



Etude sur les risques naturels dans la boucle Centre-Artibonite et production de cartographie des risques pour les communes de Hinche, Mirebalais, Saut d'Eau, Titanyen et St-Michel-de-l'Attalaye

PROGRAMME "DEVELOPPEMENT REGIONAL DE LA BOUCLE CENTRE-ARTIBONITE"

ANNEXE 6 – COMMUNE DE ST-RAPHAËL

ARTELIA Eau & Environnement
Branche RESSOURCES EN EAU ET RISQUES
NATURELS

6 rue de Lorraine
38130 - Echirolles
Tel. : +33 (0) 4 76 33 40 00
Fax : +33 (0) 4 76 33 43 33

 **BETA Ingénieurs-Conseils**


ARTELIA

Etude sur les risques naturels dans la boucle Centre-Artibonite et production de cartographie des risques pour les communes de Hinche, Mirebalais, Saut d'Eau, Titanyen et St-Michel-de-l'Attalaye

Programme "Développement régional de la boucle Centre-Artibonite"

ANNEXE 6 – COMMUNE DE ST-RAPHAËL**N°8 41 0954 R1 – Etude sur les risques naturels dans la boucle Centre Artibonite et production de cartographie des risques pour les communes de Hinche, Mirebalais, Saut d'Eau, Titanyen et St-Michel de l'Attalaye – ANNEXE 6 : Commune de ST-RAPHAEL**

C	Suite à réunion du 23/02 à PauP	JCC	AMN	CCE	Avril 2016
B	Complété	JCC	AMN	CCE	Février 2016
A	Ebauche du rapport	JCC	EDD	CCE	Décembre 2015
Version	Description	Rédaction	Vérifié	Approuvé	Date

SOMMAIRE

Acronymes et Abréviations utilisés	I
1. OBJETS DE L'ETUDE ET DE LA PRESENTE ANNEXE	1
1.1. CONTEXTE DE LA MISSION	1
1.2. OBJECTIFS DE LA MISSION	2
1.3. CONTROLE DE LA MISSION	2
1.4. RESUME DES TDR	3
1.4.1. Zone d'étude	3
1.4.2. Consistance de l'étude	4
1.5. CONTENU DE L'ANNEXE	5
2. PRESENTATION ET CARACTERISTIQUES DU SECTEUR D'ETUDE	6
2.1. PRESENTATION DE LA COMMUNE	6
2.2. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE	6
2.2.1. Relief	6
2.2.2. Hydrographie	8
3. CONTACT PRELIMINAIRE AVEC LA COMMUNE	9
3.1. PERSONNES RENCONTREES	9
3.2. ALEA INONDATION	9
3.3. ALEA MOUVEMENTS DE TERRAIN	10
3.4. ALEA SISMIQUE	10
3.5. ALEA SECHERESSE	10
3.6. DIVERS	10
4. DETERMINATION DE L'ALEA INONDATION	11
4.1. SYNTHESE DE LA RECONNAISSANCE DE TERRAIN ET DES ENQUETES	11
4.1.1. Inondations liées à la rivière Bouyaha	11
4.1.2. Inondations liées aux apports des ravines latérales	12
4.2. HYDROLOGIE DES CRUES	15
4.3. DETERMINATION DES ZONES INONDABLES	16
5. DETERMINATION DE L'ALEA SECHERESSE	17
5.1. CONTEXTE GENERAL DE LA COMMUNE EN MATIERE DE SECHERESSE	17
5.2. L'ALIMENTATION EN EAU DE LA ZONE URBAINE	17
5.3. L'ALIMENTATION EN EAU EN ZONE RURALE	17
5.4. L'IRRIGATION	18
5.5. CARTE DES POINTS D'EAU	20
5.6. CARTE DE LA SENSIBILITE A LA SECHERESSE POUR LES CULTURES PLUVIALES	21
6. DETERMINATION DE L'ALEA MOUVEMENTS DE TERRAIN	22
6.1. EBOULEMENTS	22
6.2. EROSION DE BERGES	23
7. DETERMINATION DE L'ALEA SISMIQUE	23
7.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE	23
7.2. EFFETS DIRECTS DE RUPTURE EN SURFACE	24
7.3. EFFETS DE SITE LITHOLOGIQUES	24

Etude sur les risques naturels dans la boucle Centre-Artibonite et production de cartographie des risques pour les communes de Hinche, Mirebalais, Saut d'Eau, Titanyen et St-Michel-de-l'Attalaye

Programme "Développement régional de la boucle Centre-Artibonite"

ANNEXE 6 – COMMUNE DE ST-RAPHAËL

7.4. EFFETS DE SITE TOPOGRAPHIQUES	25
7.5. EFFETS INDUITS : LA LIQUEFACTION	25

TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des communes et départements associés	3
Tableau 2 : Caractéristiques des sections communales	6
Tableau 3 : Répartition de l'altimétrie	6
Tableau 4 : Variation de la pente sur la commune	8
Tableau 5 : Liste des représentants de la mairie rencontrés	9

FIGURES

Figure 1 : Situation générale du secteur d'étude	1
Figure 2 : Délimitation des communes concernées	3
Figure 3 : Les communes vis à vis de la boucle	4
Figure 4 : Géographie de la commune de St-Raphaël	7
Figure 5 : Vue aérienne de Saint Raphael	11
Figure 6 : Terres agricoles au bord de la rivière Bouyaha, en aval de Saint-Raphaël	12
Figure 7 : Localisation des ravines aux alentours de la zone urbaine de Saint-Raphaël	13
Figure 8 : Zone basse inondée en bordure de RN3	14
Figure 9 : Système de drainage de la ravine Colezong	14
Figure 10 : Bassin récupérant les eaux de la ravine Colezong (Marché en arrière-plan)	15
Figure 11 : Illustration d'un cône de déjection	16
Figure 12 - Captage DINEPA et fontaine publique au centre-ville	17
Figure 13 - Kiosque équipée d'une pompe à main	18
Figure 14 - Ouvrages sur les réseaux d'irrigation (Saint Raphaël et Merlaine)	19
Figure 15 – Le seuil et le canal principal du périmètre de Saint Raphael	19
Figure 16 – Carte des points d'eau	20
Figure 17 : Carte de sensibilité à la sécheresse pour les cultures pluviales	21
Figure 18 : Dégâts et blocs posés parmi les habitations au nord de la ville	22
Figure 19 : Dégâts et blocs posés parmi les habitations au nord de la ville	22
Figure 20 : Vue sur la plaine de Saint Raphael, depuis les reliefs éocènes situés au nord-ouest de la ville, dans le massif du Nord	23
Figure 21 : Calcification « crayeuse » par altération de surface, ici dans un conglomérat	24
Figure 22 : Gros plan sur les silts quaternaires intercalés de bancs à éléments plus grossiers	25

Acronymes et Abréviations utilisés

ACDED	Action pour le Développement Durable
ACTED	Agence d'Aide à la Coopération Technique Et au Développement
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières (France)
CIAT	Comité Interministériel d'Aménagement du Territoire
CNIGS	Centre National de l'Information Géo-Spatiale
ETP	Evapo-Transpiration Potentielle
FIC	Frères de l'Instruction Chrétienne
IGN	Institut Géographique National (France)
IHSI	Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique
MARNDR	Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural
MDE	Ministère de l'Environnement
MEF	Ministère de l'Economie et des Finances
MICT	Ministère de l'Intérieur et des Collectivités Territoriales
MNT	Modèle Numérique de Terrain
MPCE	Ministère de la Planification et de la Coopération Externe
MTPTC	Ministère des Travaux Publics, Transports et Communications
NASA	Administration Nationale de l'Aéronautique et de l'Espace (USA)
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
OXFAM	Oxford Committee for Famine Relief
PPCR	Programme Pilote pour la Résilience Climatique
SIG	Système d'Information Géographique
SRTM	Shuttle Radar Topographic Mission (MNT)
TDR	Termes de Références
UTE	Unité Technique d'Exécution
UTS	Unité Technique de Sismologie au BME
UTSIG	Unité de Télédétection et de Système d'Information Géographique

Étude sur les risques naturels dans la boucle Centre-Artibonite et production de cartographie des risques pour les communes de Hinche, Mirebalais, Saut d'Eau, Titanyen et St-Michel-de-l'Attalaye

Programme "Développement régional de la boucle Centre-Artibonite"

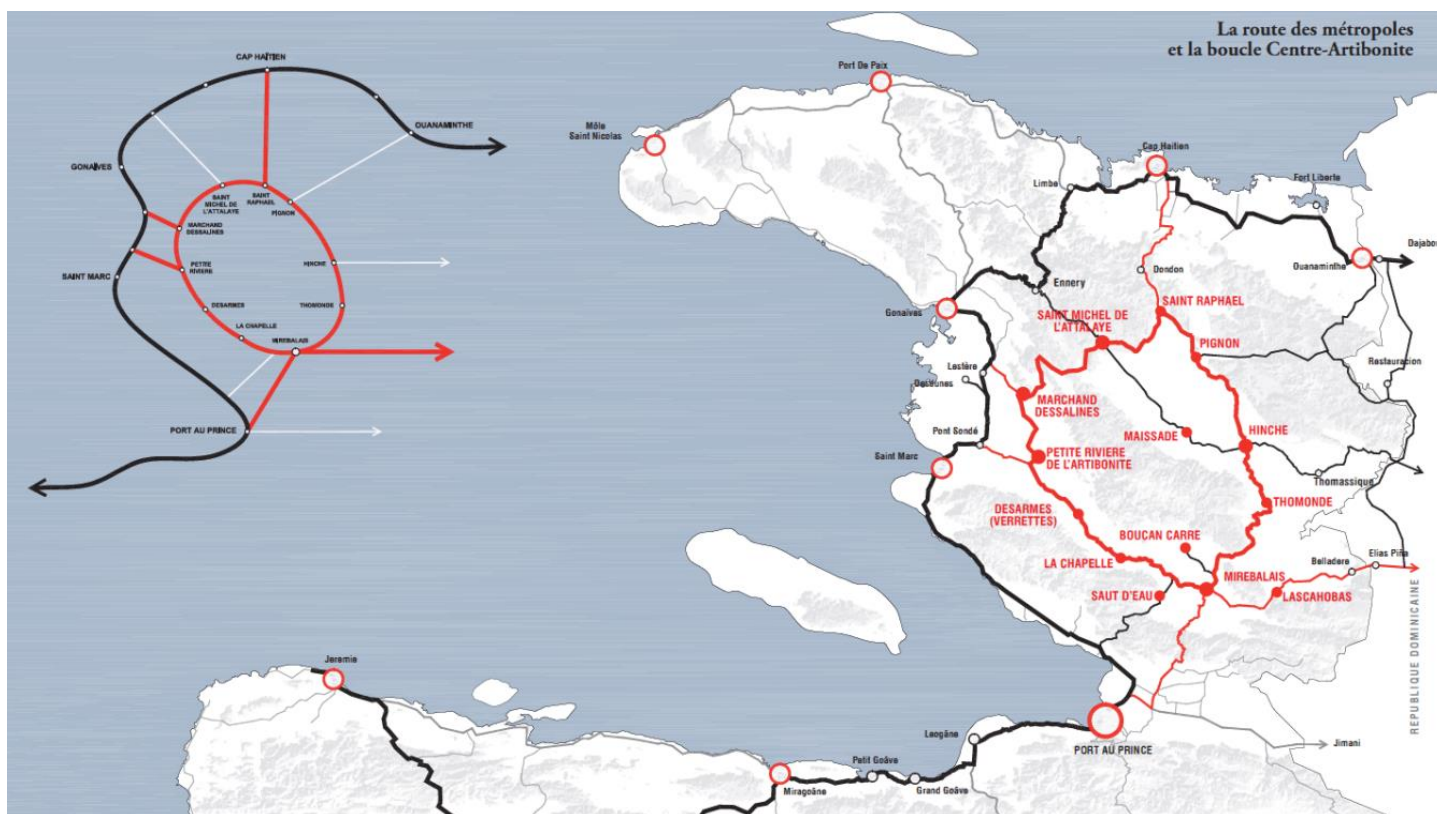
ANNEXE 6 – COMMUNE DE ST-RAPHAËL

1. OBJETS DE L'ÉTUDE ET DE LA PRÉSENTE ANNEXE

1.1. CONTEXTE DE LA MISSION

Au lendemain du tremblement de terre de janvier 2010, le gouvernement haïtien, soutenu par la banque mondiale financièrement, a eu la volonté de développer la région incluant les départements du Centre et d'Artibonite.

S'inscrivant dans la volonté de décentralisation, l'idée est de constituer un axe le long duquel l'économie et l'urbanisation seraient développées et qui assurerait la communication entre les différents secteurs à fortes potentialités, désenclavant la zone centrale de Maïssade.



Plan extrait du document CIAT intitulé « Haïti demain – Boucle Centre-Artibonite - Objectifs et stratégies territoriales pour la reconstruction »

Figure 1 : Situation générale du secteur d'étude

Cet axe de communication permettrait également de relier deux départements relativement différenciés historiquement et donc de développer des liens tant économiques que culturels.

Afin de garantir la pérennité de ce développement, il est bien évidemment nécessaire de protéger au mieux les aménagements de toutes éventuelles catastrophes et de ne développer l'urbanisation

qu'en dehors des zones fortement soumises aux différents aléas naturels ou de prévoir des mesures de mitigation afin de réduire la vulnérabilité voire l'aléa.

1.2. OBJECTIFS DE LA MISSION

Il est donc indispensable au préalable de déterminer les secteurs soumis aux différents aléas naturels suivants :

- Aléas inondation
- Aléas mouvements de terrain
- Aléas séismes
- Aléas sécheresse

C'est donc l'objectif de la mission que d'identifier et cartographier les aléas sur le territoire concerné puis de les confronter aux cartes d'occupation du sol.

En fait, ce travail d'identification a déjà fait l'objet d'une étude conduite en 2013 par ACTED, incomplète. Il s'agit donc de le compléter et de l'affiner en produisant des cartes plus détaillées en milieu urbain sur certaines communes.

Les résultats serviront par ailleurs à l'élaboration des plans d'urbanisme futurs, pour ces communes particulières.

1.3. CONTROLE DE LA MISSION

Cette mission, conduite pour le compte du Ministère de l'Economie et des Finances (UTE), est réalisée sous le contrôle du CIAT qui apporte son soutien technique et a un rôle stratégique et de surveillance.

Le Comité Interministériel d'Aménagement du Territoire est lié aux ministères suivants : MICT, MEF, MARNDR, MTPTC et MDE.

Il a pour mission de définir la politique du gouvernement en matière d'aménagement du territoire, de protection et de gestion des bassins versants, de gestion de l'eau, de l'assainissement, de l'urbanisme et de l'équipement.

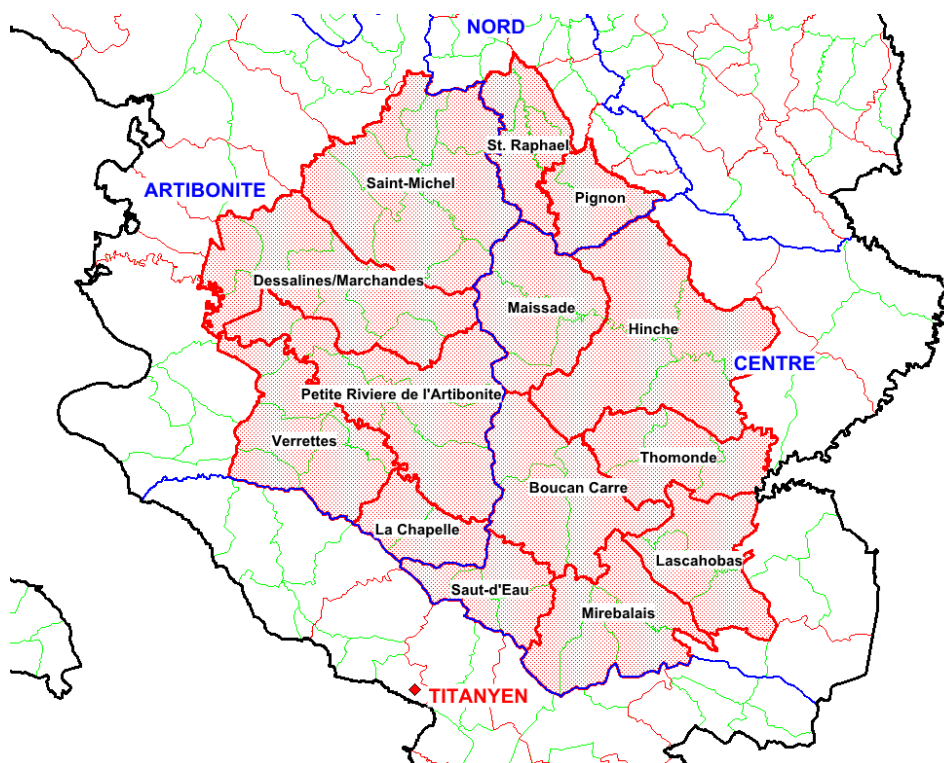
Etude sur les risques naturels dans la boucle Centre-Artibonite et production de cartographie des risques pour les communes de Hinche, Mirebalais, Saut d'Eau, Titanyen et St-Michel-de-l'Attalaye

Programme "Développement régional de la boucle Centre-Artibonite"

ANNEXE 6 – COMMUNE DE ST-RAPHAËL**1.4. RESUME DES TDR****1.4.1. Zone d'étude**

L'aire d'étude est précisée dans la Section 7 §II des documents d'appel d'offre.

La boucle Centre-Artibonite, regroupe 14 communes situées sur 3 départements : l'Artibonite, le Centre et le Nord.

**Figure 2 : Délimitation des communes concernées**

	Commune	Département
1	Dessalines/Marchandes	ARTIBONITE
2	La Chapelle	ARTIBONITE
3	Petite Riviere de l'Artibonite	ARTIBONITE
4	Saint-Michel	ARTIBONITE
5	Verrettes	ARTIBONITE
6	Boucan Carre	CENTRE
7	Hinche	CENTRE
8	Lascahobas	CENTRE
9	Maissade	CENTRE
10	Mirebalais	CENTRE
11	Saut-d'Eau	CENTRE
12	Thomonde	CENTRE
13	Pignon	NORD
14	St. Raphael	NORD

Tableau 1 : Liste des communes et départements associés

Etude sur les risques naturels dans la boucle Centre-Artibonite et production de cartographie des risques pour les communes de Hinche, Mirebalais, Saut d'Eau, Titanyen et St-Michel-de-l'Attalaye

Programme "Développement régional de la boucle Centre-Artibonite"

ANNEXE 6 – COMMUNE DE ST-RAPHAËL

Les centres urbains de dix de ces 14 communes jalonnent la boucle.



Figure 3 : Les communes vis à vis de la boucle

Deux communes, Lascachobas et Saut-d'Eau sont en périphérie extérieure à la boucle et deux autres sont situées à l'intérieur : Boucan Carré et Maissade.

Titanyen est un secteur urbain situé sur la section communale de 3^{ème} Source Matelas de la commune de Cabaret.

1.4.2. Consistance de l'étude

Le travail à effectuer est le suivant, selon les communes :

- Compléter le travail effectué par ACTED sur les communes de St-Michel, St-Raphaël et Pignon (cartes au 1/100 000^{ème})
- Réaliser une carte de synthèse au 1/150 000^{ème} pour l'ensemble des 14 communes
- Dresser une cartographie détaillée (1/10 000^{ème}) pour les milieux urbains des 5 communes d'Hinche, Mirebalais, Saut-d'Eau, St-Michel et St-Raphaël ainsi que pour le secteur urbain de Titanyen.

Le rapport principal (8410954 R2) présente la méthodologie suivie pour chacun des aléas ainsi que les résultats d'enquête permettant l'élaboration des cartes communales et urbaines. Ces résultats sont présentés pour chaque commune ou secteur dans des annexes distinctes numérotées de 1 à 7.

La présente annexe concerne la commune de **ST-RAPHAËL**

1.5. CONTENU DE L'ANNEXE

La présente annexe comporte :

- Chapitre 1 – Objets de l'étude et de la présente annexe
- Chapitre 2 – Présentation et caractéristiques du secteur d'étude
- Chapitre 3 – Contact préliminaire avec la commune
- Chapitre 4 – Détermination de l'aléa inondation
- Chapitre 5 – Détermination de l'aléa sécheresse
- Chapitre 6 – Détermination de l'aléa mouvements de terrain
- Chapitre 7 – Détermination de l'aléa sismique

2. PRESENTATION ET CARACTERISTIQUES DU SECTEUR D'ETUDE

2.1. PRESENTATION DE LA COMMUNE

La commune (184 km²) est composée de 4 sections communales :

Section communale	Superficie (km ²)	Nombre d'habitants en 2015		
		Zone urbaine	Zone rurale	Total
1ère Bois Neuf	31.8		5 196	5 196
2ème Mathurin	37.8		3 683	3 683
3ème Bouyaha	30.3		7 361	7 361
4ème Sanyago	84.3	17 550	19 965	37 515
TOTAL	184.2	17 550	36 205	53 755

Tableau 2 : Caractéristiques des sections communales

Elle comportait 48 884 habitants lors du recensement par estimation de 2009 et 51 298 en 2012.

2.2. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

Le bourg de Saint-Raphaël est situé à la sortie d'une cluse creusée dans le massif du Nord par la rivière Bouyaha. Il se trouve en rive droite de cette rivière et au pied d'un coteau duquel descendent de nombreuses ravines.

2.2.1. Relief

Le territoire communal se situe environ entre les altitudes 300 m et 1100 m.

ALTITUDE (m)	%	Cumul
300 à 450	64.2	64.25
450 à 600	9.8	74.09
600 à 750	9.3	83.39
750 à 900	10.0	93.35
900 à 1050	6.1	99.50
1050 à 1200	0.5	100.00

Tableau 3 : Répartition de l'altimétrie

Etude sur les risques naturels dans la boucle Centre-Artibonite et production de cartographie des risques pour les communes de Hinche, Mirebalais, Saut d'Eau, Titanyen et St-Michel-de-l'Attalaye

Programme "Développement régional de la boucle Centre-Artibonite"

ANNEXE 6 – COMMUNE DE ST-RAPHAËL

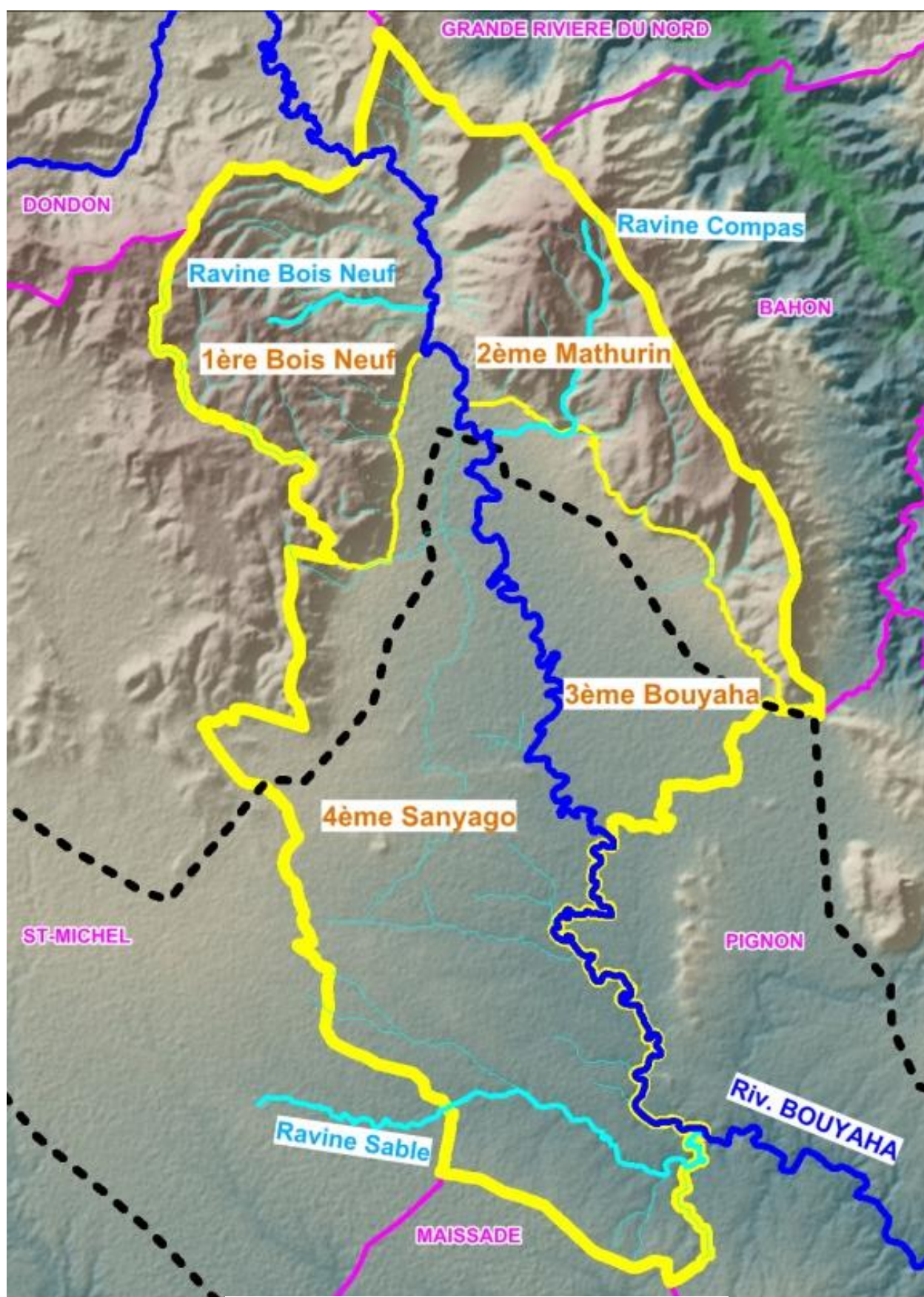


Figure 4 : Géographie de la commune de St-Raphaël

Etude sur les risques naturels dans la boucle Centre-Artibonite et production de cartographie des risques pour les communes de Hinche, Mirebalais, Saut d'Eau, Titanyen et St-Michel-de-l'Attalaye

Programme "Développement régional de la boucle Centre-Artibonite"

ANNEXE 6 – COMMUNE DE ST-RAPHAËL

La pente varie entre 0,6% et environ 140% :

PENTE	ANGLE	%	Cumul
0 à 0,5%	< 0.3°	1.2	1.22
0,5 à 1%	0.3 à 0.6°	3.4	4.59
1 à 5%	0.6 à 3°	44.8	49.43
5 à 10%	3 à 6°	12.7	62.13
10 à 20%	6 à 11°	8.3	70.47
20 à 30 %	11 à 17°	8.9	79.37
30 à 45%	17 à 24°	11.0	90.41
45 à 60%	24 à 31°	6.3	96.73
60 à 100%	31 à 45°	3.2	99.90
> 100%	> 45°	0.1	100.00

Tableau 4 : Variation de la pente sur la commune

La pente médiane est de 5% soit environ 3°.

2.2.2. Hydrographie

La commune est traversée par la rivière Bouyaha et ses affluents principaux sont les ravines Compas, Bois Neuf et Sable.

3. CONTACT PRELIMINAIRE AVEC LA COMMUNE

3.1. PERSONNES RENCONTREES

FONCTION	NOM	PRENOM	Tél. Natcom	Tél. Digicel
Maire adjointe	SIMBERT	Marie Huviose	(509) 3646 5644	
Directeur	FAUSTIN	Joseph	(509) 4628 3268	
Messenger	GESLY	Bienaimé	(509) 3134 1831	

Tableau 5 : Liste des représentants de la mairie rencontrés

Une réunion avec les représentants de la Mairie a eu lieu le mercredi 4 novembre, en Mairie.

Elle a permis d'établir des relations cordiales. Nos interlocuteurs nous ont renvoyé leur sentiment de l'importance de cette mission pour leur commune sachant que notre mission n'a pas pour objet de proposer des aménagements mais de mieux préparer le développement futur de leur région.

Les paragraphes suivants récapitulent les informations recueillies lors de cet entretien.

3.2. ALEA INONDATION

Les zones sujettes aux inondations sont :

- Ravine Grenabit dans la section de Bouyaha
- Ravine Mathurin un affluent de Grenabit
- La zone près du marché est régulièrement envahie par les eaux de la ravine Kolezon
- Les eaux de la ravine Déjoie envahissent souvent la ville obligeant nombre d'habitants des zones du marché et du cimetière à se réfugier dans des abris provisoires.
- Sur la route qui mène au Cap Haïtien, les eaux de la ravine Kabanis, à Bois Neuf, envahissent souvent les maisons de la zone.
- A Nan Jil non loin de la ville, le même problème se pose.
- Sur le tronçon Saint Raphaël-Saint Michel, les eaux de la ravine Walondri emportent souvent les plantations et les animaux domestiques. Sur cette même route les eaux de la ravine sèche engendrent les mêmes problèmes

N. B. Les épisodes d'inondations peuvent survenir plusieurs fois en une année.

Exceptionnellement, en 2004, lors du passage du cyclone Jeanne, l'eau est montée à plus d'un mètre en certaines parties de la ville.

3.3. ALEA MOUVEMENTS DE TERRAIN

Glissement de terrain à Gadbiassou, habitation Nan Rocher (limite St Michel/St Raphael).

Ravine Sèche : zone route nationale

Ravine Déjoie : éboulement de roches jusque dans la ville Zone Souffrance

3.4. ALEA SISMIQUE

Pas de dégâts observés lors du séisme de janvier 2010.

3.5. ALEA SECHERESSE

Tous les versants montagneux auxquels la ville est adossée sont souvent affectés par la sécheresse qui détruit les parcelles de culture.

Plus la sécheresse dure moins il y a d'eau disponible dans le système d'irrigation. Au plus fort de la sécheresse seules les zones irriguées desservies par les 6 à 7 premières portes (vannes) du canal principales (sur un total de 17) sont encore approvisionnées en eau. Cette situation génère des conflits entre les planteurs.

3.6. DIVERS

Lors du cyclone Jeanne avec une hauteur d'eau avoisinant près d'1 m. les gens ont passé 8 jours enfermés avant de pouvoir être évacués. Les gens parlent d'une résurgence de l'eau dans certaines maisons ?????

4. DETERMINATION DE L'ALEA INONDATION

4.1. SYNTHÈSE DE LA RECONNAISSANCE DE TERRAIN ET DES ENQUÊTES

Le bourg de Saint-Raphaël est très concerné par le risque inondation. Il est littéralement pris en tenaille par les débordements de la rivière Bouyaha, en plaine, et les apports des ravines des versants montagneux, à l'Ouest.

Plus au Nord, la ravine Bois-Neuf est également source de problèmes.

4.1.1. Inondations liées à la rivière Bouyaha

Au droit de Saint-Raphaël, la rivière déborde très largement dans la plaine agricole. Le canal d'irrigation est complètement submergé dans sa partie amont (avant le passage en souterrain sous le bourg de Saint-Raphaël - **1**). De nombreuses habitations situées près de ce canal sont inondées. Quelques autres le sont également près du passage à gué de la route allant vers Pignon (**2**).

Plus à l'aval (**3**), moins d'enjeux sont touchés. Le canal d'irrigation possède une faible pente qui ne suit pas celle de la rivière : à l'aval de Saint-Raphaël, il est alors légèrement en remblais et fait partiellement office de digue (mais n'empêche pas les remontées par les passages en siphons des canaux de drainage de la ville).



Figure 5 : Vue aérienne de Saint Raphaël

Témoignages recueillis auprès de la population :

- Les personnes présentes au niveau du canal d'irrigation (1) expliquent que les drains ne suffisent pas en cas de forte pluie et débordent dans le canal d'irrigation au lieu de passer dans l'ouvrage souterrain le traversant (problème d'assainissement pluvial) ;
- Un agriculteur rencontré au passage à gué (route de Pignon) se plaint des érosions de son champ : lors de la réfection de la voirie dans la ville, de grandes quantités de gravats ont été déposées en rive droite près du champ. Ce tas n'a pas bougé et les dernières crues l'ont contourné pour attaquer les parties plus tendres constituées des terres agricoles voisines ;
- L'école (4) est en limite de zone inondable selon les dires d'un riverain ;
- La rivière Bouyaha déborde largement sur les terres agricoles (5). Les agriculteurs mentionnent des débordements sur leurs terres en cas de cyclones.



Figure 6 : Terres agricoles au bord de la rivière Bouyaha, en aval de Saint-Raphaël

4.1.2. Inondations liées aux apports des ravines latérales

Note : Les noms et emplacements des ravines citées par la suite ne font pas l'objet de certitudes car on recense sur le terrain beaucoup d'informations différentes sur la toponymie des lieux.

Les ravines latérales descendant des versants entourant Saint-Raphaël sont nombreuses et bien souvent mal drainées lorsqu'elles arrivent en plaine (le lit disparaît même parfois). Le ressuyage de ces eaux est problématique car elles s'accumulent le long des routes principales (RN3 et RD103 notamment) en l'absence d'ouvrages traversant suffisants.

Parmi celles-ci, on peut citer, du Nord au Sud :

- Au Nord de la cluse de Saint-Raphaël, en rive droite de la rivière Bouyaha :
 - Ravine Jean-Simon
 - Ravine Marie-Jeanne
 - Ravine Bois-Neuf
- Sur le versant à l'Ouest du bourg de Saint-Raphaël :
 - Ravine Desjoies
 - Ravine Nan Paul
 - Ravine Colezong
 - Ravine Jean Laurent

Etude sur les risques naturels dans la boucle Centre-Artibonite et production de cartographie des risques pour les communes de Hinche, Mirebalais, Saut d'Eau, Titanyen et St-Michel-de-l'Attalaye

Programme "Développement régional de la boucle Centre-Artibonite"

ANNEXE 6 – COMMUNE DE ST-RAPHAËL

- Sur le versant à l'Est du Bourg de Saint-Raphaël :
 - Ravine Mathurin
 - Ravine Compas
 - Ravine Citron

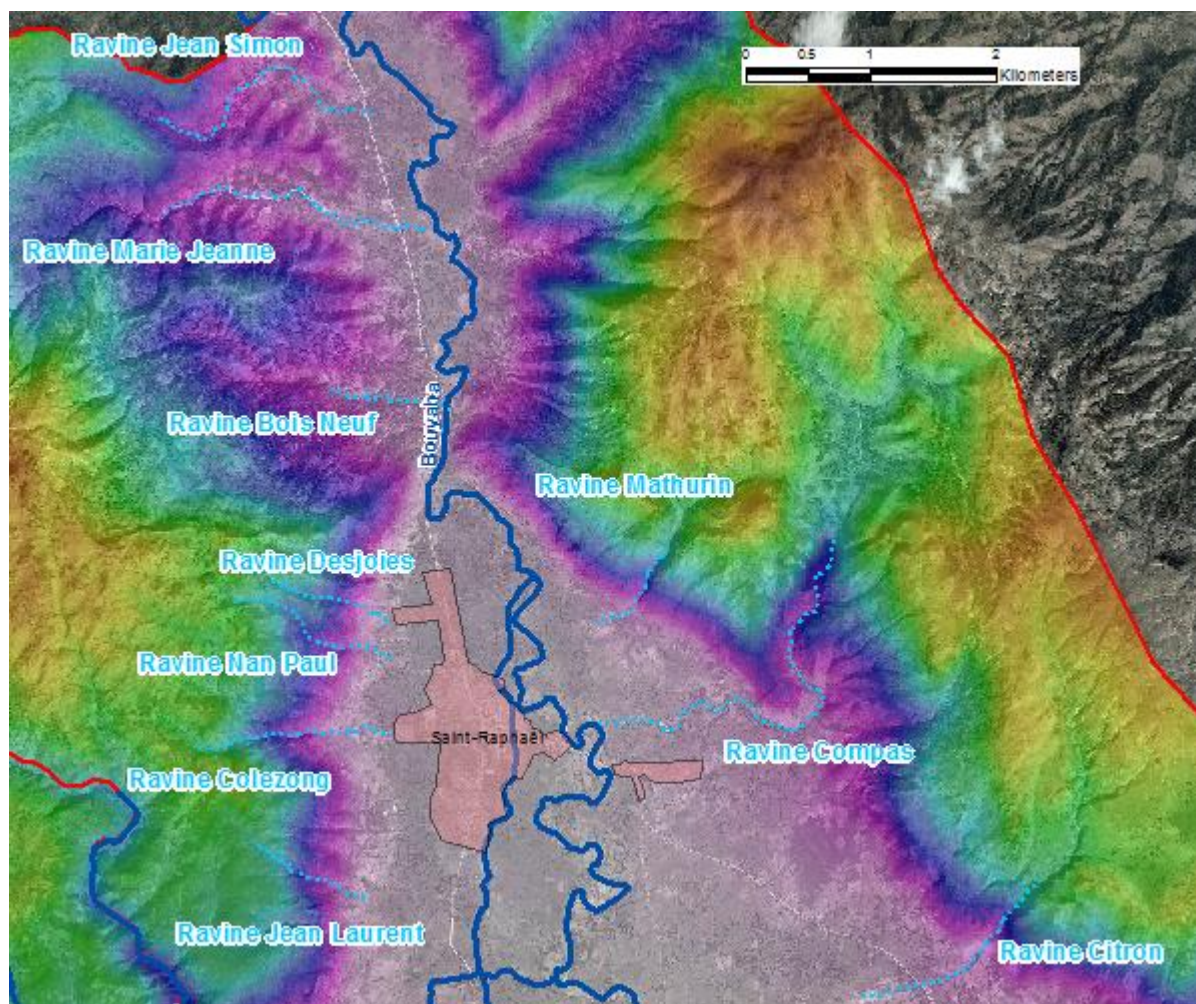


Figure 7 : Localisation des ravines aux alentours de la zone urbaine de Saint-Raphaël

Témoignages recueillis auprès de la population :

- Ravine Jean Simon : Les eaux de la ravine coupent souvent la route car il n'y a pas d'ouvrage de franchissement. Les riverains de la ravine ont monté des merlons en terre pour s'en protéger ;
- Ravine Marie-Jeanne : L'ouvrage traversant la route est insuffisant et l'eau déborde souvent sur la route. Les eaux qui s'écoulent sur la chaussée inondent ensuite les habitations situées plus au Sud ;
- Ravines Desjoies et Nan Paul : Une zone habitée en bordure de RN3 est fréquemment inondée dès qu'il pleut (apports cumulés des ravines et du ruissellement pluvial). La photo ci-dessous illustre la situation : en arrière-plan les reliefs d'où sont issues les ravines (ici Nan Paul et Desjoies) et au premier plan les zones basses inondées en bordure de route.

Etude sur les risques naturels dans la boucle Centre-Artibonite et production de cartographie des risques pour les communes de Hinche, Mirebalais, Saut d'Eau, Titanyen et St-Michel-de-l'Attalaye

Programme "Développement régional de la boucle Centre-Artibonite"

ANNEXE 6 – COMMUNE DE ST-RAPHAËL**Figure 8 : Zone basse inondée en bordure de RN3**

- Ravine Colezong : Cette ravine arrive sur le centre-ville de Saint-Raphaël, juste au-dessus du nouveau marché. Les riverains de cette zone voient régulièrement le cours d'eau déborder (presque chaque année).

Un système de drainage a été mis en place peu après la construction du marché : le lit de la ravine finit dans un bassin d'où partent deux dalots en béton pour acheminer les eaux hors de la zone du marché. Ce système ne récupère pas l'intégralité des eaux car des débordements ont lieu plus en amont et inondent le marché.

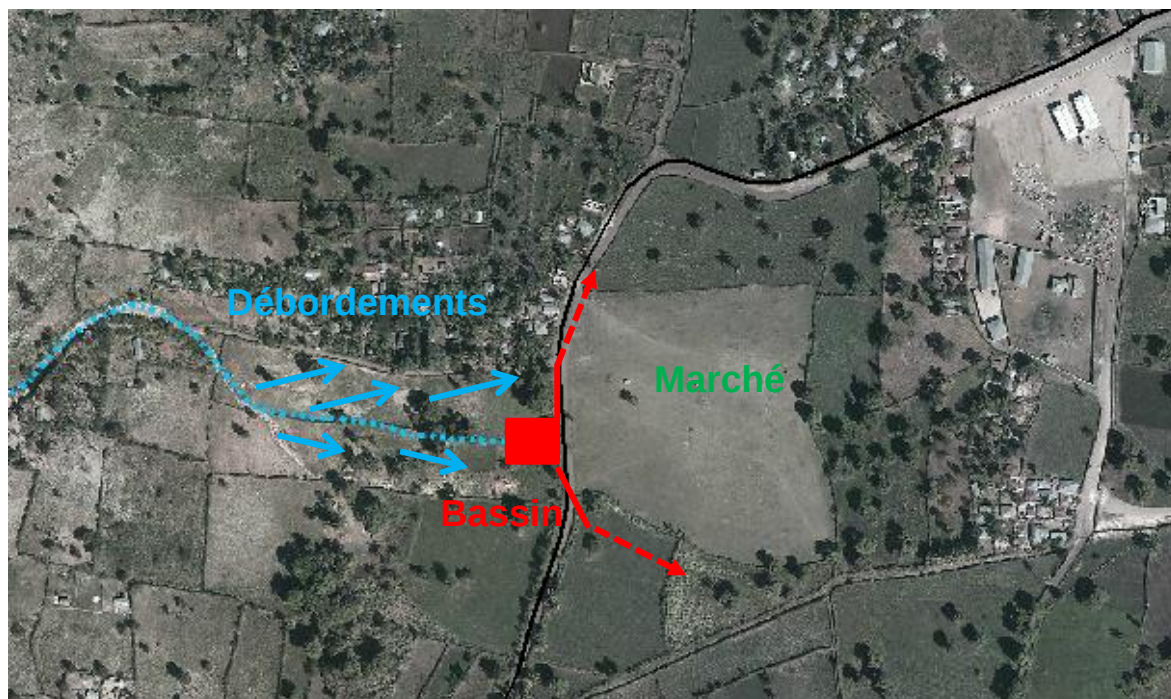
**Figure 9 : Système de drainage de la ravine Colezong**



Figure 10 : Bassin récupérant les eaux de la ravine Colezong (Marché en arrière-plan)

Selon un témoignage il y aurait eu des victimes lors d'un débordement de la ravine un jour de marché, quelques années en arrière.

- Ravine Jean Laurent : Cette ravine est située près d'une source, à l'écart de la ville. Cependant, selon une personne, ses eaux inondent plus bas le quartier dit de « Bas Merlaine ».
- Commissariat et Centre de santé du centre-ville de Saint-Raphaël : une visite a été effectuée sur ces deux enjeux importants de la ville. Les deux bâtiments ont été à plusieurs reprises cernés par les eaux (hauteurs faibles < 50cm) sans que leurs premiers niveaux aient été inondés.

Le centre de santé est ceinturé d'un mur qui n'aurait jamais été traversé par les eaux. En revanche, le mur d'enceinte du commissariat est percé de brèches qui laissent l'eau pénétrer sans qu'elle n'ait jamais atteint l'intérieur du bâtiment (au dire d'un ancien).

De manière générale, Saint-Raphaël est essentiellement inondé par les débordements des ravines du versant à l'ouest couplés à des problématiques de ruissellement urbain. De nombreux enjeux pourraient être épargnés par la mise en place d'un réseau de drainage efficient dont l'épine dorsale serait la chenalisation des ravines depuis le pied des versants.

4.2. HYDROLOGIE DES CRUES

La plupart des niveaux d'eau recensés sont inexploitable pour la détermination de l'hydrologie des crues, pour deux raisons :

- La plupart des niveaux d'eau recensés dans les zones inondées de Saint-Raphaël sont issus de débordements de ravines. La détermination d'un débit implique de relever un niveau d'écoulement dans une section bien définie ce qui n'est pas le cas ici.
- Les quelques témoignages, assez précis, sur les niveaux atteints par la rivière Bouyaha ne permettent pas d'estimer les débits par modélisation du fait d'un manque de topographie précise.

4.3. DETERMINATION DES ZONES INONDABLES

A l'exception du secteur urbain de Saint-Raphaël, les zones inondables ont été déterminées par méthode hydrogéomorphologique. Cette méthode est présentée dans le paragraphe 4.2.2 du rapport principal.

On recensera deux types de rivières aux morphologies très différentes :

- La rivière Bouyaha, qui est un cours d'eau de plaine alluviale, présentant une faible pente et de nombreux méandres caractéristiques de cette morphologie. La zone d'expansion des crues est très large, s'étendant entre les glacis situés de part et d'autre du cours d'eau.
- Les ravines latérales, toutes affluentes de la rivière Bouyaha, présentent de très fortes pentes propice au charriage de matériaux. Elles débouchent dans la plaine sous la forme d'un cône de déjection (plus ou moins marqué) sur lequel ont lieu des débordements aléatoires.

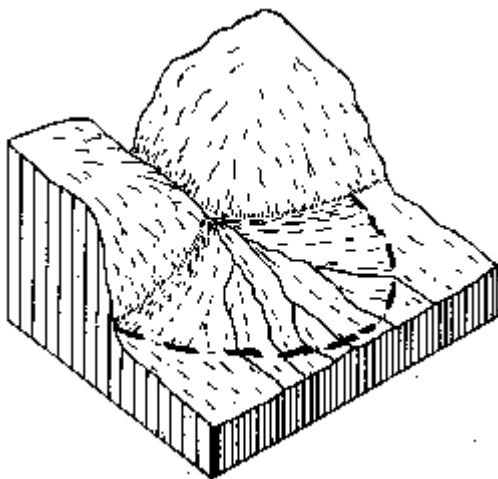


Figure 11 Illustration d'un cône de déjection

En ce qui concerne l'inondation du secteur urbain de Saint-Raphaël, celle-ci a été cartographiée essentiellement à partir des témoignages des habitants du secteur. C'est l'événement de 2004 et encore l'évènement de 2008, toujours dans les mémoires, qui constituent les crues historiques cartographiées. Il faut cependant noter des imprécisions fréquentes quant aux dates des événements.

5. DETERMINATION DE L'ALEA SECHERESSE

5.1. CONTEXTE GENERAL DE LA COMMUNE EN MATIERE DE SECHERESSE

A l'instar des autres communes du plateau, la commune de Saint-Raphaël est concernée par la sécheresse. Toutefois la commune est particulière dans la mesure où elle bénéficie d'un périmètre d'irrigation gravitaire important (1500 ha) alimenté à partir de la rivière Bouyaha, et d'autres petits périmètres (source Merlaine notamment - 300 ha) qui couvre une grande partie de la plaine rive droite de la Bouyaha, dans la section communale de Sanyago. Les sections nord de Bois Neuf et Mathurin, montagneuses, subissent régulièrement des épisodes de sécheresse avec pertes des cultures pluviales.

La ville de Saint Raphaël est équipée d'un réseau d'adduction d'eau à partir de sources situées à proximité.

Il n'a pas été possible d'obtenir de cartes des périmètres d'irrigation, ni de localisation des points d'eau, auprès de l'administration.

5.2. L'ALIMENTATION EN EAU DE LA ZONE URBAINE

La zone urbaine est alimentée en eau par un réseau en mauvais état qui part d'un captage de source, à flanc de colline, au-dessus de la ville et qui alimente gravitairement le réseau.

Il existe actuellement une seule fontaine publique dans l'agglomération, qui coule en permanence, et où les habitants viennent se ravitailler en eau.



Figure 12 - Captage DINEPA et fontaine publique au centre-ville

5.3. L'ALIMENTATION EN EAU EN ZONE RURALE

Comme les autres communes de la région, l'approvisionnement en zone rurale est assez contrasté, entre la zone de plaine et les zones montagneuses.



Figure 13 - Kiosque équipée d'une pompe à main

Dans les zones de plaine, l'eau est relativement abondante, d'autant qu'une bonne partie de la plaine rive droite de la Bouyaha est irriguée et couverte par un réseau de canaux. La nappe, proche de la surface, est exploitée à partir de pompes à main.

Le reste de la commune, et notamment la partie montagneuse des sections communales Bois Neuf et Mathurien subissent la même problématique de pénurie d'eau en période de sécheresse, avec des points d'eau dispersés, qui obligent la population à de longs déplacements pour s'approvisionner.

5.4. L'IRRIGATION

La commune bénéficie d'un grand périmètre d'irrigation (1500 ha), le périmètre de Saint Raphaël, alimenté à partir d'un seuil en béton sur la Bouyaha, ainsi que d'un périmètre plus petit, le périmètre Merlaine, contigu au premier et alimenté par une source. D'autres périmètres plus petits existent, notamment :

- Source Buénabite (irrigue le maraîchage sur le cône de déjection de la ravine Citron mais est très insuffisante en saison sèche où les cultivateurs doivent se limiter à une seule parcelle) ;
- Source Savanette (irrigue 60ha grâce à un projet canadien de 1988) ;

Le périmètre de Saint Raphaël dispose de 17 prises secondaires, mais en période d'étiage, la ressource est insuffisante pour alimenter l'ensemble du périmètre, et seules les 6 ou 7 premières prises sont fonctionnelles.



Figure 14 - Ouvrages sur les réseaux d'irrigation (Saint Raphaël et Merlaine).

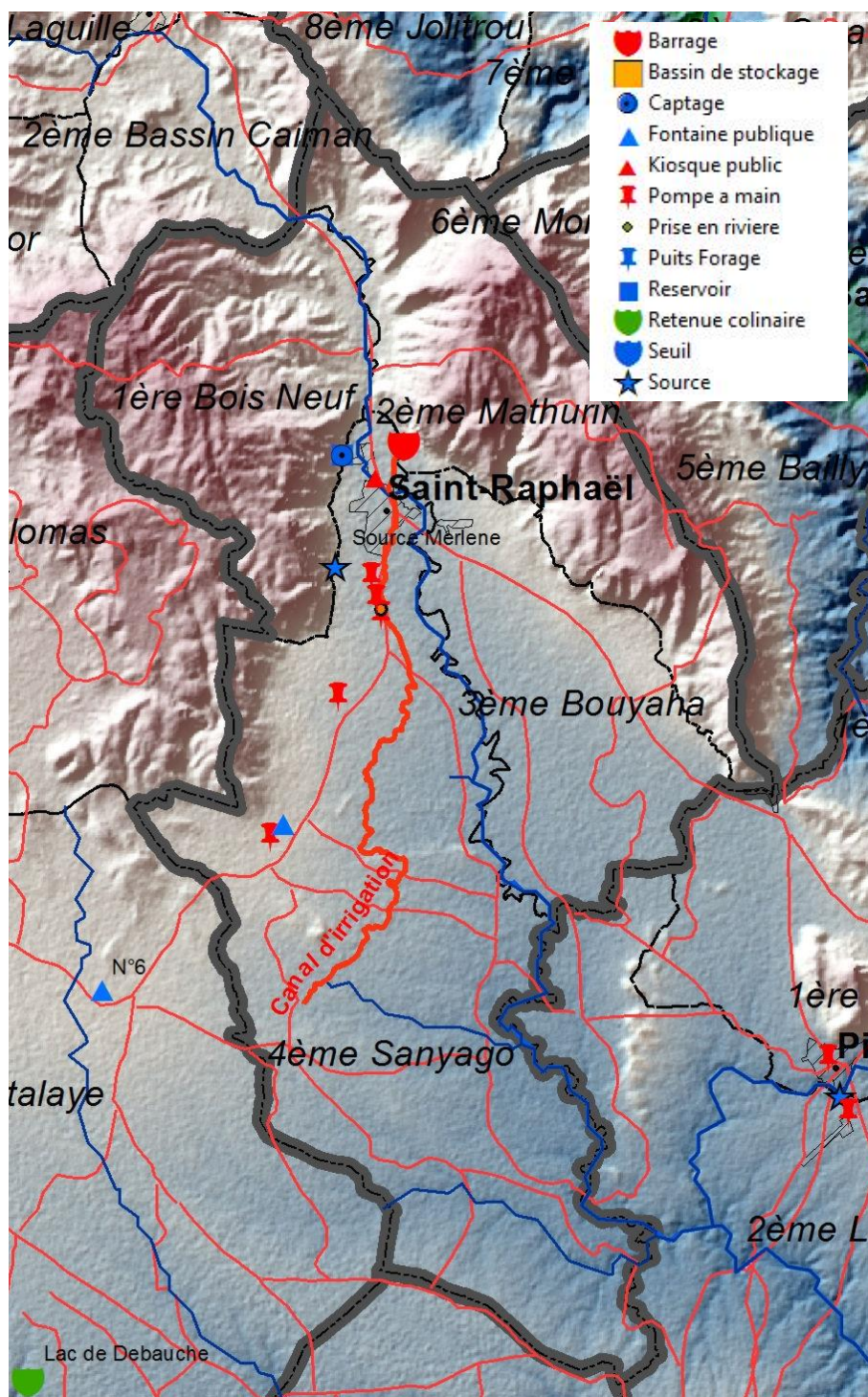


Figure 15 – Le seuil et le canal principal du périmètre de Saint Raphael

Etude sur les risques naturels dans la boucle Centre-Artibonite et production de cartographie des risques pour les communes de Hinche, Mirebalais, Saut d'Eau, Titanyen et St-Michel-de-l'Attalaye

Programme "Développement régional de la boucle Centre-Artibonite"

ANNEXE 6 – COMMUNE DE ST-RAPHAËL

5.5. CARTE DES POINTS D'EAU**Figure 16 – Carte des points d'eau**

Faute d'informations existantes, cette carte a été uniquement établie sur la base des relevés incomplets, effectués lors de la mission de terrain de décembre 2015. Elle est donc non exhaustive.

5.6. CARTE DE LA SENSIBILITE A LA SECHERESSE POUR LES CULTURES PLUVIALES

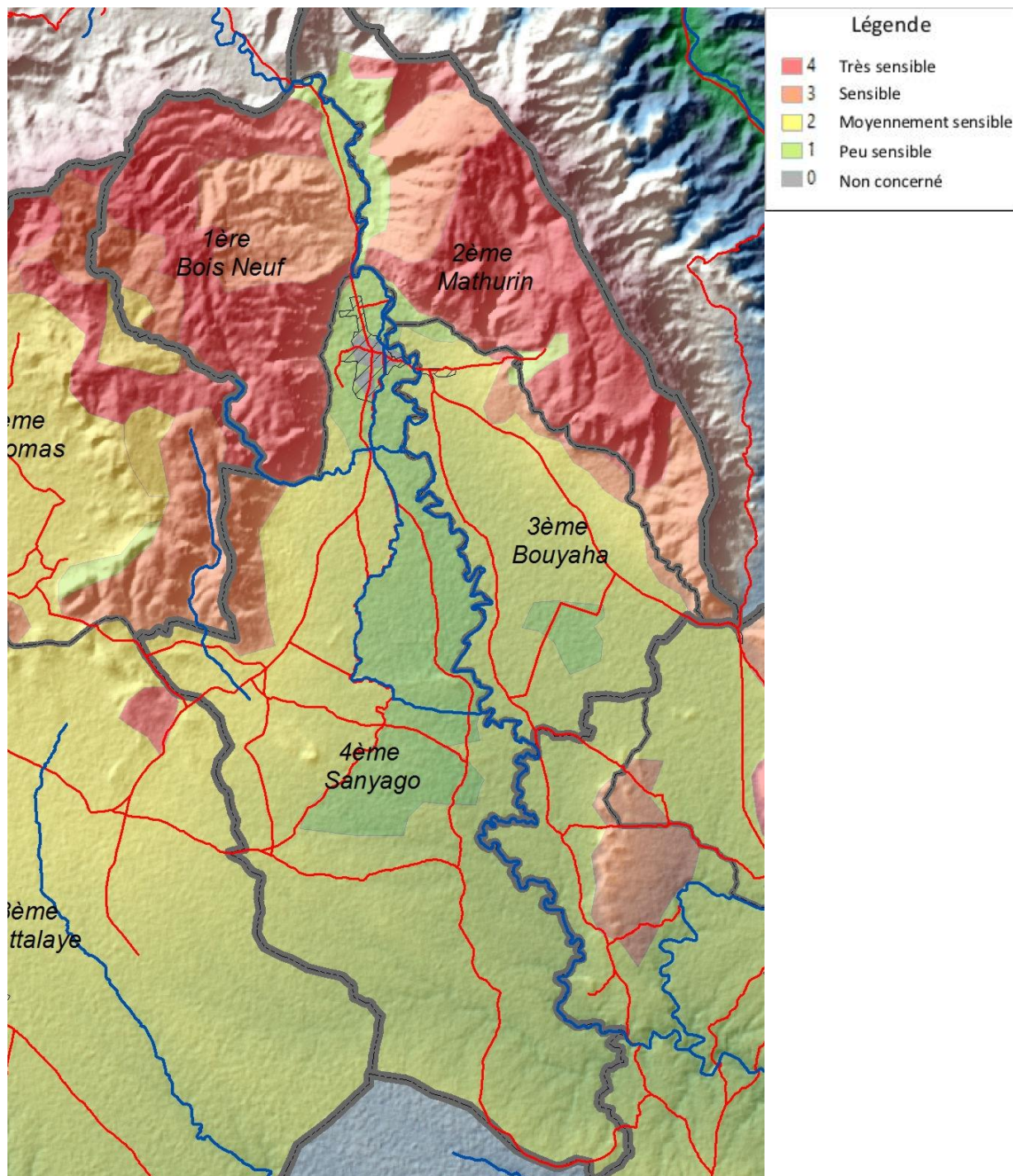


Figure 17 : Carte de sensibilité à la sécheresse pour les cultures pluviales

Cette carte a été établie sur la base de la méthodologie développée dans le rapport principal, et qui tient compte, entre autre, de l'occupation du sol et de sa morphologie.

6. DETERMINATION DE L'ALEA MOUVEMENTS DE TERRAIN

6.1. EBOULEMENTS

La ville est située sur une plaine alluviale, à l'extrémité nord du Plateau Central, enserrée entre deux versants raides de calcaires pélagiques (biomicrites) de l'Eocène moyen et supérieur qui forment les versants sud du Massif du Nord.

Ces versants produisent de nombreux éboulements rocheux, et constituent la principale manifestation des mouvements de terrain à Saint Raphaël.

Les risques les plus importants se trouvent à l'extrémité nord de la ville, au niveau du début des gorges de la Bouyaha le long de la route de Cap-Haitien, où les éboulements rocheux du versant est ont fait plusieurs victimes dans une maison (ci-dessous à gauche) et impacté d'autres (ci-dessous).



Figure 18 : Dégâts et blocs posés parmi les habitations au nord de la ville

La zone d'éboulements les plus fréquents en amont est en **aléa d'éboulements fort, noté P3, comprenant des habitations**, une zone d'aléa modéré en aval notée P1 englobe les zones où la propagation des blocs est moins probable, avec de nombreuses habitations.



Figure 19 : Dégâts et blocs posés parmi les habitations au nord de la ville

Sur le reste de la commune, les mêmes formations de l'Eocène moyen et supérieur peuvent également produire des éboulements dans de nombreux talus ; les pentes les plus raides sont en aléa fort, les zones où la propagation est plus incertaine en aléa modéré. Les interférences avec les urbanisations sont plus rares, avec quelques habitations en aléa faible à modéré au-dessus du bourg (au niveau des ravines Desjoie et Colezong).

La commune semble peu concernée par les glissements de terrain, hors glissement de berges (cf. ci-dessous), et d'éventuels problèmes plus anthropiques d'instabilité de talus raides (respecter une distance de recul par rapport à la crête du talus au moins égale à la hauteur du talus).

6.2. EROSION DE BERGES

En crue, les vitesses d'écoulements de la rivière Bouyaha dans la cluse de Saint-Raphaël sont élevées du fait du rétrécissement. Immédiatement passé ce point dur, la rivière attaque nettement la berge rive droite. Un lycée est en cours de construction quelques dizaines de mètres au-delà.

7. DETERMINATION DE L'ALEA SISMIQUE

7.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE

La commune de Saint Raphaël est une grande commune dont la moitié du territoire au nord est situé dans les reliefs du massif du nord, tandis que la moitié sud est située sur le plateau central. Les reliefs au nord sont constitués des calcaires massifs de l'éocène, au sud de ces calcaires, la plaine est recouverte de sédiments quaternaires, et à l'extrême sud, le miocène supérieur commun avec la commune de Pignon.



Figure 20 : Vue sur la plaine de Saint Raphael, depuis les reliefs éocènes situés au nord-ouest de la ville, dans le massif du Nord

7.2. EFFETS DIRECTS DE RUPTURE EN SURFACE

Deux segments de faille sont cartographiés sur la commune. L'un à l'est de la ville de Saint Raphaël, au pied des reliefs, long de 6 km environ, l'autre à l'ouest, dans le prolongement du premier, traversant le massif du nord, long de 11 km. Entre ces deux segments, le quaternaire recouvre les unités géologiques plus anciennes, et ne présente pas de déformation apparente visible par analyse des photos aériennes, du MNT ou par étude de terrain. Il faut noter que l'agriculture est importante dans la région et pourrait gommer toute trace de déformation tectonique.

Les deux segments de faille appartiennent au système de faille trans-haïtienne et spécifiquement au système Nord-Paincroix. On ne peut donc exclure la possibilité d'activité sismique sur ces failles. Dans ce cadre, nous préconisons d'éviter toute construction sur les segments de faille cartographiés, bien que la probabilité de rupture en surface soit très faible pour de si petit segments. Nous avons délimité une bande de 250m de large de part et d'autre de la faille, sur laquelle il sera nécessaire de conduire des études complémentaires plus approfondies pour localiser précisément la faille en surface, et si possible en estimer son potentiel sismique. Concernant l'espace entre ces segments, et compte tenu de leur alignement, il est probable qu'ils soient reliés en profondeur. Nous avons donc prolongé la bande d'aléa de rupture en surface entre les deux, afin que dans cette zone aussi des études complémentaires soient réalisées si besoin.

7.3. EFFETS DE SITE LITHOLOGIQUES

Les reliefs calcaires au Nord de la ville sont classés en A, en tant que rocher dur. Tout au nord de la commune, une petite zone de quaternaire dont nous n'avons pas pu vérifier la lithologie est classée en C, conformément à la carte Nathat 1. Au sud, le quaternaire est constitué de silts fins que nous avons classés en D. A l'extrême sud de la commune le miocène moyen est classé en C en tant que rocher meuble.

Il faut noter que dans la région, les roches subissent une altération de surface conduisant à leur



calcification et un aspect crayeux. Cette altération, s'effectue sur des profondeurs de quelques centimètres à quelques mètres. Il est impossible à cartographier précisément les zones d'altération. Sur les dépôts quaternaires peu consolidés, cette altération peut contribuer à améliorer la qualité des sols. Au contraire, dans les zones de calcaire dur, cette altération diminue les qualités mécaniques de la roche. Notons que la faible épaisseur de l'altération ne peut modifier sensiblement les vitesses d'ondes de cisaillement en surface (VS30).

Figure 21 : Calcification « crayeuse » par altération de surface, ici dans un conglomérat

7.4. EFFETS DE SITE TOPOGRAPHIQUES

La commune de Saint Raphael connaît de nombreux reliefs, aux fortes pentes. Nous avons cartographié les sommets de butte, de crêtes et les zones à forte pente comme zones pouvant amplifier l'effet des ondes sismiques, et donc l'intensité des dégâts associés. Pour ces zones, pour lesquelles il conviendra de prendre des précautions supplémentaires lors de la construction d'ouvrages, en appliquant notamment un coefficient multiplicatif de 1.4 aux spectres de dimensionnement des classes de sols IBC mesurés lors de microzonage plus poussé.

7.5. EFFETS INDUITS : LA LIQUEFACTION

Sur la commune, seul le quaternaire, de par sa lithologie composée de silts argileux fins, présente un aléa à la liquéfaction. Cependant, la présence de fins bancs à éléments plus grossiers contribue à minimiser sa susceptibilité à la liquéfaction (photo ci-dessous). Nous l'avons donc classé en susceptibilité faible. L'ensemble des autres lithologies rencontrées sur la commune, entre roches dures et séries détritiques grossières, présente une susceptibilité nulle.



Figure 22 : Gros plan sur les silts quaternaires intercalés de bancs à éléments plus grossiers