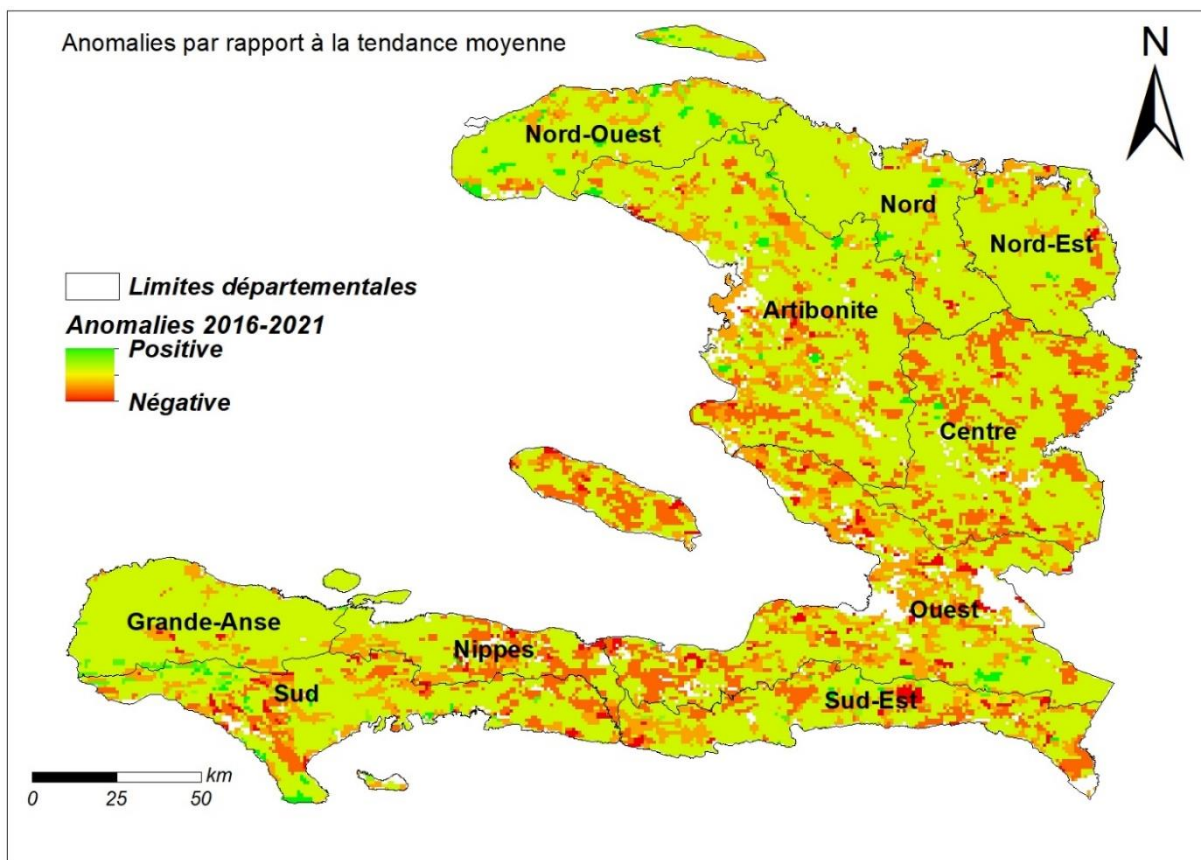


Figure 20 Anomalies pour la période 2016-2021

4.3.4 Anomalies 2022

Par rapport à la situation historique, en 2022, le Grand Sud connaît des anomalies négatives. La situation s'est améliorée pour le Centre et l'Artibonite. Cette situation de vulnérabilité peut avoir un impact conséquent sur cette région qui a été touchée par un tremblement de terre dévastateur en août 2021. Cette région du pays est vulnérable à l'insécurité alimentaire comme l'indique la *Figure 21*.

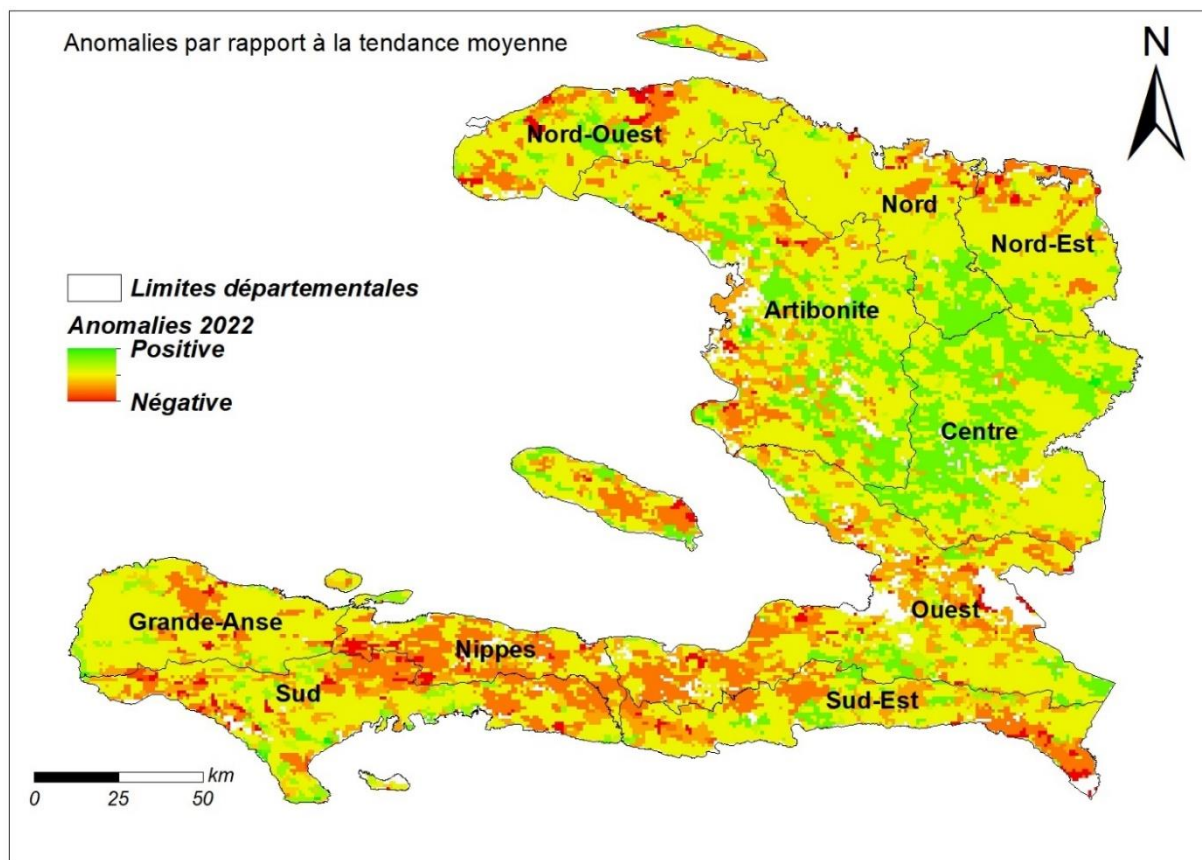


Figure 21 Anomalies 2022

Actuellement, les régions les plus sensibles à l'insécurité alimentaire au regard des cartes de vulnérabilité produites sont les régions du Grand Sud du pays et une partie dans le département du Nord-Ouest réputée très vulnérable. Les régions de l'Artibonite et du centre connaissent une certaine amélioration. En ce sens, en termes de planification et de réponse, les zones les plus sensibles doivent avoir une attention particulière des partenaires et acteurs intervenant dans le secteur de la SA.

CONCLUSION

Cette étude a permis de combiner des informations provenant de diverses sources pour aboutir à une carte de vulnérabilité à l'insécurité alimentaire en Haïti. Des indices de végétation (NDVI et EVI) ont été calculés à partir d'une série d'images du satellite MODIS de la NASA. Les dimensions ou piliers de la sécurité alimentaires, à savoir : disponibilité, accès, utilisation et stabilité ont été intégrés dans une analyse multicritère pour produire cette carte. En effet, mesurer la sécurité alimentaire revient à mesurer ses différentes dimensions. Des anomalies par rapport à la situation historique sont calculées afin de suivre l'évolution de la sécurité alimentaire dans le pays. À partir des données d'observation de la terre et des données territoriales, une carte de vulnérabilité à l'insécurité alimentaire a été produite pour Haïti en prenant en compte les dimensions de la sécurité alimentaire, ce qui vérifie nos hypothèses de recherche. Cependant, le système de suivi mis en place par le CNIGS qui produit les statistiques nécessaires à la production de notre carte n'utilise que l'EVI comme donnée d'entrée. Les indices EVI et NDVI ne donnent pas tout à fait les mêmes résultats car se comportant différemment en fonction du couvert végétal. En effet, malgré ses nombreux avantages par rapport au NDVI, l'EVI est plus sensible pour les zones de forte végétation ou de biomasse élevée. Le NDVI connaît une saturation dans ces zones-là mais est plus performant pour le suivi de l'agriculture. Les cartes de vulnérabilité à l'IA ont été produites séparément pour ces deux indices de végétation. La recherche pourra associer ou combiner à l'avenir ces deux indices pour mesurer la sécurité alimentaire en Haïti pour garantir un meilleur suivi de la végétation et donc mieux planifier et coordonner la réponse face aux crises. De plus, d'autres indices tels que le VCI, le SPI, le LST peuvent être inclus dans le système d'acquisition et de traitement mis en place par le CNIGS afin d'améliorer les résultats.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Atlas agricole d'Haïti.* (s. d.). Consulté 28 juillet 2022, à l'adresse http://agriculture.gouv.ht/statistiques_agricoles/Atlas/thematique_generale.html
- BM. (2022). *Haïti / Data*. <https://donnees.banquemondiale.org/pays/haiti>
- CNSA. (2019). *Rapport de l'atelier d'analyse de la classification de l'IPC aigue* (p. 16).
- CNSA. (2021). *Propositions pour l'opérationnalisation de la redynamisation du système de surveillance de la sécurité alimentaire* (p. 18).
- CNSA. (2022). Notre mission. *CNSA Haïti*. <https://www.cnsahaiti.org/notre-mission/>
- Dilley, M., & Boudreau, T. E. (2001). Coming to terms with vulnerability : A critique of the food security definition. *Food Policy*, 26(3), 229-247. [https://doi.org/10.1016/S0306-9192\(00\)00046-4](https://doi.org/10.1016/S0306-9192(00)00046-4)
- Eerens, H., Haesen, D., Rembold, F., Urbano, F., Tote, C., & Bydekerke, L. (2014). Image time series processing for agriculture monitoring. *Environmental Modelling & Software*, 53, 154-162. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.10.021>
- European Commission. Joint Research Centre. (2018). *ASAP water satisfaction index*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/478822>
- FAO. (1996). *World Food Summit—Final Report—Part 1*. <https://www.fao.org/3/w3548e/w3548e00.htm>
- FAO. (2008). *An introduction to the basic concepts of food security*. <https://www.fao.org/3/al936e/al936e.pdf>
- FAO (Éd.). (2012). *IPC cadre intégré de classification de la sécurité alimentaire : Manuel technique version 2.0 preuves et normes pour de meilleures décisions en sécurité alimentaire*. FAO. <https://www.fao.org/publications/card/fr/c/f5f3de62-a703-580f-a544-9285d36967d4/>
- FAO, FIDA, OMS, PAM, & UNICEF. (2021). *L'État de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde 2021*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb4474fr>

- FAO, IFAD, & WFP. (2015). *The State of Food Insecurity in the World 2015. Meeting the 2015 international hunger targets : Taking stock of uneven progress.* <https://www.fao.org/3/i4646e/i4646e.pdf>
- FAO-FSAU. (2005). *Nutrition a guide to data collection, analysis, interpretation and use.* <https://www.ennonline.net/attachments/887/fsau-nutrition-a-guide-to-data-collection-analysis-interpretation-and-use.pdf>
- Feizizadeh, B., Pourmoradian, S., & Pourmoradian, S. (2015). Food Security Assessment Based on GIS Spatial Analysis in the Rural Area of East Azerbaijan Province, Iran. *GI_Forum, 1*, 475-483. <https://doi.org/10.1553/giscience2015s475>
- France Diplomatie. (2022). *Présentation de Haïti.* France Diplomatie - Ministère de l'Europe et des Affaires étrangères. <https://www.diplomatie.gouv.fr/fr/dossiers-pays/haiti/presentation-de-haiti/>
- Fung, T., & Siu, W. (2000). Environmental quality and its changes, an analysis using NDVI. *International Journal of Remote Sensing, 21*(5), 1011-1024. <https://doi.org/10.1080/014311600210407>
- Funk, C., & Budde, M. E. (2009). Phenologically-tuned MODIS NDVI-based production anomaly estimates for Zimbabwe. *Remote Sensing of Environment, 113*(1), 115-125. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.08.015>
- Huang, S., Tang, L., Hupy, J. P., Wang, Y., & Shao, G. (2021). A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. *Journal of Forestry Research, 32*(1), 1-6. <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01155-1>
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment, 83*(1-2), 195-213. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00096-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2)
- INFORM. (2021). *Inform Risk Index.* <https://drmkc.jrc.ec.europa.eu/inform-index>.
- IPC. (2021). *Analyse IPC de l'Insécurité Alimentaire Aiguë septembre 2021– juin 2022.* http://www.cnsahaiti.org/Web/Bulletin_IPC/2021/Nationale/Fiche%20communication%20IPC%20aigue%20_%20version%20finale%20%20220921%20CNSA.pdf

- Justice, C. O., Vermote, E., Townshend, J. R. G., Defries, R., Roy, D. P., Hall, D. K., Salomonson, V. V., Privette, J. L., Riggs, G., Strahler, A., Lucht, W., Myneni, R. B., Knyazikhin, Y., Running, S. W., Nemani, R. R., Zhengming Wan, Huete, A. R., van Leeuwen, W., Wolfe, R. E., ... Barnsley, M. J. (1998). The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) : Land remote sensing for global change research. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 36(4), 1228-1249. <https://doi.org/10.1109/36.701075>
- Kinet, J. (2019). *L'outil Cadre Harmonisé comme mesure de l'insécurité alimentaire et nutritionnelle au Bénin : Application, limites actuelles et apports potentiels de l'imagerie satellitaire dans l'identification des zones vulnérables.* 195. <https://matheo.uliege.be/bitstream/2268.2/7482/4/TFE%20M2%20SDE%20PED%202018-2019%20KINET%20JULIE.pdf>
- Kogan, F. (2019). *Remote Sensing for Food Security.* Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-96256-6>
- Larousse, É. (2022). *Haïti République d'Haïti—LAROUSSE.* <https://www.larousse.fr/encyclopedie/pays/Ha%C3%Afti/122971>
- Lentz, E. C., Michelson, H., Baylis, K., & Zhou, Y. (2019). A data-driven approach improves food insecurity crisis prediction. *World Development*, 122, 399-409. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.06.008>
- Matsushita, B., Yang, W., Chen, J., Onda, Y., & Qiu, G. (2007). Sensitivity of the Enhanced Vegetation Index (EVI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Topographic Effects : A Case Study in High-density Cypress Forest. *Sensors*, 7(11), 2636-2651. <https://doi.org/10.3390/s7112636>
- Meroni, M., Fasbender, D., Rembold, F., Atzberger, C., & Klisch, A. (2019). Near real-time vegetation anomaly detection with MODIS NDVI: Timeliness vs. accuracy and effect of anomaly computation options. *Remote Sensing of Environment*, 221, 508-521. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.11.041>
- MPCE. (2010). *Haiti Earthquake PDNA: Assessment of damage, losses, general and sectoral needs.* Ministère de la Planification et de la Coopération Externe.

https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8868/Haiti_earthquake_PDNA.pdf?sequence=3&BisAllowed=

MPCE. (2017). *Évaluation des besoins post catastrophe pour le Cyclone Mathieu*.
[https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ht/UNDP-HT-PrevCri-](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ht/UNDP-HT-PrevCri-EvaluationBesoinPostCatastropheCycloneMathieu-PDNA-31012017-SM.pdf)

[EvaluationBesoinPostCatastropheCycloneMathieu-PDNA-31012017-SM.pdf](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ht/UNDP-HT-PrevCri-EvaluationBesoinPostCatastropheCycloneMathieu-PDNA-31012017-SM.pdf)

MPCE. (2021). *Évaluation Post-Désastre En Haïti Séisme du 14 août 2021 dans la péninsule sud*.

Ministère de la Planification et de la Coopération Externe.

[https://www.humanitarianresponse.info/en/operations/haiti/document/ha%C3%AFti-](https://www.humanitarianresponse.info/en/operations/haiti/document/ha%C3%AFti-%C3%A9valuation-post-d%C3%A9sastre-s%C3%A9isme-du-14-aout-2021-dans-la-p%C3%A9ninsule)

[%C3%A9valuation-post-d%C3%A9sastre-s%C3%A9isme-du-14-aout-2021-dans-la-](https://www.humanitarianresponse.info/en/operations/haiti/document/ha%C3%AFti-%C3%A9valuation-post-d%C3%A9sastre-s%C3%A9isme-du-14-aout-2021-dans-la-p%C3%A9ninsule)

[p%C3%A9ninsule](https://www.humanitarianresponse.info/en/operations/haiti/document/ha%C3%AFti-%C3%A9valuation-post-d%C3%A9sastre-s%C3%A9isme-du-14-aout-2021-dans-la-p%C3%A9ninsule)

Nakalembe, C., Becker-Reshef, I., Bonifacio, R., Hu, G., Humber, M. L., Justice, C. J., Keniston,

J., Mwangi, K., Rembold, F., Shukla, S., Urbano, F., Whitcraft, A. K., Li, Y., Zappacosta, M.,

Jarvis, I., & Sanchez, A. (2021). A review of satellite-based global agricultural monitoring

systems available for Africa. *Global Food Security*, 29, 100543.

<https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100543>

Napoli, M., Muro, P. D., & Mazziotta, M. (2011). *Towards a Food Insecurity Multidimensional*

Index (FIMI). 72. <https://www.fao.org/fileadmin/templates/ERP/uni/FIMI.pdf>

Pangaribowo, E. H., Gerber, N., & Torero, M. A. (2013). Food and Nutrition Security Indicators :

A Review. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2237992>

Primature, Q. (2018). *Politique et Stratégie Nationales de Souveraineté et Sécurité Alimentaires*

et de Nutrition en Haïti (PSNSSANH). 40. <http://faolex.fao.org/docs/pdf/hai209018.pdf>

Ramachandran, B., Justice, C. O., & Abrams, M. J. (Éds.). (2011). *Land Remote Sensing and*

Global Environmental Change : NASA's Earth Observing System and the Science of ASTER

and MODIS (Vol. 11). Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6749-7>

Rembold, F., Meroni, M., Urbano, F., Csak, G., Kerdiles, H., Perez-Hoyos, A., Lemoine, G., Leo,

O., & Negre, T. (2019). ASAP : A new global early warning system to detect anomaly hot spots

of agricultural production for food security analysis. *Agricultural Systems*, 168, 247-257.

<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.07.002>

- Riely, F., Mock, N., Cogill, B., & Bailey, L. (1999). *Food security indicators and framework for use in the monitoring and evaluation of food aid programs*. http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnacg170.pdf
- Sassi, M. (2018). *Understanding Food Insecurity*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-70362-6>
- Spotifarm, A. de. (2020). *Agriculture de precision: Qu'est-ce que l'indice NDVI?* <https://blog.spotifarm.fr/tour-de-plaine-spotifarm/quest-ce-que-lindice-ndvi-en-agriculture>
- SVS, N. (2021, août 9). *SVS: Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Anomaly in crop-growing regions for selected years*. <https://svs.gsfc.nasa.gov/4916>
- Vaitla, B., Coates, J., Glaeser, L., Hillbruner, C., Biswal, P., & Maxwell, D. (2017). The measurement of household food security : Correlation and latent variable analysis of alternative indicators in a large multi-country dataset. *Food Policy*, 68, 193-205. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.02.006>
- Vijith, H., & Dodge-Wan, D. (2020). Applicability of MODIS land cover and Enhanced Vegetation Index (EVI) for the assessment of spatial and temporal changes in strength of vegetation in tropical rainforest region of Borneo. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 18, 100311. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100311>
- Water. (2021, janvier 29). *Explanation of Standard Precipitation Index (SPI)*. Water. <https://www.in.gov/dnr/water/water-availability-use-rights/water-resource-updates/monthly-water-resource-summary/explanation-of-standard-precipitation-index-spi/>
- Webb, P., & Rogers, B. L. (2003). *!DDRESSINGTHE@)N IN&OOD)NSECURITY Democracy, Conflict, and Humanitarian Assistance Office of Food for Peace Operations : Occasional Paper #.*

ANNEXE

Annexe 1 Score de diversité alimentaire à partir des données issues du PITDD

Commune	Sup_com (ha)	Diversité	Pourcentage (ha)	Céréales	Légumineuses	Maraichage	Vivrières	Fruitières	Industrielles	% commune	Sup Moyenne % par culture
Abricots	10248.13	1	974.90	272.34	61.1	139.18	4405.1	45.82	925.84	0.57	0.10
Acul du Nord	18783.37	2	1328.94	371.96	693.72		4686.14	64.13	2157.71	0.42	0.07
Anse A Foleur	7039.93	2	639.72	234.55	266.06		1980.08	178.53	1179.12	0.55	0.09
Anse A Galet	37594.85	2	1555.03	4010.32	4309.14		404.66	606.08		0.25	0.04
Anse A Pitre	18259.48	4	374.92	594.72	411.51		706.62	69.55	467.14	0.12	0.02
Anse A Veau	10671.24	2	605.64	1400.67	1369.03		291.01	280.48	292.66	0.34	0.06
Anse d'Hainault	9687.26	3	519.49	563.21	51.28		1282.24	367.35	852.87	0.32	0.05
Anse Rouge	43133.88	1	1011.73	5454.38	362.61		253.38			0.14	0.02
Aquin	63715.95	2	2060.72	7347.37	2138.45		1333.47	1159	386.01	0.19	0.03
Arcahaie	41041.35	3	2349.57	5571.83	3556.48	666.76	3370.22	932.1		0.34	0.06
Arnaud	7406.71	2	491.11	786.4	444.7	21.12	274.29	422.15	997.97	0.40	0.07
Arniquet	4998.06	2	41.06	135.33			111.03			0.05	0.01
Bahon	7933.97	2	318.43	140.06	455.5		1051.61	227.88	35.54	0.24	0.04
Baie de Henne	20432.52	3	341.19	929.19	561.74		500.82	13.84	41.52	0.10	0.02
Bainet	30007.58	2	1685.24	5971.33	1254.59		2215.31	647.45	22.73	0.34	0.06
Baraderes	18616.73	3	1010.97	1634.13	754.88		1727.01	1674.27	275.5	0.33	0.05
Bas Limbe	5239.22	2	417.60	364.43	420.57	40.1	1350.92	58.83	270.76	0.48	0.08
Bassin Bleu	21394.77	3	958.08	1440.32	1496.45	52.56	2191.15	515.43	52.56	0.27	0.04
Beaumont	16755.55	3	646.70	538.71	911.45	28.25	716.54	140.76	1544.48	0.23	0.04
Belladere	30109.99	2	2180.41	6178.67	2034.58		4608.89		260.3	0.43	0.07
Belle Anse	38369.35	3	816.18	2047.55	868.25	25.7	1234.79	188.67	532.14	0.13	0.02
Bombardopolis	18663.71	3	415.46	483.2	879.38		894.19	130.15	105.85	0.13	0.02
Bonbon	3451.05	2	280.20	148.61	163.27		942.78		426.56	0.49	0.08

II

Commune	Sup_com (ha)	Diversité	Pourcentage (ha)	Céréales	Légumineuses	Maraichage	Vivrières	Fruitières	Industrielles	% commune	Sup Moyenne % par culture
Borgne	18231.03	2	1334.46	334.06	1078.53		4352.53	495.55	1746.1	0.44	0.07
Boucan Carre	35542.70	2	1717.16	6724.25	2035.15	9.29	1280.54	235.85	17.87	0.29	0.05
Cabaret	20447.60	3	943.42	1073.22	383.47		2384.36	1698.89	120.55	0.28	0.05
Camp Perrin	12684.70	2	478.75	1819.17	696.62		333.48	23.22		0.23	0.04
Cap Haitien	5417.61	1	202.33	55.69	37.13		1121.13			0.22	0.04
Capotille	6122.52	2	393.12	167.89	1080.34		1083.67	15.53	11.29	0.39	0.06
Caracol	7493.02	4	101.11	147.82	131.43		183.16	26.76	117.49	0.08	0.01
Carice	5632.73	3	372.60	222.66	613.94		520.37	823.09	55.52	0.40	0.07
Carrefour	16460.18	3	766.21	1974.15	1085.85		1035.69	275.66	225.92	0.28	0.05
Cavaillon	22851.96	3	1619.62	4802.76	505.39		1642.56	687.22	2079.79	0.43	0.07
Cayes-Jacmel	8009.12	2	420.85	988.74	303.33		1067.75	79.62	85.68	0.32	0.05
Cerca Carvajal	15635.54	2	733.95	2187.96	1430.06		652.05	106.89	26.74	0.28	0.05
Cerca La Source	36181.28	2	2518.97	4488.9	6043.46	170.42	2381.84	912.07	1117.12	0.42	0.07
Chambellan	7347.18	3	630.48	1233.08	1120.03		1151.92		277.87	0.51	0.09
Chamsolme	5378.12	2	262.55	283.54	202.99		996.7	25.84	66.21	0.29	0.05
Chantal	15100.34	3	666.89	1061.26	861.24		1657.82	420.99		0.26	0.04
Chardonnières	11461.46	4	562.81	862.02	870.16		917.97		726.7	0.29	0.05
Cite Soleil	2138.78	2	19.84	23.81	5.95		89.3			0.06	0.01
Corail	10777.84	1	373.28	96.77	199.81		1754.11	188.99		0.21	0.03
Cornillon/Grd Bois	22472.36	0	0.00							0.00	0.00
Coteaux	7089.05	2	320.86	1051.54	268.91		529.65	37.52	37.52	0.27	0.05
Cotes de Fer	17573.57	1	1273.16	5450.17	1061.88		492.52	634.4		0.43	0.07
Croix-Des-Bouquets	64438.89	4	1167.50	2162	1171.91		1296.3	1359.95	1014.86	0.11	0.02
Dame-Marie	10043.71	2	579.70	354.16			1536.79	213.62	1373.63	0.35	0.06
Delmas	2607.08	0	0.00							0.00	0.00
Desdunes	10028.19	1	220.99	1325.92						0.13	0.02

III

Commune	Sup_com (ha)	Diversité	Pourcentage (ha)	Céréales	Légumineuses	Maraichage	Vivrières	Fruitières	Industrielles	% commune	Sup Moyenne % par culture
Dessalines	47009.52	1	2110.58	8107.04	1310.21	999.1	1505.81	602.1	139.24	0.27	0.04
Dondon	12053.13	3	830.61	834.6	1387.54		1702.62	573.2	485.67	0.41	0.07
Ennery	21286.04	3	749.51	1358.89	1386.47	191.87	430.45	822.41	306.98	0.21	0.04
Ferrier	6843.63	3	152.52	401.07	15.28		307.98	153.75	37.05	0.13	0.02
Fonds Des Negres	8577.41	2	605.64	1400.67	1369.03		291.01	280.48	292.66	0.42	0.07
Fonds Verrettes	28782.82	2	126.79	238.32	434.1		23.15	65.15		0.03	0.00
Fort Liberte	23771.73	4	524.43	806.55	907.82		627.64	622.24	182.35	0.13	0.02
Ganthier	49293.29	2	957.47	2262.03	351.53	313	1808.48	304.22	705.58	0.12	0.02
Gonaives	56865.89	2	1231.96	4238.62	1906.16	282.55	827.2	137.23		0.13	0.02
Grand Boucan	4481.21	2	266.83	640.39	960.59					0.36	0.06
Grand Gosier	7984.86	2	295.67	930.33	484.85		50.84	154	154	0.22	0.04
Grande Riviere Du Nord	12660.07	2	862.80	482.93	794.69	60	2091.36	563.22	1184.61	0.41	0.07
Grande Saline	5072.06	1	104.20	535.89			44.66	44.66		0.12	0.02
Grand-Goave	24602.84	3	1171.88	3308.14	1550.02		2115.76		57.33	0.29	0.05
Gressier	8961.38	3	401.42	741.33	439.21		994.15	69.16	164.66	0.27	0.04
Gros Morne	39778.10	2	2464.61	2705.1	5924.58	140.73	2051.95	1703.68	2261.62	0.37	0.06
Hinche	58345.46	3	4252.43	9838.65	7889.72	47.93	4496.21	325.89	2916.2	0.44	0.07
Ile A Vache	4567.38	3	163.06	348.87			189.6	439.9		0.21	0.04
Jacmel	44196.88	2	2238.21	6637.92	3098.91	139.18	2013.98	457.35	1081.93	0.30	0.05
Jean Rabel	48437.42	3	2625.47	6871.8	3746.48	46.49	4357.04	603.84	127.16	0.33	0.05
Jeremie	41794.99	3	2325.73	2812.88	1144.61	110.35	4640.56	2312.32	2933.68	0.33	0.06
Kenscoff	20411.43	2	287.58	487.63	740.91	61.42	265.53	131.62	38.39	0.08	0.01
La Chapelle	14652.42	2	354.25	1070.7	284.2		641.5		129.11	0.15	0.02
La Tortue	17862.26	2	714.04	358.08	1151.55		2180.4	492.16	102.02	0.24	0.04
La Vallee	8541.61	2	721.81	1966.74	508.41	112.38	1743.31			0.51	0.08
La Victoire	3039.61	3	348.74	524.33	742.27		669.84	66.19	89.78	0.69	0.11

IV

Commune	Sup_com (ha)	Diversité	Pourcentage (ha)	Céréales	Légumineuses	Maraichage	Vivrières	Fruitières	Industrielles	% commune	Sup Moyenne % par culture
Lascahobas	25592.57	2	972.85	2038.74	701.96		2836.26	117.56	142.59	0.23	0.04
L'Asile	15718.75	3	693.65	1072.33	809.4		1452.59	622.2	205.38	0.26	0.04
Leogane	38100.70	4	2149.88	2230.29	2989.31		3409.57	1303.43	2966.67	0.34	0.06
Les Anglais	11988.27	3	435.72	538.6	576.43		1473.48	25.82		0.22	0.04
Les Cayes	21793.73	2	1561.36	4259.27	680.25		1319.6	258.82	2850.23	0.43	0.07
Les Irois	12628.82	3	594.08	608.76	867.27		1395.92	289.4	403.14	0.28	0.05
L'Estere	17405.63	1	249.43	1474.64			21.93			0.09	0.01
Limbe	11908.43	3	866.97	362.03	483.55		2469.66	938.14	948.46	0.44	0.07
Limonade	13132.91	2	548.09	558.76	462.95		1900.73	19.06	347.02	0.25	0.04
Maissade	29604.20	3	2035.89	4163.44	2902.86		1279.43	75.19	3794.39	0.41	0.07
Maniche	13038.18	2	757.75	2652.9	60.18		1470.73	99.37	263.34	0.35	0.06
Marigot	18962.99	3	803.03	2173.35	459.25	33.03	1134.8	865.71	152.06	0.25	0.04
Marmelade	11235.70	3	939.94	975.79	2133.58		1555.92	682.25	292.1	0.50	0.08
Milot	7035.48	2	711.66	17.24	424.67		1630.82	269.45	1927.8	0.61	0.10
Miragoane	16994.01	1	161.90	539.51	65.28	11.54	144.12	87.72	123.22	0.06	0.01
Mirebalais	32714.54	3	2574.07	6328.8	3043.02		1848.71	1094.17	3129.71	0.47	0.08
Mole Saint Nicolas	23053.75	2	423.81	876.79	227.29		1231.77	191.41	15.59	0.11	0.02
Mombin Crochu	20091.17	3	1282.29	1840.28	3091.86		1755.57	669.63	336.4	0.38	0.06
Mont Organise	10261.61	1	534.95	405.85	298.15		1685.59	470.93	349.16	0.31	0.05
Moron	18088.53	1	1147.15	957.19	262.31		4468.56	443.02	751.79	0.38	0.06
Ouanaminthe	20363.61	2	1056.48	1437.7	2780.97		933.42	639.57	547.23	0.31	0.05
Paillant	6594.47	3	349.56	598.05	320.7	370.18	791.54	13.51	3.38	0.32	0.05
Perches	4046.94	3	170.93	51.59	358.7		259.35	187.59	168.37	0.25	0.04
Pestel	29114.11	2	1120.03	1307.78	742.45	256.39	4169.9	100.33	143.32	0.23	0.04
Petion-Ville	15734.93	3	266.06	684.18	440.19		383.29	88.72		0.10	0.02
Petit Goave	37916.25	2	2416.35	6028.82	5626.56		1559.21	598.09	685.42	0.38	0.06

Commune	Sup_com (ha)	Diversité	Pourcentage (ha)	Céréales	Légumineuses	Maraichage	Vivrières	Fruitières	Industrielles	% commune	Sup Moyenne % par culture
Petit Trou De Nippes	15430.34	3	731.93	1249.73	344.41		1117.02	1068.41	612	0.28	0.05
Petite Rivière de l'Art	50730.38	3	2351.79	5780.4	3198.73	641.31	4022.53	139.52	328.25	0.28	0.05
Petite Rivière de Nippes	8963.68	3	537.61	1355.32	596.16	41.9	914.11	192.1	126.07	0.36	0.06
Pignon	14441.62	2	1687.72	1429.97	685.55	57.75	3223.52	155.43	4574.12	0.70	0.12
Pilate	13573.86	2	1244.97	872.22	1663.97	69.81	4198.68		665.14	0.55	0.09
Plaine du Nord	10079.59	2	875.11	655.45	233.57	47.23	2908.07	188.91	1217.45	0.52	0.09
Plaisance	12199.06	4	961.79	984.43	1669.21	65.56	1362.84	490.05	1198.67	0.47	0.08
Plaisance du Sud	9131.63	3	574.51	1292.7	925.27		745.99	217.45	265.63	0.38	0.06
Pointe A Raquette	31508.08	2	612.92	453.17	1480.99		320.12	1121.84	301.38	0.12	0.02
Port De Paix	35710.76	3	1709.13	1970.21	2388.64	269.86	5191.84	288.3	145.93	0.29	0.05
Port Margot	12378.86	3	786.61	1006.61	587.74		956.32	703.73	1465.28	0.38	0.06
Port-a-Piment	5738.36	4	464.70	592.13	823.11		497.49	748.29	127.19	0.49	0.08
Port-au-Prince	3425.26	2	24.27	84.65	47.7		5.1	8.15		0.04	0.01
Port-Salut	5826.27	3	710.51	1727.75	788.53		871.94	200.47	674.35	0.73	0.12
Quartier Morin	5971.23	2	441.32	139.02	209.72		1176.28	317.73	805.17	0.44	0.07
Ranquitte	8065.51	3	190.30	246.01	537.61		315.62		42.54	0.14	0.02
Roche-A-Bateau	4924.99	3	337.30	1051.08	359.76		540.67	72.31		0.41	0.07
Roseaux	21343.13	2	1148.93	1682.42	357.93	140.31	2885.48	681.47	1145.95	0.32	0.05
Saint Louis du Nord	11373.43	2	984.67	1021.51	223.88		4400.05	148.87	113.68	0.52	0.09
Sainte Suzanne	12849.77	2	610.85	361.85	723.36		1960.26	567.11	52.49	0.29	0.05
Saint-Marc	55690.19	3	1706.16	2992.01	2982.85	390.72	3196.57	7.1	667.73	0.18	0.03
Saint-Michel de l'Attal	60328.27	3	4974.79	6857.4	5918.26	281.64	1752.29	1212.5	13826.65	0.49	0.08
Saut d'Eau	17181.08	2	1429.01	4324.73	409.64	111.22	1365.52	170.63	2192.31	0.50	0.08
Savanette	16690.71	3	2159.16	4034.75	2970.69		2667.32	1372.62	1909.55	0.78	0.13
St. Jean du Sud	6917.19	3	452.99	1284.38	64.24		813.48	502.61	53.25	0.39	0.07
St. Louis du Sud	18265.12	3	491.82	1011.48	786.3		608.49	272.21	272.43	0.16	0.03

Commune	Sup_com (ha)	Diversité	Pourcentage (ha)	Céréales	Légumineuses	Maraichage	Vivrières	Fruitières	Industrielles	% commune	Sup Moyenne % par culture
St. Raphael	18385.31	3	1371.13	2286.57	1635.54	1160.42	1176.78		1967.46	0.45	0.07
Tabarre	2845.99	1	14.53					87.15		0.03	0.01
Terre Neuve	18124.65	2	666.24	802.18	3066.4	109.16	19.69			0.22	0.04
Terrier Rouge	16983.45	3	421.57	675.99	312.02	17.09	774.47	749.82		0.15	0.02
Thiotte	12192.88	2	582.70	1649.94	290.92	190.73	366.28	88.88	909.47	0.29	0.05
Thomassique	23811.13	3	1626.24	2904.83	3815.32		2947.81		89.5	0.41	0.07
Thomazeau	29254.59	3	616.82	1150.62	1048.57	505.23	740.03	54.56	201.88	0.13	0.02
Thomonde	25300.43	3	2217.08	5188.06	3406.85		3522.33	110.71	1074.5	0.53	0.09
Tiburon	14695.75	2	657.97	495.01	1139.91		1329.82	618.95	364.15	0.27	0.04
Torbeck	18916.34	2	1137.32	3305.81	795.03		1931.43	475.09	316.53	0.36	0.06
Trou du Nord	12993.51	3	597.98	618.55	1131.32		1106.1	228.3	503.58	0.28	0.05
Valliere	15601.50	3	627.76	309.04	1033.71		1173.17	557.76	692.87	0.24	0.04
Verrettes	34834.20	3	1486.65	4422.69	2077.26	192.98	1969.64		257.3	0.26	0.04