



**HAL**  
open science

**ETUDE D'IMPACT DES CHANGEMENTS  
CLIMATIQUES SUR TROIS FILIERES AGRICOLES  
(RIZ, MAIS ET HARICOT) DANS VALLEE DE  
L'ARTIBONITE, HAÏTI AVEC L'APPUI  
TECHNIQUE DE LA FACULTE DES SCIENCES DE  
L'AGRICULTURE ET DE L'ENVIRONNEMENT  
FSAE/UNIQ**

Yvio Georges

► **To cite this version:**

Yvio Georges. ETUDE D'IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR TROIS FILIERES AGRICOLES (RIZ, MAIS ET HARICOT) DANS VALLEE DE L'ARTIBONITE, HAÏTI AVEC L'APPUI TECHNIQUE DE LA FACULTE DES SCIENCES DE L'AGRICULTURE ET DE L'ENVIRONNEMENT FSAE/UNIQ. [Rapport de recherche] Université Quisqueya (Port-au-Prince). 2014. hal-02470059

**HAL Id: hal-02470059**

**<https://hal.science/hal-02470059v1>**

Submitted on 11 Feb 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**ETUDE D'IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR TROIS  
FILIERES AGRICOLES (RIZ, MAIS ET HARICOT) DANS VALLEE DE  
L'ARTIBONITE, HAÏTI**

**AVEC L'APPUI TECHNIQUE DE LA FACULTE DES SCIENCES DE  
L'AGRICULTURE ET DE L'ENVIRONNEMENT  
FSAE/UNIQ**

***JUILLET 2014***

**REMERCIEMENTS**

**A L'EQUIPE TECHNIQUE DE LA FSAE  
DE L'UNIVERSITE QUISQUEYA**

**M. YVIO GEORGES,**

**COORDONNATEUR TECHNIQUE ET SCIENTIFIQUE DE LA RECHERCHE**

**M. ANTOINE WESNER, SPECIALISTE EN GRANDES CULTURES**

**M. POLO VALENTZ, SPECIALISTE SIG / MODELISATION HNMM**

**M. HANS GUILLAUME, SPECIALISTE EN SC. DU SOL/ ANALYSE DE LA SALINITE**

**MARTINE ELISABETH M., SPECIALISTE SIG, APPUI AUX ACTIVITES DE TERRAIN**

**M. ROCHETEAU COQMARD, EXPERT SIG, CONTROLE DE QUALITE DES INPUTS,  
STANDARDISATION DES LIVRABLES ET CARTOGRAPHIE THEMATIQUE**

**AU DECANAT DE LA FSAE**

**Professeur. Edmond Magny (Lecteur)**

**Professeur Gaël Pressoir (Contrôle de Qualité)**

**AUX EQUIPES DES STAGIAIRES**

**CATESIG**

**Cyprin Landy Sabrina**

**Desruisseaux Maxim**

**LABORATOIRE /ANALYSE DE SOL**

**Derival Jn Marckendy,**

**Felex Joseph,**

**Duvalssaint Emmanuel**

**Drolson Cenelus**

**AUX ETUDIANTS BENEVOLES**

**Ayant contribué à un niveau ou à un autre aux activités de laboratoire**

Inozile Jean wilguens,

Deusmar Benjamen,

Charles Jodany,

Dorval Sabiline,

Renette Carcéus

Désarmé Rodney,

Jean Gilles Love

**A L'EQUIPE DE TERRAIN**

**Pour sa contribution à la collecte des données et des échantillons de sol pour les analyses de laboratoire**

Tony Deshommes, Agronome Junior

Loutie Compère, finissant

Geanel Marcelin, finissant

Azemar José, finissant

Celestion Naldee H. steeve, finissant

Aneas Boaz, finissant

Joseph Bobiol, finissant

## **RESUME EXECUTIF**

La Vallée de l'Artibonite (VA) représente l'une des zones de basse altitude du pays où l'agriculture est pratiquée de façon continue et intensive. Cet espace faisant partie de la faible proportion de plaines du pays est en proie à des menaces diverses notamment les événements hydrométéorologiques, la hausse du niveau moyen de la mer et la salinité des sols. Ces deux dernières ont constitué l'essentielle de cette recherche et tout un long processus avec beaucoup de rigueur scientifique a été établi tant pour les travaux de terrain (plus de 500 échantillons de sol prélevés repartis sur deux niveaux 0-15 et 15-30 cm) que pour les analyses de laboratoire pour parvenir aux résultats obtenus.

En effet, ce territoire est traversé par les rivières de l'Artibonite, de l'Estère et de la Quinte. Elle est limitée au Nord par la rivière de l'Estère qui sert d'émissaire de drainage. Elle est limitée au Sud par le canal primaire de Colminy, la route nationale no 1 et la route de Pont Sonde-Verettes. La limite Est est définie par le pied mont occidental du morne De Cahos et la limite Ouest est définie par un littoral marécageux et des terres basses. Dans le cadre de cette présente recherche, l'aire d'étude a été circonscrite sur une superficie d'environ 94000 ha et sur une dénivellation allant de 0 à 100 mètres (m). Elle touche en partie les communes de Verettes, de Petite Rivière de l'Artibonite, de Marchand Dessalines, de La Chapelle et de St Marc. Contrairement aux communes précédentes, celles de Grande Saline, de Desdunes et de l'Esther se trouvent entièrement à l'intérieur de la zone d'étude.

En matière d'occupation et d'utilisation du sol, l'Agriculture représente la principale occupation de ce territoire (plus de 50% de l'aire totale). Contrairement à d'autres régions de basse altitude du pays, les villes secondaires s'y trouvant sont peu développées et n'exercent pas de grande pression sur les terres agricoles. Elles n'occupent que 3.5% de l'aire de la zone d'étude. La région en grande partie carrossable et la plupart des sites d'observation sont accessibles par motocyclette. Les zones humides notamment dans les communes de Desdunes, l'Estère et Saint Marc sont de plus en plus importantes quand on va vers la zone côtière et sont sujettes à des problèmes de salinité à cause surtout de déficience constatée en matière de drainage.

La vallée de l'Artibonite détient un climat semi humide. Son climat comme celui du pays en général est marqué par l'alternance de saisons sèches (novembre-mars) et de saisons pluvieuses (généralement Mai et Novembre), avec une moyenne annuelle de température oscillant entre 24 et 27°C.

Les données disponibles sur les changements climatiques ont révélé que le climat du pays a changé depuis les quatre dernières décennies et continuera à l'être tout au long du 21ème siècle.

La Vallée est aussi vulnérable aux événements hydrométéorologiques les uns plus dévastateurs que les autres. Sa géomorphologie l'expose à des inondations récurrentes sans négliger la menace que représente la hausse du niveau moyen de la mer sur les infrastructures et l'occupation du sol en général. Ce département serait le département le plus menacé par l'inondation des eaux d'origine marines.

Les résultats obtenus à partir des analyses de sol au laboratoire révèlent que ce problème existe dans la Vallée de l'Artibonite. Et les communes côtières principalement celles de Grande Saline, Desdunes, l'Esther et St Marc (section Bocozièle) sont particulièrement les plus affectées par la salinité des sols. Cette recherche montre que ce problème existe dans la couche superficielle du sol (profondeur 0-15 cm) sur une superficie d'environ 26708.07 ha soit 28% de l'aire de la zone d'étude. La même tendance a été observée dans la profondeur B (15-30 cm) à l'exception de la section de Bocozièle que le problème a été détecté seulement dans la superficielle (de 0 à 15 cm). D'autres communes comme Marchand et Petite Rivière de l'Artibonite sont faiblement et de façon ponctuelle touchées par la salinité des sols. Toutes les causes ne sont pas encore bien élucidées. Cependant, la déficience de drainage ou son absence quasi totale dans certaines zones semble la principale cause de la salinité au niveau des périmètres irrigués de la vallée de l'Artibonite.

En terme d'impact potentiel de la salinité sur les principales filières de la VA, cet aspect a été analysé sur les filières de riz, de maïs et de Haricot lesquelles filieres sont réparties dans ces trois zones agroécologiques de la vallée : zones de monoculture, d'agriculture sèche et d'agriculture de montagne humide. Ces trois catégories de zone agro écologiques représentent respectivement 67, 25 et 3% de la superficie de la zone d'étude.

Outre la culture rizicole, les données récemment produites par le MARNDR sur les céréales, entre autres, montrent que dans certaines zones, les filières de maïs et de haricot représentent les cultures principales, dans d'autres, elles se trouvent en seconde position. Cependant, la production du riz est incontestablement la filière dominante de la vallée et occupe en tout 35,600 carreaux.

Les cultures vont répondre différemment aux différents niveaux de salinité qui prévalent à la Vallée de l'Artibonite. Il existe, pour chaque culture, un seuil plancher de salinité à partir duquel on va observer des pertes de rendement. Pour chaque culture également, il existe un seuil plafond correspondant à une perte de 100% en termes de rendement. Il existe donc à la vallée de l'Artibonite certaines zones ou certaines cultures interdites en raison uniquement du niveau trop élevé de salinité.

Cette recherche a permis de décrire les pertes potentielles de rendement des cultures en fonction de la salinité des sols enregistrées à la vallée de l'Artibonite. Elle révèle que 21% des terres la

vallée de l'Artibonite ne sont plus propices à la culture de haricot suite aux problèmes de salinité. En effet 21%, soit 20 089 ha de terre, sont affectées d'un niveau de salinité supérieur à 7 dS/m interdisant la culture du haricot. Pour le maïs et le riz, 15.1% des terres principalement concentrées dans la bande côtière de la vallée de l'Artibonite ne peuvent plus en produire à cause d'un niveau de salinité trop élevé. En effet 14477.5 ha, soit 15.1% de terres sont classées de fortement à très fortement salins, avec un niveau de salinité supérieure à 12 dS/m. Par conséquent les pertes de rendement sur ces terres atteignent les 100% pour le maïs et le riz, pour les variétés traditionnelles. Il est donc fondamentalement important d'étudier les causes et le processus de la salinisation des terres à la vallée de l'Artibonite en vue de prendre des mesures pour arrêter le processus et même renverser la situation des sols trop salins. On doit donc se tourner, pour ces zones, vers des variétés qui sont adaptées aux conditions d'extrême salinité. L'analyse de ce tableau permet de quantifier l'impact de la salinité des terres sur les rendements et la production des cultures de haricot, de maïs et de riz.

Les différents niveaux de salinité, d'impacts sur les cultures et superficies concernées

Degré de salinité	Superficie en ha	Pourcentage	Effet sur les cultures (pertes)		
			Haricot	Mais	Riz
Sols					
Libres de sel	69241.22	72.17	Aucun	Aucun	Aucun
Très faiblement salins	6618.36	6.9	30%	Aucun	Aucun
Faiblement salins	3998.7	4.7	100%	50%	Perte 40%
Salins	1604.4	1.67	100%	80%	Perte 70%
Fortement salins	2187.75	2.28	100%	100%	Perte 100%
Tres fortement salins	12298.8	12.83	100%	100%	100%

Source : UniQ, 2014

Quant aux Changements climatiques, l'analyse de la littérature révèle que ce problème est présent dans la région d'étude surtout par un retard considérable avant l'arrivée de la première

pluie. Se référant aux données du MDE (2013)<sup>1</sup>, les tendances ne sont pas différentes, les précipitations pourront être continuées à diminuer et dans les horizons de 2040 à 2070 les cultures de riz et de maïs particulièrement auront des contraintes hydriques. Cette situation pourrait exacerber la salinité des sols constatée actuellement. La Vallée de l'Artibonite, comme dans d'autres régions du monde où les moyens de subsistance des centaines de millions de personnes proviennent de petites exploitations agricoles<sup>2</sup>, serait vulnérable aux effets des CC. Sans l'apport de bonnes pratiques et de technologies d'adaptation appropriées pour une meilleure gestion du risque climatique et les effets associés, la résilience des producteurs sera fortement affectée.

En effet, le modèle d'élévation établi pour la zone d'étude simulant à la hausse du niveau moyen de la mer (HNMM) a été réalisé en se basant sur les scénarios de Changements Climatiques (de 2051 à 2071) existant sur la région. Les résultats montrent qu'une augmentation de 1 m du niveau moyen de la mer provoquerait la salinité des sols sur 135,83 ha de terre qui sont actuellement libres de sel soit 2,07% de l'aire de l'étude. Près de 8% des sols faiblement salins de la zone de notre recherche seront aussi touchés par la hausse du niveau de la mer. Ce qui augmentera le degré de salinité de ces sols. En cas de situation d'extrême climatique et/ou météorologique pendant la même période, si la hausse atteindrait 8 m, environ 6666,22 ha soit 11% des sols libres de sel actuellement seront vulnérables. Le problème sera aussi exacerbé sur 35% des sols très faiblement salins et 45% des sols faiblement salins.

---

<sup>1</sup> MDE ,2013. Deuxième communication nationale sur les changements climatiques en Haïti sous l'égide de la CCNCC. Rapport disponibles sur le site d'UNFCCC.

<sup>2</sup> [www.ccafs.cgiar.org](http://www.ccafs.cgiar.org)



## **TABLES DES MATIERES**

<b>RESUME EXECUTIF .....</b>	<b>4</b>
<b>TABLES DES MATIERES.....</b>	<b>8</b>
<b>LISTE DES CARTES.....</b>	<b>10</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>11</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>11</b>
<b>LISTE DES SIGLES.....</b>	<b>12</b>
<b>I. CONTEXTE .....</b>	<b>13</b>
1.1. Objectifs de la recherche .....	13
1.2. La zone d'étude .....	14
1.2.1. Localisation, accessibilité et relief .....	14
1.2.2. L'occupation et l'utilisation du sol .....	14
1.2.3. Le climat, sa variabilité et ses changements .....	15
<b>II. APPROCHE METHODOLOGIQUE .....</b>	<b>18</b>
2.1. Analyse de la documentation existante .....	18
2.2. Délimitation de la zone d'étude et échantillonnage .....	18
2.3. Les sondages de terrain et analyse de Laboratoire .....	19
2.4. L'utilisation des outils SIG et modélisation .....	20
2.4.1. Le Système d'information géographique (SIG) .....	20
2.4.2. L'extrapolation/modélisation de la salinité et la HNMM .....	20
<b>III. LA SALINITE DANS LA VALLEE DE LA L'ARTIBONITE .....</b>	<b>21</b>
3.1. Compréhension du problème et de ses causes en général .....	21
3.2. Degré de salinité des sols .....	21
3.2.1. La salinité actuelle dans la Vallée de l'Artibonite .....	22
<b>IV. LES PRINCIPALES FILIERES AGRICOLES DANS LA VA.....</b>	<b>31</b>
4.1. Répartition des principales filières agricoles par zones agro écologiques .....	31

---

<b>4.2. Les filières cibles dans la VA .....</b>	<b>34</b>
<b>4.3. La salinité des sols et les filières agricoles cibles .....</b>	<b>36</b>
4.3.1. Mécanismes développés par les plantes cultivées pour tolérer la salinité.....	36
4.3.2. La filière riz et la salinité .....	37
4.3.3. Le haricot, le maïs et la salinité .....	38
4.3.4. Impacts de la salinité sur les rendements des filières agricoles ciblées dans la vallée de l'Artibonite.....	39
<b>V. Le changements climatiques et ses impacts sur la VA.....</b>	<b>44</b>
<b>5.1. Hausse du Niveau Moyen de la Mer (HNMM).....</b>	<b>44</b>
<b>5.2. Impact de la Hausse du Niveau Moyen de la Mer (HNMM).....</b>	<b>45</b>
5.2.1. Impact potentiel sur la salinité actuelle.....	45
5.2.2. Impact sur l'occupation et l'utilisation du sol.....	48
<b>Conclusion.....</b>	<b>51</b>
<b>Recommandations.....</b>	<b>51</b>
<b>ANNEXE.....</b>	<b>56</b>

## **LISTE DES CARTES**

Carte 1: carte d'occupation du sol dans la Vallée de l'Artibonite.....	15
Carte 2: Délimitation de la zone d'étude et échantillonnage de l'enquête .....	19
Carte 3. Carte de la salinité des sols dans la Vallée de l'Artibonite, profondeur A (0-15 cm), en 2014.....	25
Carte 4. Carte de la salinité des sols dans la Vallée de l'Artibonite, profondeur A (0-15 cm), en 2014.....	26
Carte 5 : Les zones agro écologiques de la vallée de l'Artibonite .....	32
Carte 6 : Principales filières agricoles dans la Vallée de l'Artibonite.....	35
Carte 7 : Zones de cultures agricoles secondaires dans la Vallée de l'Artibonite .....	36
Carte 8: carte d'impact de la salinité sur la culture du Riz.....	41
Carte 9: carte d'impact de la salinité sur la culture de Haricot.....	42
Carte 10: Carte d'impact de la salinité sur la culture de Maïs.....	43
Carte 11 : Carte de la hausse du niveau moyen de la mer pour les scenarios de 1 et 8 m.....	45
Carte 12 : Impact potentiel de la hausse de 1 m du niveau moyen de la mer sur la salinité des sols .....	47
Carte 13 : Impact potentiel de la hausse d'environ 8 m du niveau moyen de la mer sur la salinité des sols.....	48
Carte 14 : Impact de la hausse du niveau moyen de la mer de 1m sur l'occupation et l'utilisation du sol.....	49
Carte 15 : Impact de la hausse du niveau moyen de la mer de 1m sur l'occupation et l'utilisation du sol.....	50

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1 : Déficience en matière de drainage dans la plupart des sites (source : UniQ 2014)....	28
Figure 2: Tolérance de la plupart des plantes à la salinité.....	29
Figure 3: Zones de production de maïs en monoculture dans la Vallée de l'Artibonite (UniQ, 2014).....	33
Figure 4: Zones de production de Riz en monoculture dans la Vallée de l'Artibonite (UniQ, 2014).....	34

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : Projection de changements dans les températures moyennes annuelles (C°) et chutes de pluie (%), Océan Atlantique et mer des Caraïbes .....	16
Tableau 2 : Identification des risques climatiques par rapport aux Zones et secteurs vulnérables .....	17
Tableau 3 : Superficie de sol affectée par la salinité dans la vallée de l'Artibonite .....	22
Tableau 4 : Répartition de la salinité par communes dans la Vallée de l'Artibonite .....	23
Tableau 5 .- Tolérance des trois filières aux sels.....	30
Tableau 6: Zones agro écologiques, occupation et utilisation du sol dominantes (UniQ, 2014) .	33
Tableau 7 . Salinité et rendement pour le riz dans la vallée de l'Artibonite .....	37
Tableau 8. Variétés de maïs et haricot noir cultivées dans la vallée de l'Artibonite .....	39
Tableau 9. Les différents niveaux de salinité, d'impacts sur les cultures et superficies concernées.....	40
Tableau 10 : Superficie vulnérable à une hausse marine de 1 m .....	46
Tableau 11 : Superficie vulnérable à une hausse marine d'environ 8 m.....	46

## **LISTE DES SIGLES**

CE	: Conductivité Electrique
FSAE	: Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Environnement
Ha	: hectare
HNMM	: Hausse du Niveau Moyen de la Mer
IDW	: Inverse Distance Weighted
M	: Mètre
MAP kinases	: Mitogen-Activated Protéines kinases
MARNDR	: Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelle et du Développement Rural
MDE	: Ministère de l'Environnement
MNT	: Modèle Numérique de Terrain
Na+	: Sodium
C °	: Degré Celsius
OCS	: Occupation du Sol
ODVA	: Organisation de Développement de la Vallée de l'Artibonite
PH	: potentiel hydrogène
Profondeur A	: profondeur de sol allant de 0 à 15 cm
Profondeur B	: profondeur de sol allant de 15 à 30 cm
S	: Siemens
SIG	: Système d'Information Géographique
SOS	: Salt Overly Sensitive
T/ha	: Tonne par l'hectare
UNIQ	: université Quisqueya
VA	: Vallée de l'Artibonite

## **I. CONTEXTE**

En Haïti, les plaines n'occupent que 550 000 ha, soit 20% de la superficie totale du pays et la vallée de l'Artibonite est l'une des zones de basses altitudes où l'agriculture intensive est pratiquée pendant toute l'année. La riziculture développée sur environ 15 périmètres irrigués au niveau national est fortement concentrée dans la Vallée de l'Artibonite (VA) qui fournit environ 60% de la production nationale<sup>3</sup>. Le secteur agricole emploie un nombre important d'individus dans la région (90.000 ménages actifs). Cependant, cette région fait face à des menaces liées aux changements climatiques (CC). La fréquence grandissante et l'ampleur des événements hydrométéorologiques et climatiques, les risques d'intrusion saline, la Hausse du Niveau Moyen de la Mer (HNMM) dans le futur susceptible d'entraîner des inondations marines dans les zones côtières, la salinité des sols, sont directement associés aux changements et à la variabilité climatique actuelle et future. Cette étude réalisée par l'université Quisqueya (UNIQ) se focalise principalement sur la salinité des sols, l'une des menaces de la dégradation des sols dans la vallée de l'Artibonite. Elle pourrait être exacerbée par la HNMM dans le futur et continuer à affecter la résilience des agriculteurs de la région déjà vulnérables par manque de moyens d'adaptation et techniques appropriées.

Ce rapport de recherche sur l'impact de CC sur les trois filières agricoles est constitué de 5 parties. La première, outre l'introduction et les objectifs de la recherche, présente l'aire de l'étude, son utilisation actuelle, sa géomorphologie et son climat, un deuxième chapitre décrivant l'approche méthodologique adoptée, la troisième partie et quatrième partie présentent les résultats de la recherche effectuée sur la salinité des sols et ses impacts dans la vallée de l'Artibonite et l'étude sur les filières cibles respectivement. La dernière partie met en relief les changements éventuels liés à la hausse marine et une projection des impacts sur les communes côtières concernées. Et enfin, sont formulées des recommandations à partir des conclusions de la recherche.

### **1.1. Objectifs de la recherche**

Dans le cadre de cette recherche sur la salinité des sols, les objectifs ci-après ont été retenus.

- Etudier la salinité des sols dans la vallée de l'Artibonite ;
- Produire des données de base pertinentes sur les filières agricoles cibles ;
- Comprendre et analyser l'impact du degré de salinité des sols dans la Vallée sur la production agricole, particulièrement sur les filières agricoles cibles (riz, maïs et haricot noir);
- Analyser l'impact potentiel de la HNMM sur la salinité et les filières cibles en particulier;
- Produire et rendre disponible des données sur la salinité des sols dans la Vallée de l'Artibonite et son impact potentiel sur le secteur agricole;
- Proposer des recommandations claires et pratiques sur les semences adaptées pour les trois filières cibles dans la Vallée de l'Artibonite.

<sup>3</sup> MARNDR, 2011. Politique de développement agricole. 2010-2025. 24P

## **1.2. La zone d'étude**

### **1.2.1. Localisation, accessibilité et relief**

La vallée de l'Artibonite peut être considérée comme une vaste plaine triangulaire d'environ 350 km<sup>2</sup> traversée par les rivières de l'Artibonite, de l'Estère et de la Quinte. Elle est limitée au Nord par la rivière de l'Estère qui sert d'émissaire de drainage. Elle est limitée au Sud par le canal primaire de Colminy, la route nationale no 1 et la route de Pont Sondé-Verettes. La limite Est est définie par le piedmont occidental du morne De Cahos et la limite Ouest est définie par un littoral marécageux et des terres basses. Selon l'ODVA, la superficie irrigable est de l'ordre de 32000 ha, soit 18% des terres irrigables du pays. Le riz occupe 85% des terres<sup>4</sup>.

Dans le cadre de cette recherche, l'aire d'étude couvre une superficie d'environ 93500 ha sur une altitude allant de 0 à 100 mètres (m). Elle touche en partie les communes de Verettes, de Petite Rivière de l'Artibonite, de Marchand Dessalines, de La chapelle et de St Marc. Les communes de Grande Saline, de Desdunes et de l'Esther, contrairement aux communes précédentes, se trouvent entièrement à l'intérieur de la zone d'étude (Réf. Carte #1). Certaines données géographiques ont été utilisées pour mieux appréhender l'aire d'étude, entre autres, un modèle Numérique de Terrain (MNT) de 30 m, les divisions administratives, le réseau routier, les images de Google Earth.....

La zone d'étude est en grande partie carrossable. Elle est traversée par la Nationale # 1 et détient un réseau routier assez important. La plupart des routes ne sont pas goudronnées. Il faut aussi souligner que la plupart des sites d'observation se trouvent dans des zones humides (marécageuses) et ne peuvent être atteints que par la marche (à pied).

Comme susmentionné, l'aire de la recherche a été délimitée sur une élévation allant de 0 à 100 m et, par conséquent, a un relief dominé par des pentes faibles. Les zones de piedmont sont faiblement touchées et celles des montagnes de proximité sont entièrement écartées de la zone d'étude (voir la carte # 1).

### **1.2.2. L'occupation et l'utilisation du sol**

L'occupation du sol (OCS) désigne l'affectation dominante de la terre. L'utilisation qu'on en fait peut être changée dans le temps et dans l'espace selon la dynamique socioéconomique et/ou les changements liés aux perturbations climatiques et météorologiques. En effet, dans la Vallée de l'Artibonite l'Agriculture représente la principale occupation de ce territoire (plus de 50% de l'aire totale). Contrairement à d'autres régions de basse altitude du pays, il semble que les villes secondaires s'y trouvant sont peu développées et n'exercent pas de grande pression sur les terres agricoles. Elles n'occupent que 3.5% de l'aire de la zone d'étude. Des informations détaillées sont fournies dans la carte ci-après sur les différentes affectations du sol dans la VA ainsi que leur répartition spatiale.

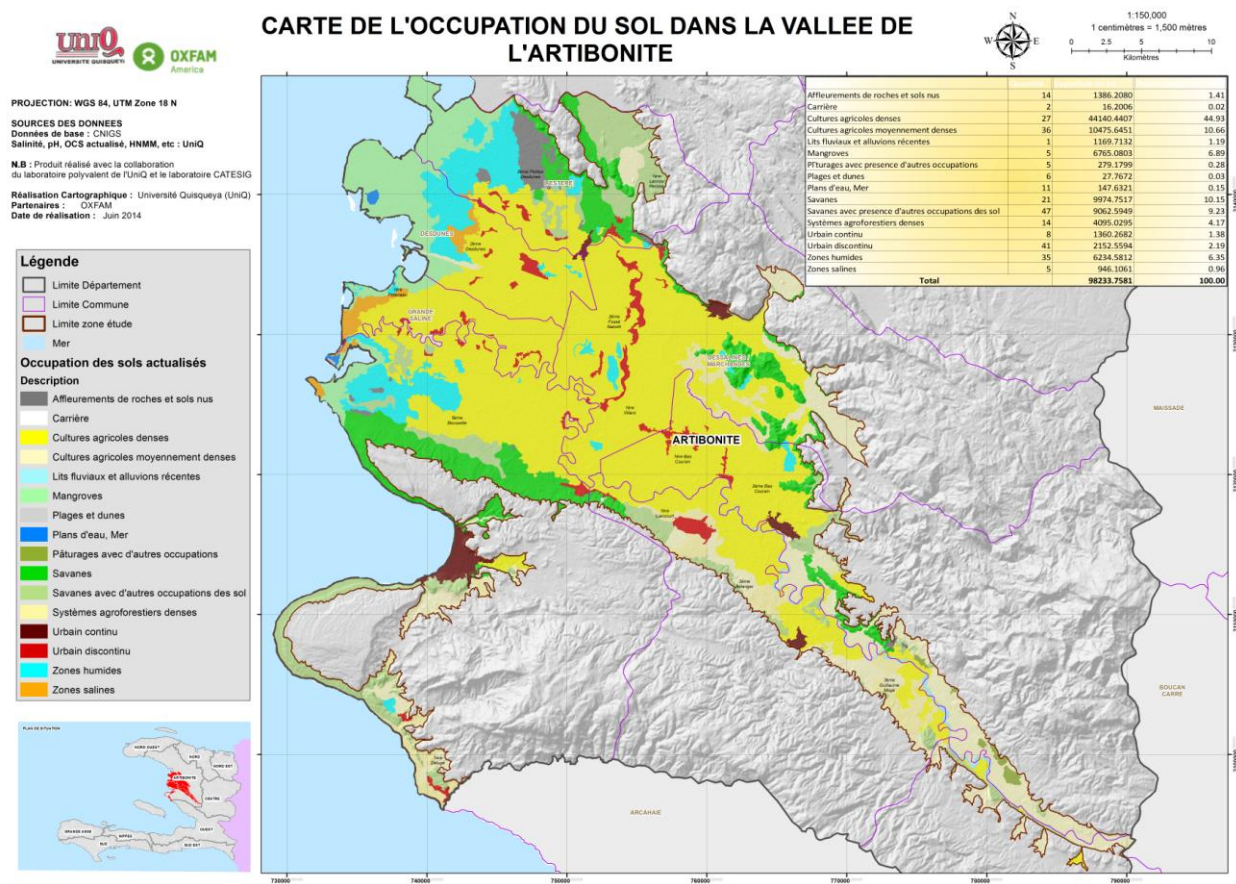
Cette carte d'occupation et d'utilisation actuelle du sol dans la Vallée de l'Artibonite révèle aussi que les zones humides, notamment dans les communes de Desdunes, l'Estère et Saint Marc

---

<sup>4</sup> Antoine Wesner, 2014. Spécialiste de l'Equipe technique de l'UniQ. Réalisation du rapport sur les grandes cultures (filieres riz, maïs et Haricot)



sont de plus en plus importantes quand on va vers la zone côtière et sont sujettes à des problèmes de salinité, à cause surtout de déficience énorme en matière de drainage.



Carte 1: carte d'occupation du sol dans la Vallée de l'Artibonite

### 1.2.3. Le climat, sa variabilité et ses changements

En Haïti, le climat est marqué par l'alternance de saisons sèches (novembre-mars) et de saisons pluvieuses (généralement Mai et Novembre), avec une moyenne annuelle de température oscillant entre 24 et 27°C<sup>5</sup>. Les variations locales observées au niveau du climat sont particulièrement liées aux effets des microclimats fortement corrélés aux gradients altitudinaux et aux irrégularités du relief, ce qui explique que la température en altitude peut même baisser jusqu'à 15° Celsius selon la saison de l'année<sup>6</sup>. De légères variations sont observées au niveau des zones côtières lesquelles sont liées non seulement aux brises mais aussi aux saisons (entre hiver et été).

Selon BHAWAN SINGH de l'Université de Montréal & MARC J. COHEN d'Oxfam America (2014), le climat du pays a changé depuis les quatre dernières décennies. Une augmentation des températures moyennes est constatée, et on attend plus de temps actuellement avant

<sup>5</sup> MDE, 2013. Deuxième communication nationale sur les changements climatiques.

<sup>6</sup> Géo Haïti, 2010. Etat et perspectives de l'environnement. 200P



l'arrivée de la première pluie, soit trois mois plus tard que d'habitude. Cette même source souligne que les projections de changements climatiques les plus proches révèlent que les températures moyennes continueront à augmenter tout au long du 21<sup>ème</sup> siècle. La variabilité des précipitations est sujette à exacerber, entraînant plus de sécheresse sévère en saison sèche et de très fortes pluies en saison de pluies. Le manque d'eau ou la fréquence des sécheresses dans la plupart des zones semi arides, notamment la Vallée de l'Artibonite, ne sera pas sans conséquence sur la salinité des sols. Des études ont déjà mis en relief l'impact économique de changement climatique en Haïti<sup>7</sup> et pour la région caribéenne<sup>8</sup> en général. La projection des changements pour les températures moyennes annuelles et les précipitations a été établie pour la région dans le tableau ci-après.

Tableau 1 : Projection de changements dans les températures moyennes annuelles (C°) et chutes de pluie (%), Océan Atlantique et mer des Caraïbes

Changement climatique	2020s	2050s	2080s
Température moyenne annuelle	0.9+/-0.16	2.03+/-0.43	3.06+/-0.84
Moyenne annuelle des précipitations	-2.2+/-7.3	-5.2+/-11.9	-6.8+/-15.8

Source: Murari Lal, Hideo Harasawa, et Kiyoshi Takahashi, 'Future Climate Change and its Impacts Over Small Island States', Climate Research 19 (2002): 179-19 in BHAWAN SINGH/MARC J. COHEN (2014)

Il est important de noter que la Vallée est aussi vulnérable aux événements hydrométéorologiques, les uns plus dévastateurs que les autres<sup>9</sup>. Sa géomorphologie l'expose à des inondations récurrentes, sans négliger la menace que représente la hausse du niveau moyen de la mer sur les infrastructures et l'occupation du sol en général. Selon El Fouladi (2012)<sup>10</sup>, l'Artibonite serait le département le plus menacé par l'inondation des eaux d'origine marines. Des risques climatiques identifiés pour la région Artibonitienne et notamment pour le secteur agricole sont établis dans le tableau ci-après.

<sup>7</sup> Étude des Impacts Socioéconomiques des Changements Climatiques en Haïti et Réponses d'adaptation (J. Léal, J. Echevarria, A. Stervins, 2009)

<sup>8</sup> Economics of Climate Change in Latin America and the Caribbean. Summary 2010, CEPAL,

[http://www.eclac.cl/dmaah/publicaciones/xml/9/41909/2010-914-Climat\\_change-COMPLETO\\_WEB.pdf](http://www.eclac.cl/dmaah/publicaciones/xml/9/41909/2010-914-Climat_change-COMPLETO_WEB.pdf)

<sup>9</sup> Base de données internationales sur les désastres. Université Catholique de Louvain. Disponible sur lien internet suivant :

<http://www.emdat.be/>

<sup>10</sup> El Fouladi, 2014. La surveillance côtière et système d'alerte pour l'adaptation au changement climatique. 50P sans les annexes.

Tableau 2 : Identification des risques climatiques par rapport aux Zones et secteurs vulnérables

Risques Climatiques	Zones Vulnérables	Secteurs/Activités Vulnérables	Impacts sur le Secteur
<b>Cyclones Forts, Pluies, Inondations</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- l'Ouest</li> <li>- le Sud</li> <li>- l'Artibonite</li> <li>- Nord-Ouest</li> <li>- le Sud-Est</li> <li>- le Nord</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agriculture</li> <li>- Elevage</li> <li>- Ressources en eau</li> <li>- Zones côtières</li> <li>- Pêche</li> <li>- Transport</li> <li>- Infrastructures routières</li> <li>- Communication</li> <li>- Commerce</li> <li>- Santé</li> <li>- Habitat</li> <li>- Éducation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pertes en vies humaines</li> <li>- Destruction des Plantations</li> <li>- Pertes de bétail</li> <li>- Destruction des Maisons</li> <li>- Activités de pêche et Transport maritime paralysés</li> <li>- Destruction des écosystèmes marins</li> <li>- Mort des alevins</li> <li>- Migration des poissons adultes</li> <li>- Pollution des sources</li> <li>- Érosion</li> <li>- Ensablement des rivières</li> <li>- Obstruction des canaux de drainage</li> <li>- Systèmes d'adduction d'eau potable endommagés</li> <li>- Maladies d'origine hydrique</li> <li>- Augmentation du coût de la vie -Famine</li> </ul>
<b>Séismes et Raz-de-marée</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nord</li> <li>- Nord-Ouest</li> <li>- Grande-Anse</li> <li>- Artibonite Ouest</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tourisme</li> <li>- Transport et communication</li> <li>- commerce</li> <li>- Zones côtières</li> <li>- Pêche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pertes très élevées en vies humaines</li> <li>- Destruction des infrastructures</li> <li>- Destruction des Plantations</li> <li>- Pertes de bétail</li> <li>- Destruction des Maisons</li> <li>- Transport maritime affecté</li> <li>- Activités de pêche réduites</li> <li>- Baisse des activités commerciales</li> </ul>

Risques Climatiques	Zones Vulnérables	Secteurs/Activités Vulnérables	Impacts sur le Secteur
<b>Sécheresses</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nord-Ouest</li> <li>- Nord-Est</li> <li>- Sud</li> <li>- Nord</li> <li>- Sud-Est</li> <li>- Artibonite<sup>11 12</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- •Agriculture</li> <li>- •Elevage</li> <li>- •Pêche</li> <li>- •Ressources en eau</li> <li>- •Santé</li> <li>- •Artisanat</li> <li>- •Éducation</li> <li>- •Commerce</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Destruction des cultures</li> <li>- Baisse de production agricole</li> <li>- Baisse du débit des sources</li> <li>- Rareté d'eau et de nourriture</li> <li>- Déboisement accéléré</li> <li>- Problèmes de santé liés au manque d'eau (hypertension)</li> <li>- Pollution de l'air</li> <li>- Mort d'animaux</li> <li>- Abandon des activités d'élevage</li> <li>- Sols en Jachère - Altération de la structure du sol</li> <li>- Migration humaine - Migration des poissons</li> <li>- Augmentation du Coût de la vie</li> </ul>

Source : PANA, 2006

## II. APPROCHE METHODOLOGIQUE

La réalisation des différentes activités du projet passe par les étapes suivantes.

### 2.1. Analyse de la documentation existante

Ont été minutieusement analysées les données (publications) disponibles sur les thématiques retenues, notamment la salinité des sols et les modèles utilisés dans d'autres régions présentant des caractéristiques géomorphologiques similaires à notre zone d'étude. Des données locales disponibles ont été aussi valorisées pour mieux appréhender l'aire d'étude et la caractériser du point de vu topographique, agro écologique, utilisation de l'espace, l'accessibilité, entre autres.

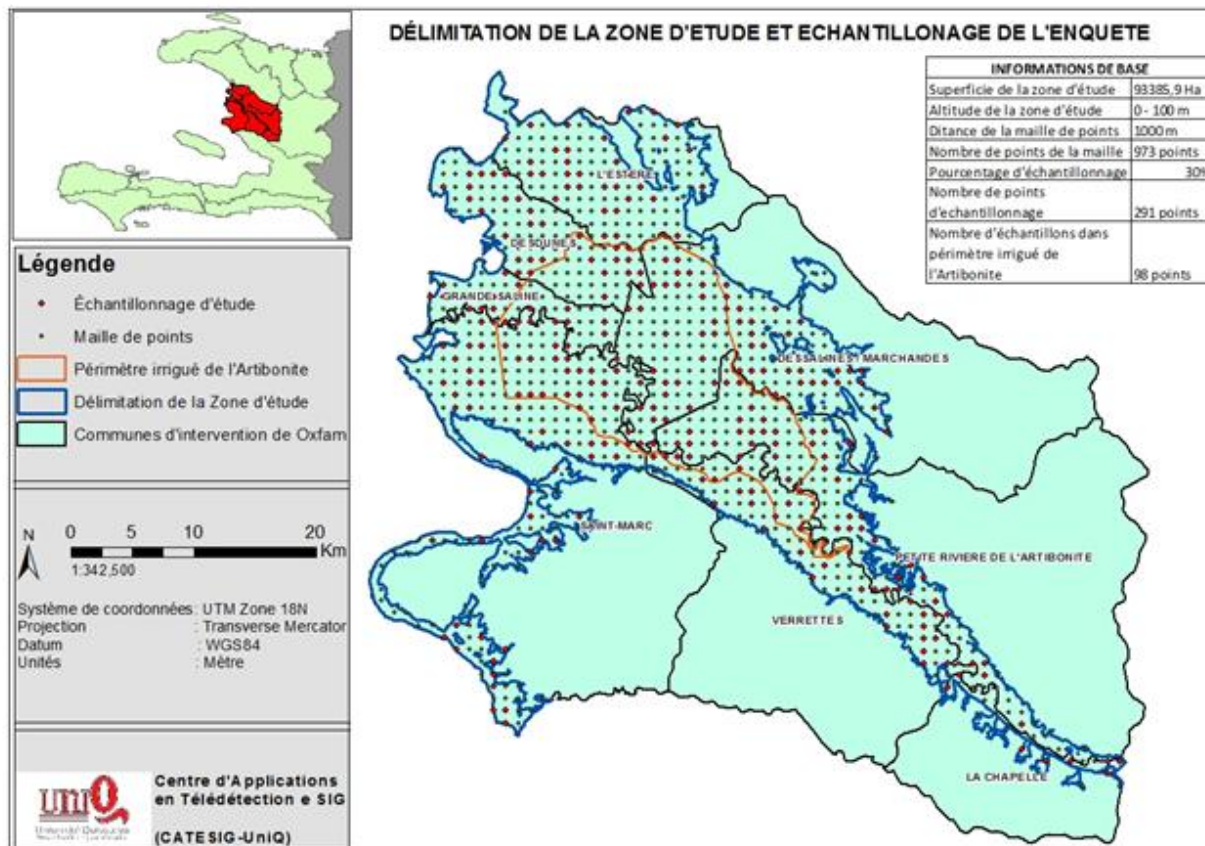
### 2.2. Délimitation de la zone d'étude et échantillonnage

Dans le cadre cette recherche, la zone d'étude a été délimitée à partir d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) et s'étend sur une superficie de 93 385,9 ha. Cette délimitation a été faite sur une élévation allant de 0 à 100 m. elle couvre en partie les communes de Verrettes, de Petite Rivière de l'Artibonite, de Marchand Dessalines, de La Chapelle et de St marc. Les communes

<sup>11</sup> Selon BHAWAN SINGH/MARC J. COHEN: 2014 (Adaptation au Changements Climatiques. Le cas d'Haïti) la fréquence des sécheresses est aussi importante dans la vallée de l'Artibonite. Elle occupe la 3ème place sur une échelle allant de 1 (Max) à 10 (Min) après Nord Ouest (1) et Nord Est (2).

<sup>12</sup> Selon Mathieu et al (Cartes et étude de risques, de la vulnérabilité et des capacités de réponse en Haïti), les communes des Gonaïves, de Grande Saline et de Saint Marc sont les plus touchées par la sécheresse dans la région Artibonitienne. P30-40

de Grande Saline, de Desdunes et de l'Esther (90%) contrairement aux communes citées plus haut, se trouvent entièrement à l'intérieur de la zone d'étude (voir Carte. #2).



**Carte 2: Délimitation de la zone d'étude et échantillonnage de l'enquête**

### 2.3. Les sondages de terrain et analyse de Laboratoire

Outre la délimitation de l'aire sous étude, une grille de points a été réalisée sur la zone d'étude. La distance entre les sites/points de sondage est de 1000 m et un total de 973 sites a été identifié sur l'ensemble de la zone d'étude et un échantillon de 30% soit 291 sites a été utilisé. Sur le terrain, la prospection a été réalisée de Décembre 2013 à Janvier 2014. Sur l'ensemble des sites observés, les données relatives au profil de sol ont été établies sur deux niveaux distincts. Ce qui explique que plus de 500 échantillons de sols ont été prélevés sur le terrain pour l'analyse de laboratoire. Le niveau A correspondant à une profondeur 0-15 cm et le niveau B, une profondeur 15-30 cm. D'autres informations importantes ont été aussi collectées lors des missions de terrain principalement l'occupation dominante du sol (OCS), la filière dominante, le système de drainage, l'irrigation, la topographie/relief du site, etc. Des collectes de données supplémentaires sur la composante variétale et des rencontres avec des parties prenantes notamment la structure technique de l'ODVA ont été réalisées pour l'analyse des principales variétés utilisées dans la VA.

Des analyses de laboratoire ont été réalisées à partir des solutions d'extrait de pate de sol saturée. L'analyse de salinité (CE), de PH, Na<sup>+</sup> etc. a été faite sur l'ensemble des échantillons de sols prélevés et analysés au laboratoire.

## **2.4. L'utilisation des outils SIG et modélisation**

### **2.4.1. Le Système d'information géographique (SIG)**

Cette composante détient une grande importance dans cette recherche tant au niveau des travaux de terrain (localisation de sites, recherche de sites, photo-interprétation, production de cartes pour les enquêtes de terrain, accessibilité et localisation des sites), qu'au niveau de traitement et analyse des données, et la production des cartes thématiques (occupation du sol actualisée à partir des images aérienne/google Earth, l'agro écologie, la salinité, les impacts etc. L'utilisation de l'outil SIG a permis aussi de saisir et produire une base de données référencée sur la zone d'étude.

### **2.4.2. L'extrapolation/modélisation de la salinité des sols et la projection de la HNMM**

Ces aspects concernent les résultats de laboratoire (salinité des sols) ainsi que les projections de la hausse du niveau moyen de la mer associée au changement climatique futur. En effet, les résultats d'analyse de sols notamment les paramètres relatifs à la salinité ont été extrapolés/modélisés par la méthode d'interpolation IDW (Inverse Distance Weighted). L'outil spatial analyst d'ArcGis a été aussi utilisé dans cette phase.

La Hausse du Niveau Moyen de la Mer (HNMM) qui représente l'une des principales conséquences d'une modification d'origine anthropique du système climatique mondial est due principalement à la dilatation thermique des eaux océaniques, à la fonte des glaciers, des calottes glaciaires et des nappes glaciaires polaires<sup>13</sup>. Les Etats insulaires en développement, comme le cas d'Haïti, sont les plus vulnérables à la hausse marine à cause surtout de leur niveau d'exposition et leur faible capacité d'adaptation. Au cours du dernier siècle, une hausse du niveau moyen de la mer de 1,7 ±0,5 mm/an a été constatée<sup>11</sup> et les scénarios futurs ne montrent pas que les tendances seront stables. Quant au modèle d'élévation établi dans le cadre de cette recherche pour la région à partir des scénarios Min et Max de Changements existant, couplé à d'éventuelles situations hydrométéorologiques extrêmes (ouragans, ...), il a été inspiré de l'étude sur la vulnérabilité des zones côtières d'Haïti<sup>14</sup>. Ce travail a été possible en utilisant non seulement le modèle numérique de terrain mais également un ensemble d'opérations de transformation (rastérisation/vectorisation ...) et d'interpolation à partir du Système d'Information Géographique (SIG). Et une confrontation des résultats avec la salinité des sols analysée au laboratoire (2014) et les différents types d'utilisation du sol actualisés dans la zone d'étude ont permis d'apprécier l'impact potentiel d'une hausse marine sur la vallée de l'Artibonite.

## **2.5. Le contrôle de qualité des données et produits**

<sup>13</sup> El Fouladi, 2014

<sup>14</sup> *idem*

Le contrôle de qualité a été aussi de rigueur à tous les niveaux. Les sites observés ont été vérifiés à l'aide des photos de terrain et les fiches de collecte. La codification et la qualité des observations ont été minutieusement analysées, non seulement pour les données de terrain, mais aussi pour les résultats de laboratoire et les productions cartographiques associées.

### **III. LA SALINITE DANS LA VALLEE DE LA L'ARTIBONITE**

#### **3.1. Compréhension du problème et de ses causes en général**

La salinité est l'accumulation de sels dans les sols avec pour conséquence une pression osmotique, une toxicité pour les végétaux due à l'accumulation de certains ions (Na<sup>+</sup>) et une dégradation des sols. Il est important de souligner que ce problème a une dimension mondiale. En moyenne, à travers le monde, on estime que 10 ha de terre cultivable sont perdus par minute, parmi lesquelles 3 ha de terre suite à la salinisation.

La salinisation des terres se fait naturellement suite à la formation de sels pendant l'altération des roches ou par apport naturel externe. L'irrigation est également l'une des causes de la salinisation. Environ 20% des terres irriguées sont affectées par la salinisation<sup>15</sup>. Celle-ci réduit les superficies irriguées du monde de 1-2% par an et, l'existence de ce problème dans les espaces irrigués serait souvent corollaire d'une absence de système de drainage efficace ou l'eau atteindrait le sol en profondeur et permettrait au sel de remonter à la surface. Il est à noter qu'elle frappe plus durement les régions arides et semi-arides<sup>16</sup>.

Avec l'accroissement des populations et les pressions sur les terres, on prévoit beaucoup plus de superficie en irrigation en zone de plaine côtière avec ainsi plus de terres exposées aux problèmes de salinité à l'échelle mondiale. De plus, avec les changements climatiques que l'on enregistre actuellement, les plaines côtières sont aussi vulnérables à l'invasion des eaux marines. On reportait déjà dans le Nord, à Bas Limbé plus spécifiquement, la salinité des plaines côtières et la dégradation des sols. En termes biophysiques, l'élévation de température, en plus de l'invasion des plaines côtières par l'eau de mer, peut générer un stress hydrique poussant les plantes cultivées au-delà des limites de leur croissance optimale. Les demandes en eau peuvent exacerber les phénomènes de salinisation.

#### **3.2. Degré de salinité des sols**

Le degré de salinité se mesure par la conductivité électrique en siemens « S » ou en mhos/m. Sachant que 1 S/m = 1 mhos/m et 1 mhos = 1 1/ohm unité de résistance électrique. Selon Hullin (1983) cité par Butelli (2012) un sol est considéré comme salé à partir d'une conductivité électrique supérieure à 4 dS/m, un pH inférieur à 8,5 et un pourcentage de sodium échangeable inférieur à 15%. L'analyse de laboratoire réalisée à partir des échantillons de sol prélevés sur le terrain révèle que ce problème existe dans la Vallée de l'Artibonite. Cependant, il varie d'un endroit à un autre et d'un degré de salinité à un autre davantage. Ainsi la plupart des espaces sont libres de sels d'autres en sont fortement touchés (voir 3.2.1 ci-dessous).

<sup>15</sup>Pitman M., and A. Launchli. 2004. *Salinity: Environment-Plants-Molecules, chapter one: Global impact of salinity and agricultural ecosystems.*

<sup>16</sup>Antoine, 2014. *Rapport d'étude sur les Grandes cultures : Réponse à la salinité pour des cultures stratégiques (maïs, haricot, riz) dans la Vallée de l'Artibonite*



### 3.2.1. La salinité actuelle dans la Vallée de l'Artibonite

Comme mentionné précédemment, cette recherche conduite par l'Université Quisqueya montre que ce problème existe dans la couche superficielle du sol (profondeur 0-15 cm) de la VA sur une superficie d'environ 26708.07 ha soit 28% de l'aire de la zone d'étude. Les communes côtières, notamment celles de Grande Saline, Desdunes, l'Esther et St Marc (section Bocoçèle) sont en effet les plus affectées (Figure 1). Il est à souligner que la même tendance a été observée dans la profondeur B (15-30 cm) à l'exception de la section de Bocoçèle que le problème a été détecté seulement dans la profondeur A allant de 0 à 15 cm (Figure 2). Il semble que d'autres communes comme Marchand et Petite Rivière de l'Artibonite sont faiblement et de façon ponctuelle touchées par la salinité. Les surfaces affectées par les différents degrés de salinité dans la zone d'étude sont présentées dans le tableau 3 ci-après.

**Tableau 3 : Superficie de sol affectée par la salinité dans la vallée de l'Artibonite**

Degré de salinité des sols	Limites en ds/m	Superficie en ha	Superficie en %
<b>Libre de sels</b>	<2dS/m	60311,81	62.85
<b>Très faiblement salin</b>	2dS/m≤CE<4dS/m	8744.62	9.11
<b>Faiblement salin</b>	4dS/m≤CE<8dS/m	7683.55	8.01
<b>Sols salin</b>	8dS/m≤CE<12dS/m	4080.76	4.25
<b>Fortement salin</b>	12dS/m≤CE<20dS/m	4210.15	4.39
<b>Très fortement salin</b>	CE≥20dS/m	10930.88	11.39
<b>Total</b>	-	95961,78	100,00

Source: Nomenclature de " Terminology Committee, Glossary of Soil Science Terms, Soil Sciences Society of America, Madison, Wisconsin, 1973" adaptée

Ce tableau met en évidence l'existence du problème de la salinité dans la Vallée de l'Artibonite. Environ 15% de terre seraient fortement affectés de sels et de façon générale ce problème est présent sur près de 38% des terres de la Vallée avec de degré variable d'une zone à une autre (voir aussi le tableau 4 et les cartes 3 et 4). La tendance est la même dans les deux profondeurs (0-15 cm et 15-30 cm) cependant les surface libre de sel est moins élevées dans la couche superficielle (63%) par rapport à celle de 30 cm.

Quant aux tests de pH représentés pour les mêmes couches, ils montrent des sols en général basiques variant de 8.5 à 7.5 et des sols neutres à pH compris entre 7.5 à 6.5 (voir l'annexe 3)

#### 3.2.1.1. Répartition de la salinité par commune dans la VA

Si le tableau précédent montre l'existence du problème au niveau de la vallée, toutefois son ampleur, comme susmentionné varie d'un endroit à l'autre. Le tableau ci-après met donc explicitement en relief la variation de la salinité dans la VA. Il montre que les communes de Desdunes, Grande Saline, et l'Estère sont les plus touchées par un fort degré de salinité soit

respectivement 59, 31 et 6%. Il est aussi important de souligner que les espaces de la zone d'étude « très fortement salins » se trouvent à plus de 90% dans la commune de Grande saline.

Tableau 4 : Répartition de la salinité par communes dans la Vallée de l'Artibonite

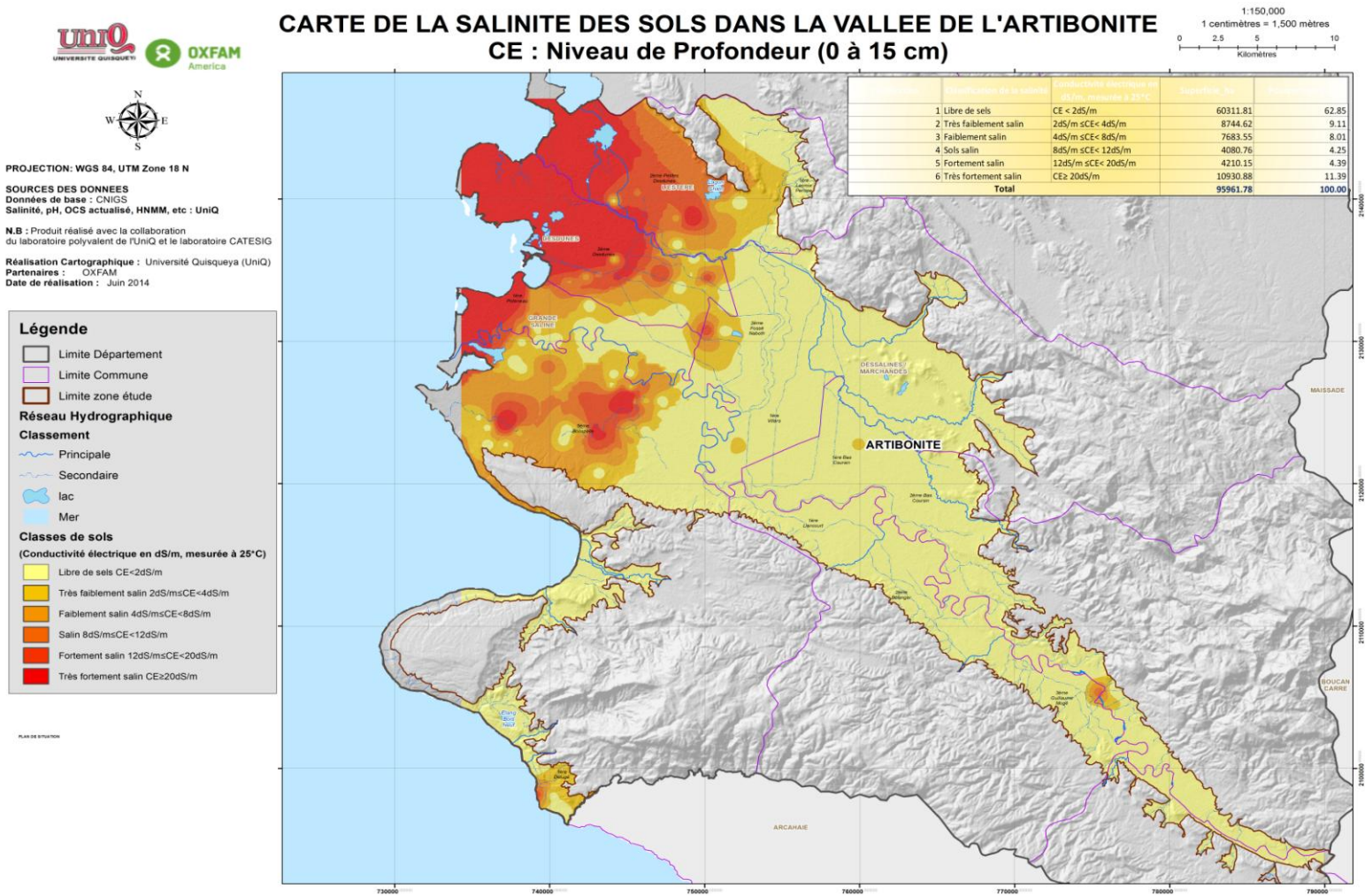
Code	Commune	Classification de la Salinité	Conductivité électrique en dS/m, mesurée à 25°C	Superficie _ha	Pourcentage (%) dans la commune
1	DESDUNES	Libre de sels	CE < 2dS/m	695,83	1,15
1	DESSALINES / MARCHANDES	Libre de sels	CE < 2dS/m	18459,04	30,63
1	GRANDE SALINE	Libre de sels	CE < 2dS/m	1773,00	2,94
1	LA CHAPELLE	Libre de sels	CE < 2dS/m	1681,92	2,79
1	L'ESTERE	Libre de sels	CE < 2dS/m	2649,89	4,40
1	PETITE RIVIERE DE L'ARTIBONITE	Libre de sels	CE < 2dS/m	14664,12	24,33
1	SAINT-MARC	Libre de sels	CE < 2dS/m	9956,69	16,52
1	VERRETTES	Libre de sels	CE < 2dS/m	10385,20	17,23
<b>TOTAL PAR SALINITE</b>				<b>60265,69</b>	<b>100,00</b>
2	DESDUNES	Très faiblement salin	2dS/m ≤CE< 4dS/m	1161,95	13,30
2	DESSALINES / MARCHANDES	Très faiblement salin	2dS/m ≤CE< 4dS/m	942,32	10,78
2	GRANDE SALINE	Très faiblement salin	2dS/m ≤CE< 4dS/m	800,07	9,16
2	L'ESTERE	Très faiblement salin	2dS/m ≤CE< 4dS/m	1921,46	21,99
2	PETITE RIVIERE DE L'ARTIBONITE	Très faiblement salin	2dS/m ≤CE< 4dS/m	206,54	2,36
2	SAINT-MARC	Très faiblement salin	2dS/m ≤CE< 4dS/m	3635,71	41,61
2	VERRETTES	Très faiblement salin	2dS/m ≤CE< 4dS/m	69,71	0,80
<b>TOTAL PAR SALINITE</b>				<b>8737,77</b>	<b>100,00</b>
3	DESDUNES	Faiblement salin	4dS/m ≤CE< 8dS/m	935,63	12,22
3	DESSALINES / MARCHANDES	Faiblement salin	4dS/m ≤CE< 8dS/m	195,07	2,55
3	GRANDE SALINE	Faiblement salin	4dS/m ≤CE< 8dS/m	911,56	11,90
3	L'ESTERE	Faiblement salin	4dS/m ≤CE< 8dS/m	1282,07	16,74
3	PETITE	Faiblement salin	4dS/m ≤CE<	58,50	0,76



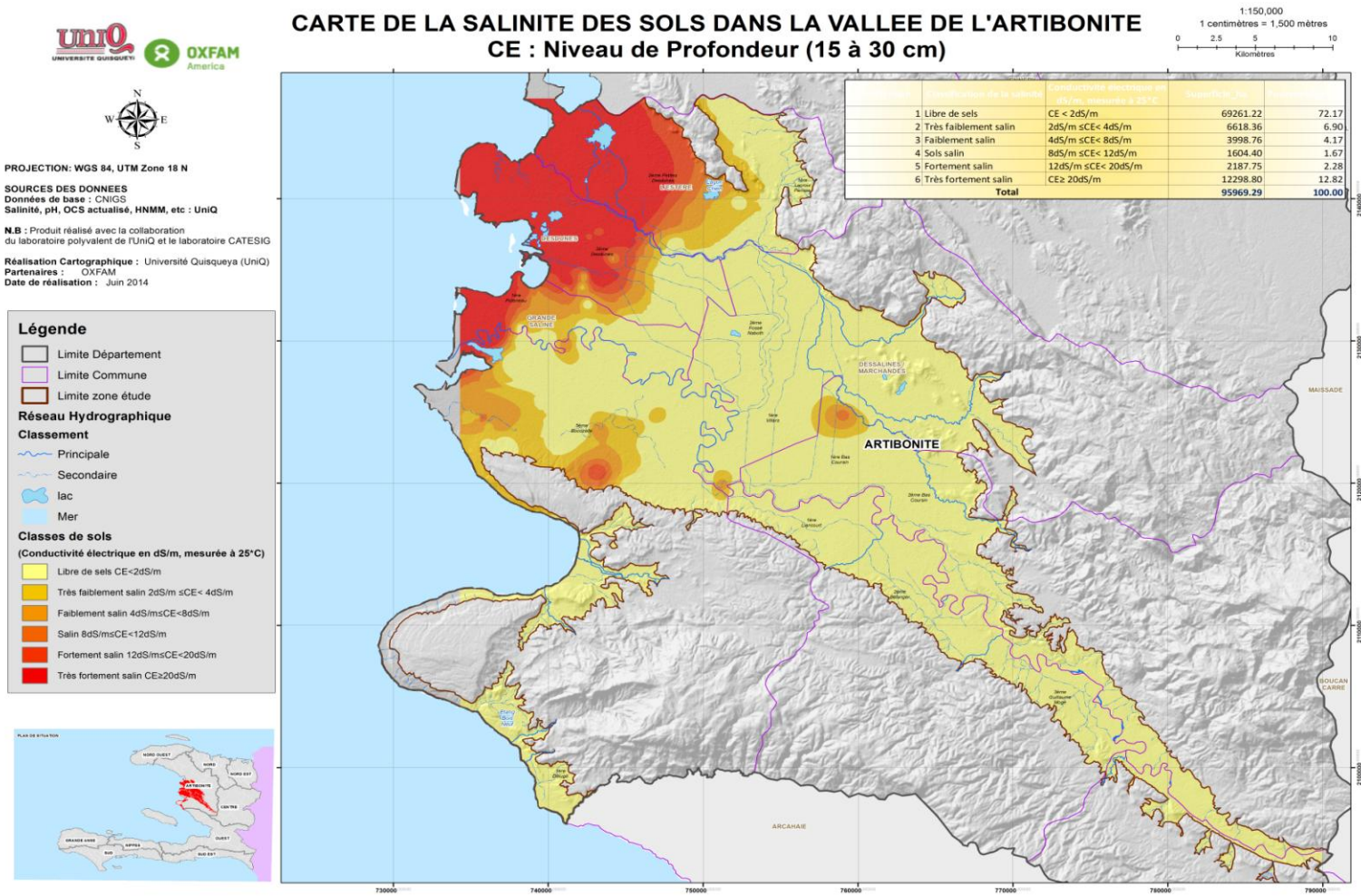
	RIVIERE DE L'ARTIBONITE		8dS/m		
3	SAINT-MARC	Faiblement salin	4dS/m ≤CE< 8dS/m	4221,42	55,11
3	VERRETTES	Faiblement salin	4dS/m ≤CE< 8dS/m	55,29	0,72
<b>TOTAL PAR SALINITE</b>				<b>7659,54</b>	<b>100,00</b>
4	DESDUNES	Salin	8dS/m ≤CE< 12dS/m	604,26	14,82
4	DESSALINES / MARCHANDES	Salin	8dS/m ≤CE< 12dS/m	33,28	0,82
4	GRANDE SALINE	Salin	8dS/m ≤CE< 12dS/m	164,70	4,04
4	L'ESTERE	Salin	8dS/m ≤CE< 12dS/m	1896,84	46,52
4	PETITE RIVIERE DE L'ARTIBONITE	Salin	8dS/m ≤CE< 12dS/m	3,65	0,09
4	SAINT-MARC	Salin	8dS/m ≤CE< 12dS/m	1352,00	33,16
4	VERRETTES	Salin	8dS/m ≤CE< 12dS/m	22,55	0,55
<b>TOTAL PAR SALINITE</b>				<b>4077,29</b>	<b>100,00</b>
5	DESDUNES	Fortement salin	12dS/m ≤CE< 20dS/m	811,22	19,32
5	DESSALINES / MARCHANDES	Fortement salin	12dS/m ≤CE< 20dS/m	45,17	1,08
5	GRANDE SALINE	Fortement salin	12dS/m ≤CE< 20dS/m	190,13	4,53
5	L'ESTERE	Fortement salin	12dS/m ≤CE< 20dS/m	1948,95	46,42
5	SAINT-MARC	Fortement salin	12dS/m ≤CE< 20dS/m	1203,22	28,66
<b>TOTAL PAR SALINITE</b>				<b>4198,70</b>	<b>100,00</b>
6	DESDUNES	Très fortement salin	CE ≥ 20dS/m	5721,12	52,93
6	GRANDE SALINE	Très fortement salin	CE ≥ 20dS/m	1081,28	10,00
6	L'ESTERE	Très fortement salin	CE ≥ 20dS/m	3386,51	31,33
6	SAINT-MARC	Très fortement salin	CE ≥ 20dS/m	619,27	5,73
<b>TOTAL PAR SALINITE</b>				<b>10808,18</b>	<b>100,00</b>

Source : UniQ, 2014

La carte 3 ci-dessous décrit la situation sur le niveau 0-15 cm produite dans le cadre de cette recherche. Le tableau ci-dessus correspond à la carte 3 relative à la couche superficielle (0-15 cm) du sol. Les résultats des analyses de laboratoire montrent que la tendance n'est pas différente d'un niveau à un autre.



Carte 3. Carte de la salinité des sols dans la Vallée de l'Artibonite, profondeur A (0-15 cm), en 2014



Carte 4. Carte de la salinité des sols dans la Vallée de l'Artibonite, profondeur A (0-15 cm), en 2014



### **3.2.1.2. Les principales causes de la salinité dans la VA**

L'analyse et l'interprétation des résultats obtenus nous permettent d'avancer que le climat, la topographie et la mauvaise gestion de l'eau d'irrigation et des terres sont les principales causes responsables de l'accumulation de sels solubles dans différentes zones de la vallée.

#### **1.- La topographie**

La carte de salinité de la couche 0-1,5 cm qui est également une carte topo de la vallée, donne de cette dernière, l'aspect d'un faisceau lumineux orienté de l'Est vers la mer à l'Ouest. Ses limites Nord et Sud sont les chaînes de montagnes calcaires des Gonaïves et de St Marc qui par désagrégation physiques fournissent des matériaux de toutes dimensions.

Il en résulte du point de vue textural des sols limoneux, limono-argileux, argileux-limoneux, argileux et aussi des colluvions selon la station. Par altérations chimiques, les cations alcalins : calcium, magnésium, sodium, potassium sont lessivés et cumulés dans des zones basses et des dépressions. Ces phénomènes ont contribué à donner des sols a pH >7,5. (Cartes de pH) et des zones a grande concentration en sels solubles dont les quantités sont si élevées, qu'elles portent la conductivité électrique a des valeurs de  $CE_{25} > 2 \text{ dS/m}$ . (cartes de salinité des couches 0-15cm et 15-30cm)

Il est à signaler que la partie haute de la vallée est libre de sels alors que plus on se rapproche de la mer plus les sols sont argileux et plus la conductivité est élevée et est supérieure à 20 dS/m.

Les rares points à  $CE_{25} \geq 8$  se trouvant à l'intérieur des terres sont proches du réseau routier qui sert d'obstacle au ruissellement externe et interne. Ces conditions favorisent le développement de zones salines en amont.

La salinisation est lente mais plus importante en surface qu'en profondeur. La carte de salinité de la couche 15-30cm la prouve. Le sol étant plus lourd en profondeur, l'infiltration est plus lente et l'accumulation reste en surface dans les zones à faible pente.

#### **2.- Le climat**

Dans l'aire d'étude, les précipitations sont rares et la température moyenne annuelle est de 27°C. FAO 1965. Les données climatiques sont rares. Les informations recueillies sont celles réalisées par la FAO dans les années 1965-1966 aux Gonaïves.

La température moyenne annuelle 27.1

Précipitations annuelle 564 mm

Vitesse moyenne du vent : 7.5-10km/h

Elles caractérisent une zone semi aride. Les conditions climatiques favorisent l'accumulation de sels solubles car le déficit hydrique s'installe toujours là où il n'y a pas de possibilités d'irrigation. Les cultures rencontrées sont des xérophytes ( bayahondes, chrismarine cacti). On y trouve également des savanes. Celle-ci occupent plus de 19 %.

### 3.- Gestion de l'eau d'irrigation

L'une des causes majeures de la salinité est la gestion de l'eau. L'agriculture irriguée est la principale activité de la vallée. On réalise deux récoltes de riz par année. Le sol est inondé pendant cette période qui dure quatre mois puis séché pour faciliter la culture du haricot, du maïs ou autre là où l'irrigation est possible. C'est aussi l'une des zones où les fertilisants chimiques sont les plus utilisés. Le drainage fait défaut. Généralement l'eau qui rentre dans les terres inondées en amont, retourne dans les canaux d'irrigation souvent non entretenus en aval. Ce sont ces canaux d'irrigation qui servent de canaux de drainage. Tout ceci, ajouté aux conditions topographiques et climatiques ne peuvent avoir comme résultante : que la salinisation et même l'alcalinisation de l'espace.

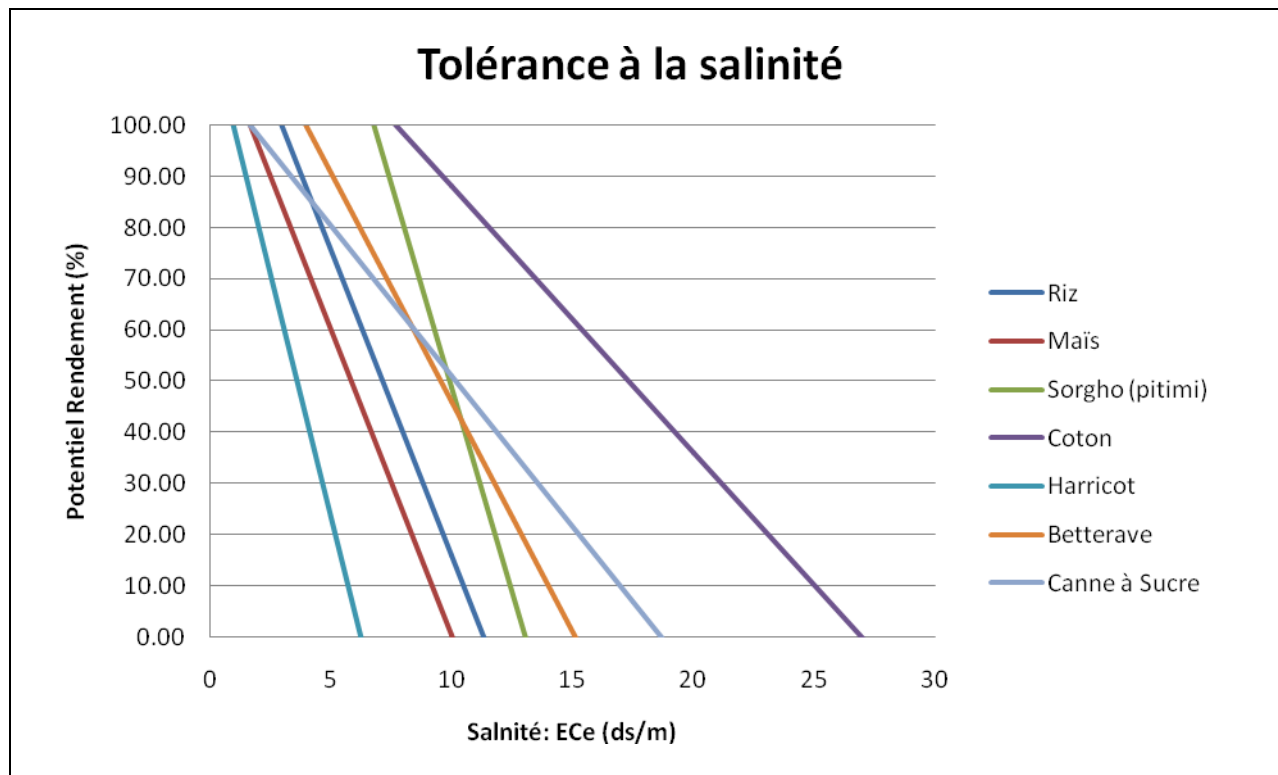


Figure 1 : Déficience en matière de drainage dans la plupart des sites (source : UniQ 2014)

#### 3.2.1.3. Les impacts potentiels de la salinité

Les cultures vont répondre différemment aux différents niveaux de salinité qui prévalent à la Vallée de l'Artibonite. Il existe, pour chaque culture, un seuil plancher de salinité à partir duquel on va observer des pertes de rendement. Pour chaque culture également, il existe un seuil plafond correspondant à une perte de 100% en termes de rendement. Il existe donc à la vallée de l'Artibonite certaines zones où certaines cultures interdites en raison uniquement du niveau

trop élevé de salinité. Le graphe 2 ci-après permet de mieux apprécier la situation pour quelques cultures.



**Figure 2: Tolérance de la plupart des plantes à la salinité**

Des chercheurs comme Hoffman 1977, Maas 1994 etc. ont aussi apporté leur contribution à l'interprétation des impacts de la salinité sur les cultures et la prédiction des rendements des filières afin de produire une table de tolérance de différentes cultures aux sels et d'écrire une équation de rendement<sup>17</sup> en zone saline.

<sup>17</sup>  $Y_r = 100 - Y_d(EC_e - EC_t)$ . Cette équation permet de prédire le rendement à obtenir dans un sol dont la conductivité électrique  $EC_e$  est connue.

$Y_r$  = rendement espéré ;

$Y_d$  = diminution du rendement par unité de salinité ;

$EC_t$  = salinité critique du sol à partir de laquelle le rendement pour une culture donnée commence à décroître ;

$EC_e$  = salinité moyenne du sol mis en culture ;

$Y_r = 100$  Estimation du rendement quand le sol est libre de sels.

Tableau 5 .- Tolérance des trois filières aux sels

Nom vulgaire	Nom scientifique	Tolérance critique EC <sub>t</sub>	Diminution du rendement Y <sub>d</sub>	Classe qualitative de la tolérance au sels
		dS/m	% par dS/m	
Haricot	Phaseolus vulgaris	1.0	19	S
Maïs	Zea maïs	1.7	12	MS
Riz inondé	Oryza sativa	3.0	12	S

Source: Sources. Hoffman 1977, Maas 1994

Ainsi on peut apprécier les réponses des différentes cultures par rapport à la salinité. Certaines cultures comme le coton et le sorgho offrent une tolérance plus élevée que le riz, le maïs et le haricot à la salinité, pouvant évoluer sans perte de rendement significative dans des sols dépassant 8 ds/m.

Il est important de noter que les sols à **CE25<2dS/m** ne présentent aucun danger pour les trois filières. Leur évolution dépendra strictement des autres facteurs limitatifs de la fertilité des sols.

Les sols ayant **2≤CE25<4dS/m** ont une certaine quantité de sels qui va faire apparaître dans l'eau du sol un potentiel dit potentiel osmotique qui dans les conditions normales est nul ou négligeable. Ce potentiel va diminuer les possibilités d'absorption d'eau par la plante.

Dépendant de la classe de tolérance à la salinité à laquelle appartient la filière (tableau 3), elle commencera à subir les conséquences de la germination à la production. Elle ne sera pas trop évidente.

Pour la culture de haricot et de maïs, elle dépendra de la quantité d'eau disponible dans le sol. Plus elle sera grande moins les sels resteront sans effets à cause de la dilution. Dans le cas du riz, le sol étant inondé, la conductivité sera en dessous de la conductivité critique de la culture donc il n'aura aucun effet.

#### Les classes 4≤CE25<8

Dans cette catégorie de sol. Le haricot et le maïs subissent déjà les effets de la salinité.

- Le stress hydrique commence à s'y installer, même quand le sol contient de l'eau la force de succion de la plante se rapproche de la force de rétention en eau du sol.
- Les signes de brûlures des organes commencent à apparaître.
- Les rendements subissent de sévères baisses.

Le riz n'est pas exempt, la croissance et le développement sont affectés. on peut ne pas avoir des signes visibles, durant le cycle de végétation. C'est le rendement qui va permettre d'évaluer ces effets.

#### Les sols à : 8≤CE25<12

Dans ces sols outre le potentiel osmotique qui va limiter la mobilité de l'eau, la teneur élevée en cations, particulièrement le sodium, va activer certains phénomènes d'interaction entre les éléments tels blocage antagonisme et précipitation. Le Na<sup>+</sup> dépendant de sa concentration peut devenir toxique.

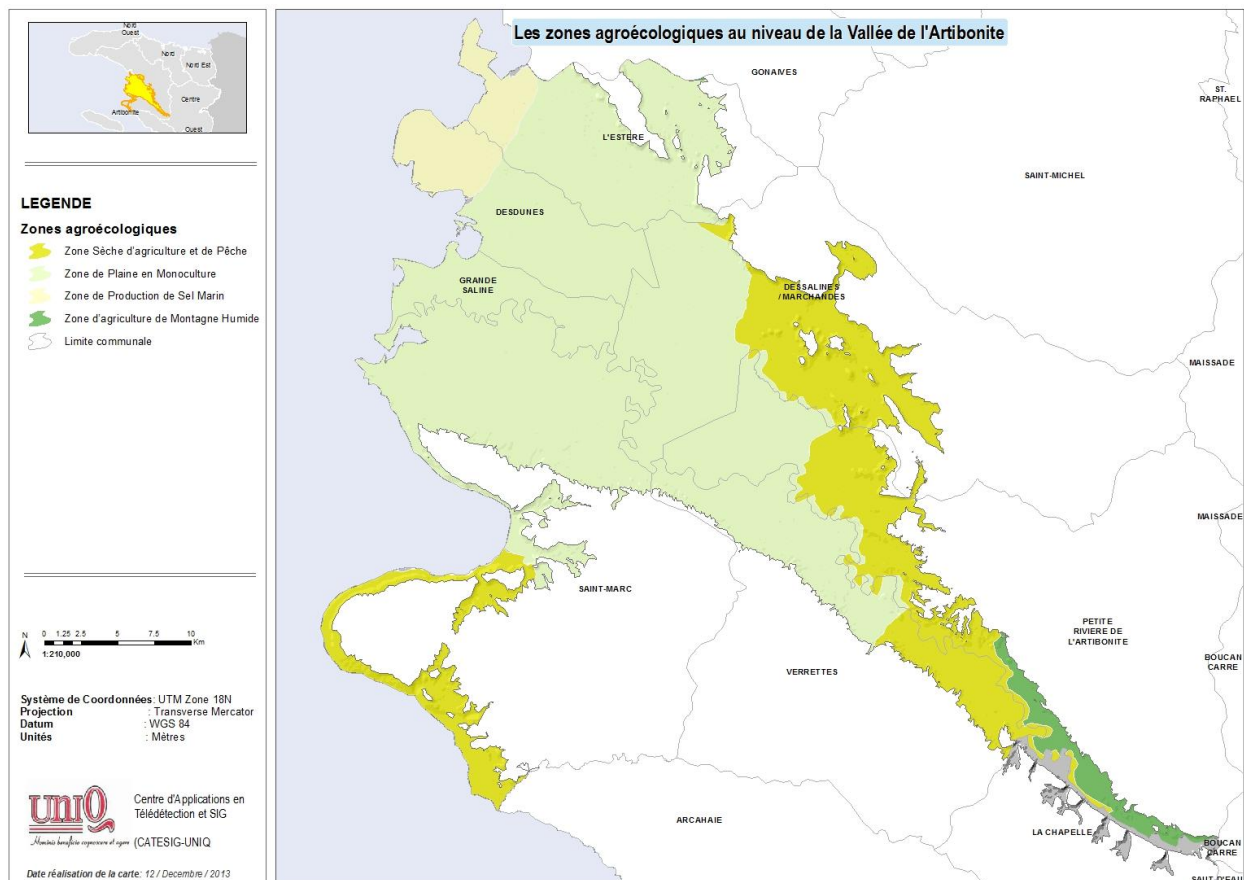
Donc, plusieurs sources de données notamment la nomenclature établie par « Soil Science Society of America, 1973 », Hoffman et Maas 1973 (tableau 3), le graphe (figure 2), etc. ont permis de mieux quantifier les impacts des conditions de salinité sur les filières dominantes dans la vallée de l'Artibonite. La situation est présentée pour les filières riz, maïs et Haricot dans la section section IV de cette présente étude dans laquelle sont analysées, pour la Vallée de l'Artibonite, ces trois filières agricoles.

#### **IV. LES PRINCIPALES FILIERES AGRICOLES DANS LA VA**

##### **4.1. Répartition des principales filières agricoles par zones agro écologiques**

L'aire d'étude contient environ quatre zones agro écologiques: les zones de monoculture qui occupent 67%, celles d'agriculture sèche et d'agriculture de montagne humide représentant respectivement 25 et 3% (voir le tableau en annexe 2). Ces données mettent aussi en relief dans la Vallée des espaces de production de sel. Il y a une bonne corrélation entre la surface occupée par chaque zone agro écologique et le nombre de sites d'observation repérés. Ainsi près de 70% des sites d'observation ont été localisés dans les zones de monoculture, lesquelles représentent aussi presque 70% de l'aire totale de la zone d'étude. La carte ci-après met en relief la répartition des zones agro écologiques dans notre zone de recherche.





Carte 5 : Les zones agro écologiques de la vallée de l'Artibonite

Il est aussi important de mentionner qu'à l'exception des zones de production de sel, les cultures agricoles restent l'occupation du sol dominante de la vallée. Certaines espèces et variétés y sont très fréquentes et constituent par conséquent les filières dominantes. C'est le cas principalement de la riziculture et des légumes.

Tableau 6: Zones agro écologiques, occupation et utilisation du sol dominantes (UniQ, 2014)

* zones agro écologiques	** OCS Dominante	**Utilisation du sol dominante pour l'ensemble des sites observés dans la zone d'étude			
		riz	haricot	maïs	Autres
Agriculture de Montagne Humide	Cultures agricoles	25%	25%	25%	Cultures associées représentent Plus de 25% dans cette zone
Plaine en Monoculture	Cultures agricoles	44%	7%	3%	Le reste est occupé par des associations de cultures avec le maïs et haricot, entre autre. Une forte présente de légumes surtout en cultures associées se trouve dans cette la zone de monoculture de plaine
Zone Sèche d'Agriculture et de Pêche	Cultures agricoles	24	27%	5%	Une prédominance de cultures associées dans cette zone agro écologique : manioc, patate douce, maïs, haricot-sorgho, haricot-patate douce-riz, maïs-haricot-banane....
Zone de Production de Sel Marin	sol nu				

Source : \*\*UniQ, 2014 ; \* CNIGS

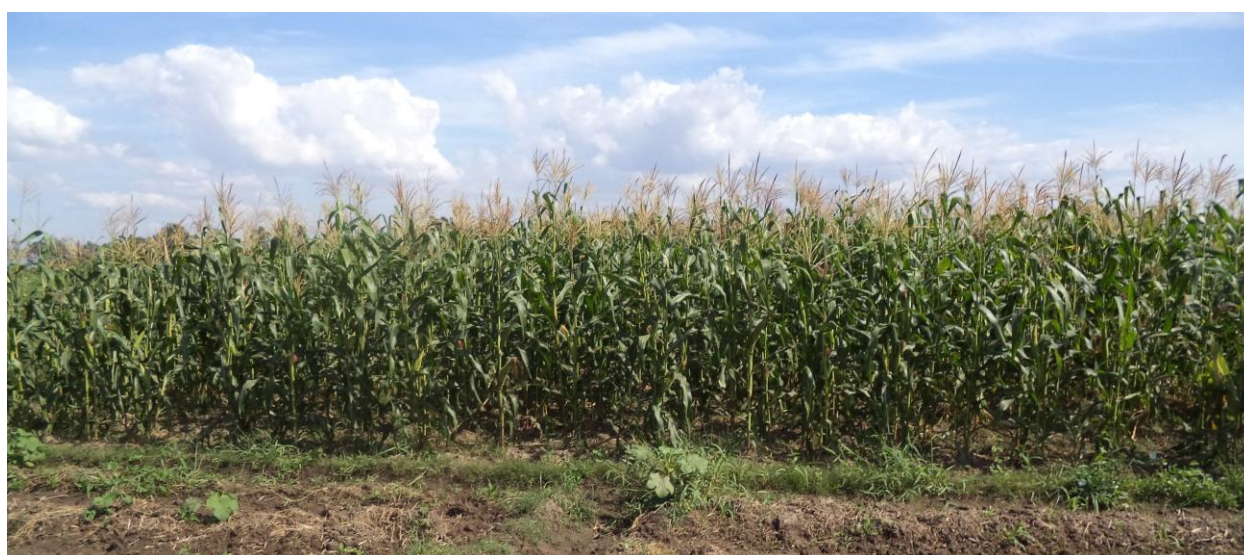


Figure 3: Zones de production de maïs en monoculture dans la Vallée de l'Artibonite (UniQ, 2014)



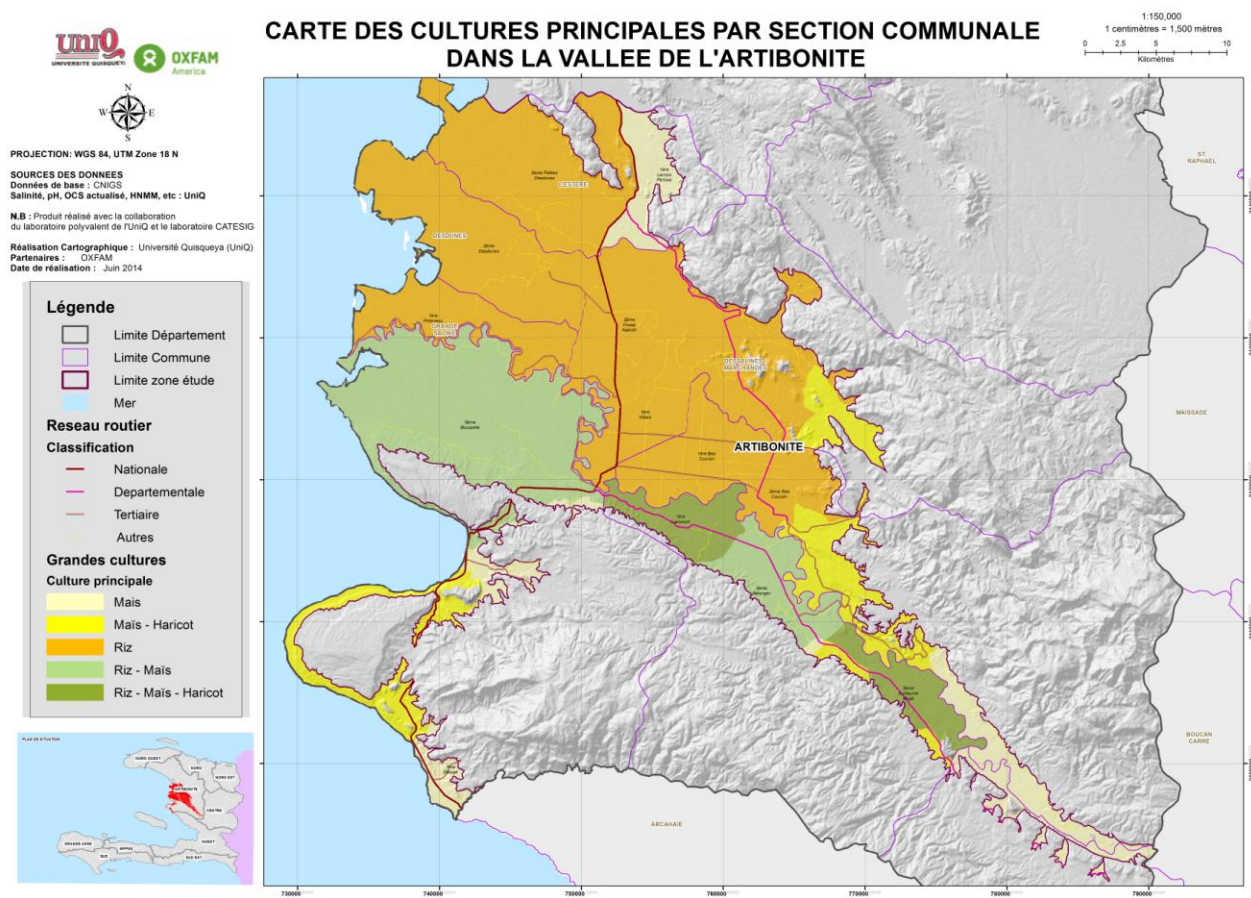
Figure 4: Zones de production de Riz en monoculture dans la Vallée de l'Artibonite (UniQ, 2014)

#### 4.2. Les filières cibles dans la VA

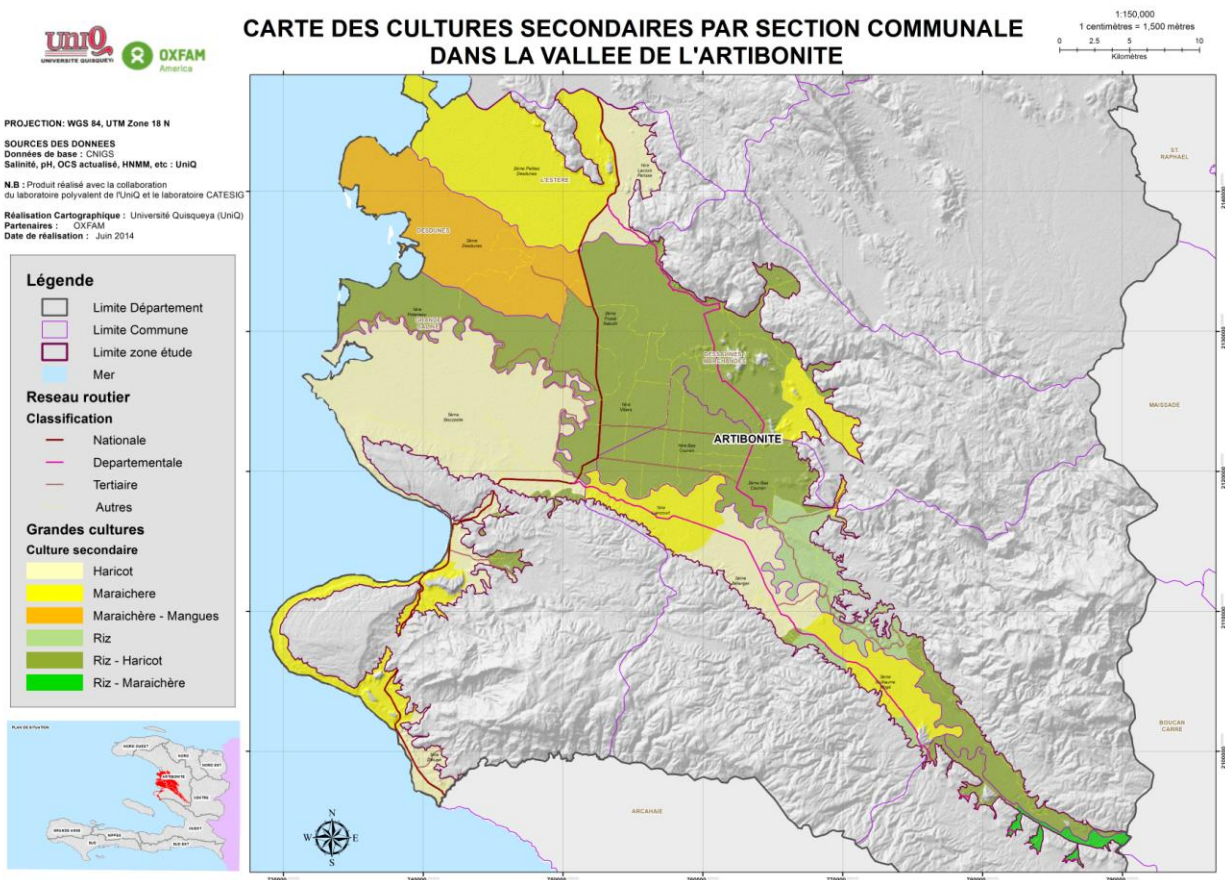
Outre la filière rizicole mentionnée précédemment, cette recherche met aussi l'emphase sur les cultures de Maïs et de Haricot. Les données récemment produites par le MARNDR sur les céréales, entre autres, montrent que dans certaines communes, ces filières occupent la première place (cultures principales), dans d'autres, elles se trouvent en seconde place. En ce sens dans la Vallée de l'Artibonite (voir la carte ci-après), la production du riz est incontestablement la filière dominante et occupe en tout 35,600 carreaux<sup>18</sup>. Les cartes ci-après décrivent la répartition des trois filières cibles dans le cadre de cette recherche au niveau de la Vallée.

<sup>18</sup> MARNDR, 2012. Disponible sur le lien internet.  
[http://agriculture.gouv.ht/statistiques\\_agricoles/Atlas/utilisationOccupationSol.html](http://agriculture.gouv.ht/statistiques_agricoles/Atlas/utilisationOccupationSol.html)





Carte 6 : Principales filières agricoles dans la Vallée de l'Artibonite.



Carte 7 : Zones de cultures agricoles secondaires dans la Vallée de l'Artibonite

### 4.3. La salinité des sols et les filières agricoles cibles

#### 4.3.1. Mécanismes développés par les plantes cultivées pour tolérer la salinité

Parmi les stress abiotiques subis par les plantes cultivées, on retient le froid, la chaleur, les blessures, la sécheresse et la salinité. De ces stressés, la salinité est de loin la plus complexe.

- La toxicité des ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  dissous dans l'eau d'irrigation ou dans la solution du sol
- La perturbation de la nutrition minérale due aux interactions entre les ions
- La difficulté à absorber l'eau du sol due à la pression osmotique élevée (stress hydrique en plus du stress salin)
- Production dans la plante de formes actives d'oxygène qui génère un stress oxydatif.

Les cellules tendent alors à ajuster leur propre potentiel hydrique en rétablissant l'homéostasie ionique cellulaire soit par cloisonnement vacuolaire des ions toxiques, soit par leur exclusion

hors des cellules. En outre, la plante utilise des fois d'autres moyens pour lutter contre le stress salin, notamment l'accumulation de solutés organiques osmoprotecteurs comme les sucres, la proline, la glycine betaine, les protéines LEAs, et aussi la production d'anti-oxydants. Ces derniers produits sont le résultat d'une série de réactions cellulaires très coûteux énergétiquement et générées par une cascade d'éléments de signalisation et de régulation qui peuvent emprunter différentes voies, notamment celle du calcium, de l'acide abscissique, des 'Mitogen-Activated Protéines kinases' (MAP kinases), des protéines 'Salt Overly Sensitive' (SOS), et de l'éthylène<sup>19</sup>.

#### **4.3.2. La filière riz et la salinité**

Des variations sont reportées à travers le monde et aussi en Haïti en guise de réponse à la salinité de différents cultivars au niveau des cultures cibles, en particulier pour le riz<sup>20</sup>. L'excès de sel dans le sol affecte la germination, la croissance des plantules et leur vigueur, la phase végétative, la floraison et la fructification à des degrés variables<sup>21</sup>, conduisant à terme à des baisses de rendement et de qualité des productions. Les mécanismes moléculaires à la base de cette variation sont divers. Les rendements des différentes variétés et les réponses par rapport à la salinité pour le riz, sont présentés dans le tableau suivant pour la vallée de l'Artibonite.

Tableau 7 . Salinité et rendement pour le riz dans la vallée de l'Artibonite

<b>Variétés</b>	<b>Cycle cultural</b>	<b>Rendement</b>	<b>Degré d'adaptation à la Salinité</b>	<b>Communes</b>
<b>TSC-10</b>	310-315 jours	4 - 4.5 T/ha	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
<b>Procequissa-4</b>	4-5 mois	5 T/ha	2	1, 2
<b>La crête</b>	325 jours	3 – 3.5 T/ha	3	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
<b>Sheila, Shelda, Sherline, Beta</b>	3 mois ½	2 – 2.5 T/ha	1	8
<b>Tididi</b>	4 mois	3 – 3.5 T/ha	2	1, 2, 3, 5
<b>Bogapoté</b>	4 mois	3.5 – 3 T/ha	3	1, 2, 3, 5

Salinité : 1. Sensible, 2. Tolérant, 3. Résistant ; Commune : 1. L'estère, 2. Desdunes, 3. Grande saline, 4. Marchand, 5. St Marc, 6. Verettes, 7. La chapelle, 8. Petite rivière. (ODVA, 2014)

<sup>19</sup> Selon le rapport d'Antoine Wesner (2014) de l'équipe technique de l'UniQ sur les Grandes cultures dans la VA

<sup>20</sup> Danai-Tambhale S., Kumar V., et V. Shriram. 2011. Differential Responses of two Scented Indica Rice (*Oryza sativa*) cultivars under salt stress

<sup>21</sup> Delgado M.J., Ligerio F., and C Lluch. 1994. Effects of salt stress on growth and nitrogen fixation by pea, faba-bean, common bean and soybean plants. *Soil Biol. Biochem.*, 26, 371-376.

Les variétés résistantes à la salinité selon les cadres de l'ODVA sont la crête, et Bogapoté, alors que les variétés sensibles à la salinité sont TCS-10 et les accessions de la variété Madam Gougousse, à savoir Sheila, Shelda, Sherline et Beta. Cependant, ces résultats restent des hypothèses et ne sont pas intuitifs. On reporte dans la littérature que la résistance pour les variétés à la salinité varie avec la précocité. Plus la variété est précoce, plus la plante peut tolérer les sols salins. Sur ces dernières prémices, on admettrait que le groupe Sheila devrait être plus résistant que la Crête, étant plus précoce. Mais c'est l'inverse qui est confirmée par les cadres de l'ODVA.

#### 4.3.3. Le haricot, le maïs et la salinité

Les thèmes de recherches sur la réponse des espèces aux différents types de stress abiotique varient avec les cultures. Contrairement au riz, les recherches ont été développées beaucoup plus à travers le monde sur la résistance des variétés de maïs à la sécheresse. Ainsi depuis 2006 par exemple, le CYMMIT a lancé le projet ' Maïs pour l'Afrique résistante à la sécheresse'. Ils ont diffusés près de 60 variétés hybrides et 57 variétés à pollinisation ouverte entre 2007 et 2012. Ce sont de bons candidats à comparer aux variétés locales dans la recherche de variétés résistantes à la salinité.

La sélection basée sur la vigueur des plantes a, certes, montré un certain succès dans la détermination de la résistance des variétés à la salinité. Cependant elle serait plus efficace si elle prenait en compte d'autres caractères de tolérance comme la précocité<sup>22</sup>. En effet, sous contrainte saline, un développement tardif favorise l'accumulation d'ions toxiques pouvant entraîner la mort des plantes avant la fin de leur cycle de développement.

Les variétés de plantes cultivées à la vallée de l'Artibonite peuvent hypothétiquement présenter un degré varié de tolérance à la salinité. Par exemple des différences significatives ont été reportées entre plusieurs hybrides de maïs en réponse à différentes doses de salinité<sup>23</sup>. Le haricot, *Phaseolus vulgaris*, est bien connu pour sa sensibilité à la salinité. Cependant, d'autres espèces du même genre, comme le *Phaseolus acutifolius*, le haricot tepari, se révèle plus tolérant. On présente dans le tableau ci-après les variétés cultivées à la vallée de l'Artibonite, les cycles culturaux et le rendement.

<sup>22</sup>Tester M. & Davenport R., 2003. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. *Ann. Bot.*, **91**, 503-527.

<sup>23</sup>Khodarahmpour Z., Ifar M., and M Motamedi. 2012. Effects of NaCl salinity on Maize (*Zea Mays* L) at germination and early seedling stage. *African Journal of Biotechnology*. Vol 11, No 11

Tableau 8. Variétés de maïs et haricot noir cultivées dans la vallée de l'Artibonite

Espèces	Variétés	Cycle cultural	Rendement	Commune*
Haricot noir	Variété locale, Carreau, Médor	2.5 mois	1.3 T/ha	4, 5, 6, 7, 8
maïs	Maquina, Rosenglais, Comayagua	3 mois	2 T/ha	4, 5, 6, 7, 8

\* 1. L'Estère, 2. Desdunes, 3. Grande saline, 4. Marchand, 5. St Marc, 6. Verettes, 7. La chapelle, 8. Petite rivière.

Source : Cadres de l'ODVA

L'examen du tableau précédent supporte l'idée qu'il n'existe pas vraiment de différence entre les variétés de maïs en termes de précocité. Il en est de même pour les variétés de haricot. On ne peut donc pas construire des hypothèses valides sur la réponse des variétés à la salinité en se basant sur la précocité, tant pour les variétés de maïs que pour les variétés de haricot.

Dans une étude réalisée sur le genre *Phaseolus*, il a été démontré que la variabilité de tolérance à la salinité au sein des espèces viendrait largement d'un rapport PR/PA (biomasse racinaire/biomasse aérienne) élevé<sup>24</sup>. Ce principe peut être mis à profit pour rapidement et sans grand débours déterminer le niveau de tolérance des différentes variétés de haricots cultivées à la vallée de l'Artibonite.

On peut utiliser les gènes cités pour le riz en vue de créer des variétés transgéniques de haricot et de maïs qui soient résistantes à la salinité.

#### 4.3.4. Impacts de la salinité sur les rendements des filières agricoles ciblées dans la vallée de l'Artibonite

Pour mieux cerner l'impact de la salinité sur les filières ciblées, on peut apprécier les performances relatives des cultures dans les différentes classes de sols décrites en fonction de la salinité dans la vallée de l'Artibonite. Le tableau suivant décrit les pertes de rendement des cultures en fonction de la salinité des sols enregistrées à la vallée de l'Artibonite. Ce tableau

<sup>24</sup> Bayuelo-Jiménez J.S., Craig R. & Lynch J.P., 2002. Salinity tolerance of *Phaseolus* species during germination and early seedling growth. *Crop Sci.*, 42, 2184-2192.



synthétique se construit à partir du tableau sur le niveau de la salinité à la vallée de l'Artibonite et du graphe présentant les pertes de rendements des cultures selon différents niveaux de salinité. L'analyse de ce tableau permet de quantifier l'impact de la salinité des terres sur les rendements et la production des cultures de haricot, de maïs et de riz.

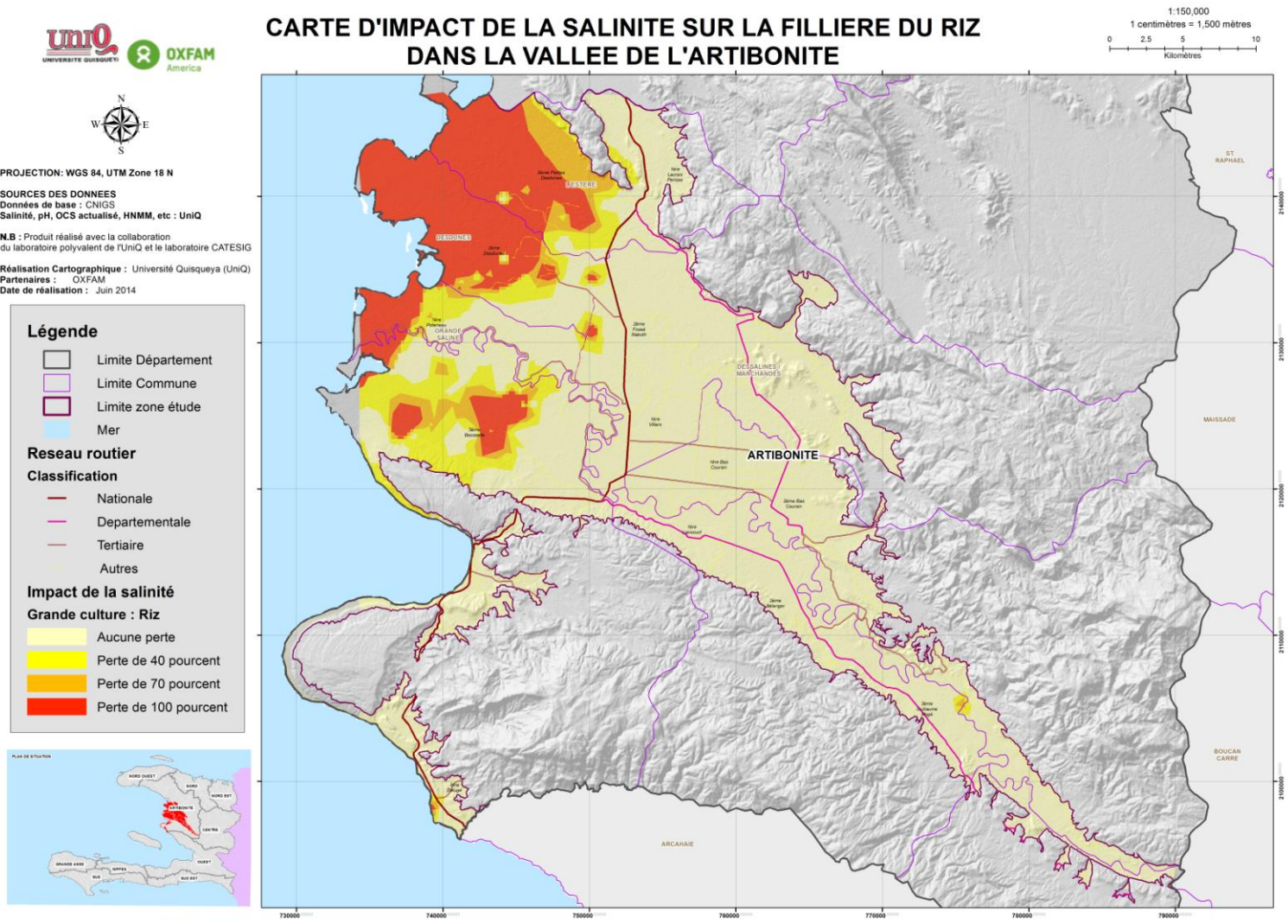
Tableau 9. Les différents niveaux de salinité, d'impacts sur les cultures et superficies concernées

Degré de salinité	Superficie en ha	Pourcentage	Effet sur les cultures (pertes)		
			Haricot	Mais	Riz
<b>Sols Libres de sel</b>	69241.22	72.17	Aucun	Aucun	Aucun
<b>Très faiblement salins</b>	6618.36	6.9	30%	Aucun	Aucun
<b>Faiblement salins</b>	3998.7	4.7	100%	50%	Perte 40%
<b>Salins</b>	1604.4	1.67	100%	80%	Perte 70%
<b>Fortement salins</b>	2187.75	2.28	100%	100%	Perte 100%
<b>Tres fortement salins</b>	12298.8	12.83	100%	100%	100%

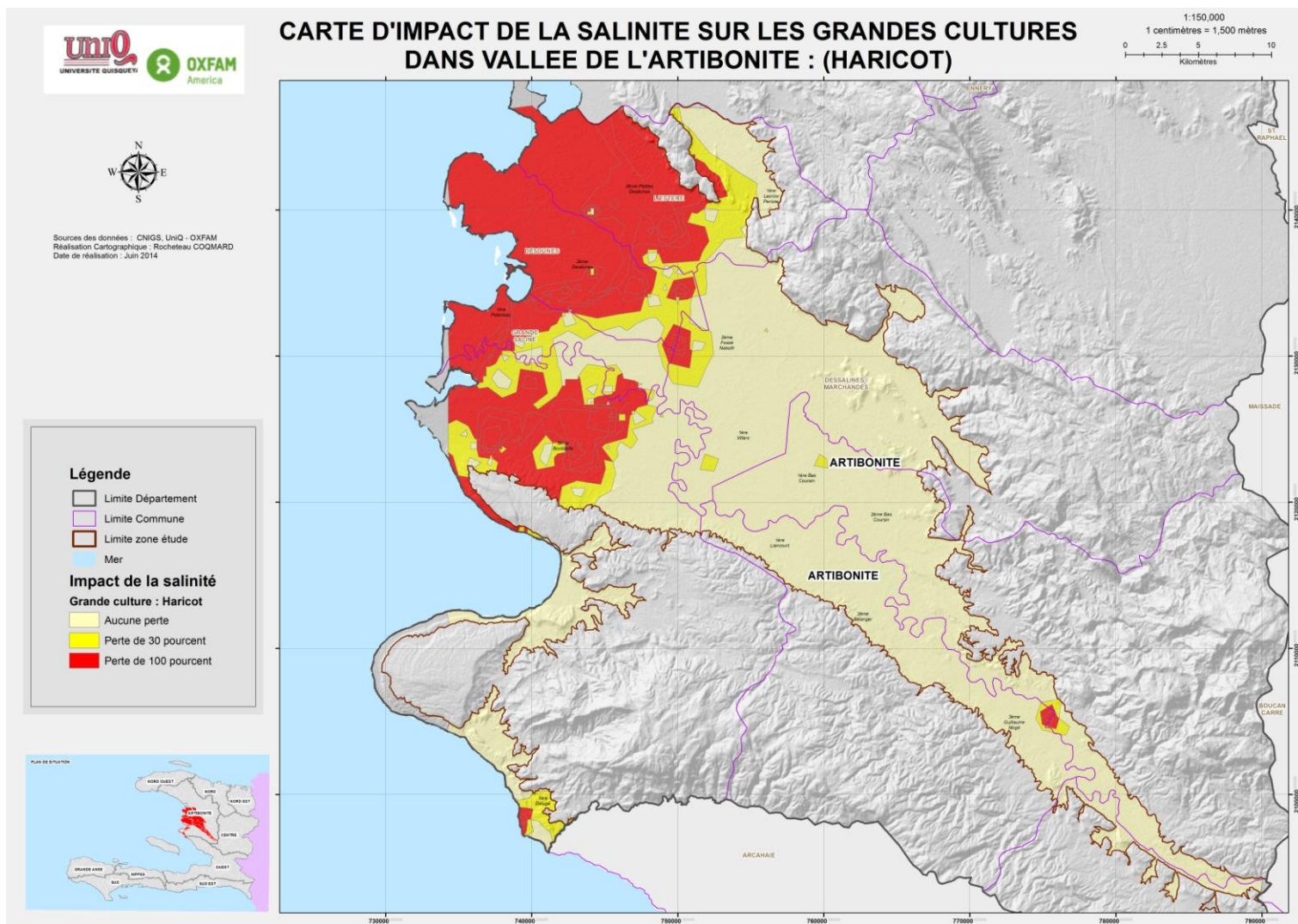
Source : UniQ, 2014

A l'analyse du tableau 10, on peut qu'à la vallée de l'Artibonite 21% des terres ne sont plus propices à la culture de haricot suite aux problèmes de salinité. En effet 21%, soit 20 089 ha de terre, sont affectées d'un niveau de salinité supérieur à 7 dS/m interdisant la culture du haricot.

Pour le maïs et le riz, 15.1% des terres principalement concentrées dans la bande côtière de la vallée de l'Artibonite ne peuvent plus en produire à cause d'un niveau de salinité trop élevé. En effet 14477.5 ha, soit 15.1% de terres sont classées de fortement à très fortement salins, avec un niveau de salinité supérieure à 12 dS/m. Par conséquent les pertes de rendement sur ces terres atteignent les 100% pour le maïs et le riz, pour les variétés traditionnelles. Il est donc fondamentalement important d'étudier les causes et le processus de la salinisation des terres à la vallée de l'Artibonite en vue de prendre des mesures pour arrêter le processus et même renverser la situation des sols trop salins. On doit donc se tourner, pour ces zones, vers des variétés qui sont adaptées aux conditions d'extrême salinité. Les cartes ci-après mettent en relief les impacts potentiels de la salinité des sols sur les trois cultures agricoles cibles.

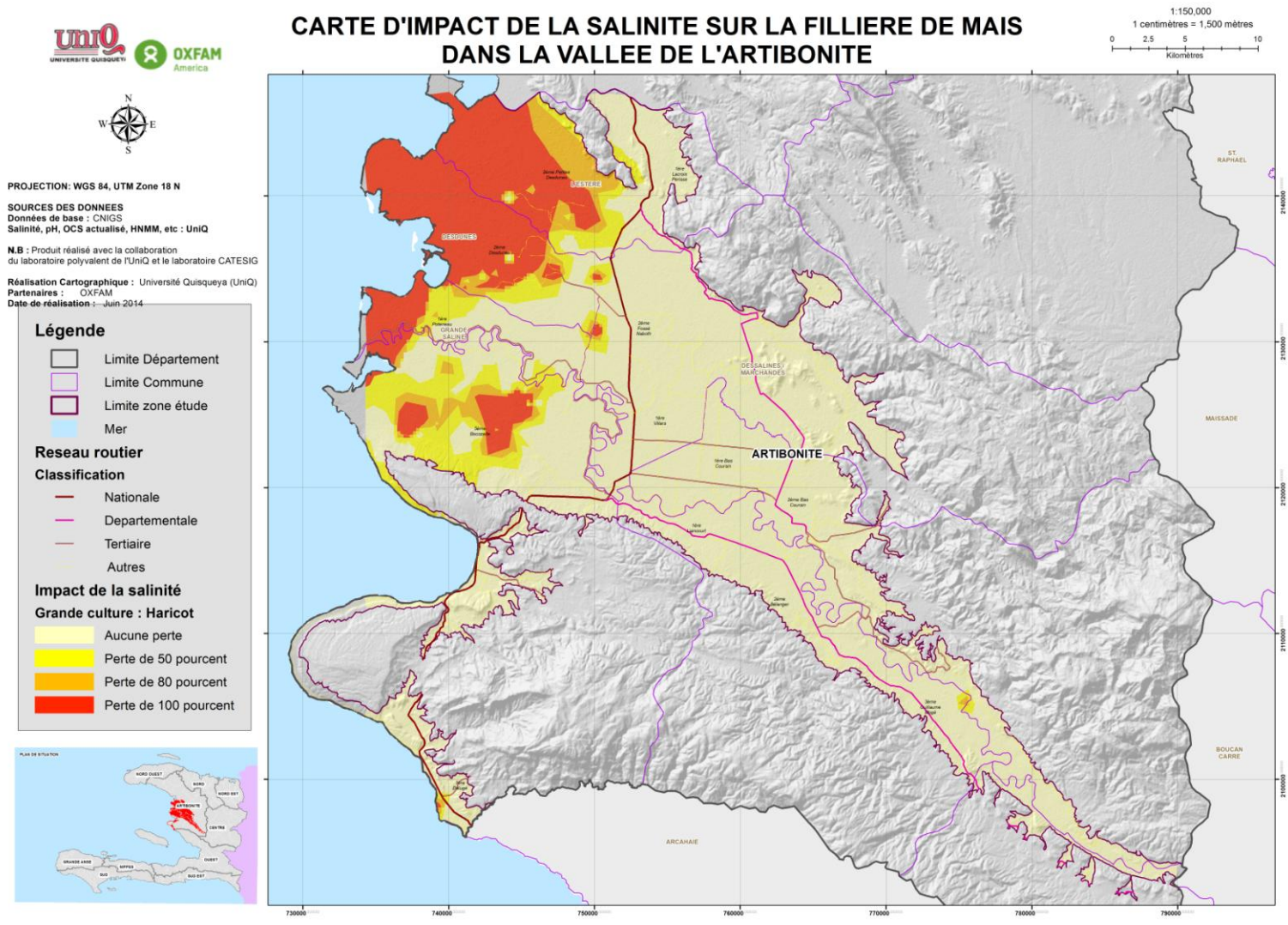


**Carte 8: carte d'impact de la salinité sur la culture du Riz**



**Carte 9: carte d'impact de la salinité sur la culture de Haricot**





**Carte 10: Carte d'impact de la salinité sur la culture de Maïs**

## **V. Le changements climatiques et ses impacts sur la VA**

Comme mentionné plus haut, le Changement climatique est présent dans la région d'étude surtout par un retard considérable avant l'arrivée de la première pluie. Se référant aux données du MDE (2013)<sup>25</sup>, les tendances ne sont pas différentes, les précipitations pourront être continuées à diminuer et dans les horizons de 2040 à 2070 les cultures de riz et de maïs particulièrement auront des contraintes hydriques. Cette situation pourrait exacerber la salinité des sols constatée actuellement. La Vallée de l'Artibonite, comme dans d'autres régions du monde où les moyens de subsistance des centaines de millions de personnes proviennent de petites exploitations agricoles<sup>26</sup>, est aussi vulnérable aux effets du CC. Sans l'apport de bonnes pratiques et de technologies d'adaptation appropriées pour une meilleure gestion du risque climatique et les effets associés, la résilience des producteurs sera fortement affectée.

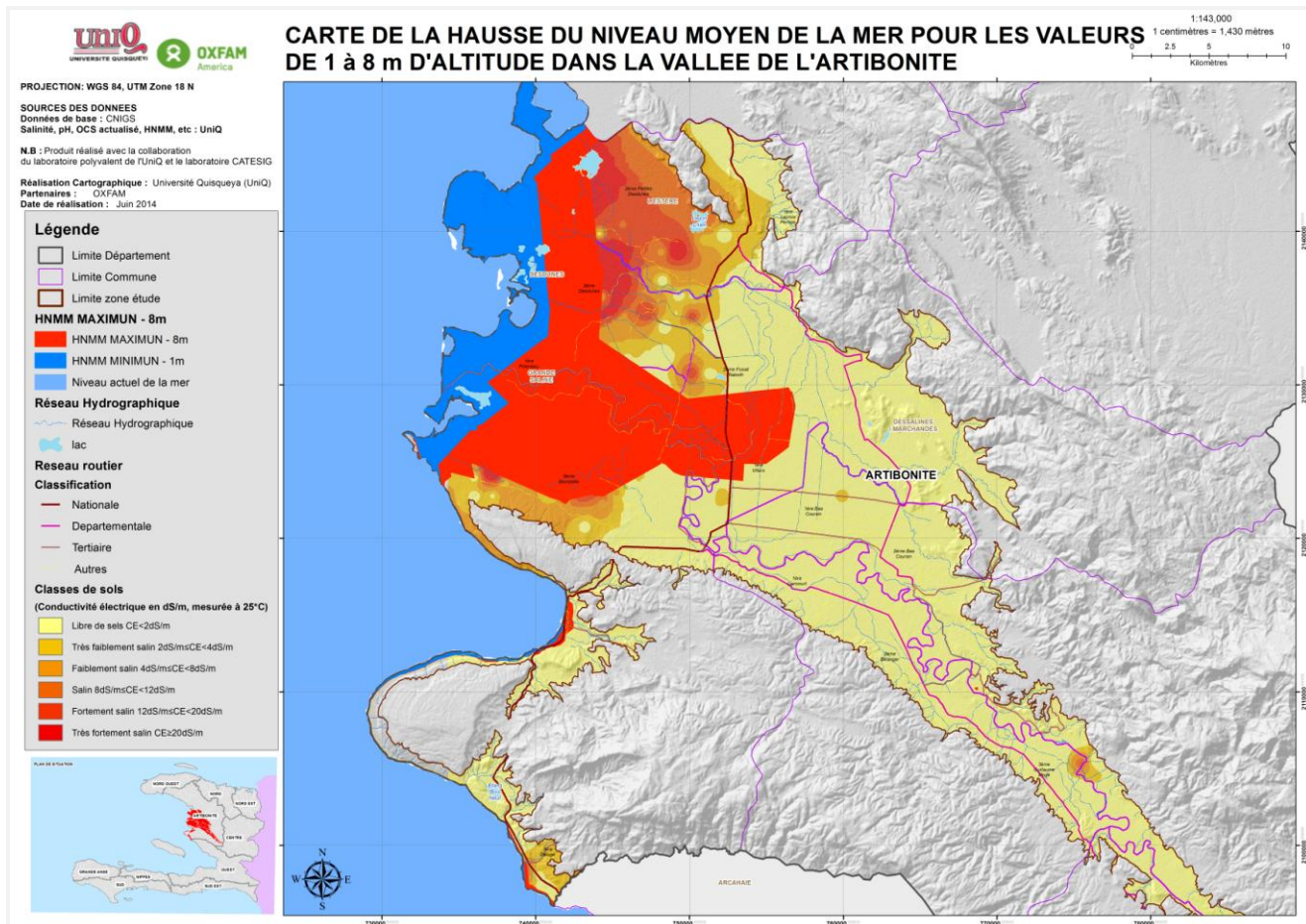
### **5.1. Hausse du Niveau Moyen de la Mer (HNMM)**

Comme mentionné dans la section méthodologique, le modèle d'élévation établi pour la zone d'étude correspond à la hausse du niveau moyen de la mer et a été réalisé en se basant sur les scénarios de CC (de 2051 à 2071) existant sur la région. Les résultats montrent que les communes côtières fortement touchées par la salinité actuellement sont aussi les plus vulnérables à la hausse marine. Ils révèlent aussi que l'impact sur la salinité dans le futur sera plus significatif dans les espaces libres de sels et faiblement salins actuellement. Si la situation est amplifiée par des événements hydrométéorologiques extrêmes (scenario Max 8 m), les surfaces physiques vulnérables seront considérablement augmentées (voir la carte ci-après)

---

<sup>25</sup> MDE, 2013. Deuxième communication nationale sur les changements climatiques en Haïti sous l'égide de la CCNCC. Rapport disponibles sur le site d'UNFCCC.

<sup>26</sup> [www.ccafs.cgiar.org](http://www.ccafs.cgiar.org)



Carte 11 : Carte de la hausse du niveau moyen de la mer pour les scenarios de 1 et 8 m

## 5.2. Impact de la Hausse du Niveau Moyen de la Mer (HNMM)

Une hausse marine aura des impacts non seulement sur la salinité des sols mais aussi sur l'ensemble des occupations physiques du sol dans les zones vulnérables.

### 5.2.1. Impact potentiel sur la salinité actuelle

Cette recherche montre qu'une augmentation de 1 m du niveau moyen de la mer provoquerait la salinité des sols sur 135,83 ha de terre qui sont actuellement libres de sel soit 2,07% de l'aire concernée par la hausse susmentionnée. Près de 8% des sols faiblement salins de la zone de notre recherche seront aussi touchés par la hausse du niveau de la mer. Ce qui augmentera le degré de salinité de ces sols. En cas de situation d'extrême climatique et/ou météorologique pendant la même période, si la hausse atteindrait 8 m, 6666,22 ha (11% de l'aire) des sols libres de sel actuellement seront vulnérables. Le problème sera aussi exacerbé sur 35% des sols très faiblement salins et 45% des sols faiblement salins. Les surfaces vulnérables à des hausses de 1 m ou de 8 m (situation extrême) sont présentées dans les tableaux 10 et 11 ci-après ainsi que leur répartition spatiale dans la carte # 12 et 13).

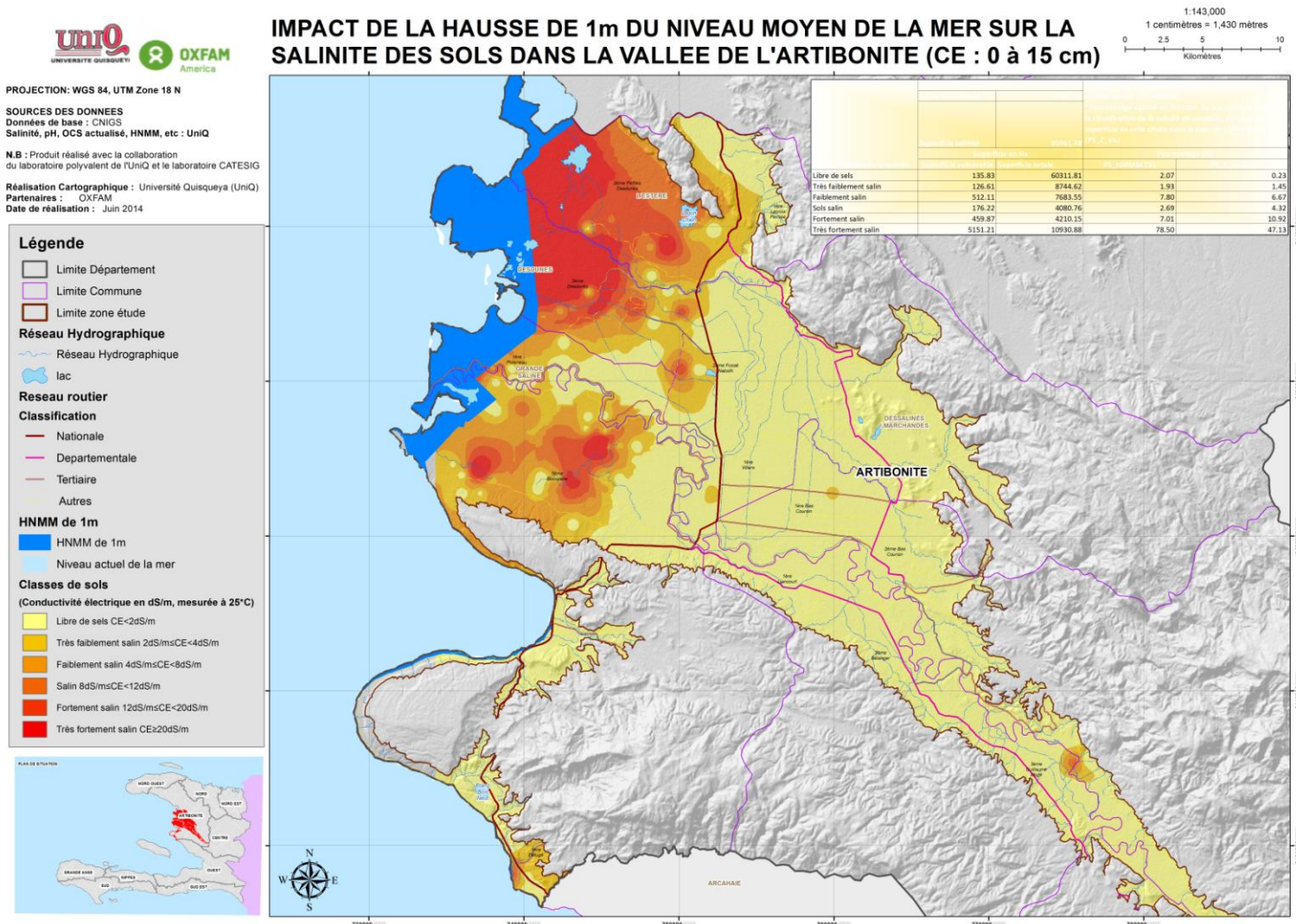
Tableau 10 : Superficie vulnérable à une hausse marine de 1 m

Classification de la salinité			Valeur en Pourcentage (%)
	Superficie HNMM 1m	6561,85	
	Superficie salinité	95961,78	
	Superficie en Ha		
	Superficie vulnérable	Superficie totale (ST)	% superficie vulnérable par rapport à la superficie totale des classes de salinité
Libre de sels	135,83	60311,81	0,23
Très faiblement salin	126,61	8744,62	1,45
Faiblement salin	512,11	7683,55	6,67
Sols salin	176,22	4080,76	4,32
Fortement salin	459,87	4210,15	10,92
Très fortement salin	5151,21	10930,88	47,13

Tableau 11 : Superficie vulnérable à une hausse marine d'environ 8 m

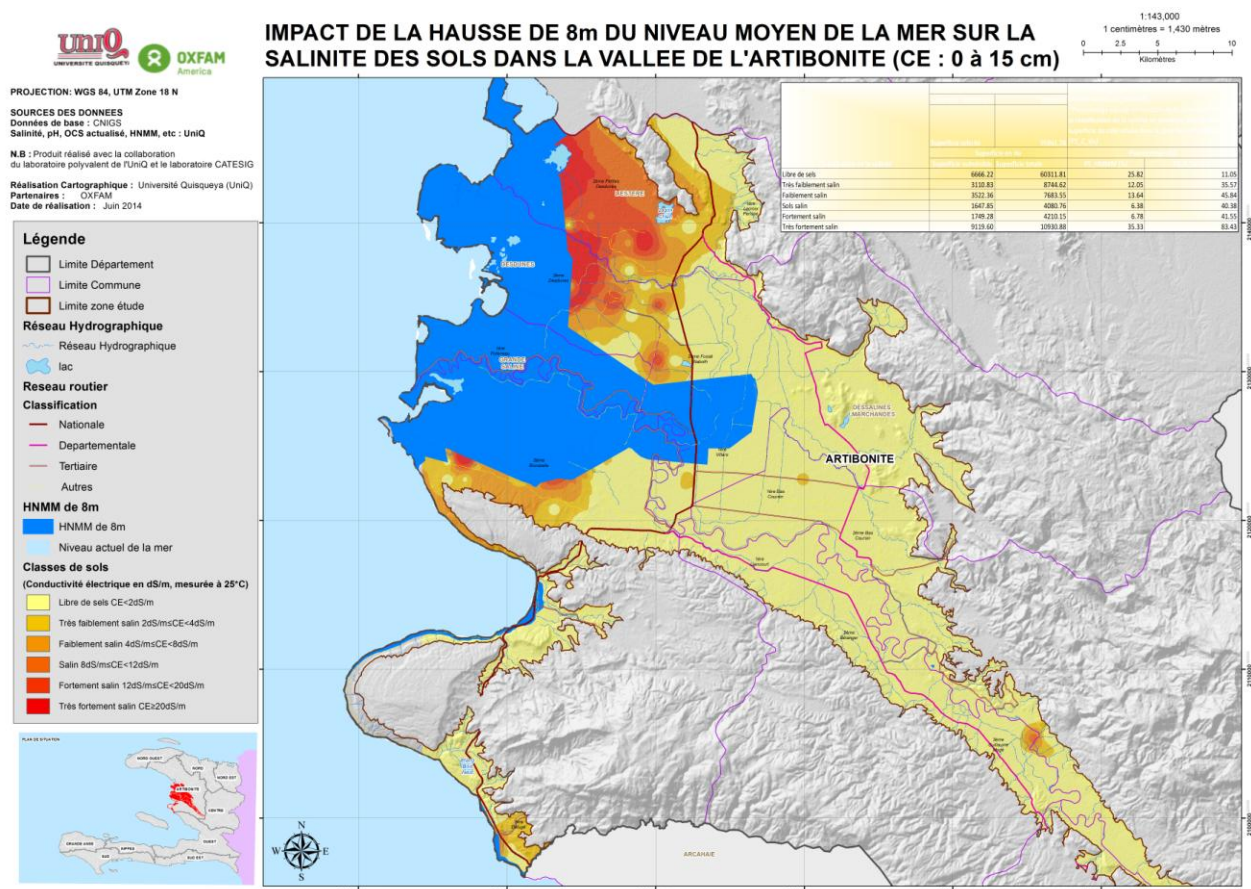
Classification de la salinité			Valeur en Pourcentage (%)
	Superficie HNMM 8m	25816,13	
	Superficie salinité	95961,78	
	Superficie en Ha		
	Superficie vulnérable	Superficie totale	% superficie vulnérable par rapport à la superficie totale des classes de salinité
Libre de sels	6666,22	60311,81	11,05
Très faiblement salin	3110,83	8744,62	35,57
Faiblement salin	3522,36	7683,55	45,84
Sols salin	1647,85	4080,76	40,38
Fortement salin	1749,28	4210,15	41,55
Très fortement salin	9119,60	10930,88	83,43





**Carte 12 : Impact potentiel de la hausse de 1 m du niveau moyen de la mer sur la salinité des sols**



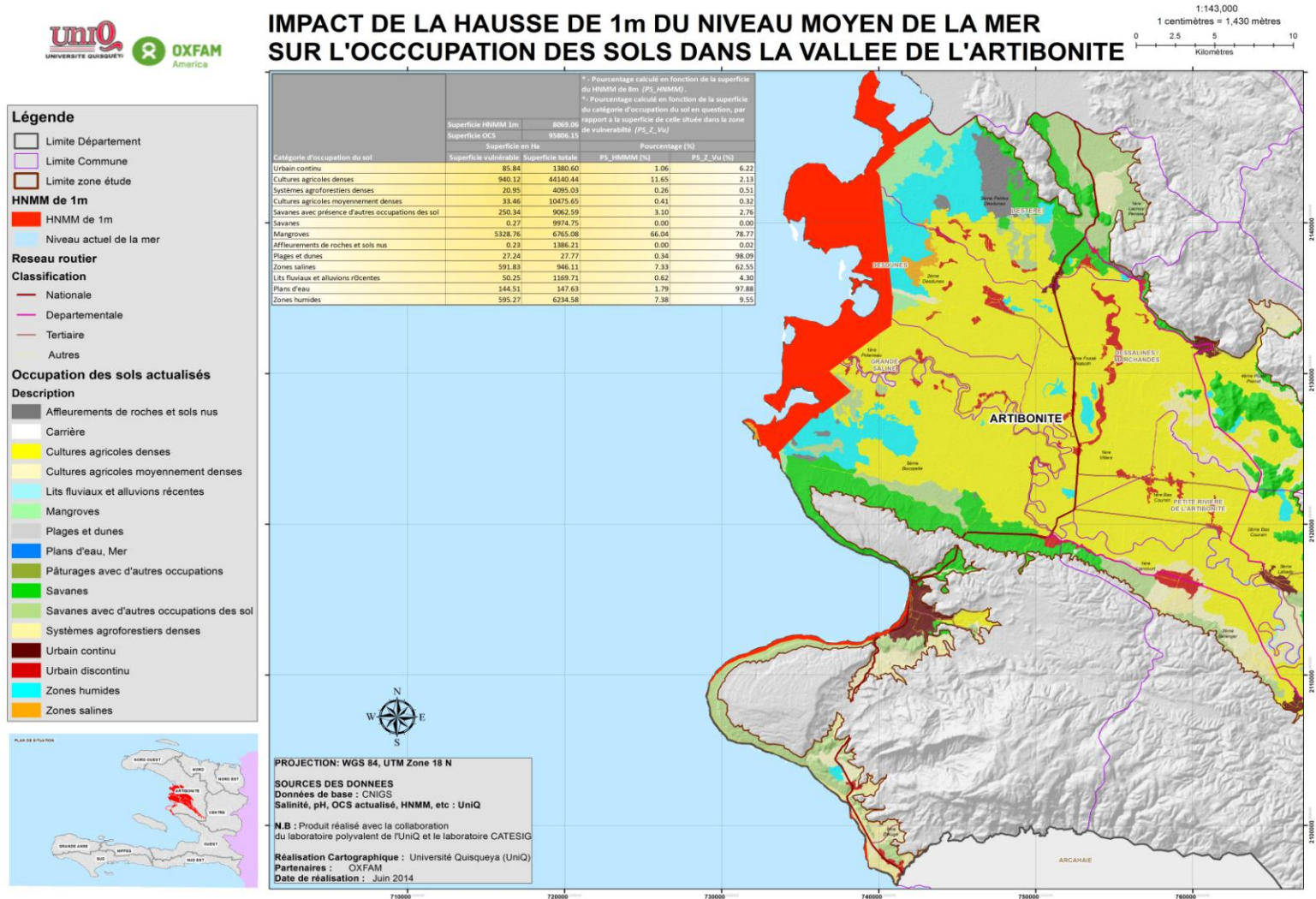


Carte 13 : Impact potentiel de la hausse d'environ 8 m du niveau moyen de la mer sur la salinité des sols

5.2.2. Impact sur l'occupation et l'utilisation du sol

Comme pour les surfaces libres de sel actuellement qui seront sensibles à une hausse du niveau moyen de la mer, l'utilisation du sol associée en sera aussi pâtie. Avec une hausse de 1 m, environ 940,12 ha soit 6,22% des espaces occupés par l'Agriculture intensive seront touchés. L'étude révèle que cette proportion pourrait passer à 30% pour une hausse d'environ 8 m.

Quant aux zones humides et les plans d'eau de la zone côtière, 10% et plus 90% respectivement de ces espaces seront très sensibles à une hausse de 1m. Si cette situation coïnciderait à des conditions météorologiques extrêmes pouvant provoquer des hausses de 8 m, tous les plans d'eau des zones côtières seront quasiment affectés et environ 70% des zones humides ne seront pas exemptes (voir les cartes 14 et 15 ci-après).

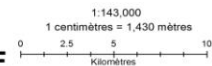


Carte 14 : Impact de la hausse du niveau moyen de la mer de 1m sur l'occupation et l'utilisation du sol





**IMPACT DE LA HAUSSE DE 8m DU NIVEAU MOYEN DE LA MER  
 SUR L'OCCUPATION DES SOLS DANS LA VALLEE DE L'ARTIBONITE**



**Légende**

- Limite Département
- Limite Commune
- Limite zone étude

**HNMM de 8m**

- HNMM de 8m
- Niveau actuel de la mer

**Reseau routier**

**Classification**

- Nationale
- Departementale
- Tertiaire
- Autres

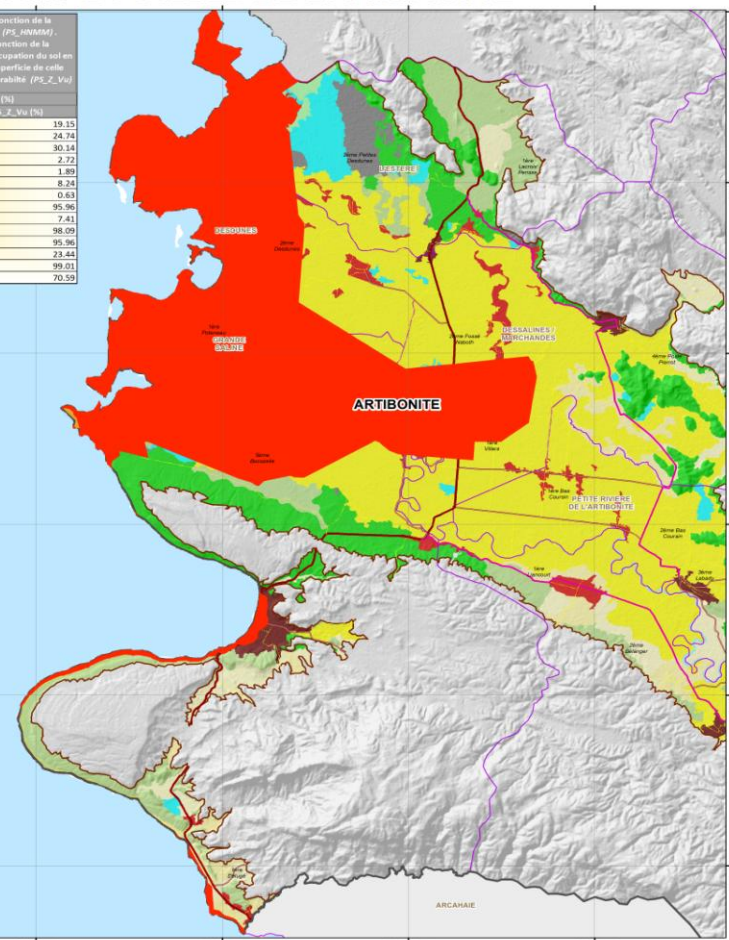
**Occupation des sols actualisés**

**Description**

- Affleurements de roches et sols nus
- Carrière
- Cultures agricoles denses
- Cultures agricoles moyennement denses
- Lits fluviaux et alluvions récentes
- Mangroves
- Plages et dunes
- Plans d'eau, Mer
- Pâturages avec d'autres occupations
- Savanes
- Savanes avec d'autres occupations des sol
- Systèmes agroforestiers denses
- Urbain continu
- Urbain discontinu
- Zones humides
- Zones salines

Catégorie d'occupation du sol	Superficie en Ha		Pourcentage (%)	
	Superficie vulnérable	Superficie totale	PS_HNMM (%)	PS_Z_Vu (%)
Urban continu	264.40	1380.60	0.96	19.35
Urban discontinu	527.42	2112.23	1.91	24.74
Cultures agricoles denses	13304.23	44140.44	48.26	30.14
Systèmes agroforestiers denses	111.54	4095.03	0.40	2.72
Cultures agricoles moyennement denses	198.21	10475.65	0.72	1.89
Savanes avec présence d'autres occupations des sol	746.70	9062.59	2.71	8.24
Savanes	62.47	9974.75	0.23	0.63
Mangroves	6491.60	6765.08	23.55	95.96
Affleurements de roches et sols nus	102.73	1386.21	0.37	7.41
Plages et dunes	27.24	27.77	0.10	98.09
Zones salines	907.86	946.11	3.29	95.96
Lits fluviaux et alluvions récentes	274.21	1169.71	0.99	23.44
Plans d'eau	346.17	147.63	0.53	99.01
Zones humides	4401.01	6234.58	15.97	70.59

\* Pourcentage calculé en fonction de la superficie du HNMM de 8m (PS\_HNMM)  
 \* Pourcentage calculé en fonction de la superficie de la catégorie d'occupation du sol en question, par rapport à la superficie de celle située dans la zone de vulnérabilité (PS\_Z\_Vu)



PROJECTION: WGS 84, UTM Zone 18 N

SOURCES DES DONNEES  
 Données de base : CNIGS  
 Salinité, pH, OCS actualisé, HNMM, etc : UniQ

N.B : Produit réalisé avec la collaboration du laboratoire polyvalent de l'UniQ et le laboratoire CATESIG

Réalisation Cartographique : Université Quisqueya (UniQ)  
 Partenaires : OXFAM  
 Date de réalisation : Juin 2014

Carte 15 : Impact de la hausse du niveau moyen de la mer de 1m sur l'occupation et l'utilisation du sol

## **Conclusion**

Déjà à partir de ces données, nous pouvons conclure que le problème de sels solubles existe dans la vallée et doit être étroitement surveillé. Cette recherche a révélé que de 37.68 % des terres ce qui correspond à un total de 35649.96 hectares sont affectés de sels et ne peuvent être considérés comme très fertiles pour toute une série de cultures. 19221.79 hectares ont de grandes limitations particulièrement pour les filières Haricot, maïs et riz. Certains auteurs comme Maas et Hoffman 1997 et Maas 1994 prévoient déjà une diminution du rendement de ces cultures, à partir d'une conductivité de 1 à 3 dS/m.

En ce qui concerne les filières, les variétés locales de riz, selon divers experts, présentent une variabilité quant à la réponse à la salinité. On ne peut pas dire autant pour le haricot et le maïs. On sait cependant que le haricot est en général sensible et le maïs plus tolérant à la salinité. Il importe de faire des essais en vue d'étudier le comportement des variétés locales des différentes espèces cultivées dans les conditions de salinité qui prévalent à la vallée de l'Artibonite.

## **Recommandations**

Les recommandations dans le cadre de cette recherche ont été groupées en deux catégories. Les recommandations générales et celles spécifiques aux principales thématiques étudiées

### **De façon générale, il faut**

- ✓ Encourager les stratégies communautaires d'adaptation afin d'aider les communautés rurales à renforcer leur capacité à faire face aux impacts liés au changement climatique, améliorer leurs compétences en matière de gestion des terres et à diversifier leurs moyens de subsistance.
  
- ✓ Augmenter les investissements en faveur de la productivité agricole afin de soutenir des programmes nationaux de recherche et de vulgarisation ayant des déficiences en termes d'investissement en personnel scientifique de laboratoire et en infrastructures appropriées.

- ✓ Du point de vue climatique, aucune donnée récente n'est disponible. On doit créer un réseau de stations météorologiques afin de pouvoir suivre réellement et informer des changements climatiques, de la distribution et l'intensité des précipitations, afin de pouvoir prévenir les conséquences catastrophiques et mieux gérer l'eau d'irrigation.

**De façon spécifique, il faut**

**En ce qui concerne la salinité des sols,**

- ✓ Etudier en profondeur les différentes causes et aspects liés à la salinité des sols pour contribuer à l'éradiquer dans la vallée, celles non analysées dans cette présente phase par exemple étudier la qualité de l'eau d'irrigation dans la vallée
- ✓ Etudier aussi la qualité de l'eau souterraine, vu que le problème dans les endroits touchés a été constaté tant à la surface (0-15 cm) que dans la profondeur 15-30 cm du sol.
- ✓ Mettre en place de Stratégies efficaces pour résoudre le problème de drainage existant dans la Vallée de l'Artibonite.
- ✓ Protéger et augmenter le reliquat de mangroves existant dans la zone côtière pour atténuer le risque des inondations d'origine marine.
- ✓ Considérant le drainage comme un corolaire obligé de tout système d'irrigation, des efforts considérables doivent être entrepris dans le but rendre efficace les systèmes de drainage existants et en créer de nouveaux selon les besoins.
- ✓ Faire un contrôle périodique de la qualité de l'eau dans les canaux d'irrigation et au niveau des stations de pompage effectué afin d'éviter la salinisation par apport d'eau non adaptée au type de sol et aux plantes sensibles.
- ✓ Prévoir également un contrôle de la qualité de l'eau dans les canaux de drainage. Une bonne connaissance des caractéristiques de ces eaux peut favoriser leur utilisation et entraîner une mise en valeur agricole des zones sèches et même salines.
- ✓ Faire des essais comparatifs de variétés en plein champs des trois filières afin de trouver celles qui s'adaptent aux conditions de chaque commune et soient capables de donner les meilleurs rendements.

- ✓ Faire des essais de récupération de sols faiblement salins dans le but de prévenir l'alcalinisation de ces derniers, qui est un stade pratiquement irrécupérable quand on est économiquement faible.

### **Et, en termes de réponse des cultures cibles**

Une grande diversité existe à l'échelle mondiale pour la résistance à la salinité. On a découvert des gènes, élucidé des mécanismes de résistance et développé des variétés résistantes à la salinité. On peut donc mettre à profit ces acquis en vue de pallier les problèmes de salinité qui se posent dans certains endroits dans la vallée de l'Artibonite.

Un exercice d'amélioration des variétés locales pour la résistance à la salinité pourrait regarder vers l'extérieur à l'affut de ressources phytogénétiques intéressantes. Des progrès assez sérieux ont été réalisés aux Philippines, au Vietnam, en Afrique et en Australie dans la quête de variétés résistantes.

- Au Vietnam, le laboratoire de génétique agricole de l'Université de Can Tho a réussi à créer des variétés de riz résistantes à la salinité nommée CTUS (Can Tho University-Salinity). Ces variétés résistent normalement à une salinité de 9 à 10 pour mille.
- L'institut International du riz (IRRI) a développé le programme STRASA (Salt Tolerant Rice for Africa and South Asia) avec pour mission de développer des variétés tolérantes à cinq stressés abiotiques parmi lesquelles la salinité, la sécheresse, la germination anaérobie, la toxicité du fer et la basse température.
- Au Bangladesh, on a développé la variété BRRI Dhan 47 pour être cultivée dans les plaines côtières avec l'eau saumâtre due à l'invasion de l'eau de mer. Ils associent la riziculture à l'élevage de crevettes et les plantes peuvent résister à une salinité de l'ordre de 6 ds/m.
- L'expression de gènes tels que les transporteurs de sodium et de potassium de la famille des HKT par la transgénèse génère des variétés qui sont résistantes à la salinité

**BIBLIOGRAPHIE**

1. Antoine, Wesner. 2014. Rapport d'étude sur les Grandes cultures : Réponse à la salinité pour des cultures stratégiques (maïs, haricot, riz) dans la Vallée de l'Artibonite
2. Danai-Tambhale S., Kumar V., et V.Shriram. 2011. Differential Responses of two Scented IndicaRice (*Oryza sativa*) cultivars under salt stress
3. Delgado M.J., Ligeró F., and C Lluch. 1994. Effects of salt stress on growth and nitrogen fixation by pea, faba-bean, common bean and soybean plants. *Soil Biol. Biochem.*, 26, 371-376.
4. Economics of Climate Change in Latin America and the Caribbean. Summary 2010, CEPAL, [http://www.eclac.cl/dmaah/publicaciones/xml/9/41909/2010-914-Climature\\_change-COMPLETO\\_WEB.pdf](http://www.eclac.cl/dmaah/publicaciones/xml/9/41909/2010-914-Climature_change-COMPLETO_WEB.pdf)
5. El Fouladi, 2014. La surveillance côtière et système d'alerte pour l'adaptation au changement climatique. 50P sans les annexes.
6. FAO, ROME 1968 , Enquête sur les terres et les eaux dans la plaine des Gonaïves et le Département du Nord-Ouest.
7. Géo Haïti, 2010. Etat et perspectives de l'environnement. Rapport réalisé par l'équipe technique de l'Université Quisqueya. 200P
8. Hinrich L., Bohn, Brian L. McNeal, George A. O'Connor. *Soil Chemistry* A Wiley-Interscience Publication
9. Hullin (1983) cité par Butelli (2012). Salinité des eaux et des sols au niveau de la Sebkh de Bamendil, caractéristiques et conséquences sur l'Environnement.
10. INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DE AGUA , octobre 1994, Anexo Técnico, Estudio general de salinidad.
11. J. Léal, J. Echevarria, A. Stervins, 2009. Étude des Impacts Socioéconomiques des Changements Climatiques en Haïti et Réponses d'adaptation.
12. Khodarahmpour Z., Ifar M., and M Motamedi. 2012. Effects of NaCl salinity on Maize (*Zea Mays L*) at germination and early seedling stage. *African Journal of Biotechnology*. Vol 11, No 11
13. MARNDR, 2011. Politique de développement agricole. 2010-2025. 24P

14. MARNDR, 2012. Statistiques agricoles. Disponible sur le lien internet.  
[http://agriculture.gouv.ht/statistiques\\_agricoles/Atlas/utilisationOccupationSol.html](http://agriculture.gouv.ht/statistiques_agricoles/Atlas/utilisationOccupationSol.html)
15. Mathieu et al. 2002. Cartes et étude de risques, de la vulnérabilité et des capacités de réponse en Haïti P30-40
16. MDE ,2013. Deuxième communication nationale sur les changements climatiques en Haïti sous l'égide de la CCNCC. Rapport disponibles sur le site de «UNFCCC ».
17. Ministère de l'Environnement de la république d'Haïti, 2006. Programme d'Action National d'Adaptation (PANA) aux changements climatiques.
18. Pitman M., and A. Launchli. 2004. Salinity: Environment-Plants-Molecules, chapter one: Global impact of salinity and agricultural ecosystems.
19. Salon BHAWAN SINGH/MARC J. COHEN: 2014. Adaptation au Changements Climatiques. Le cas d'Haïti
20. -Servicio de Conservación de suelos, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos 1997, Requerimientos de Agua para riego
21. Tester M. & Davenport R., 2003. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. Ann. Bot., 91, 503-527.
22. United States Salinity Laboratory Staff.1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soil. U.S. Department of Agriculture. Handbook 60, p.160.
23. Université Catholique de Louvain. Base de données internationales sur les désastres. Disponible sur lien internet suivant : <http://www.emdat.be/>
24. [www.ccafs.cgiar.org](http://www.ccafs.cgiar.org)



# ANNEXE

**ANNEXE 1.**

**Tableau d'occupation et d'utilisation du sol actuelle dans la VA**

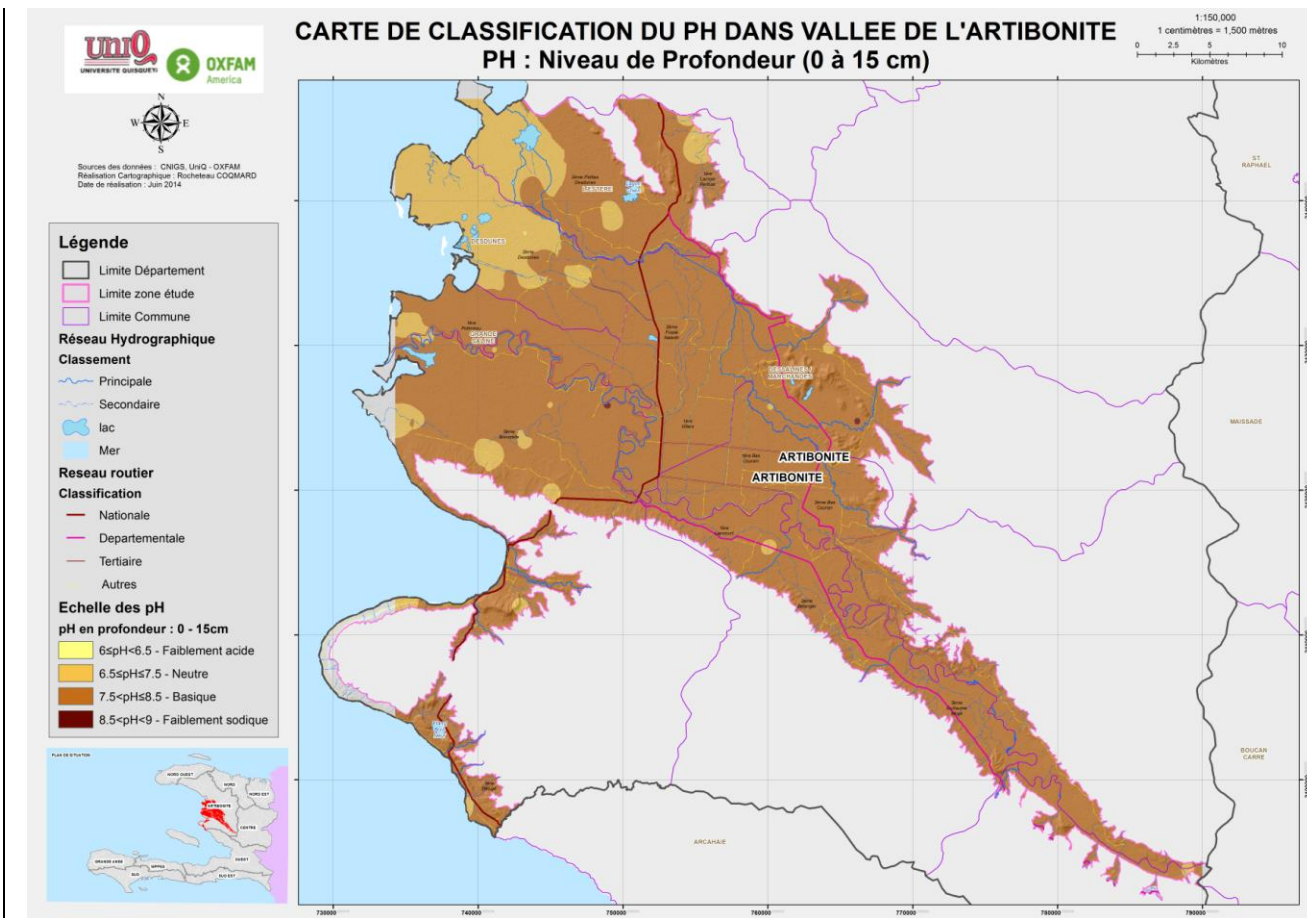
Description	Quantité	Superficie en ha	Pourcentage (%)
Affleurements de roches et sols nus	14	1386.2080	1.41
Carrière	2	16.2006	0.02
Cultures agricoles denses	27	44140.4407	44.93
Cultures agricoles moyennement denses	36	10475.6451	10.66
Lits fluviaux et alluvions récentes	1	1169.7132	1.19
Mangroves	5	6765.0803	6.89
Pf turages avec presence d'autres occupations	5	279.1799	0.28
Plages et dunes	6	27.7672	0.03
Plans d'eau, Mer	11	147.6321	0.15
Savanes	21	9974.7517	10.15
Savanes avec presence d'autres occupations des sol	47	9062.5949	9.23
Systèmes agroforestiers denses	14	4095.0295	4.17
Urbain continu	8	1360.2682	1.38
Urbain discontinu	41	2152.5594	2.19
Zones humides	35	6234.5812	6.35
Zones salines	5	946.1061	0.96

**Les zones agro écologiques dans la vallée de l'Artibonite**

Catégories	ha	%
Zone d'agriculture de Montagne Humide	2400,781553	3
Zone de Plaine en Monoculture	64218,93044	67
Zone de Production de Sel Marin	5099,975409	5
Zone Sèche d'agriculture et de Pêche	23839,93791	25
TOTAL	95559,62531	100

ANNEXE 2.

Carte de PH pour les couches 0-15 et 15-30 cm respectivement



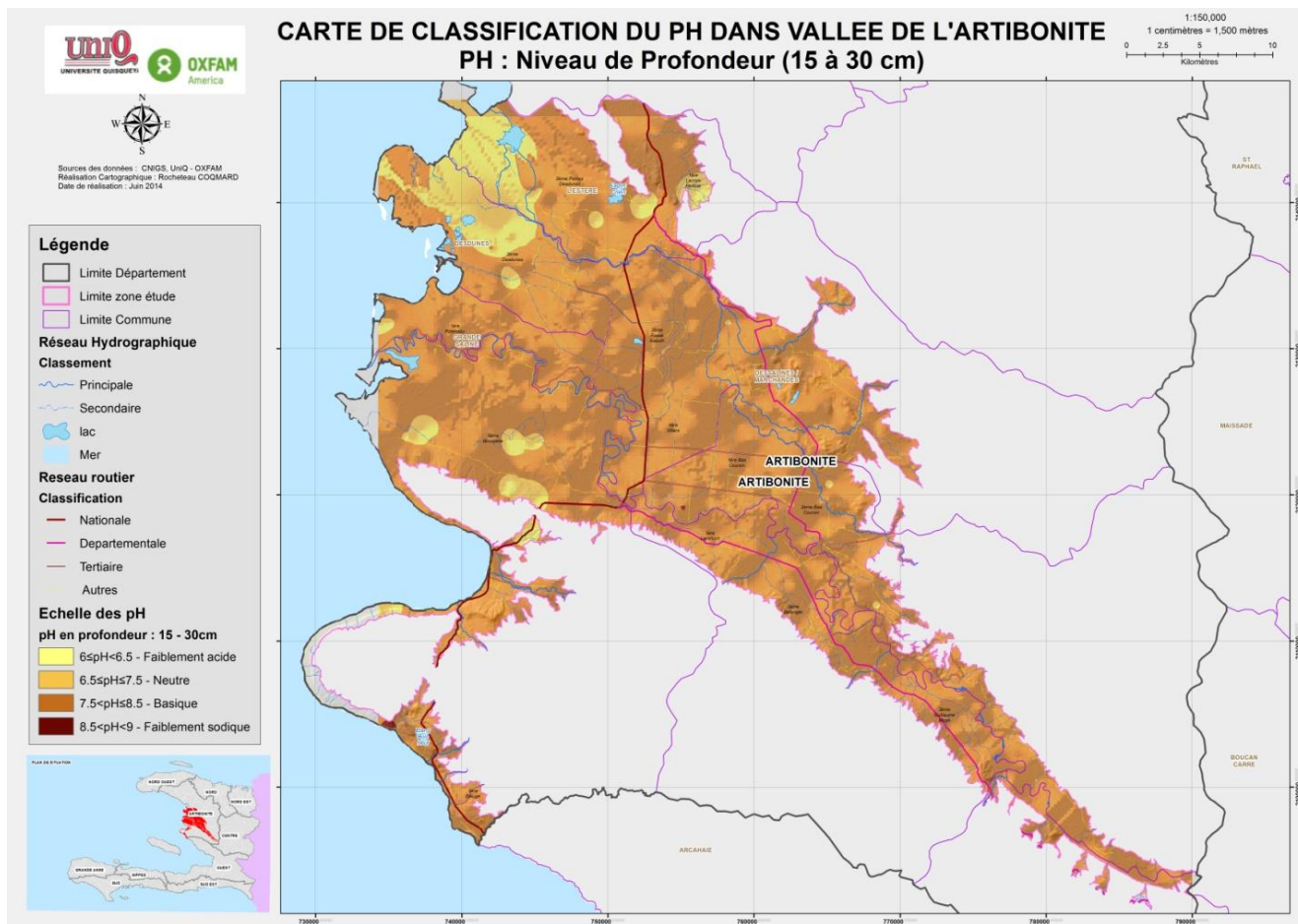


TABLEAU. DISTRIBUTION DE LA SALINITE PAR COMMUNE DANS LA PROFONDEUR A (0-15cm)

Code	Commune	Classification de la Salinité	Conductivité électrique en dS/m, mesurée à 25°C	Superficie _ha	Pourcentage (%) dans la commune
1	DESDUNES	Libre de sels	CE < 2dS/m	695,83	0,73
2	DESDUNES	Très faiblement salin	2dS/m ≤ CE < 4dS/m	1161,95	1,21
3	DESDUNES	Faiblement salin	4dS/m ≤ CE < 8dS/m	935,63	0,98
4	DESDUNES	Salin	8dS/m ≤ CE < 12dS/m	604,26	0,63
5	DESDUNES	Fortement salin	12dS/m ≤ CE < 20dS/m	811,22	0,85
6	DESDUNES	Très fortement salin	CE ≥ 20dS/m	5721,12	5,98
TOTAL PAR COMMUNE				<b>9930,02</b>	<b>10,37</b>
1	DESSALINES / MARCHANDES	Libre de sels	CE < 2dS/m	18459,04	19,28
2	DESSALINES / MARCHANDES	Très faiblement salin	2dS/m ≤ CE < 4dS/m	942,32	0,98
3	DESSALINES / MARCHANDES	Faiblement salin	4dS/m ≤ CE < 8dS/m	195,07	0,20
4	DESSALINES / MARCHANDES	Salin	8dS/m ≤ CE < 12dS/m	33,28	0,03
5	DESSALINES / MARCHANDES	Fortement salin	12dS/m ≤ CE < 20dS/m	45,17	0,05
TOTAL PAR COMMUNE				<b>19674,89</b>	<b>20,55</b>
1	GRANDE SALINE	Libre de sels	CE < 2dS/m	1773,00	1,85
2	GRANDE SALINE	Très faiblement salin	2dS/m ≤ CE < 4dS/m	800,07	0,84
3	GRANDE SALINE	Faiblement salin	4dS/m ≤ CE < 8dS/m	911,56	0,95
4	GRANDE SALINE	Salin	8dS/m ≤ CE < 12dS/m	164,70	0,17
5	GRANDE SALINE	Fortement salin	12dS/m ≤ CE < 20dS/m	190,13	0,20
6	GRANDE SALINE	Très fortement salin	CE ≥ 20dS/m	1081,28	1,13
TOTAL PAR COMMUNE				<b>4920,74</b>	<b>5,14</b>
1	LA CHAPELLE	Libre de sels	CE < 2dS/m	1681,92	1,76
TOTAL PAR COMMUNE				<b>1681,92</b>	<b>1,76</b>
1	L'ESTERE	Libre de sels	CE < 2dS/m	2649,89	2,77

2	L'ESTERE	Très faiblement salin	2dS/m ≤CE< 4dS/m	1921,46	2,01
3	L'ESTERE	Faiblement salin	4dS/m ≤CE< 8dS/m	1282,07	1,34
4	L'ESTERE	Salin	8dS/m ≤CE< 12dS/m	1896,84	1,98
5	L'ESTERE	Fortement salin	12dS/m ≤CE< 20dS/m	1948,95	2,04
6	L'ESTERE	Très fortement salin	CE ≥ 20dS/m	3386,51	3,54
<b>TOTAL PAR COMMUNE</b>				<b>13085,73</b>	<b>13,67</b>
1	PETITE RIVIERE DE L'ARTIBONITE	Libre de sels	CE < 2dS/m	14664,12	15,32
2	PETITE RIVIERE DE L'ARTIBONITE	Très faiblement salin	2dS/m ≤CE< 4dS/m	206,54	0,22
3	PETITE RIVIERE DE L'ARTIBONITE	Faiblement salin	4dS/m ≤CE< 8dS/m	58,50	0,06
4	PETITE RIVIERE DE L'ARTIBONITE	Salin	8dS/m ≤CE< 12dS/m	3,65	0,00
<b>TOTAL PAR COMMUNE</b>				<b>14932,81</b>	<b>15,60</b>
1	SAINT-MARC	Libre de sels	CE < 2dS/m	9956,69	10,40
2	SAINT-MARC	Très faiblement salin	2dS/m ≤CE< 4dS/m	3635,71	3,80
3	SAINT-MARC	Faiblement salin	4dS/m ≤CE< 8dS/m	4221,42	4,41
4	SAINT-MARC	Salin	8dS/m ≤CE< 12dS/m	1352,00	1,41
5	SAINT-MARC	Fortement salin	12dS/m ≤CE< 20dS/m	1203,22	1,26
6	SAINT-MARC	Très fortement salin	CE ≥ 20dS/m	619,27	0,65
<b>TOTAL PAR COMMUNE</b>				<b>20988,32</b>	<b>21,92</b>
1	VERRETTES	Libre de sels	CE < 2dS/m	10385,20	10,85
2	VERRETTES	Très faiblement salin	2dS/m ≤CE< 4dS/m	69,71	0,07
3	VERRETTES	Faiblement salin	4dS/m ≤CE< 8dS/m	55,29	0,06
4	VERRETTES	Salin	8dS/m ≤CE< 12dS/m	22,55	0,02
<b>TOTAL PAR COMMUNE</b>				<b>10532,75</b>	<b>11,00</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>				<b>95747,17</b>	<b>100,00</b>



